

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

РИБЦЬКИЙ ЛЕОНІД ЛЕОНІДОВИЧ

УДК 625.7/.8

ДИСЕРТАЦІЯ

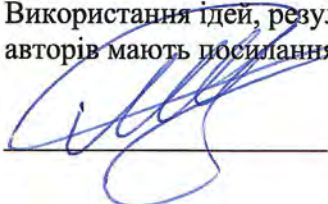
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ЗЧПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело


Л. Л. Рибіцький

Науковий керівник –
Павлюк Дмитро Олександрович
доктор технічних наук,
професор

Ідентичність усіх примірників дисертації
Засвідчую
Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02


О. С. Усиченко

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Рибіцький Л.Л. Удосконалення методу оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 «Автомобільні шляхи та аеродроми». (192 – Будівництво та цивільна інженерія). – Національний транспортний університет, Київ, 2021.

У дисертаційній роботі представлено нове вирішення актуального питання удосконалення методу оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів шляхом підвищення вимог та обмежень до процесу вимірювань зчіпних якостей, підвищення точності вимірювальних елементів, збільшення продуктивності виконання робіт, покращення інформативності та безпеки, завдяки автоматизації вимірювальних процесів і фіксації місцеположення проведення вимірювань.

У результаті проведених досліджень розроблені та затверджені основні нормативні документи і створений сучасний прилад з оцінки зчіпних якостей дорожнього покриття. За допомогою розроблених методу і засобу оцінки зчіпних якостей, проведено обстеження всієї мережі автомобільних доріг державного значення України і проінформовані всі Служби автомобільних доріг у областях, щодо ділянок автомобільних доріг з недостатніми зчіпними якостями поверхні дорожнього покриття, де є необхідність проведення робіт з покращення зчіпних якостей для забезпечення умов безпечного руху транспорту.

Ключові слова: безпека, вимірювання, зчеплення, зчіпні якості, ковзання, поверхня дорожнього покриття, слизькість, транспортно-експлуатаційні показники, універсальне дорожнє вимірювальне обладнання.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Leonid Rybitskyi, Dmitry Pavlyuk. Improvement of Methods and Means of Evaluating of Skid Resistance Road Surfaces in Ukraine. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3) (2021).
https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7372

Статті у фахових виданнях:

2. Павлюк Д.О., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л. Про вимірювання коефіцієнта зчеплення методом екстреного гальмування. *Автошляховик України*. 1999. №1. С. 49-50.

3. Павлюк Д.О., Кизима С.С., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л. Зауваження щодо ДСТУ Б.В.2.3-2-97 (ГОСТ 30413-96) «Дороги автомобільні. Метод визначення коефіцієнта зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям». *Автошляховик України*. 1999. №3. С. 50-51.

4. Рибіцький Л.Л. Обґрунтування методики метрологічної атестації універсального дорожнього вимірювального обладнання. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2001. Вип. 63. С. 70-72.

5. Павлюк Д.О., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л. Досвід виробничої експлуатації автомобільної причіпної установки ПКРС-2У та поштовхоміра «ВСВП-УТУ». *Автошляховик України*. 2004. №2. С. 25-27.

6. Рибіцький Л.Л. Дослідження курсової стійкості «УДВО» на основі математичної моделі та експериментальних випробувань. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2004. Вип. 72. С. 154-161.

7. Павлюк Д.О., Рибіцький Л.Л., Лебедев О.С., Шурьяков М.В. Аналіз вимог нормативних документів України до зчіпних якостей дорожніх покриттів. *Автошляховик України*. 2010. № 2. С. 29-31.

8. Павлюк Д.О., Лебедєв О.С., Павлюк В.В., Павлюк В.В., Рибіцький Л.Л. та ін. Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО-НТУ». *Автошляховик України*. 2011. № 1. С. 40-48.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

9. Павлюк Д.О., Іваніца Є.В., Булах О.І., Андрєєв С.І., Рибіцький Л.Л., Федоров М.О. Удосконалення способів і засобів вимірювання показників транспортно-експлуатаційних якостей дорожніх покриттів. Тези доповідей наук.-техн. Конф. *«Шляхи підвищення ефективності дорожнього господарства України в нових умовах господарювання»*. Київ: НТУ. 1998. С. 72.

10. Рибіцький Л.Л. Застосування методу математичного моделювання для дослідження можливості виникнення автоколивань на датчику вузла вимірювань зчіпних якостей УДВО в залежності від пружних характеристик колеса і датчика. *Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції, яка присвячена 60-річчю НТУ*. Київ, НТУ. 2004. С.61-62.

11. Павлюк Д.О., Булах Є.О., Рибіцький Л.Л., та інші. Удосконалення оцінки якості дорожніх покриттів. *Матеріали конференції в рамках II Міжнародної виставки «Будівництво доріг, дорожня інфраструктура, будівельні машини ROAD ENGINEERING Київ 4-6 вересня 2006 р.* Київ, Укравтодор. 2006. С. 6 – 8.

12. Рибіцький Л.Л. Удосконалення методів вимірювання зчіпних якостей дорожніх покриттів. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Київ, НТУ. 2020. 124 с

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

13. Павлюк Д.А., Лебедев А.С., Шурьяков М.В., Рыбицкий Л.Л., Сокольчук С.В. О целесообразности определения показателей сцепных качеств покрытий в режиме заданного проскальзывания колеса. *Сб. Научных докладов международной научно-технической конференции 7-9 июля 2010г.*

Пути решения проблем дорожной отрасли СНГ. Омск, 2010, С. 137 – 141.

14. Павлюк Д.А., Ильченко В.В., Рыбицкий Л.Л. Некоторые аспекты совершенствования оценки сцепных качеств дорожных покрытий. Сб. науч. трудов. *Научно-технические проблемы дорожной отрасли стран СНГ.* Минск, 2000. С. 193-195.

15. Рибіцький Л.Л. Досвід функціонування СУСП та проектування ТЕО, влаштування метеостанцій та ОВНС. *Науково-практичний семінар «Особливості проектування автомобільних доріг загального користування: проблеми та задачі».* Харків, 17-18 травня 2018р.

16. Рибіцький Л.Л. Проектування в сучасних умовах. Покращення безпеки дорожнього руху на дорогах України. *Міжнародна конференція «Стан дорожньої інфраструктури у гірській місцевості та шляхи її покращення».* Івано-Франківськ, 28 лютого 2020 р.

ABSTRACT

L Rybitskyi Improvement of the method for assessing the skid resistance of pavement. – As a manuscript.

The dissertation for candidate of technical sciences degree in specialty 05.22.11 «Highways and airfields». (192 – Construction and Civil Engineering). – National transport university, Kyiv, 2021.

The dissertation presents a new solution to the topical issue of improving the method of assessment of skid resistance of road pavements by increasing the requirements and restrictions to the process of measurement of friction properties, increasing the accuracy of measuring elements, work productivity, improving information and safety by automation of measuring processes and fixing the location of measurements.

The analysis of known methods and means of assessment of coupling qualities of road coverings was carried out. On the basis of researches of the conducted analysis of the existing equipment and methods of an estimation of coupling

qualities the basic requirements to a design of new means were substantiated taking into account the constructed mathematical model of the course stability of the device, the study of the possibility of unloading the measuring wheel of the device during measurements and the model of wheel movement during braking of the measuring wheel.

The results of calculations and relevant experimental studies confirmed that in the model of a new device for assessing traction the value of the load on the measuring wheel during measurements does not change, and the angle of deviation of the device during testing is insignificant and does not affect driving.

Based on theoretical and practical research was designed modern evaluation device coupling properties of road surfaces, constructed algorithm for measurement and improved method for estimating the grip of the pavement which was the basis of existing regulations of Ukraine.

For the operation of a new assessment tool grip of the road surface has been developed and approved the program and methods of state metrological certification were conducted, all necessary calibrations of measuring elements were carried out and metrological certification of the developed means was executed.

During the development of a new device "UDVO" (universal road measuring equipment) and metrological certification, experimental studies were conducted and additional correlation tests of the developed devices "UDVO". As a result of correlation tests, it was determined that the measurement error of the developed tools "UDVO" is not more than 5%.

Correlation tests "double" with portable devices for coupling coefficient showed a significant difference in the results obtained on the same surface. The design of the developed device makes it possible to measure two indicators - the coefficient of friction at rest and the coefficient of sliding friction using the clutch measuring unit "UDVO". It was determined that the value of the angular velocity corresponding to the maximum adhesion force is not a constant value.

Based on the improved method and means of evaluation of coupling

properties only in 2017 by order of the Road Service in Kyiv region were surveyed 21,314 km of highways of state value was carried out and it was determined that 594 km (2.29% of the network) $\phi < 0.3$ are slippery, accident-hazardous areas, and 2680 km (10.34% of the network) do not meet current road safety requirements and require urgent measures to improve the coupling qualities $\phi < 0.35$.

As a result of research, main normative documents were developed and approved, and a modern device was developed for the measurement of skid resistance of road pavements. Using the developed methodology and device, the whole network of state roads of Ukraine was surveyed, and all Oblast Road Services were informed about road sections with insufficient friction properties of road pavements, where the works are required to improve friction properties and provide for traffic safety.

Keywords: safety, measurement, friction, skid resistance, sliding, road pavement surface, slipperiness, transport operational indicators, Universal road measurement equipment.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Leonid Rybitskyi, Dmitry Pavlyuk. Improvement of Methods and Means of Evaluating of Skid Resistance Road Surfaces in Ukraine. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3) (2021).
https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7372

Статті у фахових виданнях:

2. Павлюк Д.О., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л. Про вимірювання коефіцієнта зчеплення методом екстреного гальмування. *Автошляховик України*. 1999. №1. С. 49-50.

3. Павлюк Д.О., Кизима С.С., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л. Зауваження

щодо ДСТУ Б.В.2.3-2-97 (ГОСТ 30413-96) «Дороги автомобільні. Метод визначення коефіцієнта зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям». *Автошляховик України*. 1999. №3. С. 50-51.

4. Рибіцький Л.Л. Обґрунтування методики метрологічної атестації універсального дорожнього вимірювального обладнання. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*: науково-технічний збірник. 2001. Вип. 63. С. 70-72.

5. Павлюк Д.О., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л. Досвід виробничої експлуатації автомобільної причіпної установки ПКРС-2У та поштовхоміра «ВСП-УТУ». *Автошляховик України*. 2004. №2. С. 25-27.

6. Рибіцький Л.Л. Дослідження курсової стійкості «УДВО» на основі математичної моделі та експериментальних випробувань. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2004. Вип. 72. С. 154-161.

7. Павлюк Д.О., Рибіцький Л.Л., Лебедєв О.С., Шурьяков М.В. Аналіз вимог нормативних документів України до зчіпних якостей дорожніх покриттів. *Автошляховик України*. 2010. № 2. С. 29-31.

8. Павлюк Д.О., Лебедєв О.С., Павлюк В.В., Павлюк В.В., Рибіцький Л.Л. та ін. Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО-НТУ». *Автошляховик України*. 2011. № 1. С. 40-48.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

9. Павлюк Д.О., Іваніца Є.В., Булах О.І., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л., Федоров М.О. Удосконалення способів і засобів вимірювання показників транспортно-експлуатаційних якостей дорожніх покриттів. Тези доповідей наук.-техн. Конф. «*Шляхи підвищення ефективності дорожнього господарства України в нових умовах господарювання*». Київ: УТУ. 1998. С. 72.

10. Рибіцький Л.Л. Застосування методу математичного моделювання для дослідження можливості виникнення автоколивань на датчику вузла вимірювань зчіпних якостей УДВО в залежності від пружних характеристик колеса і датчика. *Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції, яка присвячена 60-річчю НТУ*. Київ, НТУ. 2004. С.61-62.

11Павлюк. Д.О., Булах Є.О., Рибіцький Л.Л., та інші. Удосконалення оцінки якості дорожніх покриттів. *Матеріали конференції в рамках II Міжнародної виставки «Будівництво доріг, дорожня інфраструктура, будівельні машини ROAD ENGINEERING Київ 4-6 вересня 2006 р.* Київ, Укравтодор. 2006. С. 6 – 8.

12. Рибіцький Л.Л. Удосконалення методів вимірювання зчіпних якостей дорожніх покриттів. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.* Київ, НТУ. 2020. 124 с

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

13. Павлюк Д.А., Лебедев А.С., Шурьяков М.В., Рыбицкий Л.Л., Сокольчук С.В. О целесообразности определения показателей сцепных качеств покрытий в режиме заданного проскальзывания колеса. *Сб. Научных докладов международной научно-технической конференции 7-9 июля 2010г. Пути решения проблем дорожной отрасли СНГ.* Омск, 2010, С. 137 – 141.

14. Павлюк Д.А., Ильченко В.В., Рыбицкий Л.Л. Некоторые аспекты совершенствования оценки сцепных качеств дорожных покрытий. *Сб. науч. трудов. Научно-технические проблемы дорожной отрасли стран СНГ.* Минск, 2000. С. 193-195.

15. Рибіцький Л.Л. Досвід функціонування СУСП та проектування ТЕО, влаштування метеостанцій та ОВНС. *Науково-практичний семінар «Особливості проектування автомобільних доріг загального користування: проблеми та задачі».* Харків, 17-18 травня 2018р.

16. Рибіцький Л.Л. Проектування в сучасних умовах. Покращення безпеки дорожнього руху на дорогах України. *Міжнародна конференція «Стан дорожньої інфраструктури у гірській місцевості та шляхи її покращення».* Івано-Франківськ, 28 лютого 2020 р.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	10
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	12
ВСТУП	13
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ	21
1.1 Загальна характеристика досліджень	21
1.2 Визначення показника зчіпних якостей поверхні дорожніх покриттів портативними приладами	25
1.3 Визначення показника зчіпних якостей методом екстреного гальмування автомобілем	30
1.4 Визначення зчіпних якостей поверхні динамометричними приладами	36
Висновки до розділу 1	60
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ТА РОЗРОБКА НОВОГО МЕТОДУ ТА ЗАСОБУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ	62
2.1 Аналіз результатів вимірювання ϕ на порівняльних випробуваннях	62
2.2 Аналіз існуючого приладу «ПКРС-2» як засобу вимірювань зчіпних якостей дорожніх покриттів	67
2.3 Аналіз існуючого приладу «У-1» як засобу вимірювань зчіпних якостей дорожніх покриттів	73
2.4 Побудова математичної моделі курсової стійкості приладу	81
2.5 Дослідження можливості розвантаження вимірювального колеса приладу під час вимірювань зчіпних якостей дорожніх покриттів	90
2.6 Математична модель руху колеса під час гальмування	94
Висновки до розділу 2	102
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЗАСОБУ ОЦІНКИ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ	

ДОСЛІДЖЕНЬ	105
3.1 Розробка та описання конструкції і принципу дії вузлів «УДВО»	105
3.2 Ходові випробування «УДВО»	110
3.3 Розробка автоматизованих систем вимірювань «УДВО»	120
3.4 Проведення експериментальних випробувань	131
Висновки до розділу 3	139
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	140
4.1 Методика визначення зчіпних якостей універсальним дорожнім вимірювальним обладнанням («УДВО»)	140
4.2 Ефективність використання результатів дослідження	149
Висновки до розділу 4	151
ВИСНОВКИ.....	152
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	155
ДОДАТОК А.....	168
ДОДАТОК В.....	199
ДОДАТОК Г	206
ДОДАТОК Д.....	211
ДОДАТОК Е	222
ДОДАТОК Ж.....	241
ДОДАТОК К.....	268
ДОДАТОК Л.....	272

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АІС	Автоматизована інформаційна система
АСКВП	Автоматизована система керування вимірювальними процесами
ГБН	Галузеві будівельні норми
ГСТУ	Галузевий стандарт України
ДБН	Державні будівельні норми
ДТП	Дорожньо-транспортна пригода
ЄС	Європейський Союз
ІТС	(англ. Intelligent transportation system) Інтелектуальна транспортна система
ОДР	Організація дорожнього руху
ПМА	Програма та методика метрологічної атестації
ПКРС	(рос. прибор контроля ровности и сцепления) прилад контролю рівності і зчеплення
СОУ	Стандарт організації України
СУСП	Система управління станом покриттів
«УДВО»	Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання
IRFI	(англ. International runway friction index) Міжнародний індекс зчеплення дорожнього покриття
LFC	(англ. locked friction coefficient) метод вимірювання поздовжнього коефіцієнт зчеплення
MPD	метод вимірювання середньої глибини профілю
PFT	(англ. portable friction tester) метод вимірювання коефіцієнту зчеплення портативним приладом
SFC	(англ. side friction coefficient) метод вимірювання коефіцієнту бокової сили зчеплення

ВСТУП

Оцінка показника зчіпних якостей дорожнього покриття – досить важливе питання яке потрібно вирішувати під час експлуатації автомобільних доріг. Коефіцієнт зчеплення є одним із основних транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття від якого залежить безпека дорожнього руху. З багатьох джерел відомо, що однією із найбільш поширених причин дорожньо-транспортних пригод (ДТП) є незадовільні зчіпні якості дорожнього покриття.

Зчіпні якості поверхні дорожнього покриття – сукупність властивостей, що зумовлюють здатність дорожнього покриття забезпечувати стійкий рух транспортного засобу без заносу й ковзання коліс, а у випадку виникнення останнього - здатність чинити опір ковзанню.

За даними [1] «За 2020 рік в Україні трапилося 168 107 ДТП, з них 26 140 ДТП – з травмованими, у яких загинула 3 541 людина та 31 974 людини отримали травми.

Основними причинами ДТП із загиблими та/або травмованими, які були скоєні протягом 2020 року, є: перевищення безпечної та встановленої швидкості руху; порушення правил маневрування; порушення правил проїзду перехресть; порушення правил проїзду пішохідних переходів; недотримання дистанції.»

У більшості перерахованих вище причин ДТП значну роль зниження важкості ДТП може відіграти величина зчіпних якостей дорожнього покриття через покращення керованості автомобіля та зменшення довжини гальмівного шляху. Довжина гальмівного шляху напряму залежить від швидкості та зчіпних якостей покриття.

При збільшенні швидкості руху коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям зменшується, що відповідно призводить до збільшення довжини гальмівного шляху та погіршення керованості автомобіля. Різке маневрування

автомобіля в залежності від коефіцієнта зчеплення при малих значеннях призводить до заносу, а при великих – до нормальної керованості автомобіля.

У цілому автомобільна дорога повинна виконувати такі функції як доставку пасажирів та вантажів із пункту відправлення до пункту призначення:

- без пошкодження автомобіля та вантажу;
- без травмування чи смерті пасажирів або водіїв;
- без додаткової, зумовленої дорожніми умовами, втомленості водіїв чи пасажирів;
- без втрати часу на затори.

Дорога повинна також забезпечити пропуск автомобілів заданої вантажопідйомності. Швидкість повинна бути близькою до розрахункової. Крім того, дорога, зокрема, дорожнє покриття, повинне забезпечувати необхідні під час руху зміну траєкторії й зміну швидкості автомобілів під час виконання різноманітних маневрів – обгону, зупинки і т.п.

Зчіпні якості забезпечують стійкість автомобіля і його керованість при наявності горизонтальної складової реакції дороги [2, 3, 4, 5]

Одна з умов безпечного руху транспорту є своєчасне виявлення та ліквідація ділянок автомобільної дороги з недостатніми зчіпними якостями поверхні дорожнього покриття

Значна роль зчіпних якостей поверхні дорожнього покриття в забезпеченні безпечних умов руху, обумовлює необхідність проведення всіма структурами, причетними до ремонту та утримання доріг, систематичного інструментального контролю та оцінки цих властивостей поверхні дорожнього покриття протягом усього періоду служби дороги.

Для цього на практиці необхідно використовувати методи та засоби оцінки зчіпних якостей, які дозволять достовірно і своєчасно оцінити стан дорожнього покриття.

Поняттю зчіпні якості дорожнього покриття відповідають сукупність

матеріально-структурних та функціональних параметрів [6], що обумовлюють здатність автомобільної дороги виконувати певні функції і задовольняти потреби дорожнього руху.

Матеріально-структурні параметри характеризують поверхню дорожнього покриття з геометричної точки зору і визначаються параметрами її шорсткості.

Функціональні параметри проявляються при взаємодії коліс транспортних засобів з поверхнею дорожнього покриття і визначається відношенням величини дотичної реакції до величини нормальної реакції покриття [7].

У даній роботі розглядаються функціональні параметри поверхні дорожнього покриття, а саме методи оцінки зчіпних якостей поверхні дорожнього покриття динамометричними приладами.

Актуальність теми

Кількісною мірою зчіпних якостей поверхні дорожнього покриття на теперішній час в Україні є коефіцієнт зчеплення ϕ шини з поверхнею дорожнього покриття. Він визначається як відношення горизонтальної реакції покриття до нормальної сили, що діє на колесо під час гальмування. При оцінці забезпечення необхідних зчіпних якостей фактичне значення коефіцієнтів ϕ зіставляють із мінімально допустимими значеннями після чого визначають відповідність його встановленим обмеженням [8], [9].

В умовах недостатньої величини коефіцієнта зчеплення на дорогах і вулицях України щороку трапляється досить велика кількість ДТП. В яких гинуть і дістають поранення дуже велика кількість людей. Недостатня величина коефіцієнта зчеплення досить часто виявляється після скоєння ДТП через недосконалі методи і засоби оцінки зчіпних якостей або їх відсутність.

У більшості випадків отримані значення періодичних вимірювань зчіпних якостей мають великі похибки при вимірюваннях, а використання не достовірних значень зчіпних якостей (досить часто завищених) призводить до

негативних наслідків з безпеки дорожнього руху. Крім того, відомі засоби не досконалі, застарілі і не задовольняють сучасним технічним і метрологічним вимогам.

Промисловість України приладів для вимірювання зчіпних якостей не виробляє, а імпорتنі установки коштують від 150 до 350 тис. доларів. Це зумовлює необхідність розробки удосконалених методів та засобів, за допомогою яких можна визначати зчіпні якості дорожнього покриття з необхідною точністю.

Ці факти свідчать про актуальність та необхідність удосконалення методу оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Усі дослідження прикладного та теоретичного характеру виконані відповідно до тематики науково-дослідних робіт, що виконувались кафедрами будівництва та експлуатації доріг, аеропортів, проектування доріг геодезії та землеустрою НТУ:

«Розробити методичні вказівки щодо визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття універсальним дорожнім вимірювальним обладнанням» (2006 р., № держ. реєстр. 0106U010890), «Переробити ГСТУ 218-02070915-102-2003 «Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх покриттів. Методи та засоби» та привести його статус до вимог чинного законодавства», (2008 р., № держ. реєстр. 0104U006092), «Провести дослідження показників зчіпних якостей дорожніх покриттів за допомогою різних приладів та методів для оцінки кореляційних залежностей їх показників з показаннями причіпних динамометричних установок» (2009 р., № держ. реєстр. 0109U009011), «Провести дослідження та розробити національний стандарт на методи вимірювань зчіпних властивостей поверхні дорожнього покриття» (2016 р., № держ.реєстр. 0116U007511).

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є удосконалення методу

оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів за рахунок підвищення вимог до проведення випробувань, підвищення точності, інформативності та продуктивності вимірювань параметрів зчіпних якостей дорожніх покриттів.

Для досягнення мети дисертаційного дослідження були поставлені такі задачі:

- проаналізувати відомі методи і засоби оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів, дослідити результати вимірювання показника зчіпних якостей приладами типу ПКРС-2 та визначити основні напрямки досліджень;
- побудувати і дослідити математичну модель курсової стійкості нового приладу, провести дослідження можливості розвантаження вимірювального колеса приладу під час вимірювань, побудувати і дослідити модель руху колеса під час гальмування вимірювального колеса;
- на основі результатів дослідження розроблених моделей розробити новий прилад для оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів, алгоритм і методику його використання;
- розробити програму і методику державної метрологічної атестації, провести метрологічну атестацію розробленого приладу;
- провести експериментальні дослідження з використанням розробленого приладу та кореляційні випробування приладів по оцінці зчіпних якостей дорожніх покриттів.

Об'єкт дослідження – процес встановлення транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття.

Предмет дослідження – методи випробувань зчіпних якостей дорожніх покриттів.

Методи дослідження: методи теоретичної механіки, теорії пружності, математичного моделювання, математичної статистики, аналітичні методи розв'язання диференціальних рівнянь.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше побудована математична модель курсової стійкості приладу під

час блокування правого по ходу вимірювального колеса, яка дає змогу визначити кут відхилення осі приладу під час вимірювань і визначити можливість його заносу

- вперше побудована математична модель та проведені дослідження можливості розвантаження вимірювального колеса динамометричним приладом під час проведення вимірювань показника зчіпних якостей і доведено, що розвантаження не відбувається;

- вперше, на основі обґрунтувань параметрів вимірювань та конструкції приладу, розроблено метод і засіб оцінки зчіпних якостей дорожнього покриття;

- отримав подальший розвиток метод вимірювання зчіпних якостей дорожнього покриття.

Практичне значення одержаних результатів.

- розроблений засіб та метод оцінки зчіпних якостей дає можливість, завдяки додатковим обмеженням та уточненням, отримати більш точний результат вимірювання;

- завдяки встановленню більш точних та додаткових датчиків на універсальне дорожнє вимірювальне обладнання, отримана можливість вимірювати більшу кількість показників з більшою точністю.

- за рахунок автоматизації вимірювальних процесів підвищується точність вимірювань.

Результати досліджень впроваджені на галузевому рівні в організаціях, які входять у сферу управління Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор): ДСТУ Б В.2.3-8-2003 «Споруди транспорту. Дорожні покриття. Методи вимірювання зчіпних якостей», ГСТУ 218-02070915-102-2003 «Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх покриттів. Методи та засоби», МВ 218-02070915-627:2007 «Методичні вказівки щодо визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття універсальним дорожнім вимірювальним

обладнанням», СОУ 45.2-00018112-042:2009 «Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів», ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво», ДСТУ 8746:2017 «Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчіпних властивостей поверхні дорожнього покриття».

Тільки у 2017 р., на замовлення Служби автомобільних доріг у Київській області, розробленим засобом, у відповідності до удосконаленого методу оцінки зчіпних якостей, було проведено обстеження 21 314 км автомобільних доріг державного значення. Також впроваджено в навчальний процес Національного транспортного університету при підготовці фахівців за напрямом «Будівництво та цивільна інженерія» з фахового спрямування (спеціалізації) «Автомобільні дороги і аеродроми», у лекційних курсах з дисципліни «Діагностика доріг і проектування капітального ремонту та реконструкції доріг».

Особистий внесок здобувача. Наукові результати теоретичних та експериментальних досліджень, які виносяться на захист, отримано автором самостійно [10, 11, 12]. Розроблено математичну модель руху універсального вимірювального обладнання під час проведення вимірювань та визначена курсова стійкість причепа. У спільних публікаціях автором удосконалено вимоги до проведення оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів [13]. Розроблено метод визначення зчіпних якостей [14]; обґрунтовано технічні параметри, проведені лабораторні, польові та приймальні випробування універсального дорожнього вимірювального обладнання, а також розроблено програму та методику метрологічної атестації даного випробувального обладнання [15]; обґрунтовано технічні характеристики універсального дорожнього вимірювального обладнання, здійснено вибір дослідних ділянок і проведенні експериментальні дослідження, встановлено залежності зчіпних якостей покриття від швидкості руху, типу шини. Обґрунтовані основні положення методики проведення випробувань [6, 16, 17, 18].

Обґрунтованість та достовірність отриманих у роботі результатів: підтверджується застосуванням фізично обґрунтованих (на основі експериментальних даних) математичних моделей, коректною постановкою межових умов, чітким математичним описом числових алгоритмів, співставленням числових розрахунків з результатами теоретичних та експериментальних досліджень інших авторів, апробацією результатів роботи на різних рівнях.

За результатами експериментальних досліджень коефіцієнт кореляції між показаннями різних модифікацій «УДВО» складає від 0,96 до 0,99, а відхилення показань обладнання від значень зчіпних якостей, визначених за стандартною методикою, не перевищують 5 %.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на конференції «Шляхи підвищення ефективності дорожнього господарства України в нових умовах господарювання» (м. Київ УТУ. 1998 р.), на міжнародній науково-технічній конференції присвяченій 60-річчю НТУ. (м. Київ НТУ. 2004 р.), на 62, LXXVI наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та структурних підрозділів Національного транспортного університету (м. Київ).

Публікації. За темою дисертаційного дослідження опубліковано 16 наукових праць, у тому числі: 7 – у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України; 1 – стаття у зарубіжних періодичних наукових виданнях; 6 – у збірниках праць за матеріалами наукових конференцій; 2 – статті додатково відображають наукові результати дисертації (у періодичному фаховому виданні, що не входить до переліку МОН України).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація включає вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 117 найменувань та 9 додатків. Основний текст викладений на 154 сторінках. Текст ілюструється 95 рисунками і містить 17 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

1.1 Загальна характеристика досліджень

Як тільки з'явився автомобільний транспорт і автомобільні дороги, люди відразу замислились над дослідженнями зчеплення шин з дорожнім покриттям. Вже на початку ХХ сторіччя за кордоном почали визначати значення коефіцієнта зчеплення для вибору найкращих типів шин у поєднанні із зчіпними властивостями різних дорожніх покриттів при невеликих швидкостях руху (до 20 км/год) [19].

У 30-40 роках перші дослідження зчеплення шин з поверхнею дороги УСРС виконувалися М.С. Замахасевим [20], Є.А. Чудаковим [21], Б.С. Фалькевичем [22] та ін.

У 50-60 роки розвиток автомобілів і збільшення швидкості руху стали підґрунтям для досліджень з визначення впливу на коефіцієнт зчеплення конструкції шин [23], навантаження на колесо, стану поверхні дорожнього покриття. Серед науковців тих часів вивченням зчіпних якостей займалися Є.А. Чудаков [24], В.І. Кнороз [25], М. Леру [19] та багато інших.

І.П. Петров [26] досліджував залежність та вплив формули для розрахунку сили та коефіцієнта зчеплення шин з сухою і твердою поверхнею в залежності від окремих параметрів гуми протектору і поверхні дорожнього одягу.

М.О. Паршин [27] визначав зчіпні властивості різних шин, вплив тиску повітря, температури, глибини протектора, навантаження на колесо і швидкості на зчеплення шин з різними типами покриття. На основі своїх досліджень встановив мінімально допустимі значення коефіцієнта зчеплення покриття проїзної частини.

Пізніше В.О. Астров [28] досліджував характеристики шорсткості поверхні покриття та зміну їх параметрів у процесі експлуатації. Визначав вплив показників шорсткості на величину коефіцієнта зчеплення. На основі досліджень розробив рекомендації по влаштуванню поверхневих обробок та обґрунтував допустимі швидкості руху автомобілів в залежності від зчіпних якостей покриття.

Р.Ф. Лукашук [29] оцінював зв'язок між ймовірністю ДТП і величинами коефіцієнта зчеплення, встановив його розрахункові значення в залежності від швидкості руху.

Н.М. Кульмурадов [30] проводив оцінку впливу швидкості, температури і шорсткості покриттів на величину коефіцієнта зчеплення в умовах жаркого клімату, визначив оптимальні параметри шорсткості.

Б.М. Косарєв [31] обґрунтував вимоги до нижніх і верхніх границь значень параметрів шорсткості. Виходячи із залежності коефіцієнта зчеплення від мікрошорсткості, визначив вимоги до мінімальної висоти її виступів.

Н.А. Лушніков [32] вивчав вплив зчіпних властивостей дорожніх покриттів на аварійність, знос шин і витрати пального.

М.В. Нємчинов [4], досліджував вплив текстури поверхні дорожніх покриттів на її зчіпні властивості та на теплові процеси, що відбуваються у зоні контакту з автомобільними шинами.

І. Ченг [33], Є. Фортуна і В. Швабик [34] Розробляли прилади для вимірювання коефіцієнта зчеплення.

С.В. Сіденко [35] вивчав вплив зчіпних властивостей дорожніх покриттів на швидкість руху автомобілів, обґрунтував необхідні значення транспортно-експлуатаційних показників з урахуванням фактичних величин коефіцієнта зчеплення.

С.С. Кизима [36] вивчав розподіл коефіцієнта зчеплення як функції в залежності від умов, які впливають на можливість досягнення ним коефіцієнта тертя спокою.

Д.О. Павлюк [37] вивчав основи і застосування теорії зчіпних якостей дорожніх покриттів, проводив дослідження з визначення шорсткості та зчіпних якостей дорожнього покриття.

В Україні дослідженнями пов'язаними з зчіпними якістьми дорожнього покриття займаються в НТУ, ХНАДУ, ДП «ДерждорНДІ», ДП «Укрдіпродор», ДП «Дорцентр».

Питаннями, пов'язаними з розробкою методів та засобів оцінки зчіпних якостей дорожнього покриття, займалися такі вчені, як: Андрєєв С.І., Астров В.О., Замахєєв М.С., Іваниця Є.В., Кизима С.С., Косарєв Б.М., Кнороз В.І., Кульмурадов Н.М., Леру М., Лебєдев О.С., Лукашук Р.Ф., Лушніков Н.А., Немчинов М.В., Павлюк Д.О., Паршин М.О., Петров І.П., Подліх Е.Г., Сіденко С.В., Смолянук Р.В., Фалькевич Б.С., Фортуна Є., Ченг І., Чудаков Є.А., Швабик В., Alonso M., Andriejauskasa T., Andresen A., Boulet M., Descornet G., Fafie J., Forest R., Gothie M., Henry J., Mazyr A., Mielonasb V., Roe P., Viner H., Vorobjovasa V., Schmidt B., Wambold J.C., Wet T., Yager T.

Окрім вказаних науковців ще багато відомих вчених присвятили свою діяльність вивченню та дослідженню зчеплення шин з покриттям і цим зробили вагомий внесок у розвиток науки.

Зчіпні якості забезпечують стійкість автомобіля і його керованість при наявності горизонтальної складової реакції дороги [2, 3, 4, 5]. При оцінці показника зчіпних якостей фактичне значення коефіцієнтів ϕ зіставляють із мінімально допустимими значеннями, після чого визначають відповідність його встановленим обмеженням [8], [9]. В умовах недостатньої величини коефіцієнта зчеплення на дорогах і вулицях України щороку трапляється досить велика кількість ДТП, в яких гинуть і дістають поранення дуже значна кількість людей.

Сьогодні на практиці в ЄС [38, 39, 40] використовується низка вимірювальних приладів та різних методів вимірювання зчіпних якостей, які визначають:

- поздовжній коефіцієнт тертя (LFC) – ROARDK, ROAR NL, RWS NL Skid Resistance Trailer, Skiddometer BV-8, SRM, TRT, SRT-3, IMAG, Grip Tester;
- коефіцієнт бокової сили тертя (SFC) – SCRIM, SKM, Mu-Meter;
- поздовжній коефіцієнт тертя (LFC) портативні прилади – DFT Dynamic Friction Tester, SRT Pendulum, T2GO, VTI Portable Friction Tester (PFT).

Прилади проводять вимірювання з різними параметрами: швидкості, колісного навантаження, величини проковзування, кута встановлення вимірювального колеса, товщини плівки води. Деякі параметри мають переваги у роботі: коли колесо не повністю заблоковане або встановлене під кутом суттєво зменшується знос шин; чим більші ємності для води тим більша максимальна відстань вимірювання; прилади з обладнанням для вимірювання макротекстури дорожнього покриття дозволяють порівнювати стан поверхні дорожнього покриття з вимірами зчіпних якостей.

Вже майже півстоліття в Національному транспортному університеті науковці С.І. Андреев, Є.В. Іваниця, С.С. Кизима, О.С. Лебедєв, Д.О. Павлюк, С.В. Сіденко, займаються науковими дослідженнями та розробкою різних методів за засобів оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів. Один із методів який привернув увагу науковці університету, є метод визначення зчіпних якостей динамометричним приладом. Ця робота є продовженням наукових досліджень і присвячена удосконаленню вимірювань функціональних параметрів поверхні дорожнього покриття.

Функціональні параметри характеризують взаємодію коліс транспортних засобів з поверхнею покриття і визначаються відношенням величини дотичної реакції до величини нормальної реакції покриття.

Можна виділити три основні методи визначення функціональних параметрів зчіпних якостей дорожніх покриттів (рис. 1.1):



Рисунок 1.1 – Методи визначення показника зчіпних якостей дорожнього покриття

1.2 Визначення показника зчіпних якостей поверхні дорожніх покриттів портативними приладами

Метод оцінки зчіпних якостей портативними приладами полягає у визначенні зчіпних якостей поверхні дорожніх покриттів на окремих обмежених по довжині ділянках (10 - 30 см). Цей метод використовує різні за конструкцією та принципом дії портативні прилади, які моделюють процес взаємодії колеса з поверхнею дорожнього покриття. Методом локальної оцінки можна здійснювати експрес-випробування покриттів як у процесі будівництва чи ремонту доріг, так і на стадії їх експлуатації. Об'єктивність та надійність методу залежить не тільки від портативного приладу, який використовується при випробуваннях, а й саме наскільки використаний у них спосіб моделювання процесу взаємодії відповідає реальним умовам.

В Англії, у довоєнні роки велика кількість вимірювань зчіпних якостей виконувалась дорожньою дослідною лабораторією за допомогою

маятникового приладу [19].

На території України найбільшого розповсюдження набули: маятниковий прилад «МП-3», прилад ударної дії «ППК-МАДІ-ВНИИБД», ІКС-ВП та прилад «РКС-КАДІ» [41].

Визначення показника зчіпних якостей поверхні дорожнього покриття маятниковим приладом «*МП-3*» [42][41] (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Прилад маятникового типу «МП-3»

Метод вимірювання коефіцієнта зчеплення приладом маятникового типу «МП-3» базується на терті гумового слайдера, розміщеного на кінці маятника, з поверхнею дорожнього покриття.

Перед початком вимірювань потрібно перевірити роботоздатність приладу та правильність установки нуля. Для цього необхідно виконати спуск маятника таким чином, щоб слайдер не торкався дорожнього покриття. При цьому результат вимірювання повинен дорівнювати 0.

При проведенні вимірювань слід виконати наступні операції: виміряти температуру повітря; встановити прилад у місці вимірювання коефіцієнта зчеплення; виставити його в горизонтальне положення, по круглому рівню; виставити маятник таким чином, щоб довжина ковзання слайдера складала 12,5 см; зафіксувати маятник приладу у верхньому положенні; зволожити дорожнє покриття водою по траєкторії руху маятника (0,05 л на кожне

вимірювання); скинути маятник, щоб він зробив одне повне коливання по покриттю, зупинивши рукою зворотній хід; зняти показання приладу і записати результат; повторити вимірювання в кожній точці три рази; обробити результати.

Метод визначення коефіцієнта зчеплення приладом ударної дії типу «ППК-2»[43] (рис. 1.3).

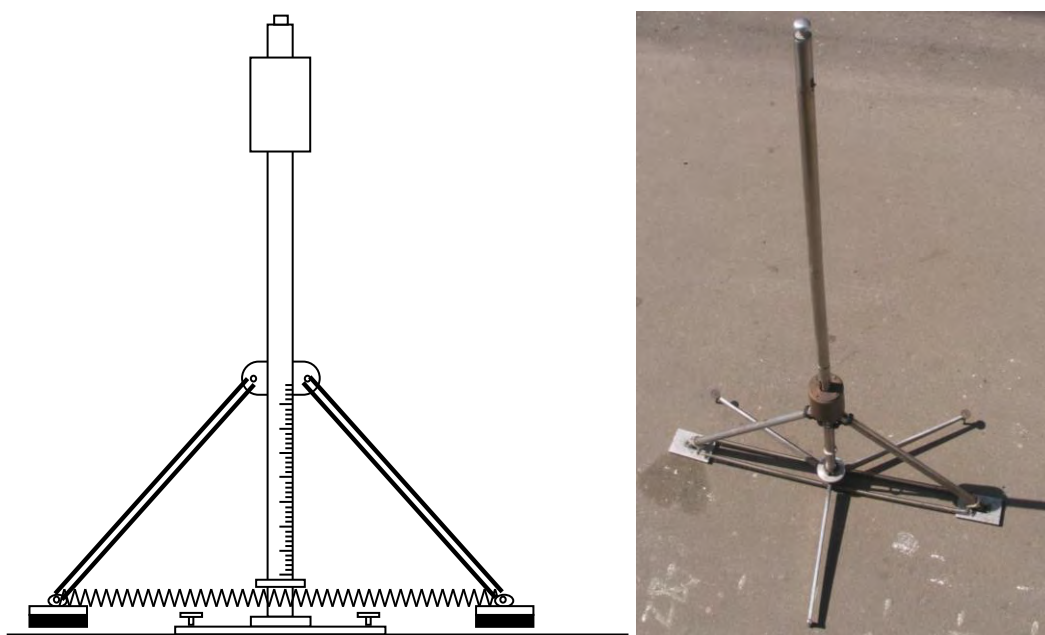


Рисунок 1.3 – Прилад ударної дії типу «ППК-2»

Реалізується за тих самих умов, як і приладом «МП-3».

Працездатність приладу перевіряють наступним чином: спочатку знімають імітатори, а на їхнє місце встановлюють тарувальні ролики; прилад встановлюють на рівну гладку поверхню; під котки підкладають сталеві пластини; прилад встановлюють таким чином, щоб ролики торкались поверхні пластин; після скидання гирі прилад повинен фіксувати коефіцієнт зчеплення, що дорівнює 0. Відхилення від нульового значення шкали не повинно перевищувати ± 7 мм.

При проведенні вимірювань слід виконати наступні операції: виміряти температуру повітря та поздовжній похил ділянки вимірювання; встановити

прилад у місці вимірювання коефіцієнта зчеплення; за допомогою гвинтів-лап виставити прилад таким чином, щоб нижня поверхня імітаторів знаходилась на відстані 10 ± 2 мм від поверхні покриття; зафіксувати гирю у верхньому положенні, вимірювальне кільце перемістити у верхнє положення та зволожити дорожнє покриття водою по траєкторії руху імітаторів, $0,2 - 0,25$ л під кожен імітатор; не пізніше 3 с після зволоження скинути гирю, зняти показання приладу і записати результат; повторити вимірювання в кожній точці п'ять разів; обробити результати.

Ще один прилад, який використовується в Україні, це прилад ударної дії «ИКСп» (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Прилад ударної дії типу «ИКСп»

Імітує процес ковзання заблокованого колеса по дорожньому покриттю. Принцип роботи вимірювача заснований на визначенні величини горизонтального переміщення по зволоженому покриттю імітатора автомобільної шини, прижатого до покриття упорною тягою, встановленою під кутом 45° до горизонту. В якості джерела для притискування та переміщення імітатора використовується кінетична енергія гирі вагою $5,2$ кг, вільно падаючої по вертикальній штанзі з висоти 59 см. Величина горизонтального переміщення імітатора, притиснутого до зволоженого

покриття, залежить від коефіцієнта зчеплення, значення якого знімаються з шкали приладу.

При проведенні вимірювань слід виконувати дії, як і при використанні приладу «ППК-2».

Прилад, розроблений Київським автомобільно-дорожнім інститутом «РКС-КАДІ» [41] (рис. 1.5)

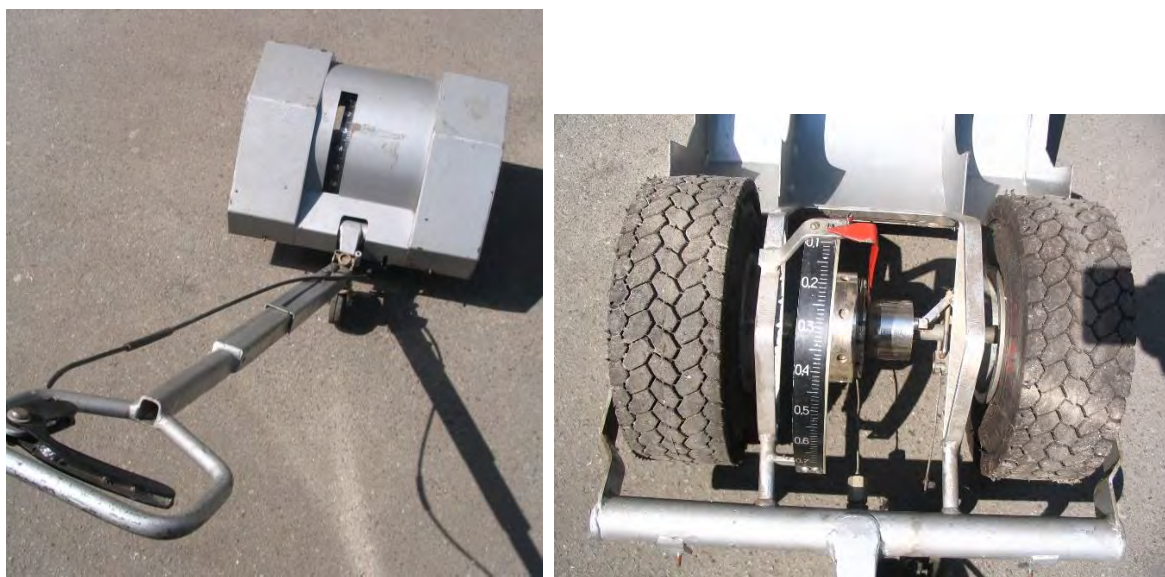


Рисунок 1.5 – Прилад «РКС-КАДІ»

реалізує передбачає визначення дотичної реакції, що виникає при ковзанні вимірювального колеса по поверхні покриття. Сам прилад зроблений у вигляді двоколісного візка із рукояттю, одне колесо якого в момент вимірювання гальмується оператором. Під час вимірювання візок із загальмованим колесом рівномірно переміщують по поверхні дорожнього покриття зі швидкістю 3–4 км/год. Значення показника зчіпних якостей зчитують під час переміщення з шкали приладу, відкаліброваної за допомогою динамометра.

Всі портативні прилади імітують взаємодію колеса з покриттям і мають невелику вагу, що відповідно передає невелику силу взаємодії між контактною пластиною й поверхнею покриття, а як відомо, із фізики [44], величина зчіпних якостей прямопропорційно залежить від зусилля в контактній зоні.

Для можливості використання портативних приладів необхідно провести додаткові порівняльні випробовування.

1.3 Визначення показника зчіпних якостей методом екстреного гальмування автомобілем

Цей метод відображає реальні умови взаємодії автомобіля з поверхнею дорожнього покриття у випадку екстреного гальмування. Він досить простий і не потребує використання спеціального обладнання.

Визначати коефіцієнт тертя ковзання методом екстреного гальмування автомобілю можна за двома показниками:

- за довжиною гальмівного шляху;
- за величиною від'ємного прискорення.

Визначення коефіцієнта тертя ковзання за довжиною гальмівного шляху полягає в тому, що кінетична енергія автомобіля при повному блокуванні його коліс витрачається на взаємодію коліс із покриттям. Інтенсивність втрати кінетичної енергії залежить від зчіпних якостей поверхні дорожнього покриття. Коефіцієнт тертя ковзання шин із покриттям ϕ визначається за формулою:

$$\phi = V_0^2 / 2gL, \quad (1.1)$$

де L – довжина шляху гальмування до зупинки, м;

V_0 – початкова швидкість автомобіля, м/с.

Початкову швидкість реєструють за спідометром автомобіля. З точки зору безпеки вимірювань її беруть у межах 40–50 км/год.

На території колишнього СРСР перші вимірювання зчіпних якостей методом екстреного гальмування проводились у 1936 році науково-дослідною

лабораторією МАДІ [22].

Пізніше в ХАДІ [45, 46] та ДерждорНДІ [47] для цього використовували автомобілі, обладнані стріляючими пристроями. Останні спрацьовували при включенні стоп-сигналів і залишали на дорожньому покритті крейдову пляму в момент початку гальмування, від центру якої за допомогою рулетки заміряли гальмівний шлях. У разі відсутності пристрою [48]

$$L \cong 1,09\ell_c, \quad (1.2)$$

де ℓ_c - середня для чотирьох коліс довжина видимого на покритті сліду гальмування, м.

У роботі [41, 46] відзначали такі переваги способу екстреного гальмування як простота і найбільш достеменне відтворення дійсних умов взаємодії шин із дорожнім покриттям.

У роботі [48] виконано аналіз точності визначення коефіцієнта тертя ковзання цим способом. Серед факторів, які впливають на точність результату, вивчались похибки вимірювання початкової швидкості й довжини гальмівного шляху. Відносна похибка вимірювання коефіцієнта тертя ковзання визначалась як сума відносних похибок вимірювання V_0 і S . Ця сума є максимальною оцінкою, а також точною оцінкою [49] у випадку залежності результатів вимірювання V_0 і S . Однак, виходячи з того, що початкова швидкість і довжина шляху гальмування вимірюються різними засобами, слід вважати, що їх похибки незалежні. Тому в роботах [37, 50] була отримана точніша оцінка похибки визначення коефіцієнта тертя ковзання, результат якої наведений у табл. 1.1.

Дані таблиці підтверджують висновки роботи [48] про те, що результати вимірювання μ методом екстреного гальмування можуть бути скільки-небудь точними лише при використанні спеціальних засобів вимірювання швидкості і шляху гальмування.

Однак, якщо враховувати ще додаткові похибки, пов'язані з розподілом сили ваги автомобіля на передні й задні колеса, неодноразовістю їх блокування, індивідуальні особливості автомобіля, то можна зробити висновок про те, що навіть при використанні стріляючого пристрою застосування методу екстреного гальмування як засобу вимірювання ϕ при оцінці зчепних якостей дорожніх покриттів досить не точне.

Таблиця 1.1 – Розрахунки похибки визначення ϕ методом екстреного гальмування

Засіб вимірювання V_0 і його похибка	Засіб вимірювання S і його похибка	$\delta\phi$	$\delta\phi/\phi$. % :
1	2	3	4
Спідометр автомобіля $\delta V_0 / V_0 = 10\%$ [49] $\delta\% = 1$ м/с	Рулетка. Візуальна фіксація місця початку гальмування, $\delta S = 0,5$ м [37]	0,100	20,0
Те ж саме	Рулетка. Фіксація місця початку гальмування стріляючим пристроєм $\delta S = 0,1$ м	0,099	19,8
Прилад «Шлях-швидкість», $\delta V_0 = 0,14$ м/с [49]	Прилад «Шлях- швидкість», $\delta S = 0,1$ м	0,013	2,7

Примітка. Результати, наведені у табл. 1.1, відповідають умовам вимірювань методом екстреного гальмування з початкової швидкістю $V_0 = 40$ км/год (11,1 м/с) при довжині шляху гальмування $S = 12,5$ м, з використанням різних засобів вимірювання V_0 і S (коефіцієнт зчеплення $\phi = 0,5$).

Крім того, значення ϕ , визначене за методом екстреного гальмування, не відповідає тим величинам, які отримують за допомогою причіпних приладів. Якщо останні проводять вимірювання при швидкості 60 (20 або 40) км/год, то

під час екстреного гальмування значення ϕ є середнім для всього шляху гальмування при зміні швидкості від V_0 до 0. У наслідок сильної залежності ϕ від швидкості, очікувати точного співпадіння вказаних результатів вимірювання не приходиться [51].

На кафедрі будівництва та експлуатації доріг ХАДІ за участю кафедри автотранспорту в 60-роки було розроблено прилад і метод вимірювання зчіпних якостей за величиною сповільнення автомобіля при гальмуванні [52, 53]. Робота приладу (рис. 1.6) полягає у визначенні відхилення розміщеної на кінці сталюї пружини 1, рухомої маси 2, з повзунком 3, що рухався по дротяному опорі 4 під впливом сил інерції, які виникають при гальмуванні автомобіля.

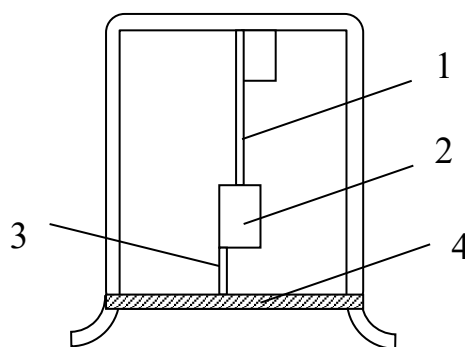


Рисунок 1.6 – Електромеханічний деселерометр ХАДІ

Для визначення зчіпних якостей за від'ємним прискоренням автомобіля використовують формулу:

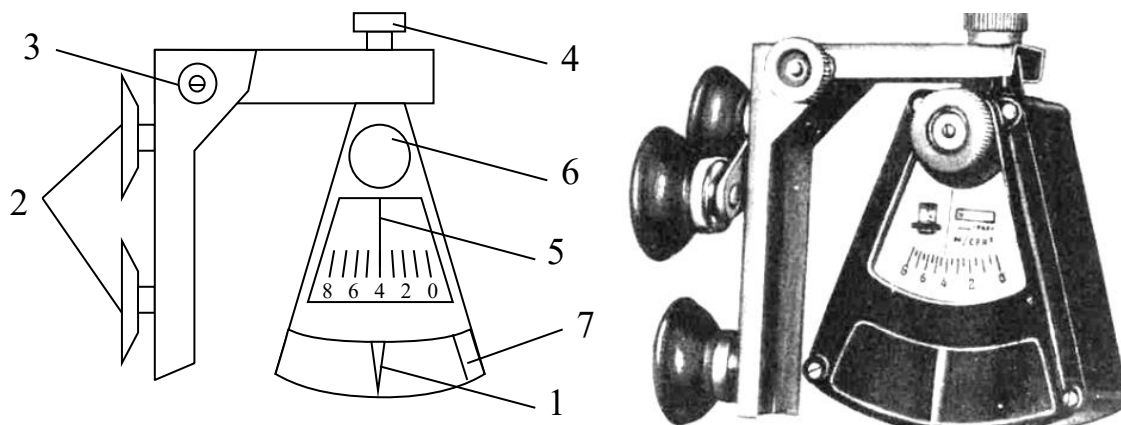
$$\phi = a/g \approx 0,1a, \quad (1.3)$$

де a – від'ємне прискорення, м/с^2 .

Вимірювання a здійснюють деселерометрами граничного типу різних конструкцій – «НДІАТ-751», електронного КАДІ та ін. при розгоні автомобіля до 40–50 км/год і короткочасному повному блокуванні його коліс штатними гальмами. Від'ємне прискорення зчитують із шкали (або стрічки самописа)

деселерометра і підставляють у вираз (1.3)

У 70-х роках зчіпні якості як на автомобільних дорогах так і на злітно-посадкових смугах аеродромів колишнього СРСР вимірювали шляхом гальмування автомобіля з установленим на ньому *деселерометром* (рис. 1.7) при швидкості 40 км/год [54].



1 - ось маятника; 2 - гумові присоси; 3 - гвинт фіксації стійок; 4 - гвинт фіксації корпусу; 5 - фіксує стрілка; 6 - ручка повернення фіксує стрілки; 7 - контрольна риска.

Рисунок 1.7 – Деселерометр 1155 М

Згідно [55] оцінка стану ЗПС за допомогою деселерометрів забезпечує найбільш достовірну інформацію в тих випадках, коли поверхні штучного покриття знаходяться під ущільненим снігом чи льодом і не проводяться у тих випадках, коли поверхня покриття вкрита пухким чи сухим снігом, шар якого перевищує 51 мм, чи сльотою, глибина якої перевищує 13 мм, або на зволожених покриттях.

В аеропортах також використовують такі прилади для оцінки показника зчіпних якостей по від'ємному прискоренню автомобіля, як брекметр-динометр, тапліметр [55].

Брекметр-динометр [55] складається з точно збалансованого маятника, який реагує на будь-яку зміну швидкості чи похилу. Маятник за допомогою зубчатої секторної передачі обертає стрілку навколо кругової

шкали (рис. 1.8). Кругова шкала градується у відсотках «g», як прийнято в стандарті для вимірювання прискорення й сповільнення. Для виключення всіх вібрацій прилад заповнений нечутливою до змін температури рідиною.



Рисунок 1.8 – Брейкметр-динометр

Використовують два варіанти тапліметра [55]: стандартний механічний вимірювач і електронний вимірювач.

Механічний вимірювач – це великий маятниковий деселерометр, який складається з динамічно тарованого демпфованого оливою маятника в герметичному кожусі (рис. 1.9). Маятник має магнітний зв'язок із простим передавальним механізмом. Кругла шкала, прикріплена до нього, вказує величину прискорення у відсотках «g». Храповий механізм утримує максимальне відхилення шкали до закінчення вимірювань. Механізм, розташований в алюмінієвому кожусі, а шкала закрита скляним верхом. Весь пристрій змонтовано на литій платформі за допомогою вилючної конструкції. Дані зчитуються візуально, розраховуються й записуються оператором.



Рисунок 1.9 – Стандартний механічний тапліметр

Електронний вимірювач зчїпних якостей [55] забезпечує запис даних, отриманих при вимірюваннях. Конструкція вимірювача (рис. 1.10) працює так само, що і в механічному деселерометрі.

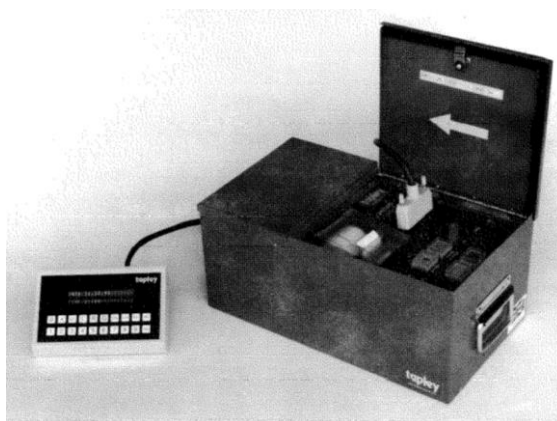


Рисунок 1.10 – Електронний тапліметр вимірювач зчїпних якостей

Оскільки деселерометри потребують розгону транспортного засобу до заданих швидкостей, то інтервали, через які можуть зніматися показники зчїпних якостей поверхні, будуть обов'язково більші, ніж інтервали, пристроїв вимірювання зчїпних якостей неперервної дії.

Оцінці зчїпних якостей покриттів за величиною від'ємного прискорення притаманні ті самі недоліки, що й за довжиною гальмівного шляху. Показання в більшості випадків більші за показання причіпних динамометричних приладів, оскільки деселерометри показують максимальне прискорення на окремих ділянках. А згідно [55] деселерометри взагалі не повинні використовуватися на мокрих чи сухих поверхнях штучних покриттів. Тому вони не знайшли широкого розповсюдження в дорожній практиці і діючими нормативними документами [6, 16] не передбачені.

1.4 Визначення зчїпних якостей поверхні динамометричними приладами

Перші дослідження зчіпних якостей колеса автомобіля з дорогою за допомогою спеціально сконструйованих приладів почали проводити у Європі в середині 20-х років. У 1936 році у Франції було сконструйовано прилад, названий страдографом, його конструкція суттєво не змінювалась протягом наступних 20-ти років. В Англії у цей період також були виконані значні по об'єму дослідження за допомогою спеціального екіпажу, в якому вимірювальне колесо встановлювали під кутом 20^0 до напрямку руху [19].

Динамометричні прилади за конструктивними особливостями дуже різноманітні і бувають як причіпні, так і влаштовані безпосередньо на автомобілях. Усі вони об'єднані одним методом: під час вимірювання зчіпних якостей дорожнього покриття вимірювальне колесо (колеса) блокується(ються) (повністю чи частково) або встановлюється(ються) під кутом до напрямку руху. Під час блокування спеціальними датчиками та обладнанням проводиться обробка й реєстрація значень отриманих при вимірюванні на вимірювальному колесі.

Питання, пов'язані з розробкою контрольно-вимірювальних приладів для вимірювання ϕ , як показника якості дорожнього покриття, почали вирішувати у ДорНДІ (майбутньому СоюздорНДІ) та МАДІ ще в 1936-1941 роках [56]. Була проведена велика кількість досліджень, але перший прилад ДП-1 («Динамометричний причіп - 1») з'явився лише після 1957 року [57]. З цього року створення причіпних приладів і їх застосування в наукових дослідженнях у колишньому СРСР нерозривно пов'язані з прізвищем Астрова В.О. Цікаво, що перші масові вимірювання ϕ він проводив в Україні на дорозі Київ-Львів у 1961 – 1963 роках [58].

Конструкція однієї з модифікацій приладу (рис. 1.11) «ДП-1», відома також під назвою *«Візок СоюздорНДІ»*, використовувалась у системі «Успосшляху» УРСР в 1964 році й описана у роботі [59].

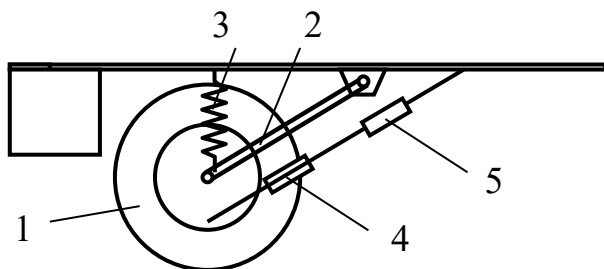


Рисунок 1.11 – Конструкція приладу «Візок СоюздорНДІ»

Розрахункове навантаження на єдине вимірювальне колесо (рис. 1.8) становило 100 кгс. Конструкція включала важіль 2 із пружиною 3, реактивну тягу 4 із тензодатчиком 5, а також 2 амортизатори, які зменшували коливання, та стабілізували навантаження на колесо (на рисунку не показані). Швидкість вимірювань становила 40 км/год, витрати води для поливу становили 1,5 л/м². Похибка вимірювання, на думку авторів роботи [59], не перевищувала 5%. Методика визначення зчіпних якостей за допомогою цього приладу, однак, не давала змогу позбавитися від похибки, пов'язаної з тим, що при гальмуванні виникає момент, який розвантажує вимірювальне колесо. Ігнорування цього моменту, за даними роботи [60], може вносити похибку від 10 до 20%.

На початку 60-х років у МАДІ Е.Г. Подліх сконструював причіпний прилад під назвою «*Динамометричний візок МАДІ*» [60, 61], при використанні якого за допомогою динамографа з індуктивним датчиком вимірювалась сила F у місці з'єднання причепа з тягачем (рис. 1.12).

Методика визначення виміряного значення $\phi_{\text{вм}}$ передбачала виконання розрахунків за формулою 1.4 [60]:

$$\phi_{\text{вм}} = (F \pm Qi) / (Q - (F \pm Qi)r_k / \ell), \quad (1.4)$$

де Q – вертикальне навантаження на колесо, або навантаження, що передається через колесо на дорогу, кгс (рис. 1.12);

i – поздовжній похил дороги;

r_k – радіус кочення, м;

ℓ – відстань від шарніра динамографа до осі колеса, м.

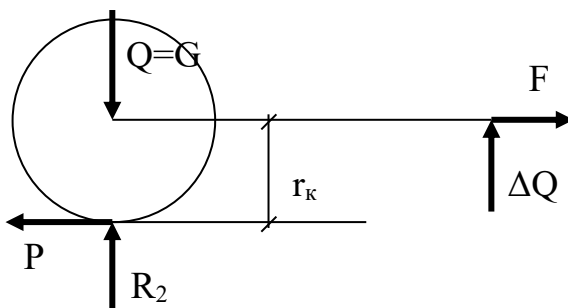


Рисунок 1.12 – До вимірювання ϕ приладом МАДІ

Формула враховувала вплив поздовжнього похилу й розвантаження вимірювального колеса під час вимірювань. Але визначення поздовжнього похилу й розрахунки за формулою ускладнювали роботу з приладом.

У 70-х роках Фурманенко О.С. (НДІ ЖК і МГ, Київ) [62] розробив **динамометричний причіп НДІ ЖК і МГ**, конструкція якого була схожою на конструкцію «Динамометричного візка МАДІ». Вона включала баласт 1 (рис. 1.13), амортизатори 2, шарнір 3, вимірювальну пружину 4, потенціометр 5.

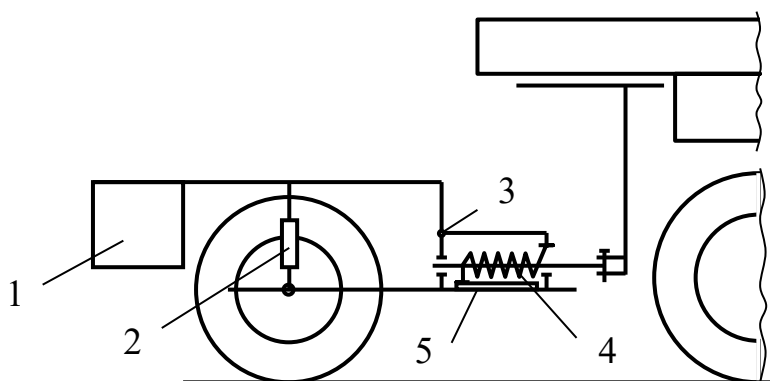


Рисунок 1.13 – Динамометричний причіп НДІ ЖК і МГ

У 1963 році Астров В.О. розробив прилад і отримав авторське свідоцтво на винахід [63], який застосований для удосконалення приладу «ДП-1» при створенні нового приладу СоюздорНДІ під назвою – **«Прибор контроля ровности и сцепления «ПКРС»»**.

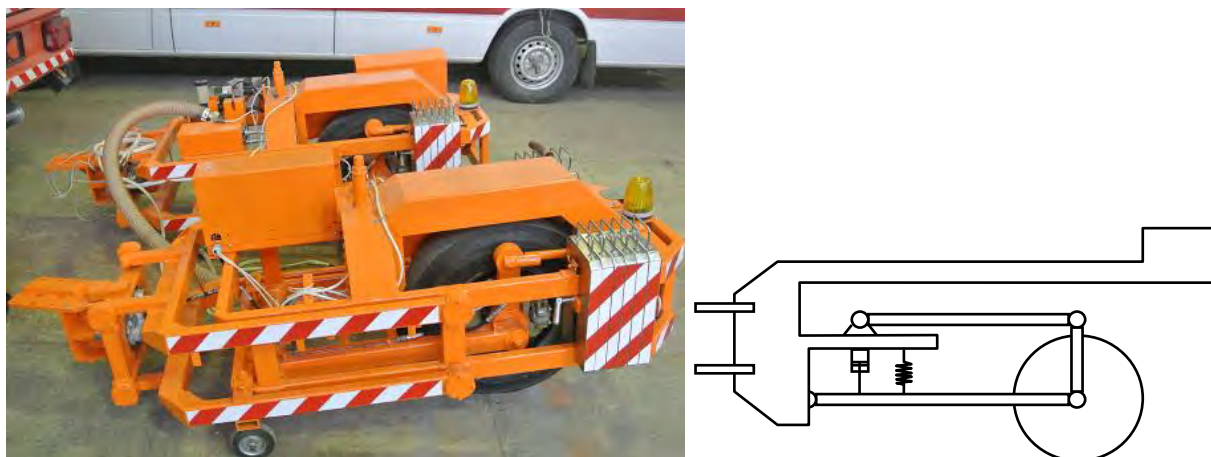


Рисунок 1.14 – Динамометричний причеп ПКРС

Конструкція цього приладу [64, 65] включала дві паралельні штанги (рис.1.14) із шарнірами, які виключали можливість передачі ваги причепа на автомобіль-тягач при гальмуванні вимірювального колеса. Навантаження на колесо вважалось сталим і зникла необхідність у розрахунках ϕ за формулами. Причеп являв собою шарнірну паралелограмну конструкцію, оснащену м'якою підвіскою, гідравлічним амортизатором та системою зволоження покриття в зоні контакту колеса з покриттям. Вимірювальним колесом було колесо від легкового автомобіля («ВАЗ», «Москвич»), яке знаходилося під навантаженням 2,94 кН. Таке навантаження забезпечувало близькі до реальних умов взаємодії шин легкового автомобіля з поверхнею дорожнього покриття. Як і в «ДП-1», сила зчеплення визначалась за величиною реактивного гальмівного моменту, що виключало необхідність врахування впливу поздовжнього похилу на результати вимірювань.

На протязі наступних 10 років конструкція «ПКРС» постійно удосконалювалась: з'явився стабілізатор напруги, додатково був установлений пристрій для виключення можливості бокового заносу причепа при блокуванні колеса й ін. Модифікація цього приладу під назвою «ПКРС-2У» була прийнята для серійного виробництва [66], [67], [68].

Розвиток вимірювальної техніки для оцінки зчіпних якостей ЗПС аеродромів відбувався незалежно від розробок дорожників.

ДПІ й НДІЩА «Аеропроект» разом з одним із заводів цивільної авіації створили «Аеродромний причіпний агрегат для визначення зчіпних якостей» («АКС»). Він являв собою одновісний причіп із трьома колесами. Жорсткий зв'язок між середнім меншого розміру (вимірювальним) і більшими опорними колесами при вимірюванні ψ встановлювався шляхом вмикання електромагнітної муфти зчеплення. При цьому середнє колесо рухалося з сталим проковзуванням (15-16%) за рахунок спеціально підібраного меншого діаметра його шини й розподілу навантаження на колеса. Вказане значення проковзування, на думку авторів агрегату [69], відповідало максимальній величині зчіпних якостей для більшості станів покриттів і швидкості 60-80 км/год. Це давало змогу характеризувати потенційну можливість гальмування коліс літаків, які, завдяки АБС, ніколи не гальмуються в режимі блокування (юз).

У 1981 році відбулися Треті Всесоюзні порівняльні випробування, що проводилися згідно з рішенням Наукової ради безпеки міського і автомобільного руху Держкомітету науки й техніки при РМ СРСР, Головного управління ДАІ МВС СРСР і ВНДІ БДР МВС СРСР.

Усього у випробуваннях 1981 року приймали участь 8 приладів: «ПКРС-2У» (СоюздорНДІ), «ПКРС-2У» (Оргтехдорбуд, Вільнюс), «ОТД-3» (Латтехоргдорбуд, Рига), шинний тестер «ШТ» (МАМІ), «МАДІ-8», «АТТ-2» (Аеропроект) і 2 українські прилади – «Буксир-1» (ДерждорНДІ) і «КАДІ-КС-2» [66].

Шинний тестер «ШТ» був сконструйований у вигляді додаткового колеса до «ЗИЛ-131» із підвіскою, обладнаною амортизатором літака, яка виключала вплив моменту сили, що виникав при гальмуванні колеса. Пряме його призначення – вимірювання зчіпних якостей шин діаметром до 60 см при навантаженні на колесо 400 кгс і проковзуванні від 0 до 100%.

Динамометрична лабораторія «МАДІ-8» [70] змонтована на автомобілі «ЗИЛ-130» і представляла собою двоколісний причіп, який давав змогу

вимірювати велику кількість параметрів: гальмівну силу, гальмівний момент, поперечне зусилля в зоні контакту шини з дорожнім покриттям, швидкість руху, кут сходження коліс, витрати води. Навантаження на шину 6.40-13 могло змінюватися у процесі вимірювань від 0 до 600 кгс. Прилад міг працювати у режимі ковзання вимірювального колеса й кочення під кутом до напрямку руху з частковим проковзуванням.

Конструкція приладу «АТТ-2» («Аэродромная тормозная тележка - 2») включала спеціальну шину 660-160, так як основне призначення його – контроль зчіпних якостей ЗПС аеродромів. Незвичайно малий тиск повітря (0,7 кгс/см) у шинах пояснюється необхідністю погашення коливань, зумовлених нерівностями поверхні ЗПС, так як амортизаторів вказаний прилад не мав. Навантаження на вимірювальне колесо становило 160 кгс. Колеса АТТ-2 з'єднані між собою карданним валом. Співвідношення різних діаметрів коліс забезпечувало рух із поздовжнім проковзуванням вимірювального колеса $15 \pm 2\%$. Сила, яка виникала при русі приладу по поверхні покриття з проковзуванням у поздовжній площині вимірювалася тензодатчиком, встановленим на поздовжній тязі вимірювального колеса.



Рисунок 1.15 – «АТТ-2» в аеропорті

Вимірювання зчіпних якостей за допомогою «АТТ-2» (рис. 1.15) виконувалося при швидкості від 40 до 65 км/год. Точність при вимірюваннях складала $\pm 2\%$.

Український прилад «КАДІ-КС-2» був зроблений на базі серійного

причепу «Скіф». Він мав третє, розміщене між колесами причепу, вимірювальне колесо, яке мало стале проковзування під час вимірювань. Усі три шини – від моторолера. Навантаження на вимірювальне колесо з незалежною підвіскою становило 50 кгс.

Прилад «*Буксир-1*» сконструйовано на базі серійного причепу, обладнаного третім колесом з шиною 7,35-14 з тиском повітря 1,7 кг/см. Вимірювання могли виконуватися у режимі повного або часткового проковзування.

Прилад «*ОТД-3*» за нашими даними, являв собою подальше удосконалення приладу ЛСГА.

Автори роботи [66] відмічали збіжність показань приладів «МАДІ-8» і «ПКРС-2У», незважаючи на те, що вони мали різні шини.

Прилади «ПКРС-2У» і «НДК-МАДІ» було рекомендовано для серійного виробництва; прилади «МАДІ-8» і «ШТ» МАМІ – для наукових досліджень. Також було визнано, що рівень існуючих конструкцій приладів не дає змогу розробити єдину методику вимірювань і стандарти на засоби оперативної оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів.

Результати порівняльних випробувань 1981 року за оцінкою В.О.Астрова [71] характеризувались відсутністю єдиної методики вимірювання і значною розбіжністю показань приладів, що належать різним організаціям.

За кордоном одним із перших приладів по визначенню зчіпних якостей був *шинний тестер ВІІ*. Його створили на початку 1950-х років вчені Шведського дослідного інституту доріг і транспорту. Вони також розробили і декілька його модифікацій [72]. У кінці 1950-х років, з'явився вимірювальний причеп BV6, який дозволяв вимірювати зчіпні якості при сталому (~17%) проковзуванні колеса.

У 1965-1975 роках за кордоном [67] використовувалися прилади «*Страдограф*» (Бельгія, Франція), «*BMC-1800*», «*SRM*», «*SCRIM*» (Англія)

[73], що вимірювали коефіцієнт поперечного зчеплення завдяки встановленню колеса під кутом від 0 до 15-20% до напрямку руху. «*Штутгартський прилад*» (ФРН) та «*ML-350*» (США) вимірювали коефіцієнт поздовжнього зчеплення у режимі повного блокування вимірювального колеса. Прилади «*RWL*» (США) [74, 75, 76], «*Скідометр BV-8*» (Іспанія, Швейцарія) вимірювали коефіцієнт поздовжнього зчеплення у режимі часткового проковзування колеса.

Конструкція приладу «*Скідометр BV-8*» виявилася настільки вдалою, що стала випускатися серійно і використовуватися практично у всіх аеропортах світу, а в Швеції – і дорожньою інспекцією.

Фірма «СААБ» на базі BV-7 розробила вимірювач зчеплення на базі автомобіля (рис. 1.16) [55], в якому під багажником встановлене п'яте колесо. Вимірювання проводились з сталим коефіцієнтом ковзання в межах від 10 до 12% в залежності від типу вимірювального пневматика. Для отримання необхідної величини проковзування вимірювальне колесо за допомогою ланцюгової передачі з'єднувалося з задньою піввіссю автомобіля. Вертикальне навантаження на вимірювальне колесо з незалежною підвіскою становило 140 кг. Виміряні значення зберігалися в числовому лічильнику і по закінченні обстеження реєструвалися на стрічці у вигляді неперервної лінії значень ϕ .



Рисунок 1.16 – Вимірювач зчеплення «СААБ»

За кордоном розробки науковців дослідного інституту доріг і

транспорту Швеції у середині 90-х р. удосконалили попередній прилад і розробили новий тестер – «BV-14». Він працював при сталому проковзуванні колеса, з вимірювальною шиною, що і в тестері BV7, але вимірювальний пристрій мав уже два вимірювальних колеса, змонтованих на легкій жорсткій вісі, кожне з яких мало індивідуальний привід. Проковзування 17% забезпечується подвійною ланцюговою передачею від задніх коліс автомобіля. Гальмівні сили на колесах вимірювалися за розтягненням ланцюгів на кожному приводі. Сигнали через підсилювач і контролер подавалися на ПК, змонтований на спеціальній панелі автомобіля.

Таким чином, шведські тестери зі сталим проковзуванням використовуються вже протягом майже 40 років. Пояснюється це простотою методу, його надійністю і доброю кореляцією результатів із показаннями інших приладів. Не випадково саме досвід спеціалістів Швеції і був використаний ІСО «Дорожні транспортні засоби. Вимірювання зчіпних якостей шин з поверхнею дороги» [77], в якому вперше у вимірювальній практиці узаконено, що сили поздовжнього й поперечного зчеплення повинні вимірюватися тестером з еталонними шинами, а зчіпні якості необхідно оцінювати по величині сили зчеплення вимірювального колеса з дорогою [72, 78]. Причому величину проковзування й кут уводу рекомендується вибирати таким чином, щоб при використанні еталонних шин отримані значення дотичної реакції були наближені до максимальних.

Останнім часом шинні тестери випускають також у Чехії (шинний інститут у м. Злін). Вимірювальне устаткування монтується на шасі причепа, а прилади для реєстрації й обробки експериментальних даних - в салоні невеликого автомобіля – тягача. Розроблено два таких тестери – DMT і SMT. Обидва тестери призначені для буксирування легковими автомобілями.

У Франції широко використовується причіпна установка «ADHERA» [79]. Швидкість вимірювань 40-120 км/год. Робота установки подібна установці «ПКРС-2У». Вимірювання проводяться при повному блокуванні

вимірювального колеса [80]. В аеропортах Франції використовуються прилади з частковим проковзуванням вимірювального колеса такі як Skidometer та Страдограф [81].

У США був розроблений одноколісний причіпний прилад по визначенню зчіпних якостей. За допомогою системи контролю гальмівної сили отримують величину проковзування вимірювального колеса [82].

За кордоном на дорожніх і аеродромних покриттях використовується багато різних приладів, декілька з них були розглянуті та описані:

«*Mu-Meter*» – це причеп вагою 245 кг для вимірювання бокової сили зчеплення. [83]. Причеп має трикутну раму, на якій змонтовані два вимірювальних установлених під кутом 15° до напрямку руху колеса й одне заднє опорне (рис. 1.17). Вертикальне навантаження на кожне з вимірювальних коліс дорівнює 78 кг. При вимірюваннях колеса працюють із коефіцієнтом ковзання 13,5%. Блок управління й реєстрації забезпечує безперервну побудову графіку величини зчіпних якостей по всій довжині обстеженої ділянки.



Рисунок. 1.17 – Причеп та блок процесора і клавіатури «Mu-Meter»

«*RUNWAY FRICTION TESTER*» (рис. 1.18) [83] – це автофургон, у якого в багажному відсіку розміщене п'яте колесо, з'єднане ланцюговою передачею з задньою віссю. Фургон, оснащений приводом на передні колеса та потужним двигуном. Вимірювальне колесо має сталий коефіцієнт ковзання 13%. Вимірювання здійснюються двовісним силовим датчиком, який вимірює

горизонтальну реакцію і вертикальне навантаження на вимірювальне колесо. Цей метод усуває необхідність фільтрації коливань автомобіля й впливу зносу пневматика, забезпечуючи, таким чином, отримання достовірних результатів вимірювання зчіпних якостей. Вертикальне навантаження на колесо складає 136 кг. Під час вимірювання зчіпних якостей дані обробляються й передаються на ПК та друкуючий пристрій, який забезпечує постійний реєстр значень зчіпних якостей і швидкості руху автомобіля на смужці графіка.



Рисунок 1.18 – Фургон та блок керування «RUNWAY FRICTION TESTER»

«*Skidometer BV-11*» – одна з модифікацій приладів BV це трьохколісний причеп (рис. 1.19) [83], призначений для роботи з сталим коефіцієнтом ковзання 15-17 % в залежності від розміру і типу вимірювальної шини.

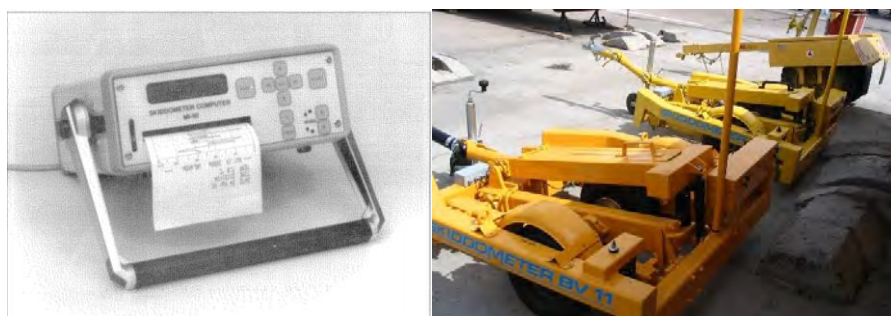


Рисунок 1.19 – Причеп та блок управління MI-90 «Skidometer BV-11»

Три колеса зв'язані один з одним за допомогою ланцюгової передачі й редукторів, передаточне відношення яких забезпечує обертання вимірювального колеса з необхідним коефіцієнтом проковзування.

Вертикальне навантаження на вимірювальне колесо складає 105 кг. Прикладений до вимірювального колеса обертальний момент вимірюється спеціальним датчиком. Отримані при обстеженні ділянки дані обробляються й записуються на стрічку у вигляді неперервної лінії значень по всій довжині обстежуваної ділянки.

«*Grip Tester*» зображений на рис. 1.20 [83]. Це легкий трьохколісний причеп, який вимірює зчеплення колеса з покриттям при сталому проковзуванні. Вимірювання здійснюються середнім колесом, яке має пневматик із гладким протектором. Колесо змонтоване на обладнаній датчиками вісі. Датчики вимірюють силу опору проковзування і вертикальне навантаження. Комп'ютер розраховує й зберігає дані про проведені вимірювання та швидкість.



Рисунок 1.20 – Вимірювач зчіпних якостей «Grip Tester»

Вимірювач зчіпних якостей «TATRA» – це автомобіль (рис. 1.21) [83], обладнаний п'ятим вимірювальним колесом, розміщеним в районі заднього сидіння. Автомобіль, оснащений двома внутрішніми баками з водою й системою поливу води. Вертикальне навантаження вимірювального колеса регулюється в діапазоні 25-145 кг. Вимірювальну систему можна автоматично або вручну запрограмувати для роботи приладу в режимі постійного й періодичного вимірювання зчіпних якостей (задається час гальмування та холостого ходу). Проковзування вимірювального колеса регулюється в межах 0-60% від швидкості руху.



Рисунок 1.21 – Вимірювач зчіпних якостей «TATRA»

Пристрій RUNAR – це причеп (рис. 1.22) [83], на якому встановлений основний блок вимірювання зчіпних якостей RUNAR. Причеп включає обладнання з гідравлічними гальмами і вимірювальним колесом. Основний блок має розміри 90+45+80 см (висота, ширина, довжина) і важить приблизно 100 кг. Повна вага спорядженого причепа складає 400 кг. Варіант, передбачений для установки збоку на транспортному засобі, має повну вагу приблизно 150 кг. Вимірювальні датчики встановлені на гідравлічному гальмі. Збір, обробку, збереження й відображення даних здійснює комп'ютер. Обладнання транспортного засобу включає сенсорну панель управління і друкуючий пристрій. Пристрій RUNAR може експлуатуватися на швидкостях від 20 до 130 км/год.



Рисунок 1.22 – Пристрій RUNAR

Причипний пристрій «T-10 trailer» (рис.1.23) виготовляється Шведською компанією ASFT.

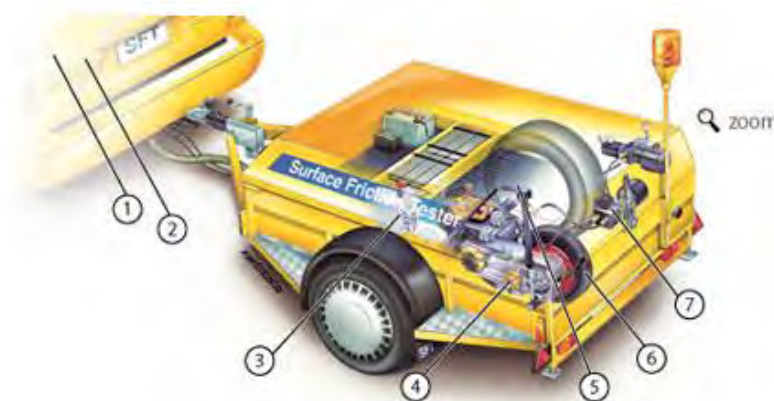


Рисунок 1.23 - Причипний пристрій «T-10 trailer»

Прилад виконаний у вигляді причепа, має невелику вагу, тому для забезпечення потрібного навантаження в причеп додається відповідний вантаж, що забезпечує потрібну стійкість причепа та маневреність. Також, для безпеки оператора, причеп обладнаний інерційними, гідравлічними гальмами. [84]

Причипна установка обладнана комп'ютерною системою «Mark IV» компанії ASFT. Додатково вона може бути обладнана передатчиком даних про

результати вимірювань. Причеп «T-10 trailer» складається з наступних елементів (рис. 1.24) [84]:



1 – комп’ютерна система; 2 – водяна незалежна система; 3 – вимірювальний комп’ютер; 4 – датчик крутячого моменту; 5 – датчик вертикального навантаження; 6 – вимірювальне колесо; 7 – гідравлічна система.

Рисунок 1.24 – Складові частини причепа «T-10 trailer»

Усі вище перераховані прилади мають свої переваги й недоліки. Вони засновані на різноманітних принципах і відрізняються за своїми основними технічними й експлуатаційними характеристиками. Одні прилади дозволяють вимірювати максимальну, або наближену до максимальної, величину зчіпних якостей колеса з покриттям. Інші при повному блокуванні вимірювального колеса вимірюють коефіцієнт тертя ковзання. Але, як показує досвід, різні прилади на одних ділянках отримують різні значення.

Для підвищення кореляції результатів отриманих різними приладами по визначенню зчіпних якостей за кордоном на всіх приладах використовується один і той самий пневматик із гладким протектором розміром 4,00-8 (1,6+4,0, 6 - шарове, RL2), виготовлений по специфікації E 1551 ASTM з тиском повітря в пневматиках рівним 210 кПа, за виключенням вимірювача зчіпних якостей, на якому використовується пневматик з гладким протектором розміром

10+4,5-5, виготовлений по специфікації E 1844 ASTM. з тиском 140 кПа.

На практиці в ЄС використовується низка вимірювальних приладів 38 та різних методів вимірювання зчіпних якостей з різною швидкістю вимірювання, колісного навантаження, товщини водяної плівки. Основні вимірювальні прилади, які використовуються, наведені в таблиці 1.2.

Порівнюючи ці прилади, було помічено, що прилади, які працюють за принципом вимірювання поздовжнього коефіцієнт тертя, мають високу швидкість вимірювання, переваги мобільності. Використовуючи ці прилади, можна проводити вимірювання з різною швидкістю (40–140 км / год), прилади є менші та мають кращу мобільність, зазвичай комплектуються як причеми. Однак завжди потрібно мати додаткову кількість води, яку необхідно встановлювати в супроводжувачому транспортному засобі.

Прилади, які вимірюють поперечну силу тертя більші, проводять вимірювання на середній швидкості, а їх експлуатаційні витрати вищі. Однак ці пристрої доповнені великими резервуарами для води, які дозволяють вимірювати довгу ділянку дороги за один виїзд.

Аналіз методів та приладів вимірювання показав, що всі прилади працюють по-різному, але деякі методи мають переваги у роботі, коли колесо не повністю заблоковане (знос шин набагато менший), чим більші ємності для води тим більша максимальна відстань вимірювання (наприклад, GripTester, ROAR DK). Вимірювальні прилади з встановленим обладнанням для вимірювання макротекстури дорожнього покриття дозволяють проводити вимірювання середньої глибини профілю (MPD) для подальших порівнянь та аналізу стану поверхні дорожнього покриття та взаємозв'язку між опором ковзання та MPD. Портативні пристрої повільні та непродуктивні, оскільки вимірювання проводяться механічно. Однак ці пристрої корисні при проведенні вимірювань, у місцях з обмеженим простором, де неможливо застосувати звичайні установки.

Таблиця 1.2 – Прилади ЄС для вимірювання коефіцієнта зчеплення [39], [40]

НАЗВА	Основні характеристики	Шини та навантаження	Зображення
ADHERA LFC Вимірює макротекстуру	Коефіцієнт ковзання: 1,0 або 100%; Товщина водної плівки: 1,0 мм; Швидкість вимірювання: 40, 60, 90, 120 км / год; Інтервал вимірювання: 20 м.	Шина з гладким профілем PIARC 165R15 (180 кПа); Колісне навантаження: 2500 Н.	
BV-11 LFC	Коефіцієнт ковзання: 0,17 або 17%; Товщина водної плівки: 0,5-1,0 мм; Швидкість вимірювання: 70км/год; Інтервал вимірювання: 20 м.	Шина Trelleborg типу T49 (140 кПа); Колісне навантаження: 1000 Н.	
GripTester LFC	Коефіцієнт ковзання: 0,15 або 15%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Швидкість вимірювання: 5-100 км / год; Інтервал вимірювання: 10-20 м або інший.	Діаметр 254 мм гладкий профіль ASTM-шина (140 кПа); Колісне навантаження: 250Н.	
RoadSTAR LFC	Коефіцієнт ковзання: 0,18 або 18%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Вимірює макротекстуру; Швидкість вимірювання: 30, 60 км / год; Інтервал вимірювання: 50 м.	Шина PIARC з протектором; Колісне навантаження: 3500 Н.	
ROADK LFC	Коефіцієнт ковзання: 0,2 або 20%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Вимірює макротекстуру; Швидкість вимірювання: 60, 80 км / год; Інтервал вимірювання: > 5 м.	Шина ASTM 1551 (207 кПа); Колісне навантаження: 1200 Н.	
ROAR NL LFC	Коефіцієнт ковзання: 0,86 або 86%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Вимірює макротекстуру; Швидкість вимірювання: 50, 70 км / год; Інтервал вимірювання: 5-100 м.	Шина ASTM 1551 (200 кПа); Колісне навантаження: 1200 Н.	
TRT LFC	Коефіцієнт ковзання: 25%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Швидкість вимірювання: 40-140 км / год; Інтервал вимірювання: 20 м.	Гладкий профіль ASTM-шина; Колісне навантаження: 1000 Н.	
RWS NL Skid Resistance Trailer LFC	Коефіцієнт ковзання: 0,86 або 86%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Швидкість вимірювання: 50, 70 км / год; Інтервал вимірювання: 5-100 м.	Шина з гладким профілем PIARC 165R15 (200 кПа); Колісне навантаження: 1962 Н.	

Продовження табл. 1.2

Назва	Основні характеристики	Шини та навантаження	Зображення
SCRIM SFC	Кут ковзання: 20 °; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Вимірює макротекстуру; Швидкість вимірювання: 50 км / год; Інтервал вимірювання: > 10 м.	Avon SCRIM гладкий профільна шина 76/508 (350 кПа); Колісне навантаження: 1960 Н	
SRT-3 LFC	Коефіцієнт ковзання: 100%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Швидкість вимірювання: 60 км / год.	Шина з протектором (200 кПа)	
Skiddometer BV-8 C	Коефіцієнт ковзання: 100% або 14%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Швидкість вимірювання: 40, 60, 80 км / год; Інтервал вимірювання: 30-50 м.	Шина AIPCR з поздовжній протектор 165R15; Колісне навантаження: 3500 Н.	
SKM SFC	Кут ковзання: 20 °; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Швидкість вимірювання: 50 км / год; Інтервал вимірювання: 100 м або інше.	Шина з гладким профілем; Колісне навантаження: 1960 с.	
SRM C	Коефіцієнт ковзання: 15% або 100%; Товщина водної плівки: 0,5 мм; Швидкість вимірювання: 40, 60, 80 км / год; Інтервал вимірювання: 20 м або інший.	Шина AIPCR з поздовжній протектор 165R15; Колісне навантаження: 3500 Н.	
IMAG LFC	Коефіцієнт ковзання: 100%; Товщина водної плівки: 1,0 мм; Швидкість вимірювання: 65 км / год;	Шина з гладким профілем PIARC; Колісне навантаження: 1500 Н.	
DFT Dynamic Friction Tester C	Портативний. Динамічний тестер Тертя, що обертається		
SRT Pendulum LFC	Портативний. Для стаціонарних вимірювань Маятниковий прилад		

Кінець табл. 1.2

Назва	Основні характеристики	Шини та навантаження	Зображення
T2GO LFC	Портативний. Коефіцієнт ковзання: 20%; Використовується для пішохідних / велосипедних доріжок, дорожньої розмітки	Дві шини шириною 75 мм.	
VTI Portable Friction Tester LFC (PFT)	Портативний. Використовується для пішохідних / велосипедних доріжок		

Країнами Європейського Союзу розроблені нормативні документи по визначенню показника зчіпних якостей для кожного приладу які впроваджені у 15 нормативних документах 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99.

У 2016р. Європейським Союзом завершена велика робота по гармонізації методів та приладів визначення зчіпних якостей дорожніх покриттів [100]. Головною метою проекту ROSANNE було сприяти гармонізації методів вимірювань зчіпних якостей, випромінювання шуму та визначення опору кочення дорожніх покриттів і підготовка матеріалів до гармонізації існуючих стандартів. Проект мав на меті виконати попередні нормативне дослідження з метою створення або вдосконалення європейських стандартів, головним чином у галузі робочої групи CEN / TC 227 / WG 5 «Характеристики поверхні дороги».

Що стосується зчіпних якостей, основною метою було досягти гармонізації вимірювань зчіпних якостей відповідно до попередньої Дорожньої карти проекту TYROSAFE через значну кількість різних методів та пристроїв, що використовуються в даний час.

Ключовою діяльністю було отримання коефіцієнтів перерахунку для різних індексів опору ковзанню в межах окремих груп пристроїв для вимірювання зчіпних якостей при заблокованому колесі та при проковзуванні колеса.

У багатьох аеропортах світу проводяться дослідження по встановленню кореляційних залежностей показань зчіпних якостей приладів, різних за конструкцією. Одним із таких показників є індекс IRFI, який потребує дуже багато коштів та часу для отримання кореляційних залежностей приладів однаковими й різними за конструкцією.

У СРСР, починаючи з 1972 року, проводилися Всесоюзні порівняльні випробування приладів по визначенню зчіпних якостей.

Більш детальним аналізом результатів вимірювань причіпними приладами на Всесоюзних випробуваннях за період з 1973 по 1984 рік займався Павлюк Д.О. [37]. Оскільки нормативні значення ϕ спочатку були розроблені на основі даних вимірювання приладу «ПКРС-2У» СоюздорНДІ, його результати вважаються базовими, тобто такими, із якими повинні співпадати результати вимірювання ϕ іншими приладами.

«ПКРС-2У» був єдиним причіпним автомобільним приладом, використання якого на території колишнього СРСР мало юридичну основу.

Дані роботи [37] свідчать про те, що результати отримані різними приладами типу ПКРС, теж можуть значно відрізнятися між собою. Відносне відхилення результатів вимірювання ϕ приладами типу «ПКРС» від базового приладу може досягати (34%), що не може вважатися задовільним. Ще в більшій мірі це стосується інших приладів, аналіз результатів вимірювання ϕ якими від базового приладу може досягати (89%).

Якщо в результаті вимірювання зчіпних якостей приладами типу «ПКРС» одержано результат $\phi = 0,5$, то дійсне значення його може знаходитися в межах $0,31 \leq \phi \leq 0,69$. Вказаний діапазон можливого положення дійсного значення ϕ набагато перекриває область нормативних значень коефіцієнта зчеплення, що використовується при оцінці зчіпних якостей дорожніх покриттів як після будівництва чи ремонту (0,45-0,6), так і під час експлуатації (0,35-0,45) [101]. При цьому ні прилади типу «ПКРС», ні прилади іншої конструкції не задовольняють вимоги щодо точності вимірювання ϕ ,

яка, за даними роботи [102], має бути такою, щоб забезпечити абсолютну похибку 0,01–0,02 або відносну 2–4% при $\phi = 0,5$.

Якщо врахувати ще й похибку нормативних значень, які були встановлені на основі даних вимірювання зчіпних якостей базовим приладом (який теж мав свою похибку), то оцінку даних зчіпних якостей дорожнього покриття слід визнати досить грубою і неточною.

Вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів – не такий вже й дешевий захід, щоб його могли дозволити наукові, дослідницькі чи дорожньо-експлуатаційні організації країн, які не входять в число найбільш розвинутих в світі. За кордоном [103] виготовленням і застосуванням приладів для вимірювання функціональних показників зчіпних якостей покриттів доріг та аеродромів, відносяться США, Великобританія, Франція, Німеччина, Італія, Швейцарія, Швеція, Фінляндія, Канада, Австралія, Бельгія, Данія, Нідерланди, Норвегія, Японія, Ірландія.

У роботі [103] представлено зіставлення результатів вимірювання зчіпних якостей приладами BV-11 та приладом Saab Friction Tester з результатами, отриманими іншим приладом MU METER, у якого немає кінетичних зв'язків і колесо встановлено під напрямком руху рис. 1.25.

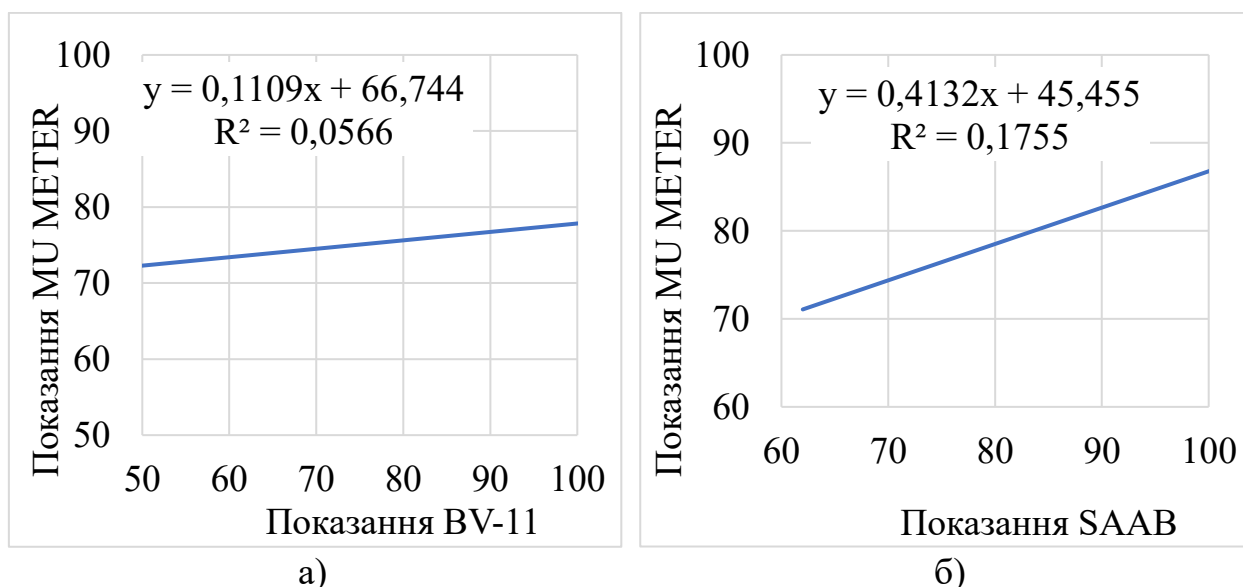


Рисунок 1.25 – Порівняння результатів вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів різними приладами

Як слідує з наведених графіків, дуже важко порівняти результати вимірювань зчіпних якостей на одних і тих же покриттях зазначеними приладами, а отримані значення можна розглядати не інакше як набір випадкових чисел. Тобто і в цьому випадку відсутня єдність вимірювань.

За даними роботи [104], в якій опубліковані результати порівняльних випробувань Об'єднаної Зимової Програми Тертя ЗПС (злітно-посадочних смуг), пілоти отримують значення зчіпних якостей за більш ніж 10 шкалами, в залежності від вимірювача зчіпних якостей в кожному окремо взятому аеропорту. Ці значення можуть коливатися від 0,2 до 0,3.

За згаданою програмою, що втілюється під керівництвом НАСА і Transport Canada при підтримці Федерального управління авіації FAA, Адміністрації ЦА Норвегії і Національної дослідницької ради Канади NRC, було здійснено 18 522 вимірювань зчіпних якостей сімнадцятьма приладами з 6 країн. Метою обробки результатів було встановлення залежностей приведення показань різних приладів до еталонного. Жоден із приладів не міг бути взятий за еталон, тому в якості останнього прийнято віртуальний пристрій, показання якого визначалося як середнє значення зчіпних якостей за показаннями усіх приладів і позначалось, як INTERNATIONAL RUNWAY FRICTION INDEX – IRFI. При обробці результатів виявилось, що згадані середні значення, близькі до чисел, кожне з яких визначається як сума показань приладів SFT79 та IMAG, поділена на 2 [104].

Коефіцієнти А і В кореляційних залежностей виду

$$IRFI = AX + B$$

де X – показання окремого приладу, отриманих у різних аеропортах (Gardermoen та North Baj) і в різні роки для одних і тих же приладів наведені в табл. 1.3 [104].

Як слідує з таблиці 1.4, відхилення значень коефіцієнту А для одних і тих же приладів можуть досягати від 10,3% (рядок 2) до 39% (рядок 8), а числові значення можуть мати різні знаки (рядок 3). Аналогічні відхилення

значень коефіцієнту В можуть досягати більше 20 відсотків (рядок 8).

Таблиця 1.3 – Результати підбору коефіцієнтів кореляційних залежностей

Ч.ч.	ПРИЛАД	Значення А, отримані в		Значення В, отримані в	
		Gardermoen	North Baj	Gardermoen	North Baj
1	2	3	4	5	6
1	ASFT	0,0055	-	0,6232	-
2	BV-11	0,0358	0,0395	0,6106	0,6404
3	ERD	-0,0049	0,0417	0,9834	0,8705
4	GT-STD	-0,0147	-	0,9923	-
5	GT-SC	0,0254	0,0285	0,733	0,7523
6	IMAG	-0,0575	-0,0577	1,3243	1,2910
7	OSCAR	0,0146	-	1,0205	-
8	RUNAR	-0,1008	-0,1405	1,1188	1,348
9	SFT97	0,0387	0,0413	0,7772	0,7875

Можна зробити висновок, що не всі технічні та метрологічні питання вимірювання зчіпних якостей за кордоном вирішені.

У багатьох аеропортах світу проводяться дослідження по встановленню кореляційних залежностей показань зчіпних якостей приладів, різних за конструкцією. Одним із таких показників є індекс IRFI, який потребує дуже багато коштів та часу для отримання кореляційних залежностей приладів однаковими й різними за конструкцією.

За наведеними в роботі [104] даними, класифікацію методів вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів можна представити у вигляді, зображеному на рис. 1.26.



Рисунок 1.26 – Класифікація методів вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів за даними роботи [104]

У роботі [104] наводиться зіставлення результатів вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів, отриманих з використанням приладів, що реалізують цей метод, з результатами вимірювання іншими приладами. Результати вказаного зіставлення наведені у вигляді кореляційних залежностей, приклади зображені на рис. 1.25 (а, б). Як видно з рисунків, дуже важко результати вимірювань розглядати інакше, як набір випадкових чисел.

Виходячи з наведеного аналізу, можна зробити висновок про необхідність додаткових досліджень щодо застосування методу вимірювання функціональних показників зчіпних якостей в режимі заданого часткового проковзування колеса.

Висновки до розділу 1

1. Одним з основних транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття є показник зчіпних якостей, величина якого повинна задовольняти вимоги безпеки руху. Для правильної оцінки величини цього показника потрібні прилади, які б з високою точністю проводили вимірювання.

2. Отриманий за методом екстреного гальмування результат вимірювання

ϕ є середнім для всього шляху гальмування при зміні швидкості від початкової до нуля, що не відповідає результатам вимірювань ϕ за допомогою автомобільних динамометричних пристроїв, які здійснюються при певному дискретному значенні швидкості. Тому вказані результати порівнянню не підлягають.

3. Серед відомих приладів для вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів найбільшого розповсюдження набули динамометричні автомобільні прилади, що вимірюють величину поздовжнього зчеплення при заблокованому вимірювальному колесі.

4. Нормативні документи, що діють на території України, а саме ДСТУ Б.В.2.3-8 [6], ДБН В.2.3-4 [105], ДСТУ 3587 [9] - передбачують вимірювання зчіпних якостей заблокованим колесом при швидкості 60 км/год з використанням «Прибора контролю ровности и сцепления ПКРС-2».

5. Як видно з першого розділу, що стосується вимірювання зчіпних якостей та коефіцієнта тертя ковзання, вимірювання цих величин відомими приладами супроводжуються значними відхиленнями, зумовленими різною конструкцією і похибками вимірювань. Тому необхідно оцінити існуючі в Національному транспортному університеті прилади для вимірювання зчіпних якостей. З відомих приладів до стадії виробничого використання дійшли лише портативні прилади МП-3, ППК-2 та причіпна установка ПКРС-2 СоюздорНДІ.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ТА РОЗРОБКА НОВОГО МЕТОДУ ТА ЗАСОБУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

2.1 Аналіз результатів вимірювання ϕ на порівняльних випробуваннях

Результати вимірювання ϕ на порівняльних випробуваннях 1981 року [37] наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати вимірювання ϕ на порівняльних випробуваннях 1981 року.

Ч.ч.	Марка приладу і організація	Швидкість при вимірюванні, км/г			
		20	40	60	80
1	«ПКРС-2У» ДерждорНДІ	0,66	0,62	0,58	0,50
2	«ПКРС-2У» Оргтехдорбуд	0,67	0,57	0,52	0,46
3	«МАДІ-8»	0,62	0,56	0,54	0,49
4	те ж, (гладк. протектор)	0,61	0,61	0,42	0,29
5	«ШТ» МАМІ	0,52	0,48	0,42	—
6	«ОТД-3» Латтехоргдорбуд	0,69	0,70	0,60	0,52

Автор роботи [37] відмічав збіжність результатів вимірювання приладів «МАДІ-8» і «ПКРС-2У», незважаючи на те, що вони мали шини різних типів. Причину розбіжностей результатів вимірювань інших приладів встановити не вдалось.

Тоді ж було визнано, що рівень розроблених конструкцій приладів не дає змогу розробити єдину методику вимірювань і стандарти на прилади для оперативної оцінки зчіпних якостей і ступеню шорсткості дорожніх покриттів.

Результати порівняльних випробувань 1981 року в повній мірі відобразили ситуацію, що склалася в колишньому СРСР на початку 80-х років в області вимірювання а за оцінкою В.О. Астрова [106] вона

характеризувалась відсутністю єдиної методики вимірювання і значною розбіжністю результатів, одержуваних приладами, що належать різним організаціям.

Пізніше в 1982 році у Москві відбувся 11 Всесоюзний семінар «Підвищення якості поверхні дорожніх і аеродромних покриттів», на якому відмічалось, що головним питанням поліпшення якості дорожніх і аеродромних покриттів є створення метрологічного забезпечення дослідницьких робіт і виробничої діяльності в області методів вимірювань φ , так як без цього розробка інших питань (нормування, технологічного забезпечення) не може бути повноцінною. Учасники семінару рекомендували розробити нормативні документи на метод вимірювання коефіцієнта зчеплення, зміни і доповнення до «СНиП II-Д.5.72» і «СНиП III-40-78» щодо необхідних його величин.

У 1984 році в Києві на Бориспільській трасі відбулися чергові і останні за історію СРСР Всесоюзні порівняльні випробування приладів для вимірювання φ . У випробуваннях приймали участь 6 приладів: «ПКРС-2У» (СоюзшляхНДІ), «ПКРС-2У» (кафедра будівництва і експлуатації доріг МАДІ), «МАДІ-8» і 3 прилади українських організацій: «ПКРС-2У» (Оргдорбуд), «Буксир-1» (ДерждорНДІ) і «КАДІ-КС». Результати вимірювань наведені в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Результати вимірювань коефіцієнта зчеплення на всесоюзних випробуваннях у Києві в 1984 р

	«ПКРС-2У» СоюзшляхНДІ	«ПКРС-2У» Оргдорбуд	«ПКРС-2У» МАДІ	«МАДІ-8» МАДІ	«КАДІ- КС»	«Буксир-1» ДерждорНДІ	«ППК-2» МАДІ
φ	0,38	0,45	0,43	0,40	0,43	0,59	0,34

Як слідує з таблиці і на цих випробуваннях результатом вимірювань φ різними приладами мали досить велику розбіжність в межах від 0,38 до 0,59.

Це свідчить про непридатність більшості приладів для вимірювання φ з метою оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів, нормативні значення якого

були отримані з використанням приладу «ПКРС-2У» ДерждорНДІ.

Робота по стандартизації була виконана НПО «Шляхтехніка» і НІСТ МВС СРСР. У 1987 році відбулись державні приймальні випробування «ПКРС-2У», позитивні результати яких послужили основою для затвердження Держстандартом його як робочого засобу вимірювань і внесення в Державний реєстр засобів вимірювань під № 10913-87. У тому ж році МЦСМ Держстандарту зареєстрував документ «Прилад для контролю рівності і слизькості дорожніх покриттів ПКРС. Технічні умови» ТУ 78.1.003-87.

«ПКРС-2У», як найкращий засіб вимірювання ϕ , став єдиним причіпним автомобільним приладом, використання якого на території колишнього СРСР мало юридичну основу і став базовим приладом.

Однак дані таблиці 2.2 свідчать про те, що результати отримані різними приладами типу ПКРС, теж відрізняються між собою. Це є підставою для того, щоб більш детально проаналізувати результати вимірювання ϕ вказаними приладами. Результати вимірювання ϕ приладами типу «ПКРС» в цілому відрізняються між собою в меншій мірі, ніж результати вимірювань всіма приладами, що приймали участь у порівняльних випробуваннях, але, все ж таки, заставляють бажати кращого. А максимальні відхилення (34%) результатів вимірювання ϕ приладами типу «ПКРС» від базового приладу не можуть вважатися задовільними.

В Україні у 1992 році прилади «ПКРС-2У» мали дві організації – ДерждорНДІ і в КАДІ, які відмовилися від своїх приладів «Буксир-1» і «КАДІ-КС» та з метою перевірки збіжності їх результатів влітку провели порівняльні випробування обох приладів, результати яких, на жаль, теж заставили бажати кращого (табл.2.3) [37].

Перші вимірювання ϕ обома приладами, що проводились на вул. Січневого повстання біля корпусів КАДІ, породили надію про високу збіжність результатів: їх відхилення становило всього 0,01.

Однак, вона дуже швидко розвіялась. У всіх інших випадках вимірювання відхилення були не менші, ніж 0,05, а максимальне значення становило 0,19, тобто 33% по відношенню до приладу ДерждорНДІ.

Таблиця 2.3 – Результати вимірювання ϕ приладами «ПКРС-2У»
ДерждорНДІ та КАДІ

Ч.ч.	Положення і коротка характеристика ділянки вимірювання	Величина ϕ , виміряна приладом, що належить	
		ДерждорНДІ	КАДІ
1	Вул. Січневого повстання між зупинками тролейбусів «Печерська Лавра» і «Площа Слави», асфальтобетон	0,41	0,40
2	Столичне шосе, 200 м до повороту на Мостзагін, асфальтобетон	0,31	0,36
3	Харківський масив. Під'їзд до Південного мосту, асфальтобетон забруднений	0,31	0,36
4	Там же, асфальтобетон чистий	0,35	0,42
5	Бориспільське шосе, поверхнева обробка утоплена	0,25	0,30
6	Бориспільське шосе, поверхнева обробка незношена	0,43	0,52
7	Бориспільське шосе, III смуга, нова поверхнева обробка	0,57	0,76
8	Бориспільське шосе, зворотний напрям, поверхнева обробка незношена	0,52	0,68

Згідно отриманих результатів вимірювання ϕ автомобільними динамометричними приладами ПКРС можна робити висновок, що прилади не досконалі, а відхилення результатів пояснюються надзвичайним впливом різноманітних факторів на ϕ . Аналіз причин похибки вимірювання ϕ був детально проведений автором роботи [37] і таблицю результатів можна було б продовжити, розглянувши ще вплив таких факторів як ступінь зносу протектора, тип шин, швидкість вимірювання та ін. Наведені у табл.2.4 результати є достатніми для того, щоб пояснити розбіжність результатів вимірювання ϕ приладами типу «ПКРС».

Таблиця 2.4 – Похибки результатів вимірювання φ [37]

Ч.ч.	<i>Види похибки</i>	Оцінка, %
1	Похибка тарування	13
2	Похибка, зумовлена станом амортизатора	4
3	Похибка паралелограмної схеми	10
4	Температурна похибка, зумовлена зміною механічних і електричних властивостей вимірювальної системи	2,5
5	Температурна похибка, зумовлена зміною зчіпних властивостей покриттів	13,5
6	Температурна похибка, зумовлена зміною тиску в шині	9
7	Похибка, зумовлена зміною умов зволоження покриття	34
Сумарна похибка		86

Якщо вимірювання виконуються на одній і тій же ділянці покриття, але різними приладами, відхилення результатів зумовлюються похибками 1, 2, 3, 4, 7, сума яких становить біля 50%.

Якщо вимірювання виконуються на одній і тій же ділянці покриття приладами типу «ПКРС», то відхилення результатів зумовлюються похибками 2,7 сума яких становить 38%.

Отже, дані статистичного аналізу відхилень результатів вимірювання φ динамометричними автомобільними приладами (табл.6,7) цілком підтверджуються аналізом фізичних причин їх розбіжностей.

Якщо в результаті вимірювання коефіцієнта зчеплення приладами типу «ПКРС» одержано результат $\varphi = 0,5$, то дійсне значення його може знаходитися в межах $0,31 \leq \varphi \leq 0,69$. Вказаний діапазон можливого положення дійсного значення φ набагато перебиває область нормативних значень коефіцієнта зчеплення, що використовується при оцінці зчіпних якостей дорожніх покриттів як після будівництва чи ремонту (0,45-0,6), так і під час експлуатації (0,35-0,45) [9]. При цьому ні прилади типу «ПКРС», ні прилади іншої конструкції не задовольняють вимоги щодо точності вимірювання φ , яка

має бути такою, щоб забезпечити абсолютну похибка 0,01 – 0,02 або відносну 2 – 4% при $\varphi = 0,5$.

Якщо врахувати ще й похибку нормативних значень φ , які були встановлені на основі даних вимірювання коефіцієнта зчеплення базовим приладом (який теж мав свою похибка), то оцінку даних якостей дорожнього покриття слід визнати досить грубою і неточною.

Це приводить до наступних негативних наслідків. При прийманні доріг в експлуатацію після нового будівництва чи ремонту якість виконання робіт оцінюються не точно. Неможливо корегувати технологію виконання робіт по влаштуванню покриттів. При оцінці зчіпних якостей дорожніх покриттів на стадії експлуатації може бути зроблений неправильний висновок про стан проїзної частини ділянок доріг, що приводить до росту ДТП. Під час розслідування ДТП неточна оцінка зчіпних якостей дорожніх покриттів може привести до помилок в розрахунках експертів, неправильних висновків щодо кримінальної відповідальності причетних до причин ДТП людей.

2.2 Аналіз існуючого приладу «ПКРС-2» як засобу вимірювань зчіпних якостей дорожніх покриттів

Практика використання ПКРС-2 показала достатньо високу надійність в експлуатації, простоту у використанні та високу чутливість до різних типів покриття. У літературі накопичився значний обсяг експериментальних даних без чіткого тлумачення результатів із суперечливими висновками. До цього часу не доведена можливість отримання результатів вимірювань коефіцієнта зчеплення за допомогою ПКРС-2 з достатньою точністю. Аналіз порівняльних випробувань приладів типу ПКРС, що належать різним організаціям [37, 66, 71, 107, 108, 109, 110], показав, що відхилення результатів вимірювання коефіцієнта зчеплення на одних і тих же ділянках доріг за абсолютною величиною можуть досягати 0,19, що навіть на покриттях із високими зчіпними якостями перевищує 30%. Така розбіжність результатів не

може задовольняти вимоги практики.

Основна конструктивна особливість приладів типу ПКРС обумовлена паралелограмною схемою підвіски. На думку розробників приладу, така підвіска повинна підвищувати точність вимірювання коефіцієнта зчеплення φ за рахунок виключення перерозподілу навантаження між тягачем і причепом при гальмуванні вимірювального колеса. Однак, розрахунки [111] показують, що перерозподіл вертикальних реакцій між причепом і тягачем не виникає лише в тому випадку, коли обидві ланки паралелограму – важіль підвіски та реактивна штанга – паралельні поверхні дороги. На практиці ж вони часто відхиляються від цього положення. Запропоноване у роботі [111] встановлення пружного елемента для вимірювання гальмівної сили під кутом 15° до вертикалі з метою зменшення похибки при вимірюваннях чомусь не дійшло до практики. Відхилення реактивної штанги приладу від горизонтального положення на 3° при $\varphi=0,5$ спонукає похибку 10% [111]. З нашого досвіду експлуатації приладу ПКРС-2У у зчіпці з автомобілем-тягачем УАЗ-3303 можна стверджувати, що згадане відхилення під час експлуатації приладу може бути більше, ніж 3° (рис. 2.1).



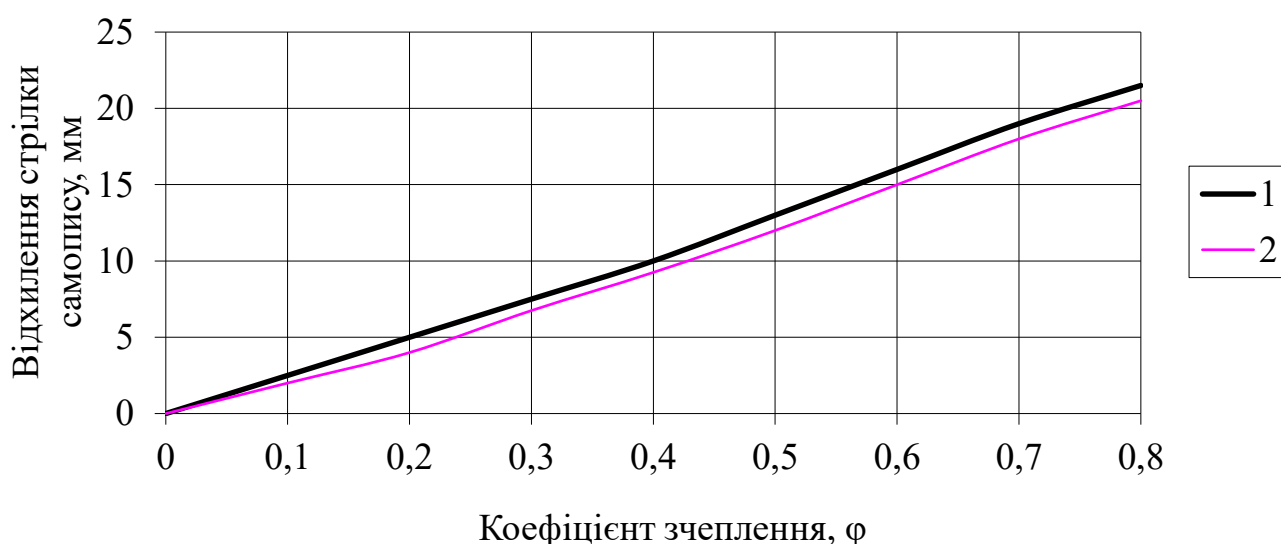
Рисунок 2.1 – Можливі відхилення приладу ПКРС-2У від горизонтального положення

В одних випадках, воно обумовлене нерівностями чи поздовжнім похилом покриття, в інших – зміною навантаження на задній міст автомобіля-тягача внаслідок випорожнення баків для води, маса якої для більшості ходових лабораторій перевищує 500 кг. І дійсно, при використанні приладу

ПКРС-2У на практиці, було виявлено зміну показань реєструючого пристрою (самопис Н-338) у залежності від завантаження автомобіля-тягача водою. Ця зміна мала місце як під час вимірювань коефіцієнта зчеплення, так і при повторних градуюваннях приладу (рис. 2.2).

Порівняння градуювальних графіків показує, що при дійсному значенні коефіцієнта зчеплення 0,2 розбіжність показань реєструючого пристрою може призводити до похибки 20%. Середнє значення відносної похибки, обумовлене витратами води, в діапазоні вимірювань коефіцієнта зчеплення від 0 до 0,8 може досягати 9 і більше відсотків.

У процесі польових робіт досліджувалась стабільність показань приладу у часі. Після ще однієї пари повторних градуювань, до і після пробігу ходової лабораторії 150 км, було встановлено, що розбіжність показань самопису, при одному і тому ж дотичному зусиллі, у середньому дорівнює 7,6%. Отже, можна стверджувати, що після 150 км пробігу необхідно проводити повторні градуювання приладу. Це досить трудомісткий процес і не завжди його можна здійснити у польових умовах.



1 – при повних баках; 2 – при порожніх баках

Рисунок 2.2 – Результати повторних градуювань приладу ПКРС-2У

Вимірювання коефіцієнта зчеплення на значних за протяжністю

ділянках доріг приводить до інтенсивного зносу протектора шини вимірювального колеса. Це потребує частієї заміни колеса і повторного градуювання приладу. Конструкція приладу виконана таким чином, що без спеціального домкрату й ключів заміну колеса в польових умовах провести дуже складно (рис. 2.3а).

ДСТУ Б.В.2.3-8 [6] допускає роботу приладу ПКРС з шинами різного розміру за ГОСТ 20993-75 [112]. Вимірювання коефіцієнта зчеплення з використанням шин 175 R 13 та 6,45-13 (рис. 2.3б) на одних і тих же ділянках автомобільних доріг з різними покриттями показали суттєву розбіжність результатів (табл. 2.5).



а)



б)

Рисунок 2.3 – Заміна колеса в польових умовах (а) та шини, які використовувалися при дослідженнях (б)

З табл. 2.5 слідує, що похибка вимірювання коефіцієнта зчеплення, обумовлена використанням шин різного розміру, може досягати 15%.

Це підтверджують результати порівняльних випробувань, виконаних ще у 70-роки минулого століття [68]. Результати вимірювання можуть залежати не тільки від розмірів шин, а й від їх механічних властивостей, наприклад, жорсткості шини у поздовжньому напрямку. Числові значення останнього параметра для шин різного типу можуть коливатися від 60 до 300 кН/м. У значній мірі зчепні якості шин залежать також від фізико-хімічних властивостей

гуми, які за останні 10-20 років суттєво змінилися.

Таблиця 2.5 – Результати вимірювань коефіцієнта зчеплення з використанням шин 175 R 13 6,45-13 (155 R 13)

№ ділянки вимірювань	Середня величина коефіцієнта зчеплення для шин		Відносне відхилення, %
	175 R 13	6,45-13 (155 R 13)	
1	0,40	0,34	15,0
2	0,39	0,34	12,8
3	0,40	0,35	12,5
4	0,45	0,40	11,1
5	0,50	0,46	8,0
6	0,52	0,48	7,7
7	0,54	0,46	14,8
8	0,42	0,39	7,1
9	0,28	0,26	7,1
10	0,73*	0,59*	19,2

*Примітка – результати, отримані при частковому проковзуванні вимірювального колеса внаслідок ослаблення тросового приводу гальм.

З наведеного слідує, що вимоги до вимірювальних шин повинні бути більш жорсткими, а нормативні значення коефіцієнта зчеплення, отримані на основі досліджень початку 70-років, потребують уточнення.

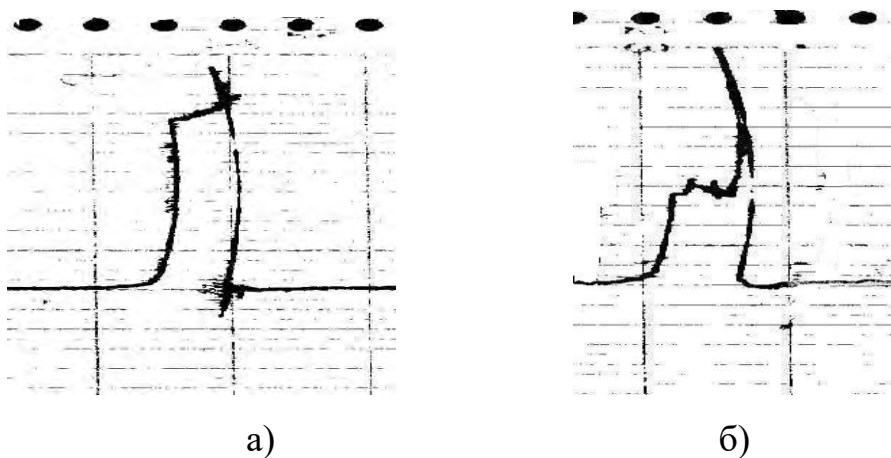


Рисунок 2.4 – Приклади запису діаграм

У деяких випадках при вимірюваннях можуть бути отримані завищені (рис. 2.4а), порівняно з дійсними (рис. 2.4б), результати. Це обумовлено тим, що у приладів типу ПКРС-2, які мають тросовий привод гальм, сила та плавність натиску на педаль у значній мірі залежать від оператора та ступеню натягнення троса. Ослаблення троса або слабкий натиск на педаль при вимірюваннях може привести до часткового проковзування колеса, що призводить до завищених показань реєструючого пристрою. Трос може ослаблятися при повторних частих гальмуваннях або внаслідок зміни рівня наповнення баків водою. Це не стосується останніх модифікацій ПКРС, гальмування вимірювального колеса в яких здійснюється у автоматичному режимі.

Відносно ходових якостей приладу ПКРС, можна зазначити, що при маневруваннях на під'їзних шляхах будівельних майданчиків навіть незначні нерівності опорної поверхні (рис. 2.5а) можуть довести конструкцію до грані поломки (рис. 2.5б). Це слід мати на увазі водіям пересувних лабораторій.

Специфічність колісної схеми причепа (1 x 0) вимагає при русі заднім ходом від водія майже філігранної техніки. Для покращення видимості приладу з місця водія необхідно додатково на нього встановлювати спеціальну щоглу (рис. 2.5в). Без достатньої видимості за 1,5-2 м руху заднім ходом можна зламати зчпний пристрій.

Щогла необхідна також для спостереження за поведінкою приладу під час транспортування. При швидкості руху більше 70 км/год, можливе виникнення автоколивань приладу у горизонтальній площині відносно вертикальної осі зчпки або ж крутильні коливання відносно поздовжньої осі приладу. Ці коливання мають частоту приблизно 1 Гц і характеризуються поступовим наростанням амплітуди до величини, яка впливає на рух автомобіля. У таких випадках слід плавно знизити швидкість пересувної лабораторії. Різке скидання обертів двигуна може привести до посилення коливань приладу.

При вимірюваннях коефіцієнта зчеплення під час блокування

вимірювального колеса спостерігається занос приладу в бік поперечного похилу проїзної частини. Оператору пересувної лабораторії після закінчення вимірювання слід плавно зменшувати гальмове зусилля для зменшення ударного навантаження на автомобіль у бік, протилежний заносу причепа.



а)

б)

в)

Рисунок 2.5 – Випадок критичного стану конструкції при транспортуванні приладу ПКРС (а, б) та щогла для спостерігання за причепом (в)

Результати досліджень вимірювання коефіцієнта тертя ковзання «ПКРС-2У» супроводжуються значними похибками і мають значну розбіжність між собою.

2.3 Аналіз існуючого приладу «У-1» як засобу вимірювань зчіпних якостей дорожніх покриттів

Для виключення хоча б деякої частини факторів, що негативно впливають на точність вимірювань було прийняте рішення розробити новий метод і засіб для вимірювання зчіпних якостей дорожнього покриття. За основу вирішили взяти розроблений Д.О. Павлюком на кафедрі будівництва та експлуатації доріг НТУ прилад «У-1».

Причіпний прилад «У-1» [36] (рис. 2.6) був призначений для вимірювання дотичної реакції дорожнього покриття. Конструкція його включала раму, до якої без ресор і амортизаторів жорстко кріпилися дві

напіввісі з колесами, одне з яких, - ліве по ходу руху було опорним, праве - вимірювальним. Рама складалася з двох телескопічних труб меншого 1 (рис. 2.6) і більшого 2 діаметру. Труби з'єднувалися за допомогою пальців 3 і болтів 4. До кінців труб більшого діаметра під кутом 90^0 були приварені напіввісі 5 діаметром 40 мм, на які встановлювалися колеса з пневматичними шинами 6. На рамі, за допомогою болтових з'єднань, була встановлена рамка з направляючими кутниками 7, куди вкладалися баластні гирі 8, що затягувалися болтом 9. У середній частині рами був установлений щиток 10, до якого приєднувався головний гальмовий циліндр 11 і бачок 12 для гальмівної рідини. На диск правого по ходу колеса жорстко приєднувався гальмівний барабан 1 (рис. 2.7). Гальмовий щит 2 встановлювався на втулці 4 із можливістю обертання навколо осі 3. До втулки жорстко прикріплювався один кінець важеля 5, другий кінець якого спирався на вушко амортизатора 13 (рис. 2.6). Амортизатор шарнірно з'єднувався з опорою 14. До важеля прикріплювалася тяга 15, що з'єднувалася з тягою 16 резисторного датчика переміщень 17, встановленого на балці 18. Шток гальмівного циліндра 11 з'єднувався з важелем 19, до якого приєднувався трос приводу гальма 20. У передній частині рами встановлювався зволожуючий пристрій 21, в який умонтовано клапан для випуску води, що надходила із двох шлангів 22. Клапан відкривався за допомогою троса 23. У передній частині рами був установлений зчіпний пристрій 24.

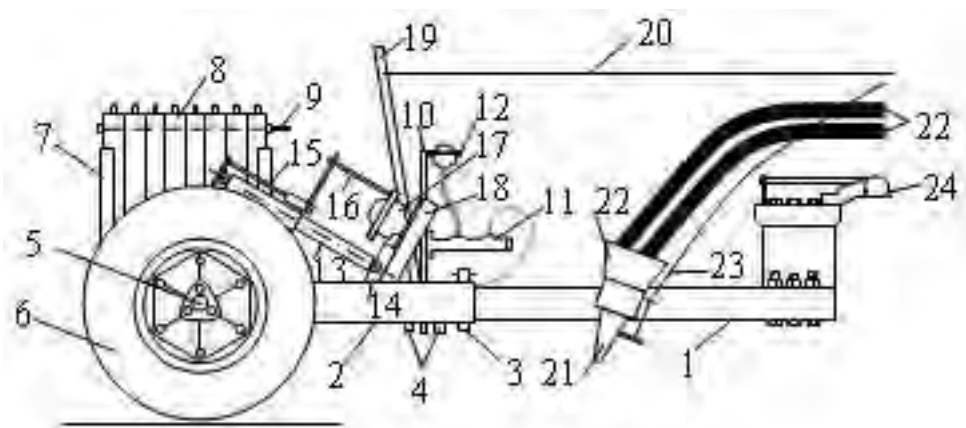


Рисунок 2.6 – Конструкція причіпного приладу «Y-1»

Вимірювальне колесо було обладнане пристроєм для визначення частоти обертання у вигляді герметизованого контакту, що замикався під час його проходження крізь зону дії магніту, прикріпленого до одного з болтів кріплення диска колеса до ступиці.

Прилад розбирався на дві частини. При цьому довжина його зменшувалась у 2 рази і він легко розміщався в салоні автомобіля. Технічні характеристики приладу «У-1» наведені в табл. 2.6.

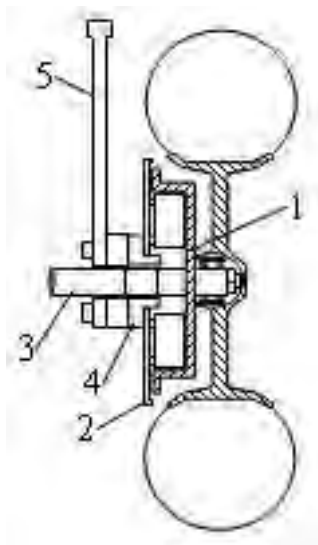


Рисунок 2.7 – Вимірювальне колесо приладу «У-1»

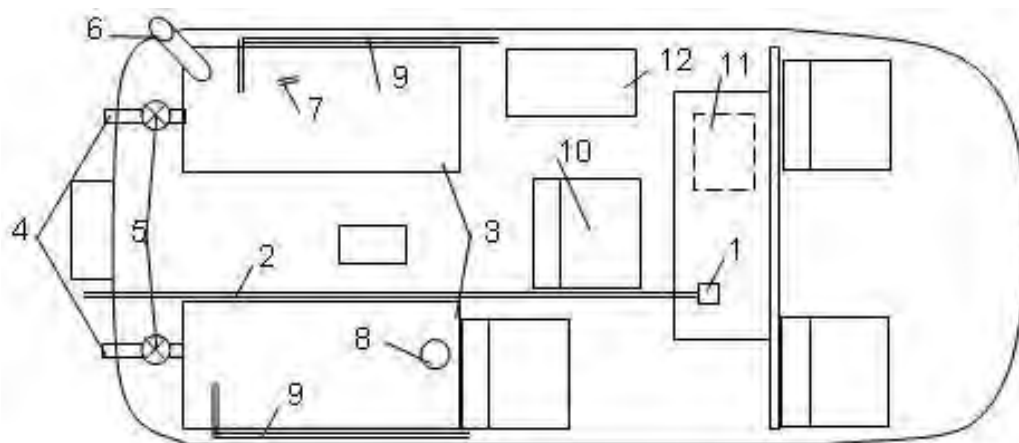


Рисунок 2.8 – Ходова лабораторія на базі автомобіля «УАЗ 3305»

Як тягач використовували обладнану Павлюком Д.О. і Іваницею Є.В. ходову лабораторію на базі автомобіля «УАЗ 3305» (рис. 2.8) з додатковим гальмовим приводом 1, виведеною за задній борт тягою 2, двома баками 3

загальним об'ємом 450 л для зволоження покриття. До баків приварені випускні патрубки 4 із вентилями 5. Заправка баків водою здійснювалась через горловини 6 і 8. У лівий по ходу бак приварена трубка 7 для випускання повітря при заправці водою. Рівень води в кожному з баків визначався по наповненню прозорих трубок 9, кінці яких установлені вертикально. Перед сидінням 10 оператора встановлений стіл, до якого знизу приєднаний перетворювач напруги 11 з 12 В на 220 В для роботи трьохканального самописа «Н-338» 12, встановленого у підпружиненій підставці. Задня частина рами автомобіля була посилена металевими швелерами й пластинами, що давало можливість буксирувати не тільки прилад «У-1», а й «ПКРС-2У».

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика приладу «У-1».

№ n/n	Характеристика	Одиниця виміру	Величина,
1.	Довжина	мм	1600
2.	Ширина	мм	610
3.	Діаметр півосей	мм	40
4.	Тип шин	-	5.00-10 В19А
5.	Маса баластової гирі	кг	18
6.	Кількість баластових гир	шт.	0-7
7.	Тип гальмової системи	-	Гідравлічний
8.	Гальмова рідина	-	«БСК»
9.	Діаметр шин	мм	500
10.	Діаметр шлангів для подачі води	мм	50
11.	Маса приладу	кг	86...212
12.	Діапазон виміру сил	Н	0-1800

Принцип дії приладу й порядок роботи з ним полягав у тому, що під час руху із заданою швидкістю на підході до ділянки вимірювань вмикалася

напруга живлення апаратури й протягування стрічки самописа. До самописа приєднувався встановлений на приладі датчик переміщень 17 (рис. 2.6). Безпосередньо перед вимірюванням шляхом натискання на привід 23 клапана зволожуючого пристрою 21 відкривався клапан, внаслідок чого вода попадала під колесо, із напором, що залежав від ступеню відкривання вентилів баків. Тросом 20 та важелем 19 здійснювалося гальмування вимірювального колеса. Дотична реакція опорної поверхні передавалася на амортизатор 13 (рис. 2.6) і стискала його пружину на відстань, величина якої фіксувалася датчиком переміщень 17. Сигнал від датчика переміщень передавався на самопис «Н-338» і фіксувався на паперовій стрічці.

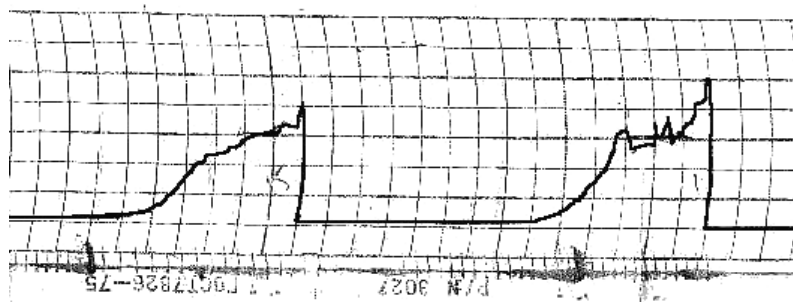
Перехід до числових значень сили зчеплення чи сили тертя ковзання відбувався за калібровочним графіком, отриманим заздалегідь.

Випробування «У-1» проводилися на вулично-дорожній мережі та об'їзній дорозі м. Чернігова.

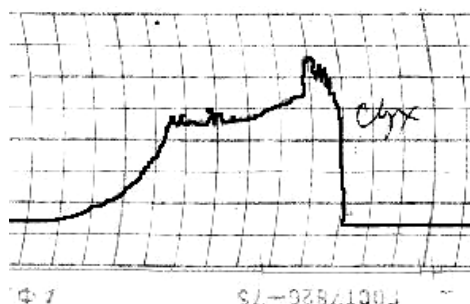
Приклади запису показань самописа «Н-338» при вимірюваннях дотичної реакції наведені на рис. 2.9.

У більшості випадків (рис. 2.9) запис супроводжувався зростанням показань самопису на початку гальмування. Відхилення стрілки потім зменшувалося й стабілізувалося при записі сили тертя ковзання. На деяких діаграмах у вигляді гребенів (рис. 2.9а) наведені записи імпульсів, геркону, встановленого на корпусі причепа, що реєстрував частоту обертання вимірювального колеса. Відставання запису імпульсів геркону від запису дотичної сили, складало 3,5 клітки діаграмного паперу. Зіставлення обох діаграм дає можливість оцінити режим руху колеса під час запису дотичного зусилля. Судячи з (рис. 2.9а), під час запису сили тертя ковзання вимірювальне колесо не оберталося – цьому проміжку часу на нижній діаграмі відповідала відсутність імпульсів. На (рис. 2.9б) швидкість руху при вимірюванні була близько 60 км/год, і геркон не встигав спрацьовувати, залишаючи на нижній частині стрічки пряму лінію. Однак, у момент сповільнення колеса в

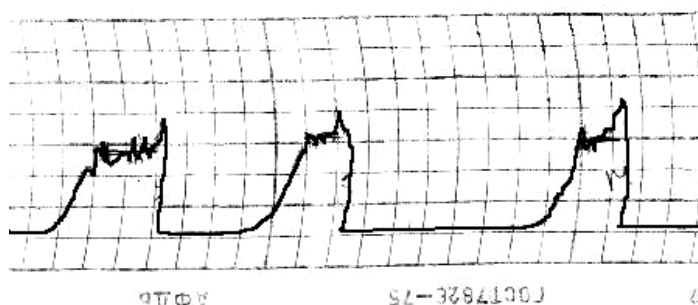
результаті гальмування на цій прямій зареєстровано 2 імпульси від геркона. Це значить, що в період наростання дотичної сили колесо зменшувало свою кутову швидкість і малі оберти реєструвалися герконом. Після цього запис сигналу від геркона перетворювався знову в пряму лінію – колесо блокувалося й ковзало по покритті. Оскільки амортизатор працював на розтягнення, запис основного сигналу в кінці мав вигляд плавної кривої.



а)



б)



в)

Рисунок 2.9 – Приклади запису дотичної реакції покриття з максимумом на початку гальмування

У загальному випадку залежність переміщення Δ амортизатора від часу t (назвемо її $\Delta(t)$ -діаграмою), можна представити у вигляді чотирьох характерних ділянок (рис. 2.10).

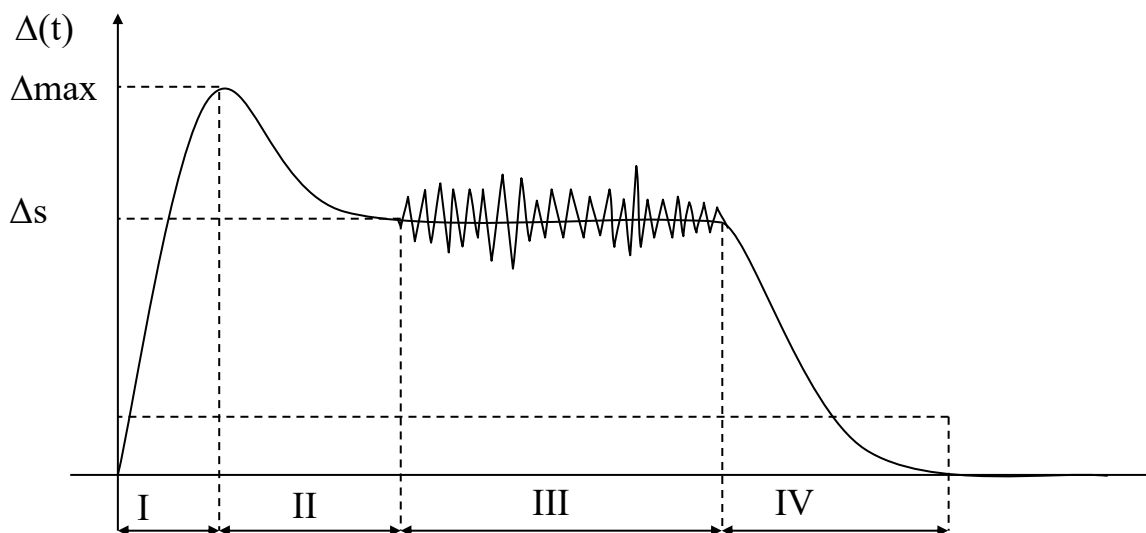


Рисунок 2.10 – Характерні ділянки $\Delta(t)$ -діаграми

На ділянці I йде наростання гальмового зусилля. Кутова швидкість колеса зменшується від значення ω_0 , що відповідає швидкості поступального руху лабораторії і причепа, до 0. Це відбувається приблизно за 1-2 оберти колеса протягом декількох десятих часток секунди. При блокуванні колеса відбувається зрив точок колеса, що знаходяться в зоні контакту і вони переходять у режим ковзання. Передуючий цьому пік $\Delta(t)$ -діаграми можна пояснити або тим, що в цей момент часу має місце сила тертя спокою величина якої більша ніж сила тертя ковзання, або тим, що колесо має певну інертність.

Очевидно, для встановлення істинної причини цього піку необхідно побудувати й досліджувати модель руху колеса при гальмуванні. Можливо, при цьому варто використовувати результати дослідження явища «Slip-Slop» – автоколивання тіл, що знаходяться у контакті тертя.

Ділянка II (рис. 2.10) має вид плавної кривої. Сила тертя ковзання, що відповідає деформації амортизатора Δ_s , має меншу величину, ніж сила тертя спокою $\Delta_{\max}$. Тому відбувається падіння Δ яке, завдяки наявності амортизатора, здійснюється плавно.

Ділянка III – запис сили тертя ковзання. На ділянці IV відбувається повернення амортизатора в нульове положення.

Зазначені ділянки, особливо перша з них, мали місце не на всіх діаграмах

(рис. 2.11). Причина його відсутності – не зрозуміла.

У деяких випадках ділянка I мала вид вертикальної лінії (рис. 2.12). Це відповідало дуже різкому гальмуванню і стрибкоподібному падінню кутової швидкості вимірювального колеса від ω_0 до 0.

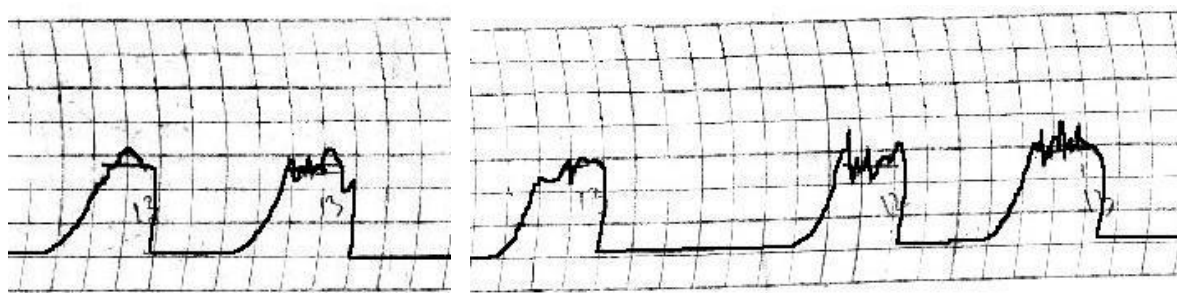


Рисунок 2.11 – Приклад $\Delta(t)$ -діаграми без ділянки I

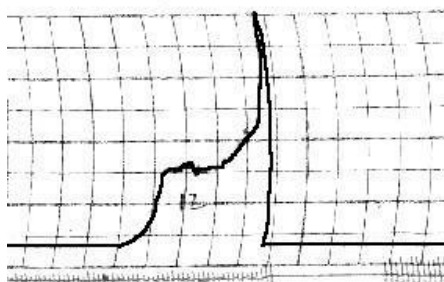


Рисунок 2.12 – Приклад запису $\Delta(t)$ -діаграми з виродженою ділянкою I у вертикальну лінію

У деяких випадках у межах ділянки III має місце коливальний рух амортизатора (рис. 2.13). Тут очевидно мало місце явище автоколивань («Slip-Slop»). Велика швидкість протягання стрічки самописа 50 мм/с дала можливість виявити на першій ділянці сходинки (рис. 2.14), що на (рис. 2.11б) були мало помітні.

Наведені приклади запису $\Delta(t)$ -діаграм свідчать про складність і неоднозначність явищ процесів, що мають місце при вимірюванні дотичної реакції покриття. Взагалі кажучи, наявність амортизатора вносило додаткові складності і так в досить складну картину запису $\Delta(t)$ -діаграми.

Отримані при випробуваннях «Y-1» матеріали стали вихідним пунктом

для розробки вузла вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів нового приладу.

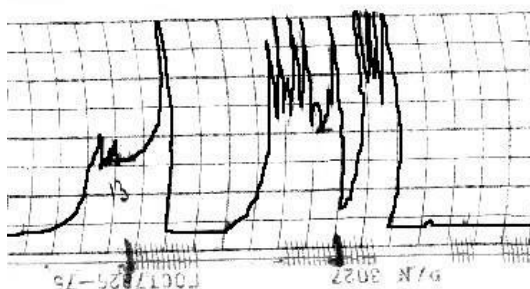


Рисунок 2.13 – Приклади запису $\Delta(t)$ -діаграми з коливаннями на III ділянці

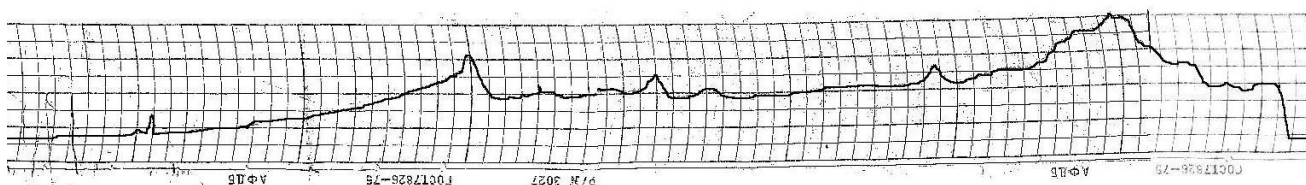


Рисунок 2.14 – Запис $\Delta(t)$ -діаграми при великій (50 мм/с) швидкості протягання стрічки

Проведені експериментальні випробування виявили ряд недоліків пристрою «У-1», які наведені у висновках до розділу.

Усунення вказаних недоліків обов'язково необхідно врахувати при розробці нового засобу вимірювання зчіпних якостей дорожніх покриттів.

Використання двоколісного причепа дозволить позбутися недоліків приладу «ПКРС-2», пов'язаних із складністю руху заднім ходом та забезпеченню стійкості корпусу причепа під час транспортування.

2.4 Побудова математичної моделі курсової стійкості приладу

Для оцінки курсової стійкості приладу була розроблена математична модель, розрахункова схема якої зображена на рис. 2.15. На схемі показано ймовірне відхилення причепа від траєкторії руху центру мас автомобіля-тягача, яке спостерігалось при вимірюванні дотичної реакції.

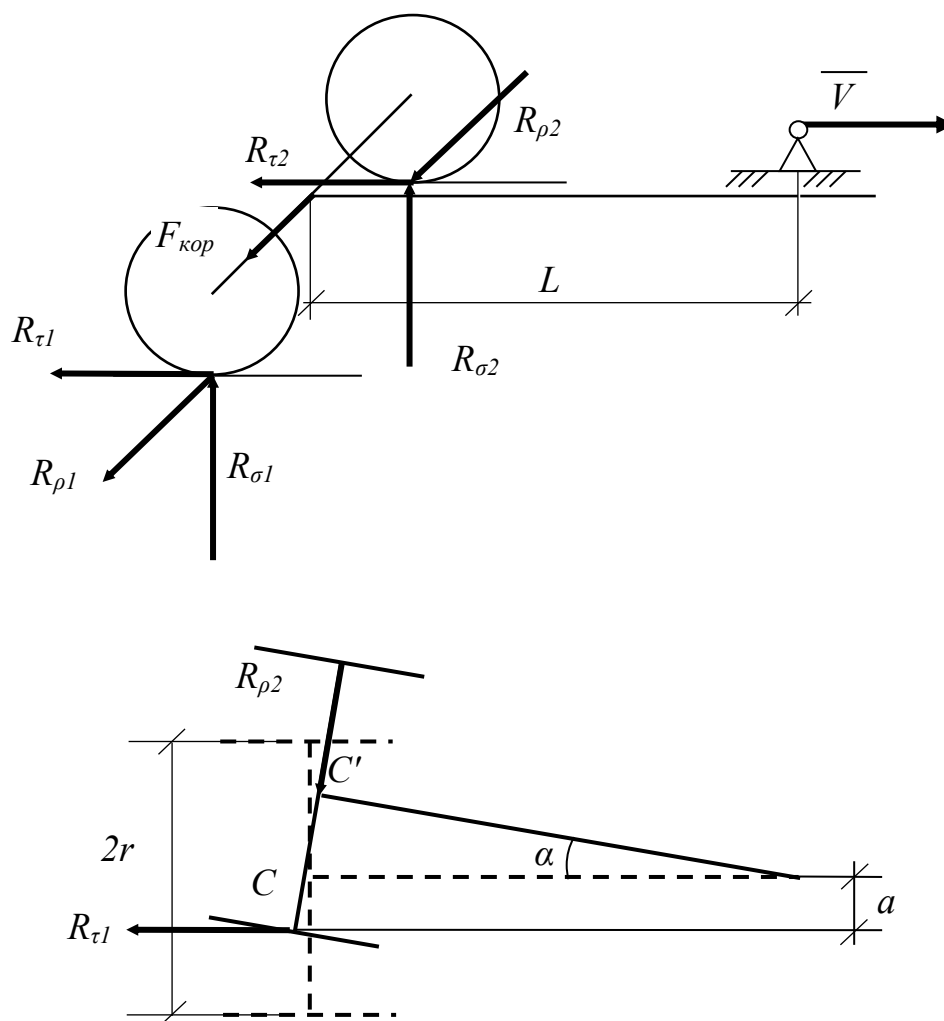


Рисунок 2.15 – Розрахункова схема дослідження курсової стійкості причепа

Під час вимірювання зчіпних якостей дорожніх покриттів вимірювальне колесо приладу заблоковане і на причеп діють зовнішні сили $R_{\tau 1}$ – дотична реакція вимірювального колеса під час гальмування, $R_{\rho 1}$ – поперечна горизонтальна реакція вимірювального колеса (приймаємо $= 0$), $R_{\sigma 1}$ – вертикальна реакція вимірювального колеса, $R_{\tau 2}$ – дотична реакція лівого по ходу опорного колеса (опір коченню приймаємо $= 0$), $R_{\rho 2}$ – поперечна горизонтальна реакція лівого по ходу опорного колеса, $R_{\sigma 2}$ – вертикальна реакція лівого по ходу опорного колеса, $F_{кор}$ – сила Коріоліса, одні з яких намагаються повернути причеп $R_{\tau 1}$, інші стримати $R_{\rho 2}$, $F_{кор}$.

Поперечна горизонтальна реакція $R_{\rho 2}$, що діє на колесо, пропорційна

куту бокового уводу й обумовлена опором уводу лівого колеса згідно з [113]

$$R_{\rho 2} = K_y \alpha, \quad (2.1)$$

де K_y - коефіцієнт опору уводу колеса;

α - кут між площиною колеса та вектором швидкості центру колеса (кут уводу колеса), який ми прирівнюємо до кута відхилення осі причепа від траєкторії руху автомобіля

Величина поперечної горизонтальної реакції обмежена виразом

$$R_{\rho 2} \leq \psi_{\rho} R_{\sigma 2},$$

де ψ_{ρ} - коефіцієнт поперечного зчеплення.

За даними роботи [113] (рис. 139) $\delta = 2^{\circ}$ $Y = 160$ кгс. Звідси можна отримати оцінку величини K_y :

$$K_y = 160/2\text{кгс/град} = 80\text{кгс/град} \approx 45714\text{Н/рад},$$

За другим законом Ньютона для обертального руху в неінерційній системі координат рівняння руху причепа можна записати у вигляді:

$$I\varepsilon = \sum_{i=1}^3 M_0 = M_0^{(3)}, \quad (2.2)$$

де I – момент інерції причепа;

ε – кутове прискорення причепа;

M_0 – момент зовнішніх сил;

$M_0^{(3)}$ – головний момент зовнішніх сил.

Для нашого випадку права частина рівняння (2.2) відповідно схеми зображеної на рис. 2.15 дорівнює:

$$M_0^{(3)} = M_0(R_{\tau 1}) + M_0(R_{\rho 2}) + M_0(F_{kop}), \quad (2.3)$$

де

$$R_{\tau 1} = R_{\sigma 1} \cdot \phi, \quad (2.4)$$

Сила, що дорівнює реактивному гальмівному моменту, який залежить від вертикальної реакції $R_{\sigma 1}$ та величини коефіцієнта тертя ковзання ϕ :

$$M_0(R_{\tau 1}) = -R_{\tau 1} a, \quad (2.5)$$

де a – відстань від траєкторії руху центру мас автомобіля до вимірювального колеса.

$$a = r \cos \alpha - L \sin \alpha, \quad (2.6)$$

де r – половина ширини причепа;

L – відстань від осі коліс причепа до осі причіпного пристрою.

Після підстановки залежностей (2.4) та (2.6) у формулу (2.5) отримаємо

$$M_0(R_{\tau 1}) = -R_{\sigma 1} \phi (r \cos \alpha - L \sin \alpha). \quad (2.7)$$

Інший момент виникає тільки під час зміни траєкторії причепа і діє у протилежну сторону на відміну від попереднього. Момент поперечної горизонтальної реакції виникає завдяки здатності еластичної шини чинити опір боковому уводу, чого не можна сказати у випадку з жорсткими колесами, де діє тільки сила поперечного зчеплення:

$$M_0(R_{\rho 2}) = K_y L. \quad (2.8)$$

Наступний момент виникає тільки у неінерційній системі координат і відповідно до законів теоретичної механіки [114] – це момент Коріоліса, прикладений до центру мас приладу, який діє в протилежну сторону заносу:

$$\bar{F}_{kop} = m\bar{\omega}_k, \quad (2.9)$$

де m – вага приладу;

$$\bar{\omega}_k = 2[\bar{\omega}, \bar{V}]$$

де $\bar{\omega}_k$ – кутове прискорення;

$\bar{\omega}$ – кутова швидкість переносного руху.

Згідно з [114]:

$$\bar{\omega}_k = 2|\bar{\omega}| \cdot |\bar{V}| \cdot \sin 90^\circ, \quad (2.10)$$

звідки $\bar{\omega}_k = 2\dot{\alpha} \cdot \bar{V}$ тоді:

$$M_0(F_{kop}) = 2mLV\dot{\alpha}, \quad (2.11)$$

Після підстановки (2.7), (2.8) та (2.11) у рівняння (2.3), отримуємо рівняння головного моменту зовнішніх сил:

$$M_0^{(3)} = R_{\sigma 1} \phi(r \cos \alpha - L \sin \alpha) - K_y \alpha L + 2mLV\dot{\alpha}, \quad (2.12)$$

Момент інерції причепу:

$$I = mL^2 \quad (2.13)$$

Кутове прискорення приладу позначимо $\varepsilon = \ddot{\alpha}$

Після підстановки у ліву і праву частину виразу (2.2) отриманих залежностей отримаємо рівняння руху причепа під час вимірювання коефіцієнта зчеплення:

$$mL^2 \ddot{\alpha} + 2mLV \dot{\alpha} = R_1 \phi (r \cos \alpha - L \sin \alpha) - K_y \alpha L. \quad (2.14)$$

При експериментальних випробуваннях відхилення траєкторії руху причепа було незначне і для спрощення даного рівняння приймаємо значення $\cos \alpha = 1$, $\sin \alpha = \alpha$. Після скорочення рівняння (2.14) набуває вигляду:

$$mL^2 \ddot{\alpha} + 2mLV \dot{\alpha} = R_1 \phi r - R_1 \phi L \alpha - K_y \alpha L. \quad (2.15)$$

Для спрощення рівняння переносимо однакові змінні в одну сторону:

$$\ddot{\alpha} + 2V/L \dot{\alpha} + \alpha (R_1/mL \phi + K_y/mL) = R_1/(mL^2) \phi r. \quad (2.16)$$

Замінімо $V/L = \mu$, а $(R_1/mL \phi + K_y/mL) = \Omega^2$ і підставимо їх у рівняння (2.16):

$$\ddot{\alpha} + 2\mu \dot{\alpha} + \Omega^2 \alpha = R_1/(mL^2) \phi r. \quad (2.17)$$

Рівняння (2.17) є неоднорідним рівнянням другого порядку з сталими коефіцієнтами. Рішенням даного рівняння є сума часткових розв'язків правої і лівої частини.

Характеристичне рівняння виразу (2.17) згідно [115]:

$$k^2 + 2\mu k + \Omega^2 = 0. \quad (2.18)$$

Корені даного характеристичного рівняння в нашому випадку дорівнюють:

$$k_{1,2} = -\mu \pm \sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)}. \quad (2.19)$$

А одним із рішень рівняння (2.18) згідно [115] буде наступний вираз:

$$\bar{\alpha} = C_1 e^{(k_1 t)} + C_2 e^{(k_2 t)} \quad (2.20)$$

Після підстановки (2.19) у рівняння (2.20) та необхідних скорочень отримуємо:

$$\bar{\alpha} = e^{(-\mu t)} \left(C_1 e^{(t\sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)})} + C_2 e^{(-t\sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)})} \right). \quad (2.21)$$

Частковий розв'язок правої частини неоднорідного рівняння будемо шукати у вигляді

$$\alpha_{cp} = A,$$

де A – невідома стала величина

Після підстановки та диференціювання рівняння (2.17) отримуємо

$$\alpha'_{cp} = 0, \alpha''_{cp} = 0$$

Підставляючи отримані значення у рівняння (2.17), отримуємо

$$A = (R_1 \phi r) / (m L^2 \Omega^2). \quad (2.22)$$

Загальним рішенням неоднорідного рівняння (2.17) буде сума часткових рішень (2.21) та (2.22):

$$\alpha = e^{(-\mu t)} \left(C_1 e^{(t\sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)})} + C_2 e^{(-t\sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)})} \right) + (R_1 \phi r) / (L^2 \Omega^2 m), \quad (2.23)$$

Підставляючи початкові умови

$$t=0, \alpha=0, \alpha'=0, \alpha'' \neq 0$$

Та двічі проінтегрувавши вираз (2.23) знайдемо значення сталих коефіцієнтів C_1 та C_2

$$C_1 = -\left(R_1 \phi r \sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)} + \mu\right) / \left(2mL^2 \Omega^2 \sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)}\right), \quad (2.24)$$

$$C_2 = -\left(R_1 \phi r \sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)} - \mu\right) / \left(2mL^2 \Omega^2 \sqrt{(\mu^2 - \Omega^2)}\right). \quad (2.25)$$

Після підстановки сталих коефіцієнтів C_1 , C_2 та μ і Ω^2 у рівняння (2.23) отримаємо:

$$\begin{aligned} \alpha = e^{-(\frac{V}{L})t} & \left(- \frac{R_1 \phi r \sqrt{\left((V/L)^2 - (R_1/mL\phi + K_y/mL)\right)} + V/L}{2mL^2 (R_1/mL\phi + K_y/mL) \sqrt{\left((V/L)^2 - (R_1/mL\phi + K_y/mL)\right)}} \cdot e^{\left(t \sqrt{\left((V/L)^2 - (R_1/mL\phi + K_y/mL)\right)}\right)} - \right. \\ & - e^{-(V/L)t} \left(\frac{R_1 \phi r \sqrt{\left((V/L)^2 - (R_1/mL\phi + K_y/mL)\right)} - (V/L)}{2mL^2 (R_1/mL\phi + K_y/mL) \sqrt{\left((V/L)^2 - (R_1/mL\phi + K_y/mL)\right)}} \cdot e^{\left(-t \sqrt{\left((V/L)^2 - (R_1/mL\phi + K_y/mL)\right)}\right)} + \right. \\ & \left. \left. + \frac{R_1 \phi r}{L^2 (R_1/mL\phi + K_y/mL) m} \right) \right). \end{aligned} \quad (2.26)$$

Для визначення числових значень величини можливого відхилення причепу при гальмуванні вимірювального колеса в залежності від величини коефіцієнта зчеплення дорожнього покриття та часу, підставляємо значення, які відповідають конструкції приладу у рівняння (2.26). Після розрахунків отримуємо числові значення і відповідні залежності у вигляді графіків зображених на рис. 2.16.

З рис. 2.16. можна зробити висновок, що величина відхилення при максимальному коефіцієнті зчеплення рівному 1 не доходить до 4 см, що задовольняє умові забезпечення курсової стійкості приладу.

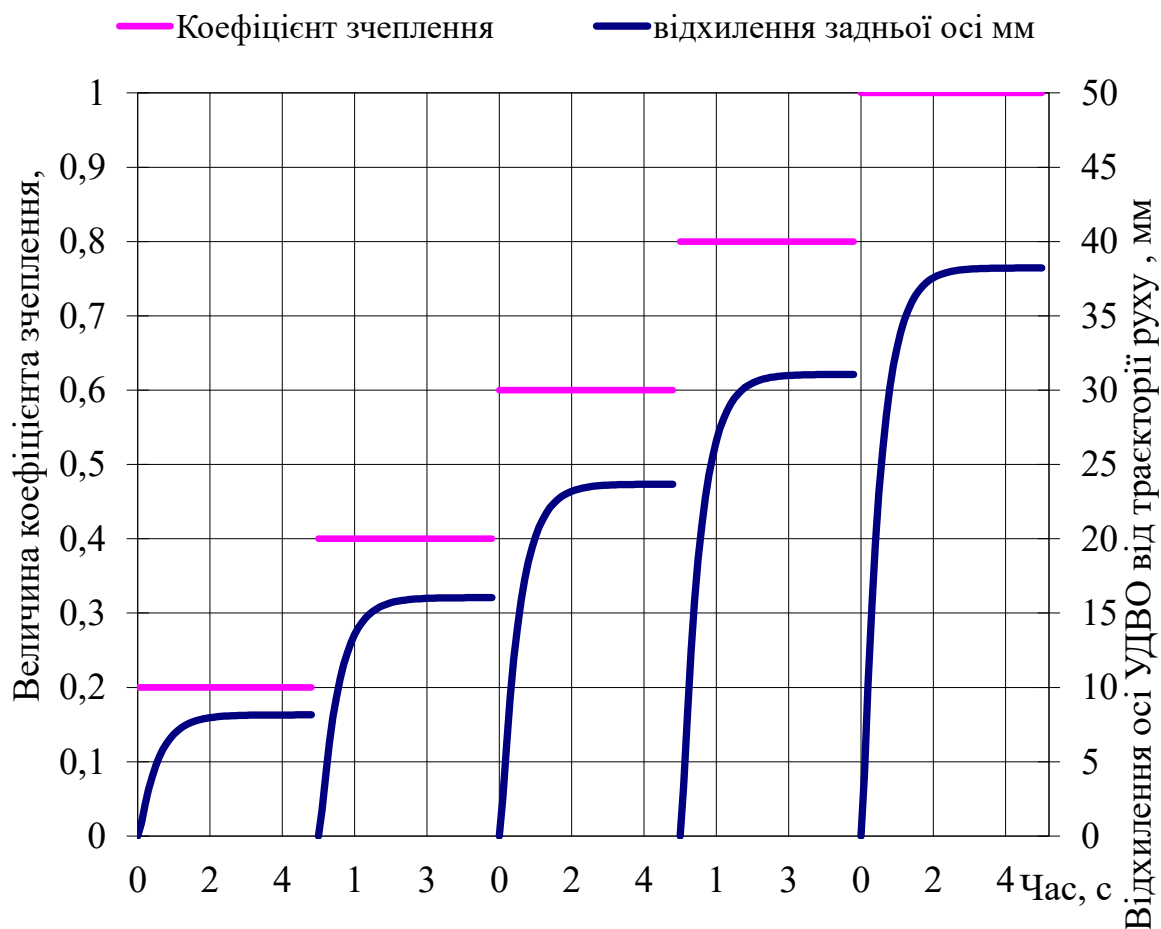


Рисунок 2.16 – Залежність величини відхилення осі приладу від траєкторії руху при блокуванні вимірювального колеса на швидкості 60 км/год від коефіцієнта зчеплення та часу

Математична модель перевірялась практично на автомобільній дорозі при гальмуванні вимірювального колеса (рис. 2.17). Ширина приладу становила $2r = 0,99$ м, а відстань від осі коліс до зчіпного пристрою $L = 1,50$ м. Експериментальні дослідження, які були проведені після розрахунків підтвердили, що відхилення осі приладу від траєкторії руху при блокуванні вимірювального колеса на швидкості 60 км/год при значення коефіцієнта зчеплення 0,46 відбувалося на величину близько 20 мм. Дане випробовування підтвердило правильність розрахунків математичної моделі і відповідну стійкість «УДВО» до заносу під час вимірювань. Отже можна стверджувати, що прилад, маючи ширину 0,99 м та довжину 2,02 м при вимірюванні має

високу стійкість проти заносу.



Рисунок 2.17 – Експериментальне дослідження відхилення осі приладу від траєкторії руху при блокуванні вимірювального колеса на швидкості 60 км/год від коефіцієнта зчеплення та часу

2.5 Дослідження можливості розвантаження вимірювального колеса приладу під час вимірювань зчіпних якостей дорожніх покриттів

Для оцінки можливості розвантаження вимірювального колеса під час вимірювань зчіпних якостей дорожніх покриттів побудована математична модель навантаження причепа додатковою силою зчеплення T , прикладеною до вимірювального колеса.

Згідно розрахункової схеми, зображеної на рис. 2.18, та вихідних даних (табл. 2.7) було складено систему 6 рівнянь для визначення 6 невідомих.

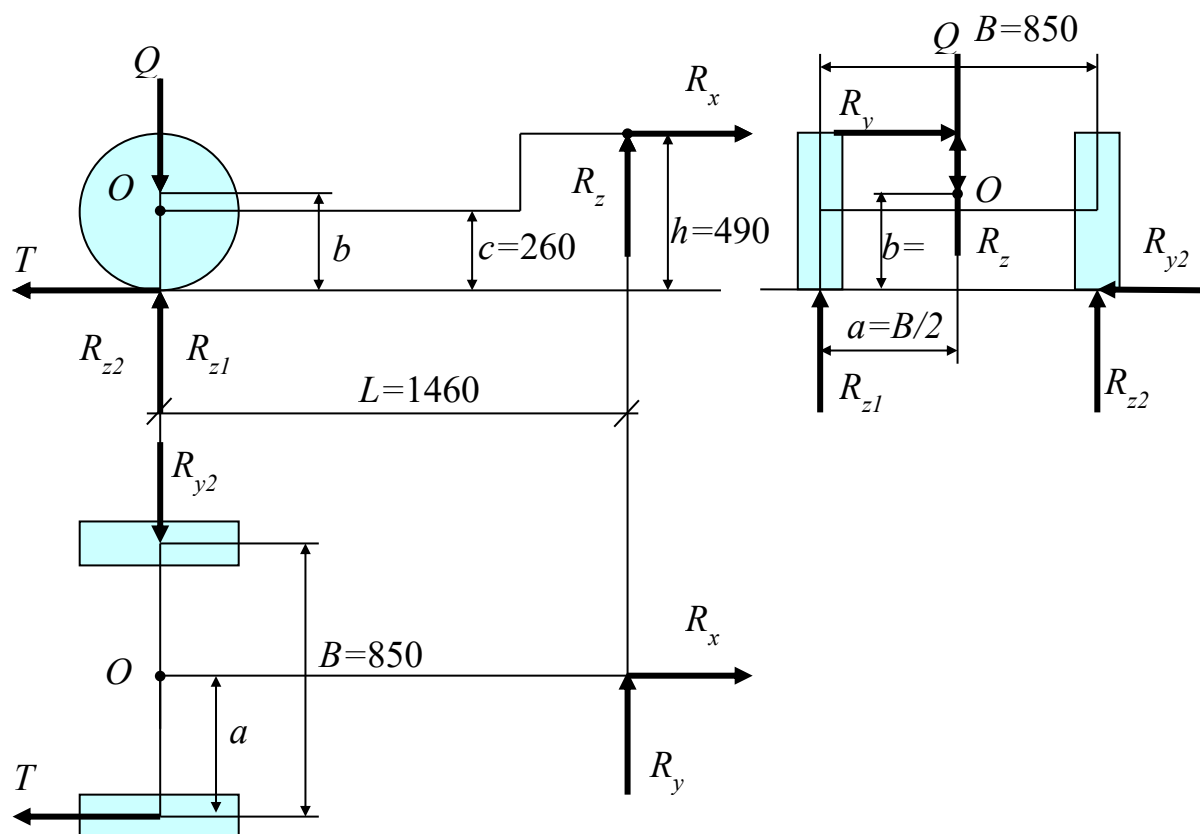


Рисунок 2.18 – Розрахункова схема навантажень

Таблиця 2.7 – Вихідні дані

Навантаження від ваги приладу	$Q = 4,85 \text{ кН}$
Довжина приладу	$L = 1,46 \text{ м}$
Відстань від осі приладу до осі вимірювального колеса	$a = B/2 = 0,425$
Зусилля, утворене реакцією покриття	$T = R_{z1} * \varphi$
Ширина приладу в осях коліс	$B = 0,85 \text{ м}$
Висота точки з'єднання приладу з автомобілем тягачем	$h = 0,49 \text{ м}$
Висота осі вимірювального колеса	$c = 0,26 \text{ м}$
Висота центру ваги	b
Горизонтальна складова лівого по ходу руху не вимірювального колеса	$R_{x2} \approx 0$
Бокова горизонтальна складова правого по ходу руху вимірювального колеса	$R_{y1} \approx 0$

Складаємо систему рівнянь:

$$\sum F_x = 0 \quad R_x - T = 0; \quad (2.27)$$

$$\sum F_y = 0 \quad R_y - R_{y2} = 0; \quad (2.28)$$

$$\sum F_z = 0 \quad R_z + R_{z1} + R_{z2} - Q = 0; \quad (2.29)$$

$$\sum M_x = 0 \quad Q(B/2 - a) + R_{z2}(B/2) - R_{z1}(B/2) - R_{y2}h = 0; \quad (2.30)$$

$$\sum M_y = 0 \quad -R_zL + R_xh = 0; \quad (2.31)$$

$$\sum M_z = 0 \quad R_yL - TB/2 = 0. \quad (2.32)$$

Згідно рівняння (2.27)

$$R_x = T = R_{z1} \cdot \varphi. \quad (2.33)$$

Згідно рівняння (2.28)

$$R_y = R_{y2}. \quad (2.34)$$

Згідно рівняння (2.29)

$$R_{z2} = Q - R_z - R_{z1}. \quad (2.35)$$

Згідно рівняння (2.30)

$$\begin{aligned} R_{z2} &= R_{z1} - R_{y2}2h/B - Q(B/2 - a) = \\ &= R_{z1} - R_{z1}\varphi h/L - Q(B/2 - a) \\ R_{z2} &= R_{z1} (1 - \varphi h/L) - Q(B/2 - a). \end{aligned} \quad (2.36)$$

Згідно рівняння (2.31)

$$R_z L = R_x h = R_{z1} \varphi h,$$

$$R_z = R_{z1} \varphi h / L. \quad (2.37)$$

Згідно рівняння (2.32)

$$R_y = TB/2L = R_{z1} \varphi B/2L. \quad (2.38)$$

Підставивши у формулу (2.29) формулу (2.37) та (2.38) отримаємо

$$R_{z1} \varphi h / L + R_{z1} + R_{z1} (1 - \varphi h / L) - Q(B/2 - a) - Q = 0;$$

$$R_{z1} (\varphi h / L + 1 + 1 - \varphi h / L) = Q (1 + B/2 - a);$$

$$R_{z1} = Q(1 + B/2 - a)/2.$$

Підставляючи у вище отримані формули вихідні дані приладу, знайдемо розрахункові значення всіх невідомих реакцій. Результати розрахунків наведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунків математичної моделі навантаження причепу додатковою силою зчеплення T , прикладеною до вимірювального колеса

φ	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
R_{z1} , Н	2583,71	2583,71	2583,71	2583,71	2583,71
R_{z2} , Н	2136,48	2049,76	1963,05	1876,34	1789,62
R_z , Н	86,71	173,43	260,14	346,85	433,57
R_y , Н	62,19	119,34	171,43	218,48	260,48
R_{y2} , Н	62,19	119,34	171,43	218,48	260,48
R_x , Н	258,37	516,74	775,11	1033,48	1291,85
T , Н	258,37	516,74	775,11	1033,48	1291,85

Продовження Таблиці 2.8

φ	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
R_{z1} , Н	2583,71		2583,71	2583,71	2583,71
R_{z2} , Н	1702,91	1616,20	1529,48	1442,77	1356,06
R_z , Н	520,28	606,99	693,71	780,42	867,14
R_y , Н	297,43	329,33	356,18	377,99	394,74
R_{y2} , Н	297,43	329,33	356,18	377,99	394,74
R_x , Н	1550,23	1808,60	2066,97	2325,34	2583,71
T , Н	1550,23	1808,60	2066,97	2325,34	2583,71

З результатів наведених у табл. 2.8 слідує, що при навантаженні причепа додатковою силою зчеплення T , прикладеною до вимірювального колеса розвантаження вимірювального колеса не відбувається R_{z1} є сталою величиною і дорівнює 2583,71Н.

2.6 Математична модель руху колеса під час гальмування

Для дослідження автоколивань вузла вимірювання зчіпних якостей розроблена математична модель руху вимірювального колеса під час гальмування. Схема руху колеса під час гальмування відображає рівномірний рух автомобіля тягача з причепом, в якому вимірювальне колесо заблоковане (рис. 2.19). Між колесом та покриттям розвивається сила тертя, яка залежить від часу і має вигляд, зображений на рис. 2.20. Визначена експериментальним шляхом. Отримана залежність відображує різницю між силою тертя зчеплення R_ψ і силою тертя ковзання R_ϕ [116]. Зусилля яке виникає в зоні контакту колеса з покриттям деформує колесо, яке має дотичну жорсткість C_1 , та вимірювальну ресору жорсткістю C_2 (рис. 2.21)

$$x(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = 0, \quad (2.39)$$

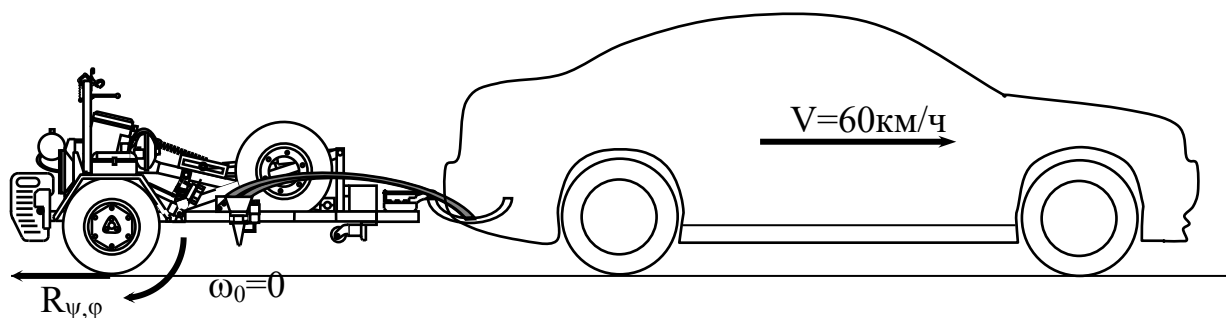


Рисунок 2.19 – Схема руху колеса під час гальмування

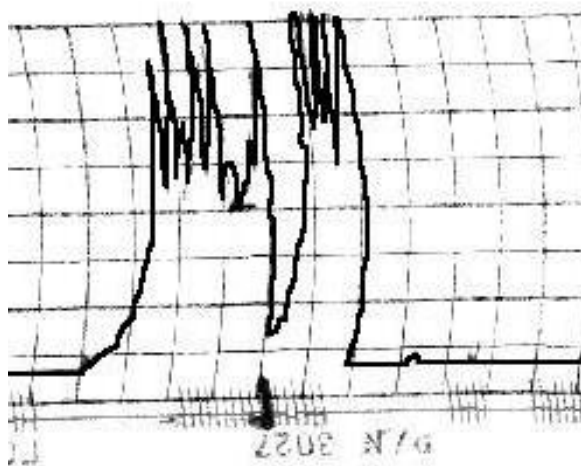


Рисунок 2.20 – Приклад відображення різниці між силою тертя зчеплення і силою тертя ковзання

Введемо позначення V_0 - швидкість автомобіля тягача, C - жорсткість системи $C = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2)$, m - вага причепа, $m_1 = m/2$ - навантаження на колесо, R_ψ - сила тертя зчеплення, R_ϕ - сила тертя ковзання, $k = \sqrt{c/m_1}$.

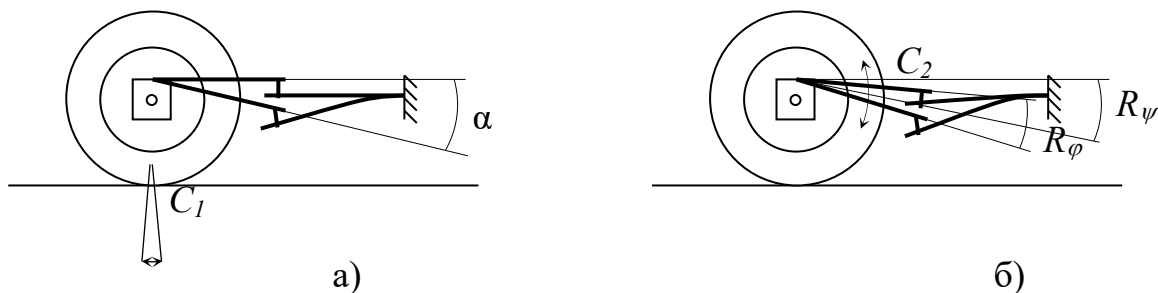


Рисунок 2.21 – Жорсткість елементів колеса і вимірювального пристрою

Очевидно, можливий такий рух даної системи, при якому швидкість

точок контакту колеса відносно покриття зрівняється з V_0 . При цьому на колесо діє стала сила P , яка дорівнює силі R_ϕ однак цей режим може бути не стійким і при певних обставин можуть виникнути автоколивання. Якщо швидкість мала, то невелика зміна величини коефіцієнта зчеплення може бути достатньою для зупинки точок контакту колеса. Розглянемо, що відбувається після цього моменту.

Автомобіль тягач продовжує поступальний рух, деформація шини та вимірний пружного елементу буде відбуватися до тих пір доки сила P не зрівняється з силою R_ψ . Після чого відбудеться зрив точок контакту і сила тертя при цьому миттєво зменшиться до сили R_ϕ . Але сила напруження колеса і пружного елементу буде рівна R_ψ і відповідно, рівновага сил діючих в зоні контакту колеса порушиться.

Відлік часу будемо здійснювати з моменту зриву колеса ($t=0$). У цей момент координата x і швидкість $\dot{x}$ точок контакту колеса.

Розглянемо тепер процес наступного руху. До деякого моменту часу $t>0$ zdeформовані елементи за допомогою сили пружності почнуть повертатись у стабільне положення відносно причепа, це переміщення зміниться на відрізок $(x - V_0 t)$ і відповідно сила пружності зменшиться до значення:

$$P(t) = R_\psi - c(x - V_0 t). \quad (2.40)$$

Таким чином, диференціальне рівняння руху точок контакту колеса запишемо у вигляді:

$$(R_\psi - c(x - V_0 t)) - R_\phi = m\ddot{x}, \quad (2.41)$$

або

$$\ddot{x} + k^2 x = k^2 V_0 t + \frac{R_\psi - R_\phi}{m}. \quad (2.42)$$

Розв'язок даного рівняння зводиться до розв'язку неоднорідного

диференційного рівняння другого порядку.

Розв'язком даного диференційного рівняння є розв'язок двох часткових рішень правої і лівої частини однорідних рівнянь. Характеристичним рівнянням лівої частини виразу (2.42) є:

$$y^2 - k^2 = 0 \quad (2.43)$$

Так як корені характеристичного рівняння (2.43) комплексні рішенням даного характеристичного рівняння є рівняння гармонічних коливань:

$$\bar{x} = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt \quad (2.44)$$

За частковий розв'язок правої частини рівняння (2.42) приймемо число A , тоді $\dot{A} = 0$, $\ddot{A} = 0$, звідки:

$$Ak^2 = k^2 Vt + \frac{R_\psi - R_\phi}{m}, \quad (2.45)$$

$$A = Vt + \frac{R_\psi - R_\phi}{k^2 m}. \quad (2.46)$$

Загальним розв'язком рівняння (2.42) буде:

$$x = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt + Vt + \frac{R_\psi - R_\phi}{k^2 m}. \quad (2.47)$$

Після диференціювання та підстановки умови (2.39) знайдемо невідомі C_1 та C_2 :

$$\dot{x} = -kC_1 \sin kt + kC_2 \cos kt + V_0 \quad (2.48)$$

Підставляємо умову (2.39) в рівняння (2.47) і отримуємо:

$$\begin{aligned} C_1 \cos(k \cdot 0) + C_2 \sin(k \cdot 0) + V_0 \cdot 0 + \frac{R_\psi - R_\varphi}{k^2 m} &= 0 \\ C_1 + \frac{R_\psi - R_\varphi}{k^2 m} &= 0 \quad \Rightarrow C_1 = -\frac{R_\psi - R_\varphi}{k^2 m} \end{aligned} \quad (2.49)$$

Підставляємо умову (2.39) в рівняння (2.48) і отримуємо:

$$\begin{aligned} -k \cdot C_1 \sin(k \cdot 0) + k \cdot C_2 \cos(k \cdot 0) + V_0 &= 0 \\ kC_2 + V_0 &= 0 \Rightarrow C_2 = -V_0/k \end{aligned} \quad (2.50)$$

Після підстановки C_1 та C_2 в рівняння (2.48) отримуємо рішення диференційного рівняння (2.42):

$$x = \frac{R_\psi - R_\varphi}{k^2 m} \cos kt - \frac{V_0}{k} \sin kt + V_0 t + \frac{R_\psi - R_\varphi}{k^2 m} \quad (2.51)$$

Після певних скорочень отримуємо рівняння руху колеса під час гальмування:

$$x = V_0 t - \frac{V_0}{k} \sin kt + \frac{R_\psi - R_\varphi}{c} (1 - \cos kt) \quad (2.52)$$

Перший доданок правої частини відповідає рівномірному руху зі швидкістю автомобіля тягача, а останні доданок – додаткові коливання колеса.

Швидкість точок контакту колеса з покриттям змінюється по закону:

$$\dot{x} = V_0 - V_0 \cos kt + \frac{k(R_\psi - R_\phi)}{c} \sin kt, \quad (2.53)$$

і в деякий момент часу може знову вернутися в нульове положення. Умова нової зупинки точок контакту колеса приводить до рівняння:

$$V_0 - V_0 \cos kt_1 + \frac{k(R_\psi - R_\phi)}{c} \sin kt_1 = 0, \quad (2.54)$$

де t_1 - час від моменту зриву до моменту нової зупинки. Введемо безрозмірний параметр:

$$\alpha = \frac{k(R_\psi - R_\phi)}{c} = \frac{g}{kV_0} \Delta f, \quad (2.55)$$

в якому Δf - різниця коефіцієнта зчеплення і тертя ковзання.

А тепер умова зупинки приймає вигляд:

$$\alpha \sin kt_1 = \cos kt_1 - 1. \quad (2.56)$$

Розв'язавши це рівняння знаходимо:

$$\sin kt_1 = -\frac{2\alpha}{1 + \alpha^2}, \quad \cos kt_1 = \frac{1 - \alpha^2}{1 + \alpha^2}. \quad (2.57)$$

Модулі отриманих виразів завжди менші одиниці, так що із сил (2.57) завжди слідує деяке значення t_1 . Отримати це значення t_1 можна за формулою (2.53), визначити координату x точок контакту в момент нової зупинки, тобто шлях, який пройшли точки контакту за час t_1 :

$$x_1 = V_0 t_1 - \frac{V_0}{k} \sin kt_1 + \frac{R_\psi - R_\phi}{c} (1 - \cos kt_1) = V_0 t_1 + \frac{2\alpha V_0}{k}. \quad (2.58)$$

З врахуванням виразів (2.57) знайдемо по співвідношенню (2.41) силу деформації шини в момент зупинки точок контакту:

$$P(t_1) = 2R_\phi - R_\psi. \quad (2.59)$$

Звідси видно, що $P(t_1) < R_\phi$ (так як $R_\phi < R_\psi$).

Відповідно, після зупинки точки контакту деякий час будуть залишатися в стані спокою, доки сила деформації шини знову не досягне граничної сили тертя зчеплення. Після чого відбудеться новий зрив точок контакту і почнеться наступний цикл, повністю співпадаючий з попереднім.

Таким чином розглянутий процес являє собою стаціонарні автоколивання. За час, в період якого точки контакту знаходяться в стані спокою, сила деформації поступово зростає на величину

$$\Delta P = R_\psi - P(t_1) = 2(R_\psi - R_\phi) \quad (2.60)$$

і відповідна деформація системи складе

$$\Delta l = \frac{\Delta P}{c} = \frac{2(R_\psi - R_\phi)}{c} \quad (2.61)$$

Цій же величині дорівнює шлях, який пройшов причіп за час зупинки точок контакту колеса. Відповідно, час спокою дорівнює:

$$t_2 = \frac{\Delta l}{V_0} = \frac{2(R_\psi - R_\phi)}{c V_0} = \frac{2\alpha}{k}. \quad (2.62)$$

Таким чином період автоколивання визначається за формулою:

$$T = t_1 + t_2. \quad (2.63)$$

Чим менша швидкість і менша жорсткість системи тим більш виражений процес автоколивань, який також у значній мірі залежить від різниці $R_\psi - R_\phi$ і чим вона більша тим теж більш виразний процес автоколивань.

За вищенаведеними формулами були проведені розрахунки для трьох випадків жорсткості вимірювального елемента, результати розрахунків показані у вигляді графіків на рис. 2.22.

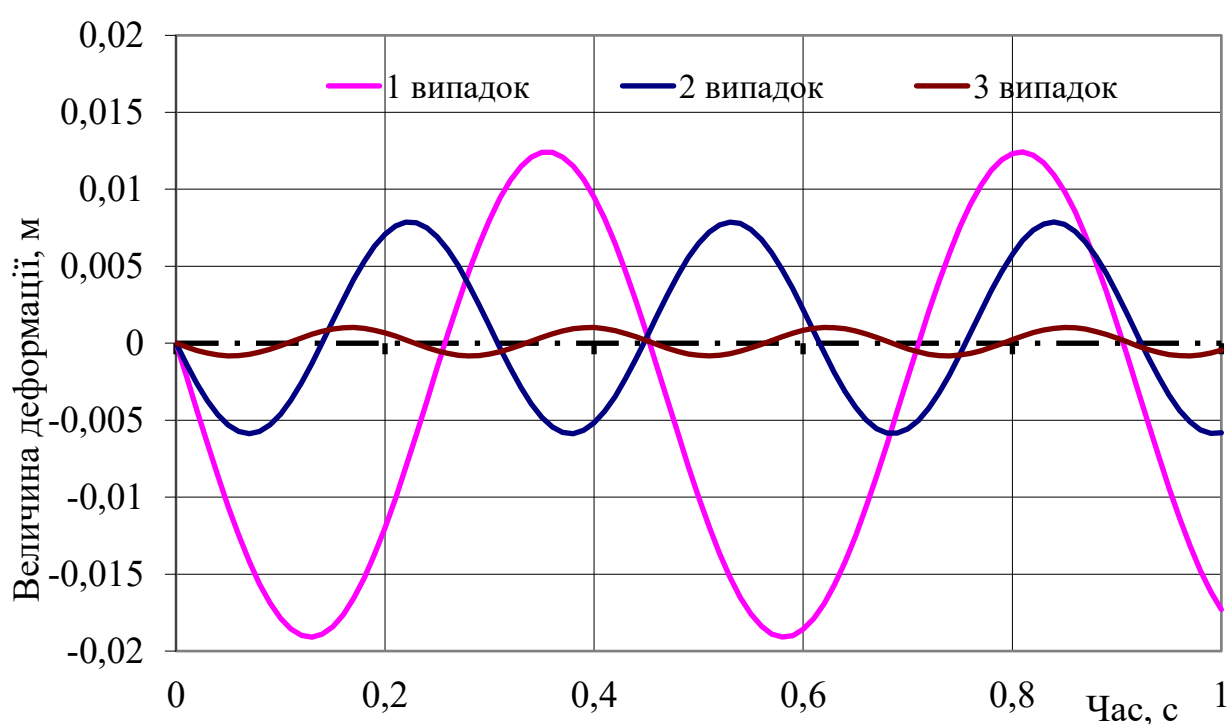


Рисунок 2.22 – Залежність деформації вимірювальних елементів та колеса «УДВО» від часу гальмування від часу для трьох випадків:

1. Випадок при використанні в якості вимірювального елемента амортизатора з пружиною;
2. Випадок при використанні в якості вимірювального елемента ресори;
3. Випадок при використанні в якості вимірювального елемента жорсткого датчика вимірювання сили

Висновки до розділу 2

1. Аналіз результатів вимірювань φ на порівняльних випробуваннях показав, що вимірювання, які виконуються на одній і тій же ділянці покриття приладами типу «ПКРС», мають відхилення результатів сума яких становить 38%;

2. Відомий засіб вимірювання коефіцієнта зчеплення «ПКРС-2У» як показника зчіпних якостей дорожніх покриттів не задовольняє вимогам щодо точності вимірювань, так як відносна похибка набагато перевищує максимально допустиму (4%), що призводить до негативних наслідків при оцінці зчіпних якостей дорожніх покриттів після нового будівництва чи ремонту, на стадії експлуатації і під час встановлення причин ДТП;

3. При обробці показань приладу потрібно враховувати поправку в залежності від ступеню випорожнення води з баків автомобіля-тягача;

4. Після пробігу 150 км необхідно виконувати повторне градування приладу;

5. Потрібно переглянути вимоги до нормативних значень величини коефіцієнту зчеплення та обмежити використання шин з різними фізичними властивостями, що не передбачено нормативними документами;

6. При відсутності автоматичного гальмування бажано, щоб вимірювання виконувалися одним і тим же оператором. Потрібно посилено слідкувати за рівнем натяжки тросу приводу гальм;

7. Проведені експериментальні випробування виявили ряд недоліків пристрою «У-1», до яких відносяться:

- недостатня стійкість проти перекидання;
- під час блокування вимірювального колеса відбувалася невелика зміна траєкторії руху причепа в бік опорного колеса, тому необхідно теоретично визначити можливість поперечного заносу приладу при вимірюваннях дотичної реакції покриття;

- при вимірюванні кутової швидкості, герконові датчики не реагують на прохід магніту біля них і при швидкості 35-40 км/год на самописі замість імпульсів записується лінія, що не дає змоги визначати кутову швидкість при високих швидкостях і оцінювати режими руху вимірювального колеса;
- прилад має жорстку підвіску, а колеса лише частково згладжують вплив нерівностей дорожнього покриття на коливання корпусу причепа. При великій швидкості амплітуда вертикальних коливань приладу зростає, що негативно відображається на стабілізації нормальної реакції, що діє на вимірювальне колесо. Тому необхідно удосконалити підвіску причепа;
- гальмування вимірювального колеса виконується натисненням ноги оператора на педаль, яка знаходиться в автомобілі-тягачі, так як і в приладі «ПКРС-2». Сила та плавність натиску на педаль, у значній мірі, залежать від оператора та ступеня натягнення троса. Ослаблення троса або слабе натискання на педаль при вимірюваннях може привести до часткового проковзування колеса, що завищує показання реєструючого пристрою. Трос може ослаблятися при повторних частих гальмуваннях або внаслідок зміни рівня наповнення баків водою. Для отримання більш стабільних і точних показань, необхідно розробити автоматичний привід гальмування вимірювального колеса;
- вимірювання за допомогою приладу «Y-1» дозволяло отримувати величину реактивного гальмівного моменту, що спонукає отриманню точного результату в не залежності від похилу ділянки дороги, але не було враховано можливість його розвантаження. Необхідно дослідити можливість розвантаження вимірювального колеса під час вимірювань і якщо розвантаження має місце, то необхідно отримати формулу перерахунку для визначення точного результату зчіпних якостей дорожнього покриття;
- показання приладу «Y-1» записувалися самописом у вигляді діаграм, які необхідно обробляти вручну. Необхідно забезпечити обробку й реєстрацію результатів персональним комп'ютером;

- прилад має мале навантаження на вимірювальне колесо. Щоб отримувати результати, порівняні з легковим автомобілем, необхідно збільшити навантаження до 250-300 кг;
- для зменшення впливу різних факторів на реєстрацію дотичного зусилля необхідно виключити амортизатор із вузла вимірювання зчіпних якостей. При виключенні амортизатора з вузла вимірювання зчіпних якостей необхідно усунути утворення автоколивань або зменшити їх амплітуду;
- шина вимірювального колеса не відноситься до серійних шин легкових автомобілів. Необхідно розглянути можливість заміни існуючих шин на серійні з відповідними обмеженнями.

8. Усунення вказаних недоліків обов'язково необхідно врахувати при розробці нового засобу вимірювання зчіпних якостей дорожніх покриттів;

9. Використання двоколісного причепа дозволить позбутися недоліків приладу «ПКРС-2», пов'язаних із складністю руху заднім ходом та забезпеченню стійкості корпусу причепа під час транспортування;

10. Побудована математична моделі курсової стійкості приладу під час блокування правого по ходу вимірювального колеса та експеримент показали, що відхилення осі приладу від траєкторії руху при блокуванні вимірювального колеса на швидкості 60 км/год при значення коефіцієнта зчеплення 0,46 відбувається на величину близько 20 мм. Дане випробовування підтвердило правильність розрахунків математичної моделі і відповідну стійкість приладу до заносу під час вимірювань.

11. Математична модель та проведені дослідження можливості розвантаження вимірювального колеса динамометричним приладом під час проведення вимірювань показника зчіпних якостей довела, що розвантаження не відбувається;

12. Математична модель руху колеса під час гальмування довела необхідність використання максимально жорстких датчиків і вузла вимірювання зчіпних якостей.

РОЗДІЛ 3

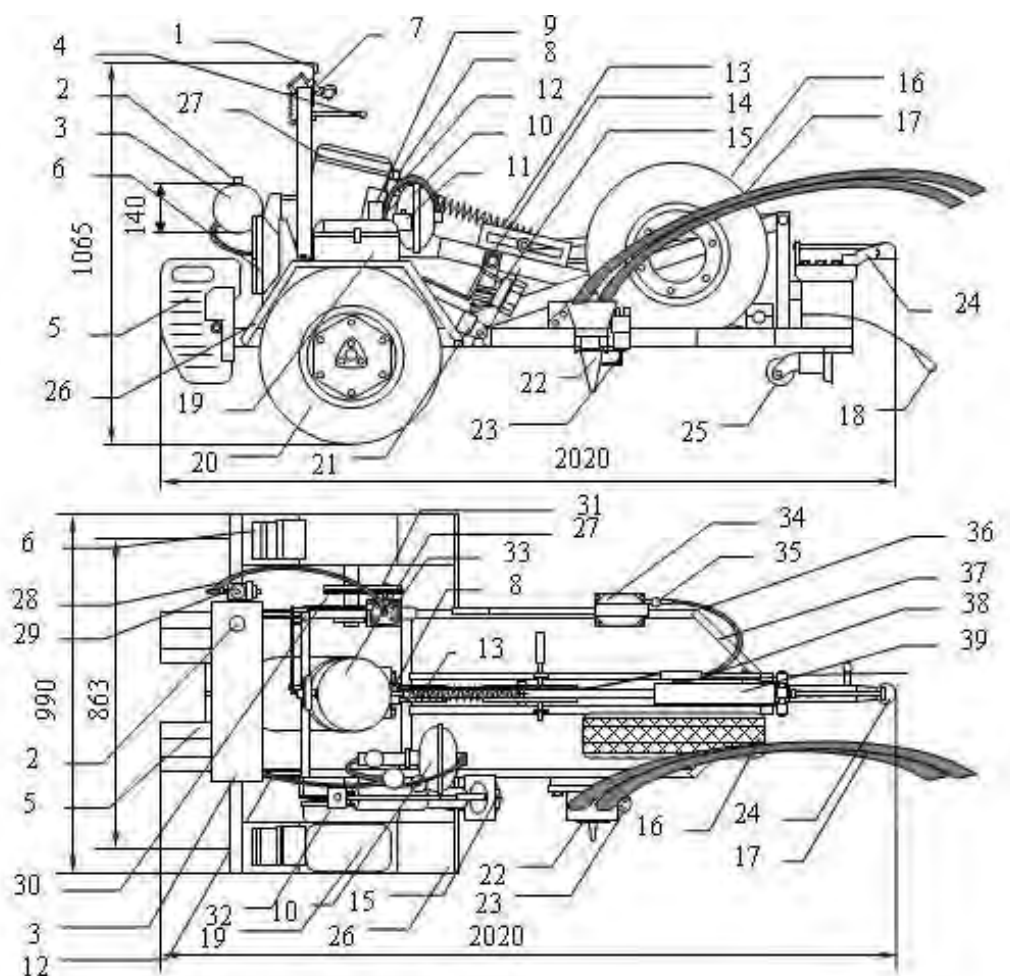
РОЗРОБКА ЗАСОБУ ОЦІНКИ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Розробка та описання конструкції і принципу дії вузлів «УДВО»

Після того, як теоретично і експериментально були визначені основні недоліки приладу «У-1» та ПКРС, у 2000 р був виготовлений перший зразок Універсального дорожнього вимірювального обладнання (далі – «УДВО»). Метою розробки було удосконалення методики оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів за рахунок підвищення вимог до проведення випробувань, підвищення точності вимірювальних вузлів, інформативності та продуктивності вимірювань параметрів зчіпних якостей дорожніх покриттів.

Прилад «УДВО» (рис. 3.1) призначений для вимірювання коефіцієнта зчеплення, рівності дорожнього покриття і міцності дорожнього одягу. Конструкція приладу орієнтована на реалізацію визначення коефіцієнта зчеплення, хоча дає змогу визначити і коефіцієнт тертя ковзання.

Прилад має рамну конструкцію, яка складається з труб квадратного перерізу 37, з'єднаних між собою за допомогою електрозварювання. До кінців труб під кутом 90° приварені півосі, на них встановлено колеса 20. В задній частині причепа, під кутом 90° до основної несучої рами, приварений підрамник з напрямними, на які встановлено баластні гирі 5, що затягуються болтом. Спереду до рами за допомогою болтів прикріплений фаркоп 24, за який прилад буксирується автомобілем УАЗ МПР-16388. При буксируванні причепа легковим автомобілем фаркоп потрібно зняти, відкрутивши три болти, і прикрутити до рами нижче через додаткову вставку. У передній частині причепа під фаркопом прикручене стояночне колесо 25, яке легко відкидається назад у транспортному положенні.



1 – ліхтарик; 2 – манометр; 3 – повітряний балон; 4 – важіль; 5 – баластні гири; 6 – габаритний ліхтар; 7 – фіксатор; 8 – датчик прискорення; 9 – електричний клапан подачі і стравлення повітря; 10 – гальмівна камера; 11 – електричний датчик тиску повітря; 12, 28, 36 – з'єднувальні шланги; 13 – пружина; 14 – амортизатор; 15 – датчик переміщень; 16 – запасне колесо; 17 – шланги для поливу покриття; 19 – ящик для інструментів; 20 – колесо; 21 – пружний елемент; 22 – вузол поливу покриття водою; 23 – електричний клапан відкриття води; 24 – фаркоп; 25 – стояночне колесо; 26 – щиток; 27 – ударник; 29 – клапан надлишкового тиску повітря; 30 – ведучий шків; 31 – відомий шків; 32 – гальмівний барабан; 33 – компресор; 34 – масляний насос; 35 – спускний кран; 37 – несуча рама; 38 – блок живлення датчика (перетворювач); 39 – гідроциліндр; 40 – ремінь

Рисунок 3.1 – Конструкція універсального дорожнього вимірювального обладнання («УДВО»)

Воно підтримує «УДВО» при від'єднанні від автомобіля у горизонтальному положенні. Для того, щоб пил і бруд не потрапляли на важливі частини вимірювального обладнання, над колесами змонтовано щитки 26. Для забезпечення безпеки руху в задній частині причепа за допомогою кронштейнів прикручено габаритні ліхтарі 6, що мають відсіки показника поворотів та стоп-сигналу. Для зручності обслуговування та ремонту обладнання на лівому крилі встановлено ящик для інструментів 19. В самій верхній його частині встановлений габаритний ліхтарик 1, функцією якого є ще й освітлення «УДВО» в темний час доби.

У середній частині рами встановлено щиток, до якого прикріплено головний гальмівний циліндр і бачок для гальмівної рідини. До ступиці правого по ходу колеса жорстко прикріплено гальмівний барабан 32. Від головного гальмівного циліндру до барабану гальмівна рідина йде по металевій трубці. Гальмовий щит встановлено на втулці з можливістю обертання навколо осі. До гальмівного щита прикріплений один кінець важеля, який другим кінцем опирається на амортизатор 21. Амортизатор за допомогою шарніра прикріплений до рами. До важеля прикріплена тяга, яка з'єднана з тягою резисторного датчика переміщень 15, що встановлений на балочці. Шток гальмівного циліндру приводиться в рух за допомогою гальмівної камери 10. Вона працює від стиснутого повітря, що подається за допомогою з'єднувального шлангу 28 з повітряного балона 3. В повітряний балон повітря накачується компресором 33, що кріпиться до рами з правого боку за допомогою болтів. На компресорі стоїть ведомий шків 31, який через ремінь 40 приводиться у рух. Ремінь під'єднується до пневматичного колеса через ведучий шків 30. На повітряному балоні з лівого боку встановлений манометр 2. На рамі приладу біля головного гальмівного циліндру прикріплений електричний датчик тиску повітря 11 і електричний клапан подачі і стравлення повітря 9.

Управління електричним клапаном 9 здійснюється з салону автомобіля

через пульт управління вузла вимірювання коефіцієнта зчеплення. «УДВО» дає змогу вимірювати коефіцієнта зчеплення як сухого покриття, так і мокрого. У передній частині рами з правого боку встановлений пристрій для розливу води. Він складається з сопла 22 і електричного клапану відкриття води 23. До вузла поливу покриття приєднано два шланги, через які надходить вода з баків. Баки встановлюються в автомобілі. Електричний клапан відкривається при подачі сигналу з салону автомобіля.

Вимірювальне колесо обладнане пристроєм для визначення частоти обертання за допомогою тахогенератора.

«УДВО» обладнане також і вузлом вимірювання міцності дорожнього одягу. Демпферний вузол дозволив вимірювати рівність дорожніх покриттів, після встановлення поштовхоміра.

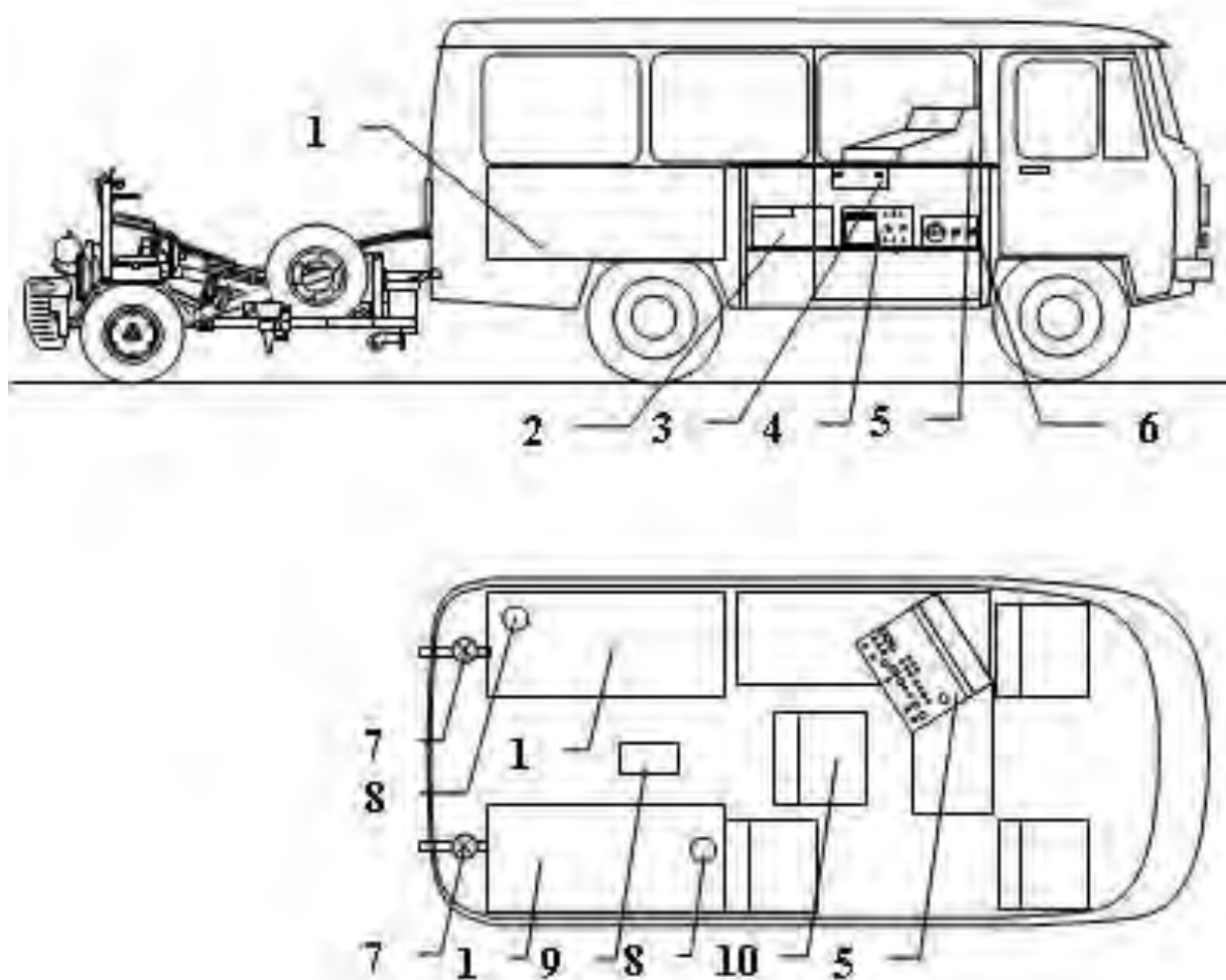
У якості тягача використовується обладнана ходова лабораторія на базі автомобіля УАЗ МПР-16388 (рис. 3.2). При вимірюванні сил зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям або сил тертя ковзання порядок роботи з приладом полягає в тому, що під час руху з заданою швидкістю на підході до ділянки вимірювання вмикається живлення апаратури і включається протяжка смужки самописця.

Безпосередньо перед вимірюванням натиском на кнопку, розташовану на пульті управління вузлом вимірювання коефіцієнта зчеплення, відкривається клапан 23 зволожувального пристрою 22. Інтенсивність розливу води, а значить і ступінь зволоження покриття регулюється за допомогою вентилів крану 7.

При русі приладу обертання лівого колеса через шківи та ремінь приводить у роботу компресор (рис. 3.1), який накопичує стиснене повітря у ресивері 3. При подачі напруги із салону автомобіля відкривається клапан подачі повітря 9 і шток пневматичної камери 10 діє на поршень гальмівного циліндру. Останній через гальмівну рідину передає зусилля на гальмівний барабан. Під час блокування колеса гальмівний барабан починає обертатися

на втулці, передаючи силу зчеплення з опорною поверхнею на пружний елемент 21. Величина деформації пружини фіксується датчиком переміщень 15. Сигнал від датчика передається на самопис 2 і фіксується на паперовій смужці.

Перехід до числових значень сили зчеплення чи сили тертя ковзання відбувається за тарувальним графіком.



1 – бак для води; 2 – самопис Н-338; 3 – блок управління приладом ПКРС-2У; 4 – пристрій каротажний; 5 – пульт управління; 6 – перетворювач напруги 12V - ~220V; 7 – водяний кран; 8 – горловина для заливки води; 9 – поштовхомір; 10 – сидіння оператора

Рисунок 3.2 – Ходова лабораторія на базі автомобіля УАЗ МПР-16388

3.2 Ходові випробування «УДВО»

Перші ходові випробування «УДВО» без гальмування супроводжувалися сильним нагріванням барабану. Очевидно, при монтажі-демонтажі колеса порушилося центрування барабану, і мало місце тертя його об гальмівні колодки, встановлені на щиті. Центрування довелося виконати прямо в полі.

Було проведене тарування вузла за допомогою динамометра, що створює дотичну силу, за допомогою тарувального пристрою від ПКРС, зображеного на рис. 3.3

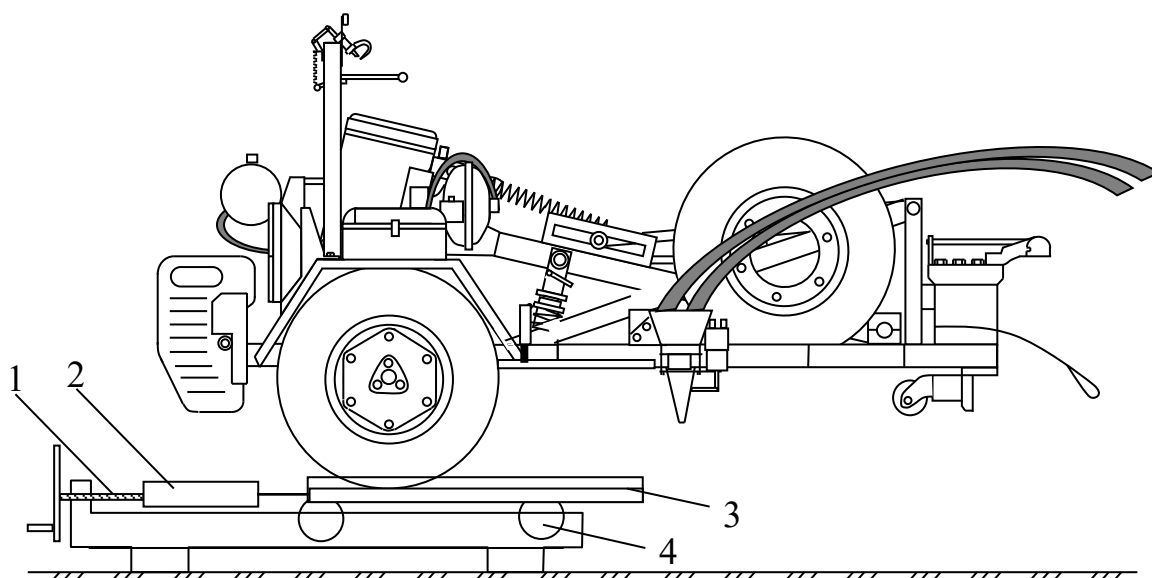


Рисунок 3.3 – Тарування вузла виміру показників зчіпних якостей дорожнього покриття «УДВО»

1-натяжний гвинт; 2-динамометр ДПУ 05-02; 3-рухоме корито із шорсткою поверхнею; 4-підшипники.

При таруванні отримана залежність між дотичною силою і відхиленням стрілки самопису шляхом послідовного навантаження (рис. 3.4). Навантаження на колесо складало 210 кг.

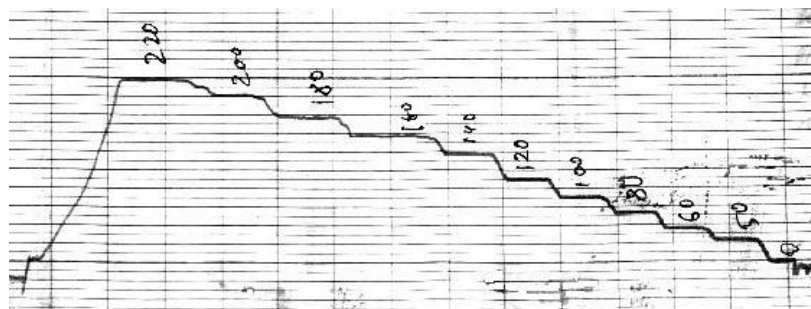


Рисунок 3.4 – Запис тарування на самопис

Числа на стрічці відповідають прикладеному навантаженню дотичної до вимірювального колеса.

Графік залежності відхилення стрілки самопису від прикладення дотичної сили приведений на рис. 3.5.

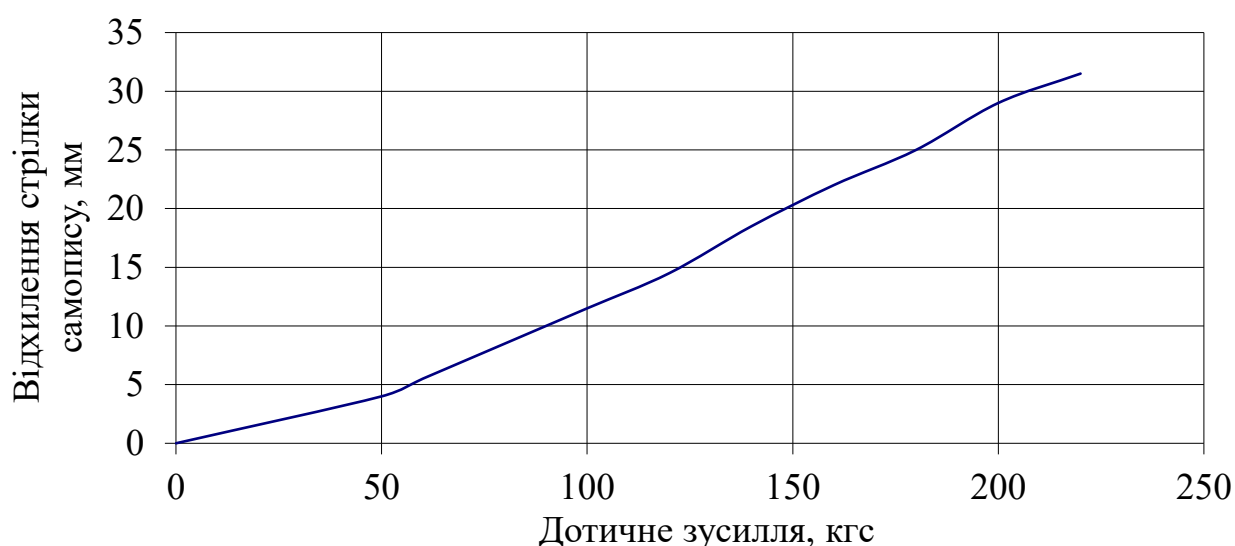


Рисунок 3.5 – Графік залежності відхилення стрілки самопису від прикладення дотичної сили

Випробування показали картину схожу на «У-1» (рис. 3.6). Візуальні спостереження за вимірювальним колесом при вимірюванні показали значні по амплітуді крутильні коливання колеса, що супроводжують явище «Slip-Slop». Коливання здійснювалися навколо деякого середнього положення. Цим коливанням сприяла значна амплітуда деформації пружини амортизатора, що при 200 кгс відповідала «2-2,5 см».

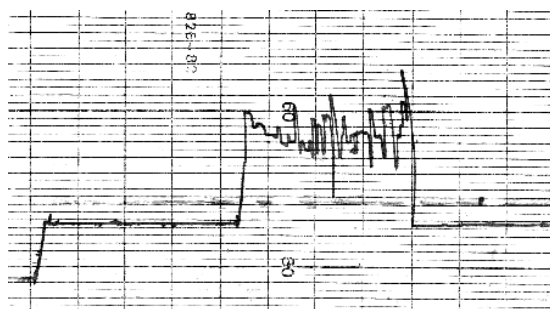


Рисунок 3.6 – Приклад запису $\Delta(t)$ діаграми вузла вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів «УДВО»

Щоб виключити ці автоколивання вимірювального колеса 1, було прийняте рішення зробити пружний елемент 2 вузла більш жорстким. У якості пружного елементу була використана ресорна пластина. В якості датчика переміщень був використаний датчик 3 вимірювальної системи М-217 4 (рис. 3.7). Пружний елемент вимірювального вузла 2 був жорстко закріплений на рамі «УДВО» 5, а сила, що виникає під час гальмування вимірювального колеса 1 створює зусилля в гальмівному барабані 6, а завдяки тому, що він вільно обертається на спеціальній втулці, зусилля передається на важіль 7. Важіль з'єднується з пружним елементом через наконечник 8, для створення вертикального навантаження. Вимірювання проводиться вимірювальною системою М-217, а обробка і запис самописом Н-338 9 на який встановлена програма обробки результатів.

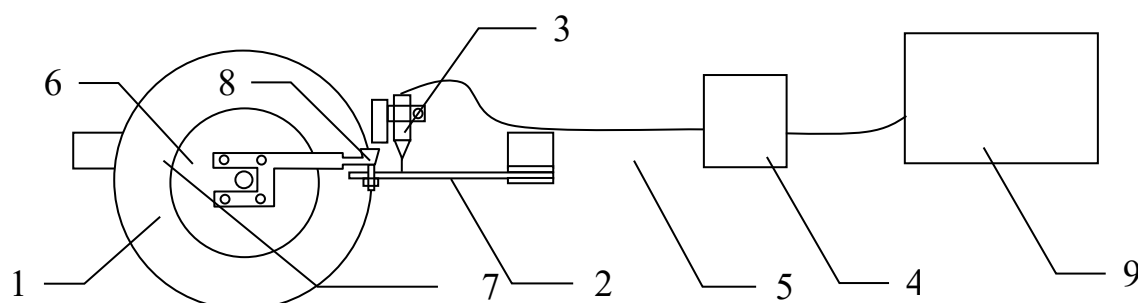


Рисунок 3.7 – Конструкція вузла вимірювання, показників зчіпних якостей дорожніх покриттів після заміни пружного елемента

Зважування «УДВО» (рис.3.8) проводилося за допомогою динамометра

ДПУ-0,5-2 № 1015 і поперечної балки, приєднаної до кран-балки. Вага складала 460 кгс.

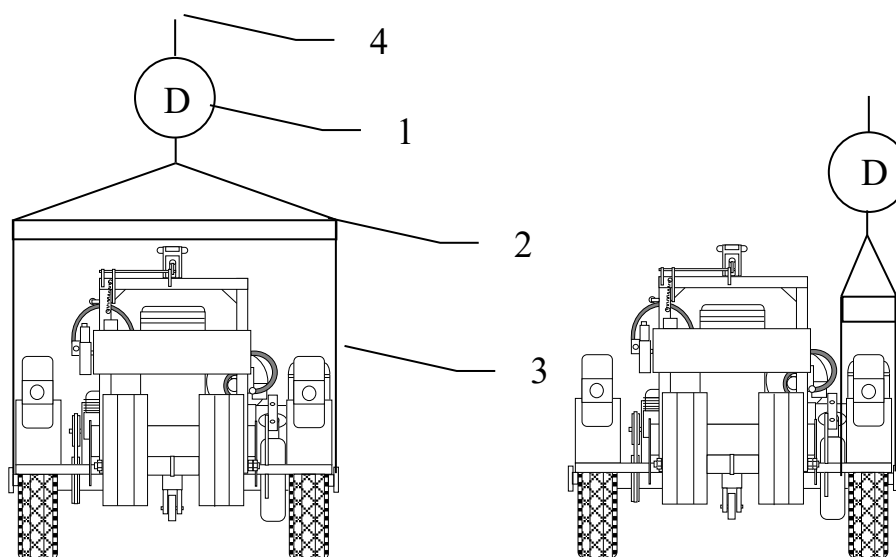


Рисунок 3.8 – Зважування «УДВО»

Частина ваги, що приходилася на вимірювальне колесо, складала 275 кг. Для тарування було розроблено спеціальний пристрій зображений на (рис. 3.9). Пристрій складався з системи з'єднувальних тяг 1, динамометра 2, натяжного гвинта 3, спеціальної рами 4 та конструкції передачі навантаження на гальмівний диск 5. За допомогою тарувального пристрою була отримана можливість швидко і порівняно з тарувальним пристроєм від ПКРС (рис. 3.10), легко передавати дотичне зусилля заданої величини на вимірювальне колесо.

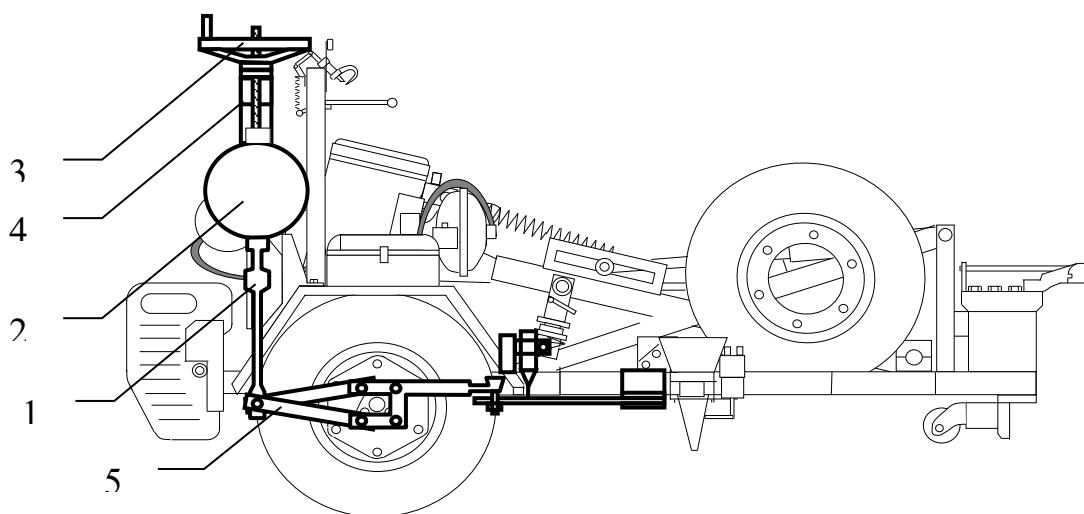
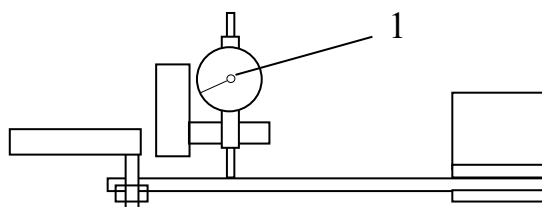


Рисунок 3.9 – Пристрій для тарування вузла вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів

Перед таруванням – визначенням залежності відхилення пера самописа від прикладеного навантаження – визначали залежність між прикладенням зусилля і деформацією ресорної пластини. Деформація вимірялася за допомогою індикатора годинного типу «ИЧ-4-2» (рис 3.10).



1 - індикатор годинного типу

Рисунок 3.10 – Вимірювання деформації ресорної пластини.

Результати вимірювання приведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати проведення тарування

Прикладене дотичне зусилля, кг		0	50	75	100	125	150	175	200	225	250
Переміщення пластини, соті частки мм	I серія	0	55	76,5	93	114	133	154	172	196	216
	II серія	0	57	75	95	113,3	133,5	155	173,5	196,5	216

У графічному виді залежність між дотичним зусиллям і переміщенням пластини приведені на рис. 3.11.

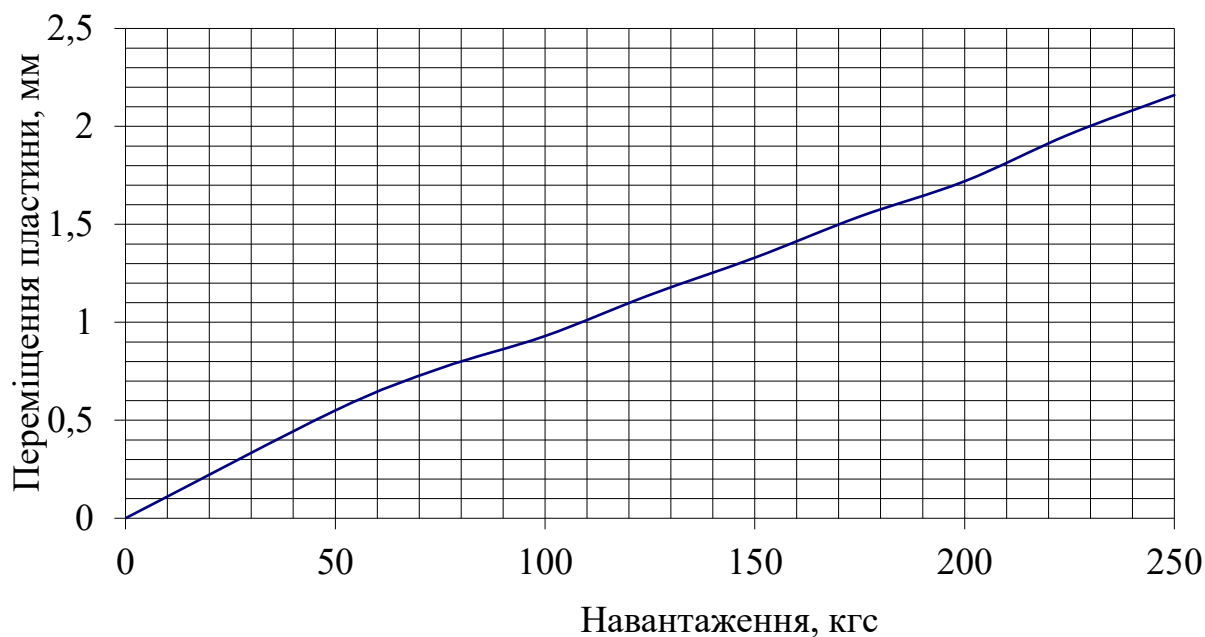


Рисунок 3.11 – Залежність між дотичним зусиллям і переміщенням

З рис.3.11 випливає, що залежність дуже близька до прямолінійної.

Тарування вузла показало, що залежність між показаннями самопису і прикладеним зусиллям не зовсім близьке до прямолінійної (рис.3.11). Лише після декількох перестановок датчика вдалося отримати остаточну залежність близьку до лінійної (рис.3.13), що і використовувалася при визначенні кількісних показників при вимірюваннях.

Перші записи $\Delta(t)$ діаграми проводилися на а/б покритті під'їзної дороги державного значення Житомир-Чернівці-Тереблече (рис.3.14). Схеми дослідних ділянок наведено у Додатку Д.

На діаграмах майже не помітний пік на початку гальмування. Автоколивання, в порівнянні з попереднім вузлом вимірювання (рис. 3.15), значно зменшилися. Однак відношення дотичного зусилля до навантаження на вимірювальне колесо (275 кг) було значним – досягало 1. Значення такого коефіцієнта тертя ковзання можна було пояснити тим, що покриття, хоча і було злегка зволоженим, під час блокування вимірювального колеса цілком висушувалося. Але це пояснення навряд чи можна було вважати придатним, оскільки навіть для сухих покриттів воно вважається великим.

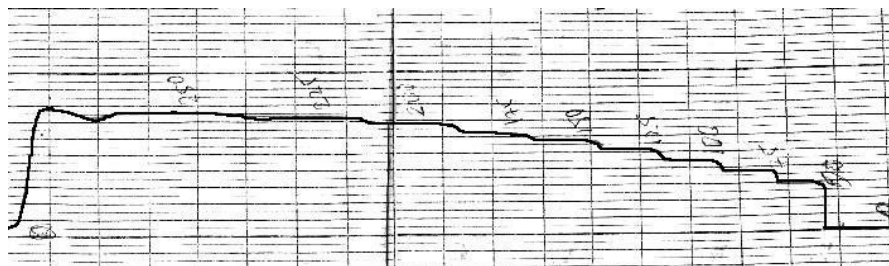


Рисунок 3.12 – Нелінійність залежності відхилення стрілки самописа від прикладеного дотичного зусилля при першому положенні датчика переміщень М-217

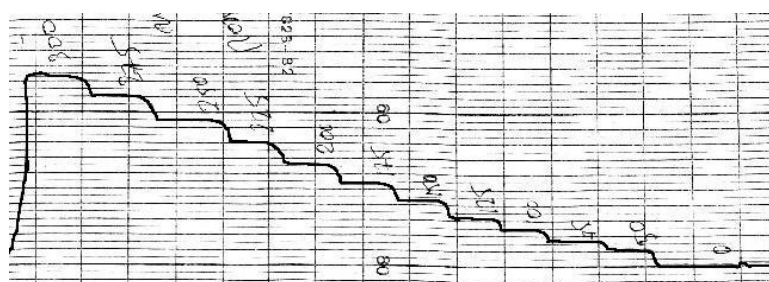


Рисунок 3.13 – Залежність відхилення стрілки самопису від прикладеного дотичного зусилля, що використовувалося при вимірюванні



Рисунок 3.14 – Перші записи $\Delta(t)$ діаграм за допомогою «УДВО»



Рисунок 3.15 – Запис $\Delta(t)$ діаграм при великій швидкості протягання стрічки самопису на зволоженому (а) і сухому (б) а/б покритті

При великій швидкості протягання стрічки початковий пік був виразливіший (рис. 3.15). Крім того, існувало розходження у відхиленнях пера самописа при вимірюванні на сухому (рис. 3.15 а) і злегка зволоженому (рис. 3.15 б) покритті, хоча абсолютне значення коефіцієнта тертя ковзання виявилось навіть більшим 1.

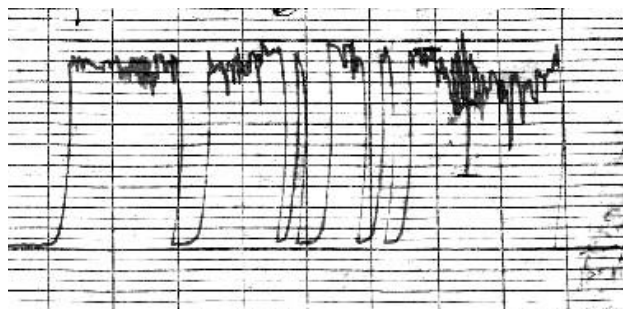


Рисунок 3.16 – Запис $\Delta(t)$ діаграми на мокрому, слизькому ґрунтовому узбіччі, місцями укріпленого щебенем

На брудному і слизькому узбіччі запис $\Delta(t)$ діаграми супроводжувалося коливанням (рис. 3.16), коефіцієнт тертя ковзання при цьому змінювався в межах від 0,3 до 0,9, а в деяких випадках падав до 0. Утім, поверхня узбіччя була злегка укріплена щебенем, що можливо і приводило до неоднорідних показань. Падіння ж Δ до 0 може дати пояснення природи автоколивань.

Автоколивання при вимірюванні сили тертя ковзання властиві для всіх вимірювальних засобів цього роду. Коливання системи відбувається біля деякого середнього положення. Для випадку гальмуючого колеса це крутильні коливання, що залежать від властивостей пружного елемента вимірювальної системи, від коефіцієнта тертя колеса з дорожнім покриттям. Оскільки конструкція колеса включає пневматичну шину, на автоколивання впливають і її подовжня жорсткість.

Подальші випробування проводилися під час снігопаду, коли на покритті знаходився сніговий накат і ожеледь. Значення коефіцієнта тертя ковзання (рис. 3.18) відповідно до тарувальних випробувань (рис. 3.29)

знаходилися в межах 0,45-0,54. Незважаючи на завищені значення коефіцієнта тертя ковзання, можна відзначити істотну різницю показань, (більш ніж у 2 рази), що свідчить про досить високу чутливість вузла.

На $\Delta(t)$ діаграмах (рис. 3.17 а, б), як і раніше, був відсутній початковий пік. Однією з причин цього може бути недосконалість датчика переміщень, швидкість переміщення сердечника якого є незначною. Можливо, сердечник відставав від пластини і не встигав відслідковувати рух точки А (рис. 1.18).

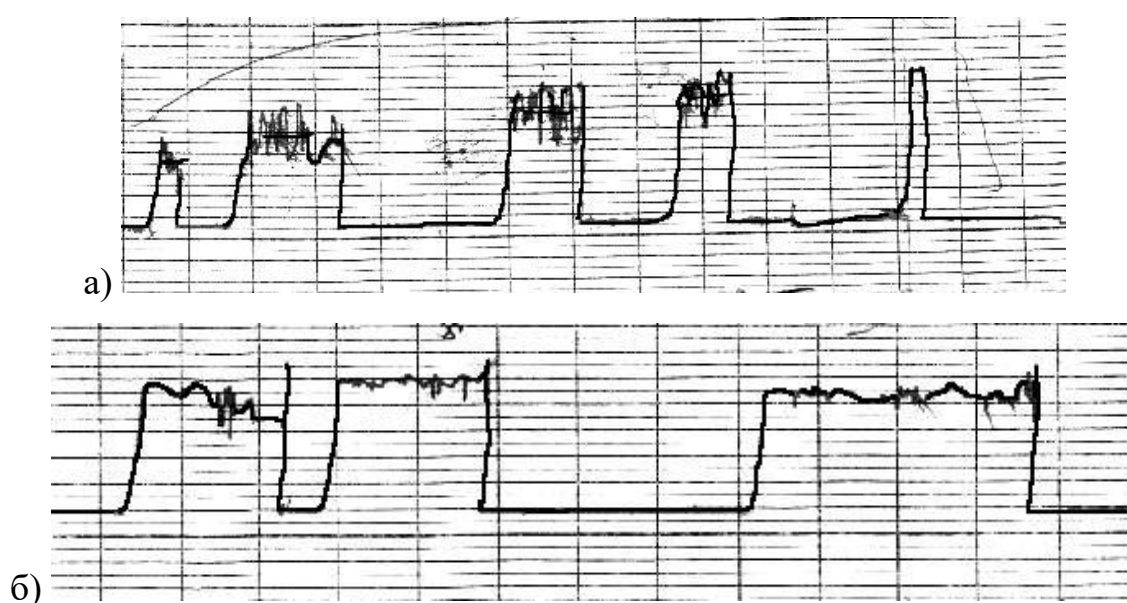


Рисунок 3.17 – Приклади запису $\Delta(t)$ діаграми на зледенілому і покритому сніжним накатом покритті

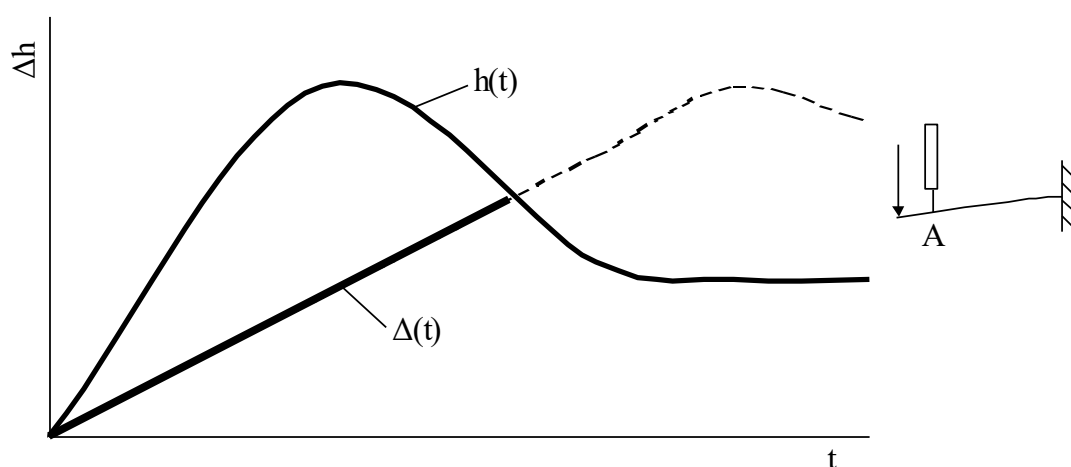


Рисунок 3.18 – Графіки залежності переміщення точки А пластини пружного елементу і переміщення сердечника датчика

Перевірку правильності цього припущення можна виконати досить просто – необхідно зробити вимірювання дотичного зусилля при закріпленні сердечника на пластині.

Щоб наблизити умови навантаження вимірювального колеса до реальності (прикладена дотична сила повинна бути паралельна поверхні покриття) проведені тарувальні випробування за допомогою горизонтальної навантаженої площадки (рис. 3.3). У цьому випадку отримана $\Delta(t)$ діаграма, зображена на рис. 3.19. Якщо порівняти запис $\Delta(t)$ діаграми на рис. 3.14, 3.15, 3.17, то значення коефіцієнта тертя ковзання виявляться не такими вже і великими, - для рис. 3.14 – 0,67, для рис. 3.15 а – 0,72, для рис. 3.15 б – 0,75; для рис. 3.17 – 0,39-0,45.

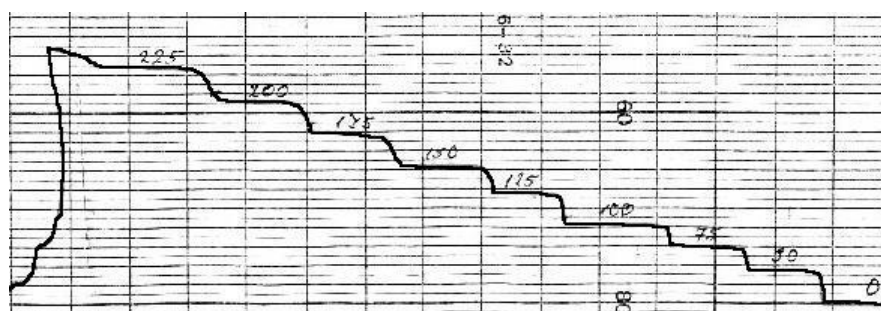


Рисунок 3.19 – Запис $\Delta(t)$ діаграми при навантаженні вимірювального колеса горизонтальною силою

Таблиця 3.2 – Залежність між дотичним зусиллям і показаннями реєстраційного пристрою

Значення прикладеної дотичної сили, кГс	0	50	75	100	125	150	175	200	225
Відхилення стрілки самописа, розподілу	0	3,5	6,0	8,3	11,5	14,5	18,0	21,0	25,0

За даними таблиці 3.2 побудована залежність між дотичним зусиллям і показаннями реєстраційного пристрою (рис. 3.19), оформлена офіційно у виді протоколу калібрування вузла вимірювання показників зчіпних якостей

(Додатку Б).

Саме ця залежність була використана при визначенні основної відносної похибки при метрологічній атестації вузла вимірювання показників зчіпних якостей (Додатку Б), разом з УкрЦСМ.

Для виявлення можливості усунення процесу автоколивання під час гальмування вимірювального колеса у другому розділі була розглянута математична модель руху колеса під час гальмування, і як результат, у подальшому був повністю змінений вузол вимірювання дотичного зусилля під час гальмування вимірювального колеса на жорсткий датчик.

3.3 Розробка автоматизованих систем вимірювань «УДВО»

Чим менший вплив різних факторів на процес вимірювання тим точніший можна отримати кінцевий результат. Для зменшення похибки вимірювання необхідно, щоб процес гальмування проходив завжди в однаковому режимі, що неможливо зробити при гальмуванні ногою оператора.

Було розглянуто декілька варіантів механічного гальмування. У першому варіанті використовували гальмівний пневматичний привід автомобіля «ЗИЛ-130». Привід працює за наступною схемою: коли повітря подається в камеру, переміщується шток, який можна використати для переміщення поршня головного гальмівного циліндра вимірювального колеса приладу.

У якості джерела стисненого повітря на причепі вирішили встановити автомобільний електричний компресор, який дозволяв отримувати необхідний тиск для блокування вимірювального колеса. Але після попередніх досліджень виявилось, що продуктивність компресора недостатня.

Згідно паспорту продуктивність компресора дорівнює $0,03 \text{ м}^3/\text{хв.}$ Безперервна тривалість роботи повинна бути не більше 20 хв. з наступною

перервою не менше 20 хв. для охолодження компресора. При постійних вимірюваннях ми не можемо очікувати 20 хв щоб компресор охолоджувався, а якщо не давати йому змоги охолоджуватись, він може згоріти.

Тому було розглянуто інший варіант компресора від вантажного автомобіля, у якого потужність і витривалість на декілька порядків вища. Щоб привести у дію даний компресор на причепі необхідно мати потужний двигун. Замість двигуна було вирішено використати ліве по ходу опорне колесо. Для цього до диска колеса було прикріплено ведучий шків, а компресор розмістили безпосередньо біля лівого колеса для з'єднання з ним ремінною передачею. Для накопичення й стабілізації тиску в системі необхідно додатково встановити ресивер із датчиком та регулятором тиску повітря. А для можливості автоматичного керування подачею повітря з автомобіля тягача необхідно встановити електронний клапан подачі й випуску повітря, при включенні якого повітря буде приводити в дію гальмівний привід і відповідно поршень головного гідравлічного циліндра. Після відключення клапан повинен випустити повітря з камери і тим самим розблокувати вимірювальне колесо. Також був розглянутий гідравлічний привід.

З метою визначення факторів впливу на показання коефіцієнта зчеплення динамометричних установок «УДВО» (рис. 3.20), визначення ступеню впливу цих факторів на показання програми і процесора, нестабільності при роботі приводів гальмування та виявлення різниці в процесах гальмування пневматичним та гідравлічним приводами було проведено підготовку до досліджень.

Для цього тензометричний датчик сили підключили за допомогою операційного підсилювача до осцилографа PS-500

Встановили лічильник імпульсів на колесо, що блокується (який виконує роль датчика переміщення) (рис. 3.21 а), та прямий контроль тиску повітря в ресивері «УДВО-2» (рис. 3.21 б).



Рисунок 3.20 – «УДВО 2» та осцилограф PS-500

Для виявлення кореляційної залежності між напругою та зусиллям проведено пробне та остаточне калібрування тензометричного датчика сили по напрузі.



Рисунок 3.21 – а) Лічильник імпульсів (датчик переміщення),
б) манометр (для прямого контролю тиску), в) Обладнання для
калібрування

Суть методики калібрування зводилась до порівняння показань заданого

зусилля зі значеннями напруги тензометричного датчика. До «УДВО 2» кріпився динамометр, за допомогою якого фіксували навантаження, важіль для кріплення динамометра до тензометричного датчика сили, натяжний гвинт, за допомогою якого 3 рази поспіль задавали навантаження з кроком в 0,5 від 0 до 2 кН, порівнювали показання динамометра з даними напруги, що отримували за допомогою осцилографа. Обладнання, що застосовувалось для калібрування зображено на рис. 3.21 в.

Отримали значення напруги паралельно по двох каналах СН 1 і СН 2 (СН 1 - зусилля, СН 2 – переміщення), які представляли собою масив числових даних та графічне зображення (рис. 3.22),

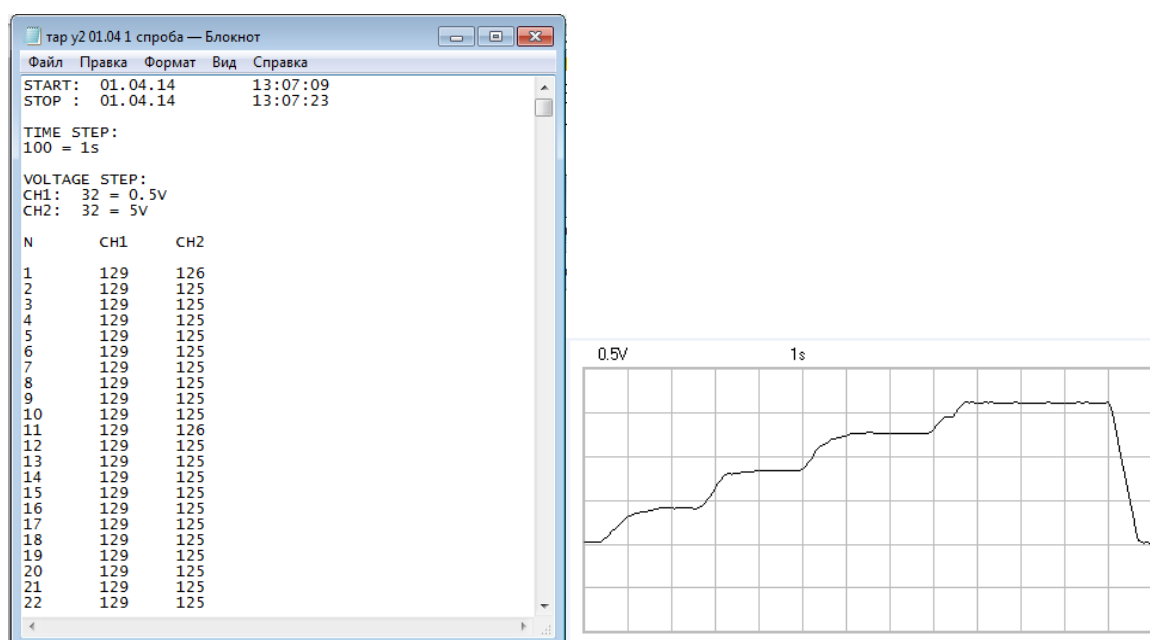


Рисунок 3.22 – Масив числових даних та графічне зображення

Використовуючи отриманий масив даних, побудували 3 графіки по кожному циклу навантаження-розвантаження тензометричного датчика сили (рис.3.23).

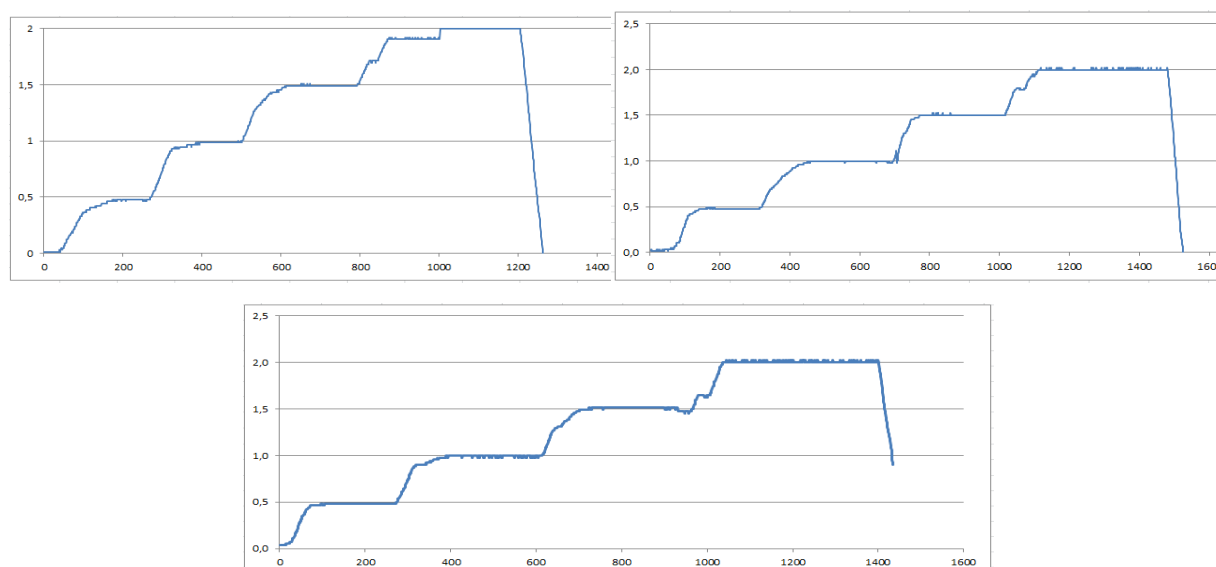


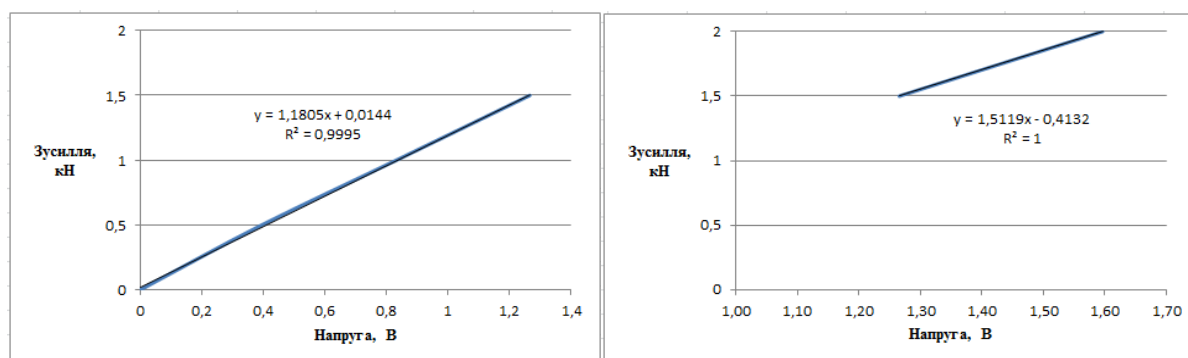
Рисунок 3.23 – Графіки навантаження-розвантаження

По кожному з цих графіків визначили відповідне значення напруги на кожен крок заданої сили, вирахували середнє значення, що відповідало заданому зусиллю, побудували графіки калібрування і визначили кореляційну залежність зусилля від напруги. Отримані значення занесені в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення кореляційної залежності

№ п/п	Зусилля, F , кН	Значення напруги, В			Середнє значення напруги, В
		1	2	3	
1	0	0	0	0	0,00
2	0,5	0,40	0,39	0,39	0,40
3	1	0,83	0,84	0,83	0,83
4	1,5	1,25	1,28	1,26	1,27
5	2	1,60	1,60	1,60	1,60

З метою отримання більшої точності одержаних значень кореляційна залежність визначалась в два етапи від 0 кН до 1,5 кН (рис. 3.24 а) та від 1,5 до 2 кН (рис. 3.24 б).



а

б

Рисунок 3.24 – Кореляційна залежність а) від 0 до 1,5 кН, б) від 1,5 до 2 кН



Рисунок 3.25 – Вікно програмного забезпечення

Проведено експериментальні випробування в реальних умовах, під час яких вдалось отримати результати. Приклад запису циклу гальмування за допомогою паралельно підключених до осцилографа тензометричного датчика сили та лічильника імпульсів (датчика переміщення) у вікні програмного забезпечення наведено на (рис. 3.25). Опрацювавши отримані дані побудували графік дійсного діючого зусилля під час гальмування (рис. 3.26).

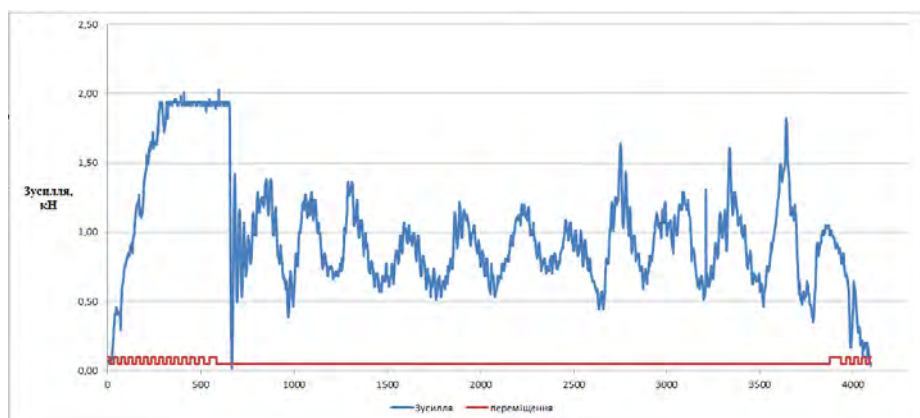


Рисунок 3.26 – Зусилля, що виникає під час гальмування

Після дослідження отриманих графіків виникло припущення, що сила, яка виникає до повного блокування колеса більша 2 кН. Було вирішено використати інший підсилювач сигналу тензометричного датчика сили та зроблено по попередній методиці калібрування до 400 кгс. Результати наведені на рис. 3.27.

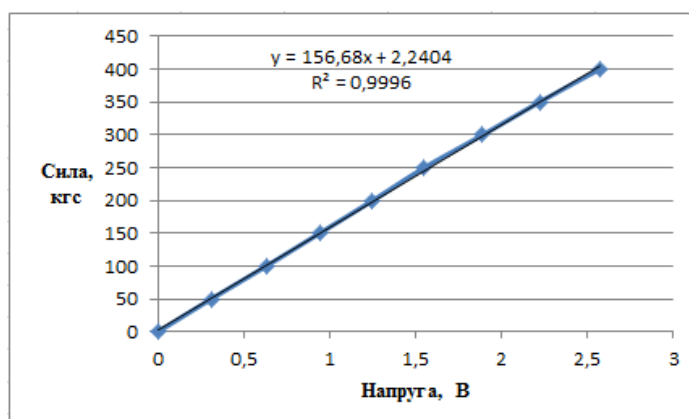


Рисунок 3.27 – Кореляційна залежність

Також встановили інший датчик швидкості 2V-24V МЗ 307 рис. 3.28.



Рисунок 3.28 – Датчик швидкості

Підключивши датчик швидкості до осцилографа зробили запис даних швидкості від 10 до 60 км/год з кроком в 10 км/год. Обробили отримані масиви даних в Excel та визначили його кореляційну залежність, результати наведені на рис. 3.29.

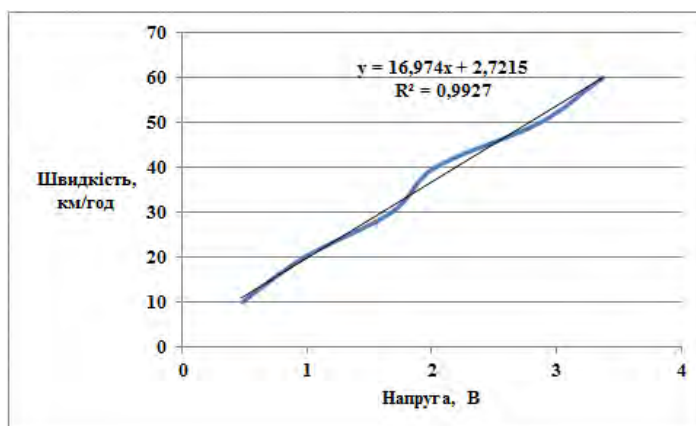


Рисунок 3.29 – Кореляційна залежність швидкості від напруги

Отримавши кореляційні залежності сили та швидкості провели експериментальні випробування на Столичному шосе м.Києва. Значення коефіцієнта зчеплення в точках наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Значення коефіцієнта зчеплення в точках

Точка	Коефіцієнт зчеплення	Максимальна сила зчеплення	Середня сила проковзування	% проковзування
2	0,4	236	100	24
3	0,42	245	110	61
4	0,44	230	110	46
5	0,46	236	120	33
6	0,43	231	110	82
8	0,45	246	125	7
9	0,45	231	110	76
12	0,4	229	100	24
13	0,45	231	105	43
14	0,45	226	105	60
15	0,49	230	110	20
16	0,41	234	110	18
17	0,42	216	105	30
18	0,51	207	130	55

Обробивши отримані дані побудували графіки рис. 3.30.

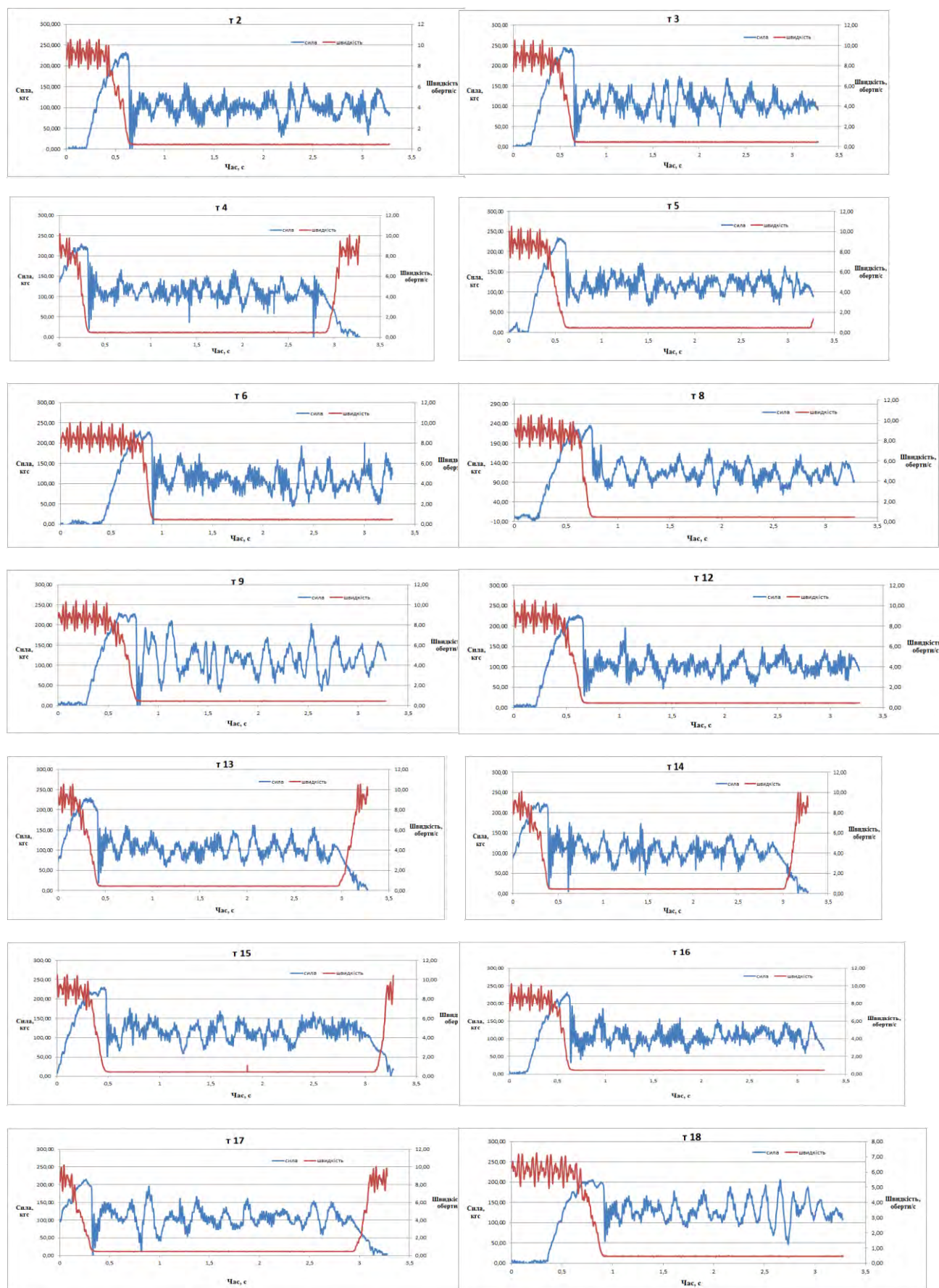


Рисунок 3.30 – Результати вимірювань

Протягом 20-х років були розроблені різні модифікації «УДВО» (рис.3.31) обладнані однаковим комплектом вимірювальних датчиків, але по різному обладнані автоматизованими системами керування вимірювальними процесами, які працюють в режимі автоматизованого або ручного управління.



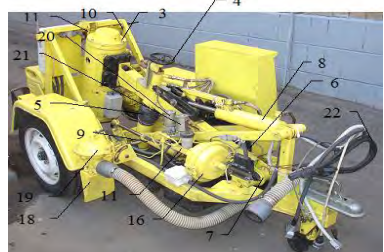
«УДВО-1»



«УДВО-2»



«УДВО-3» і «УДВО-4»



«УДВО-5».



«УДВО-6»



«УДВО-7»



«УДВО-8»



«УДВО-9»



Рисунок 3.31 – Серійний ряд універсального дорожнього вимірювального обладнання «УДВО» та пересувні лабораторії

Технічні характеристики «УДВО»:

- діапазон вимірювання міцності дорожнього одягу – від 100 до 600 МПа;

- основна відносна похибка визначення міцності дорожнього одягу - $< 10\%$;
- діапазон вимірювання рівності покриття - від 0 до 500 см/км;
- основана відносна похибка вимірювання рівності - 10% ;
- діапазон вимірювання показника зчіпних якостей - від 0,1 до 1;
- основана відносна похибка вимірювання показника зчіпних якостей - $< 5\%$.

Одночасно з причіпними установками обладнувалися пересувні лабораторії на базі мікроавтобусів (рис. 3.31).

Також проводилися визначення залежності об'єму води, що витрачається за цикл вимірювання в залежності від заповнення баків в пересувній лабораторії, середнє значення зображено на рис. 3.32

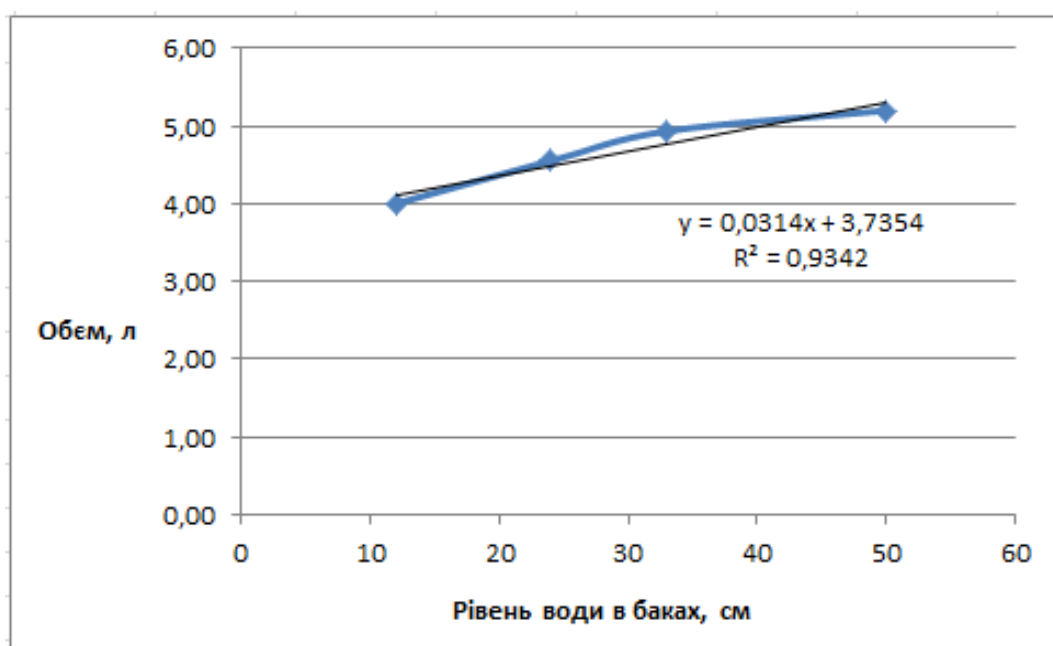


Рисунок 3.32 – Залежність витрат води від заповнення баків

За результатами проведеного експерименту через досить значну різницю витрати води і відповідно зміну товщини плівки води перед колесом виникла необхідність регулювання витрат води при вимірюваннях за допомогою додаткового переливного баку і спеціального насосу. Вказані заходи дозволили отримати постійну витрату води, яка не залежить від кількості води в баках.

3.4 Проведення експериментальних випробувань

Щороку в Україні проводяться кореляційні випробування засобів оцінки зчепних якостей дорожніх покриттів. Випробування виконуються згідно з методикою наведеною у Додатку Б. У таблиці 3.5 представлено результати одного з таких випробувань установками «УДВО-2,5,7».

Таблиця 3.5 – Результати проведення кореляційних випробувань приладами «УДВО-2», «УДВО-5» та «УДВО-7»

Ч.ч.	Тип покриття	Швидкість	Зчеплення		
			«УДВО-2»	«УДВО-5»	«УДВО-7»
1	ЩМА	60	0,38	0,39	0,39
2	ЩМА	60	0,40	0,40	0,40
3	ЩМА	60	0,39	0,41	0,39
4	ЩМА	60	0,38	0,39	0,38
5	ЩМА	60	0,39	0,41	0,40
6	ЩМА	60	0,42	0,43	0,41
7	ЩМА	60	0,40	0,41	0,41
8	ЩМА	60	0,39	0,40	0,40
9	ЩМА	60	0,40	0,42	0,39
10	ЩМА	60	0,41	0,42	0,39
11	ЩМА	60	0,37	0,38	0,37
12	ЩМА	60	0,40	0,42	0,41
13	асфальтобетон	60	0,45	0,44	0,44
14	асфальтобетон	60	0,46	0,46	0,45
15	асфальтобетон	60	0,47	0,48	0,47
16	асфальтобетон	60	0,44	0,45	0,44
17	асфальтобетон	60	0,45	0,46	0,45
18	асфальтобетон	60	0,42	0,42	0,41

Кінець табл. 3.5

19	асфальтобетон	60	0,39	0,40	0,39
20	асфальтобетон	60	0,48	0,48	0,48
21	червоний асфальтобетон	60	0,49	0,45	0,45
22	чорний асфальтобетон	60	0,50	0,45	0,46
23	нерівний чорний асфальтобетон	60	0,55	0,51	0,49
24	цементобетон ПО	40	0,56	0,52	0,51
25	сларі-сілл	60	0,66	0,69	0,69
26	сларі-сілл	60	0,44	0,45	0,43
27	сларі-сілл	60	0,45	0,46	0,44
28	сларі-сілл	60	0,45	0,46	0,44
29	сларі-сілл	60	0,41	0,45	0,45
30	сларі-сілл	60	0,40	0,42	0,42
31	сларі-сілл	60	0,41	0,42	0,40
32	сларі-сілл	60	0,39	0,40	0,38
33	сларі-сілл	60	0,40	0,38	0,37

Отриманні дані таблиці 3.5 були опрацьовані, та побудовано графік значень коефіцієнта зчеплення різними приладами «УДВО» по номерам ділянок вимірювання (рис. 3.33)

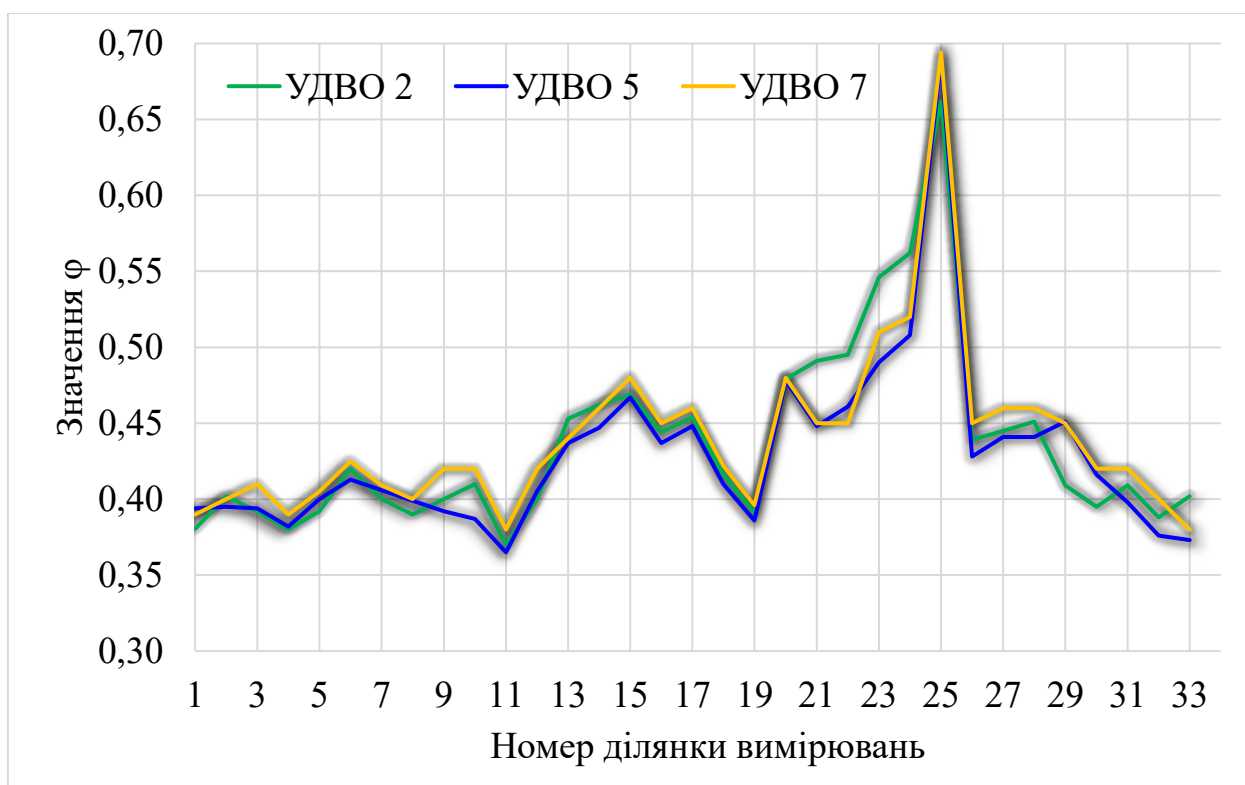
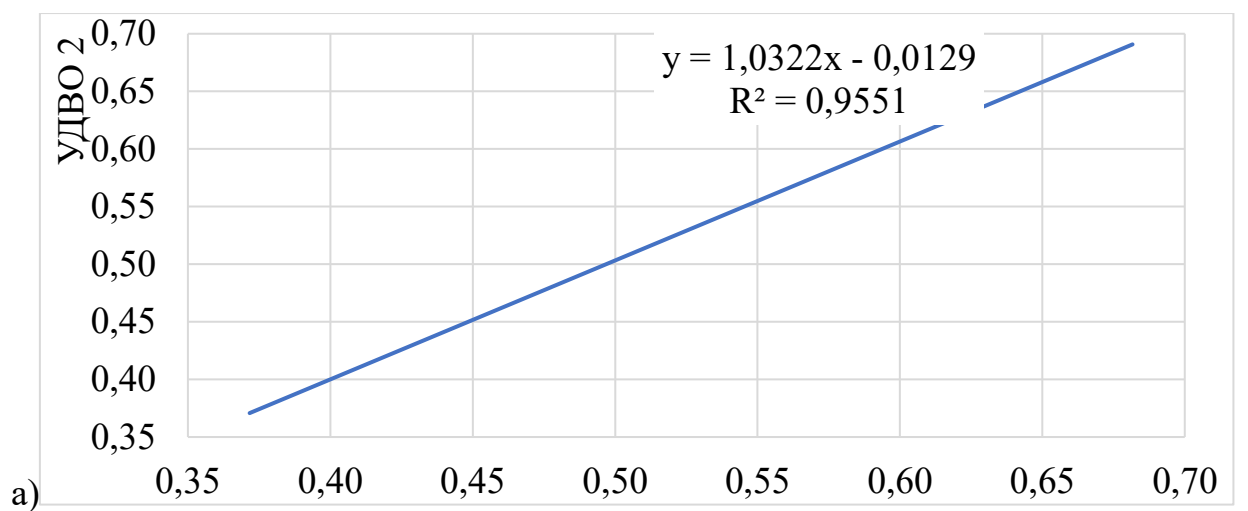


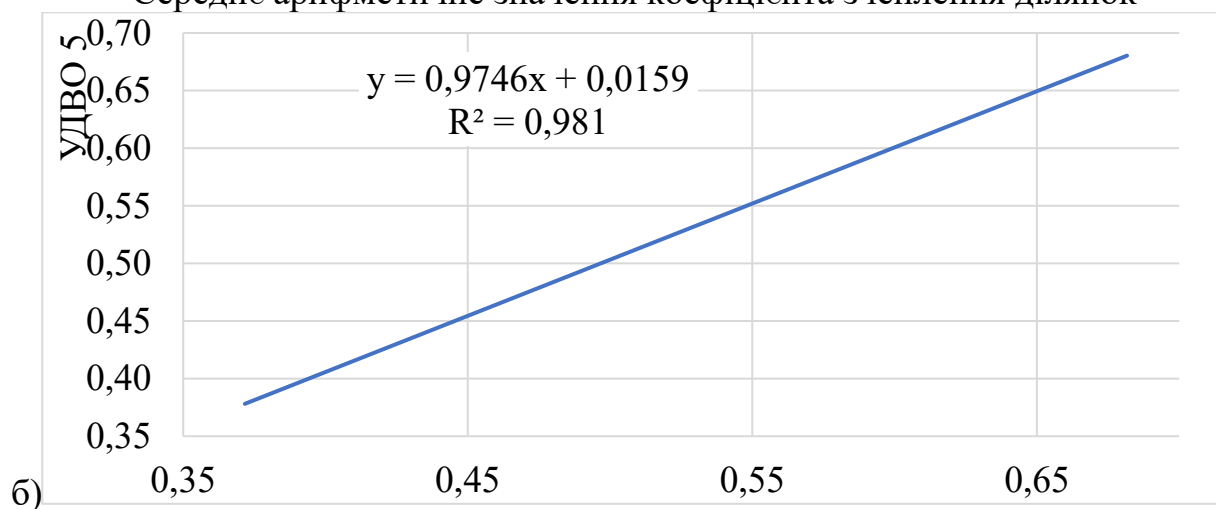
Рисунок 3.33 – Показання приладів УДВО-2, УДВО-5 та УДВО-7 на дослідних ділянках під час проведення кореляційних випробувань

На ділянках визначене середнє арифметичне значення коефіцієнта зчеплення, яке прийняте за еталонне значення. Також побудована залежність отриманих значень від показань кожної установки «УДВО» (рис. 3.33 а, б, в). За результатами розрахунків отримані калібрувальні коефіцієнти кожного з «УДВО». В результаті проведеного аналізу з рис. 3.34 видно, що максимальне відхилення складає 4,49% і відповідає вимогам нормативних документів.

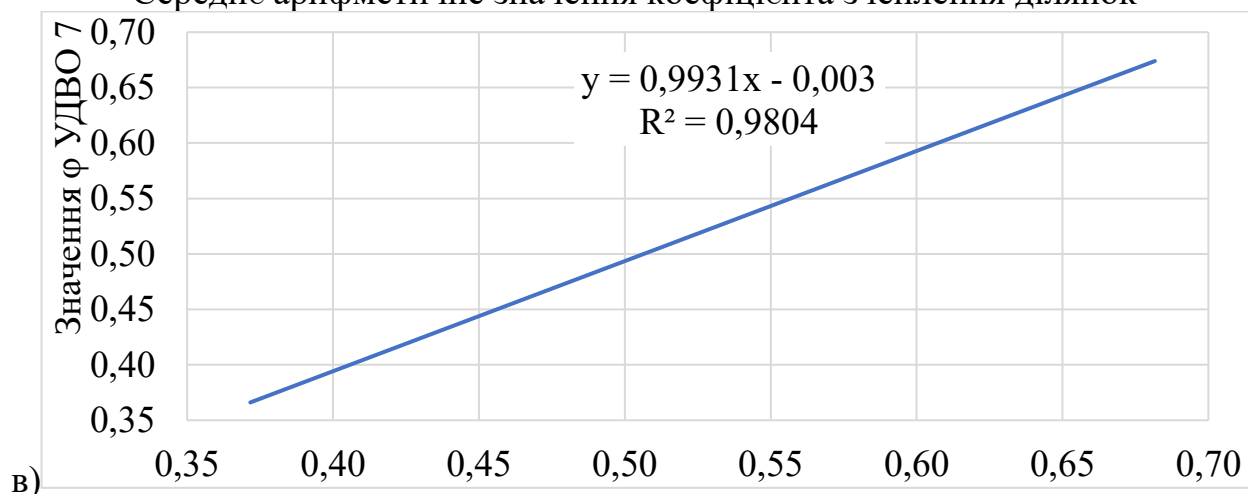
Кореляційні випробування довели високу точність і повторюваність результатів вимірювань різними модифікаціями приладів «УДВО» і відповідно підтверджують позитивний результат роботи дисертаційного дослідження.



Середнє арифметичне значення коефіцієнта зчеплення ділянок



Середнє арифметичне значення коефіцієнта зчеплення ділянок



Середнє арифметичне значення коефіцієнта зчеплення ділянок

Рисунок 3.34 – Порівняння результатів вимірювання показників зчіпних якостей дорожніх покриттів різними приладами «УДВО»

На дослідних ділянках додатково проводились експериментальні випробування «УДВО» по виявленню залежності величини коефіцієнта зчеплення від: швидкості руху на різних типах покриття (рис. 3.35), тиску повітря в шині на зволоженому та сухому покритті (рис. 3.36).

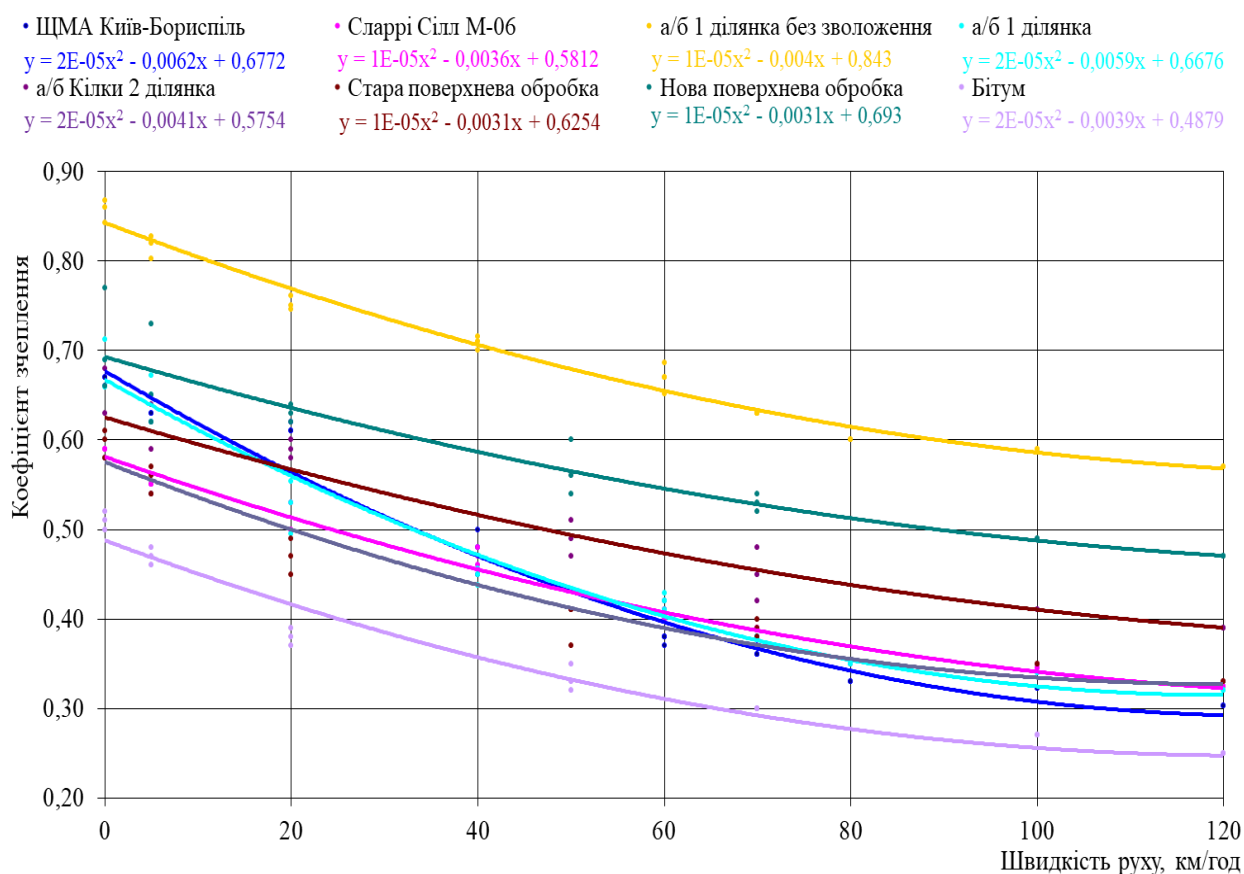


Рисунок 3.35 – Залежність величини коефіцієнта зчеплення від швидкості руху автомобіля на різних покриттях

В результаті проведених досліджень було встановлено наступні залежності представлені в таблиці Г.5 Додатку Г та на рис.3.36.

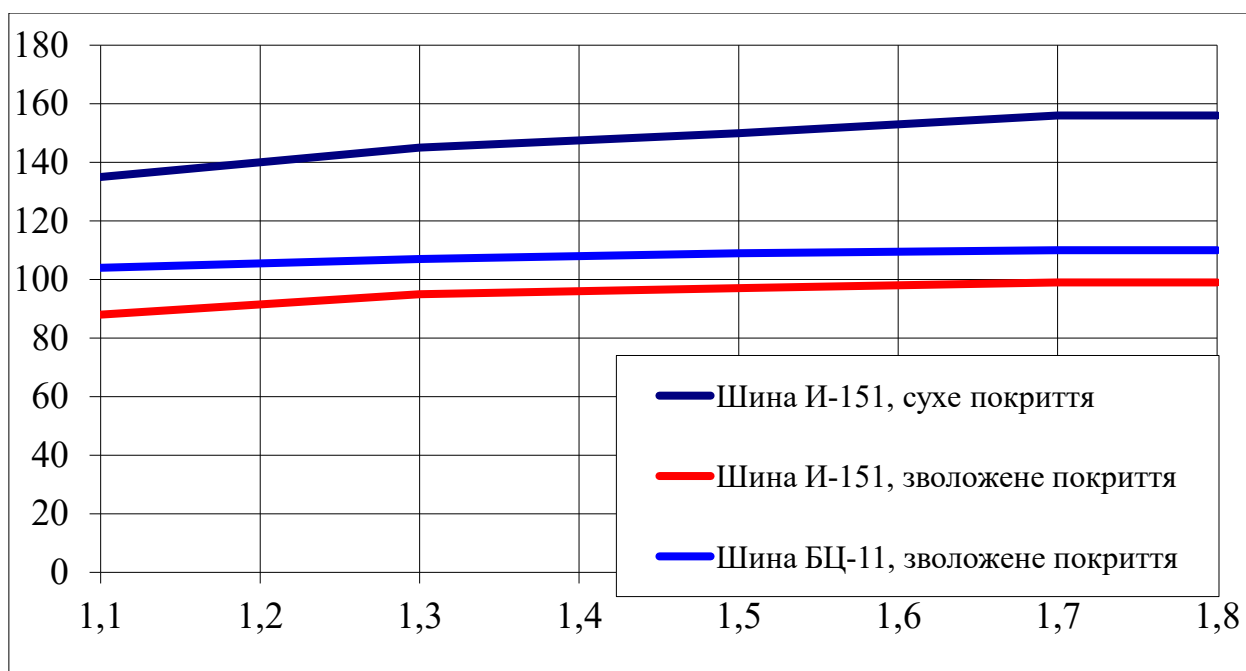


Рисунок 3.36 – Залежність величини коефіцієнта зчеплення від тиску в шинах

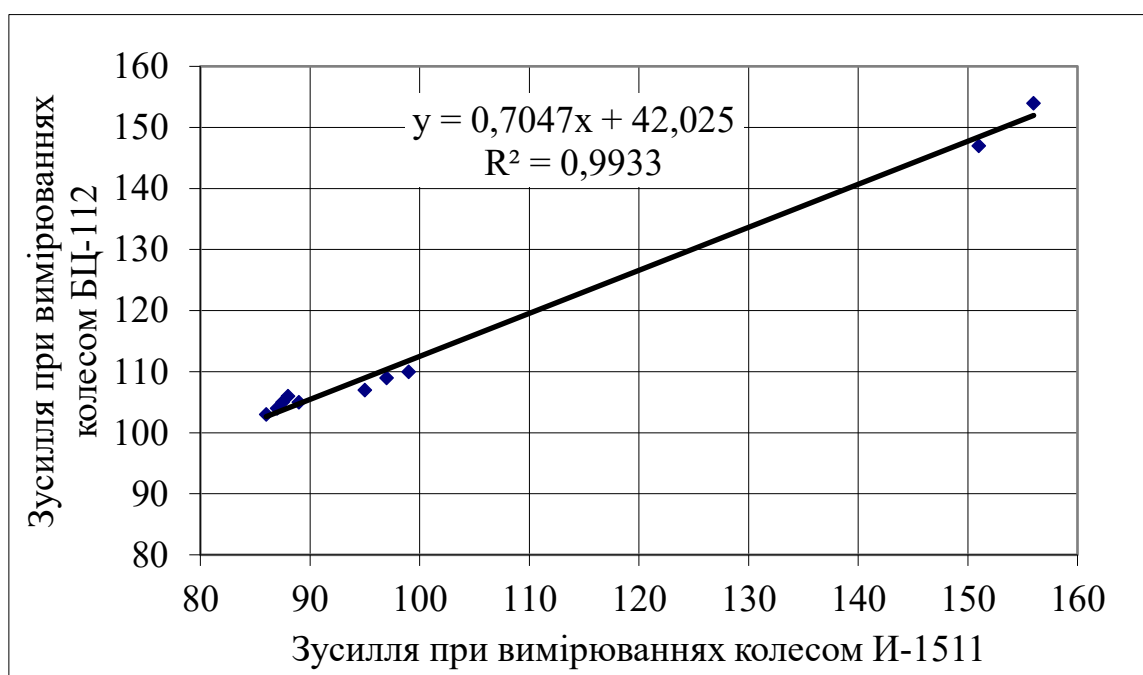


Рисунок 3.37 – Залежність величини коефіцієнта зчеплення від типу шини

Додатково в рамках дисертаційних досліджень виконаний аналіз вимірювань, які проводились на автомобільних дорогах державного значення України у 2017р. Аналіз стану мережі автомобільних доріг державного значення України по зчіпним якостям наведений на рис. 3.38- 3.39

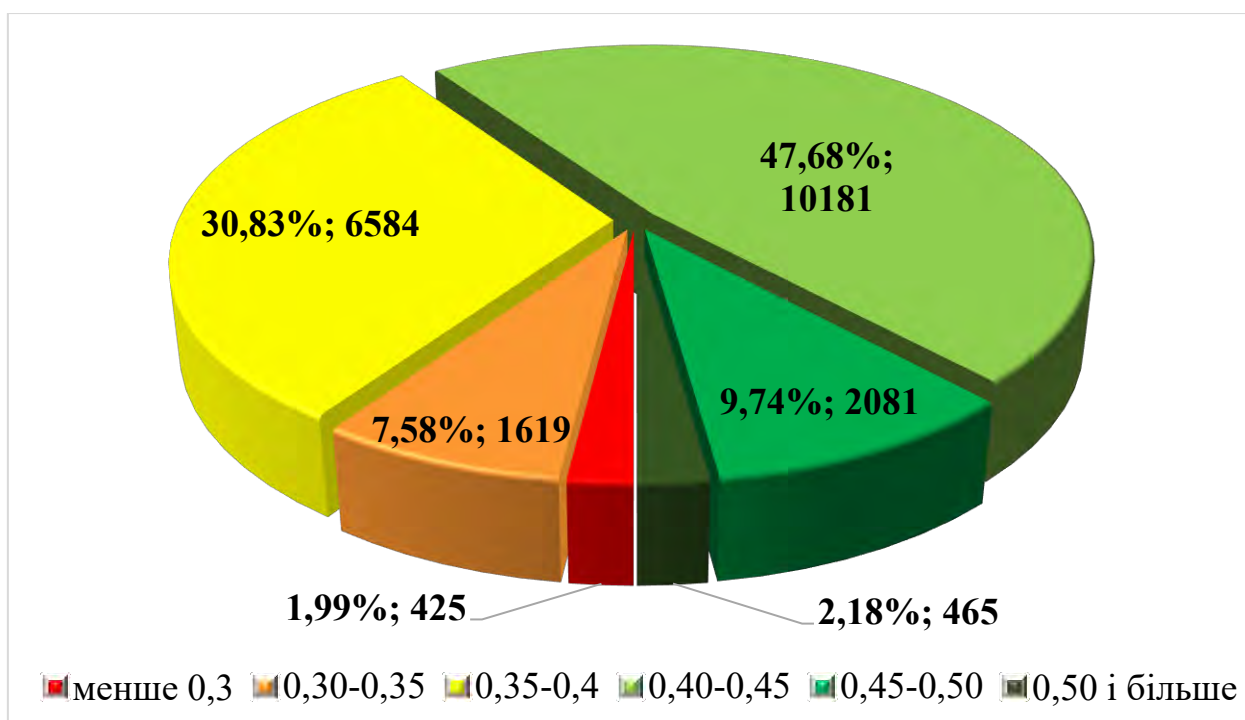


Рисунок 3.38 – Стан мережі автомобільних доріг державного значення України по зчпним якостям прямого напрямку руху за 2017 р. %, км

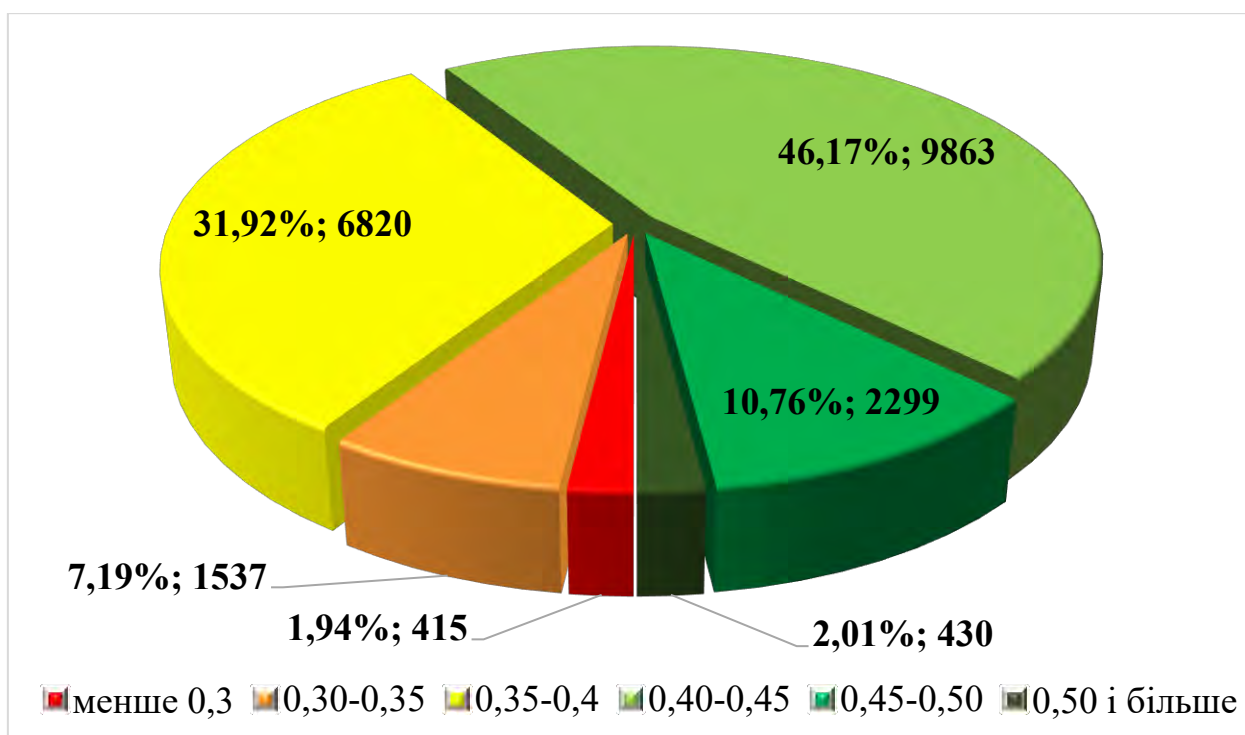


Рисунок 3.39 – Стан мережі автомобільних доріг державного значення України по зчпним якостям зворотного напрямку руху за 2017р., %, км

Оскільки досить значна частина автомобільних доріг має незадовільний стан на рис. 3.40 відображена протяжність ділянок по автомобільним дорогам державного значення прямого напрямку з незадовільним станом покриття

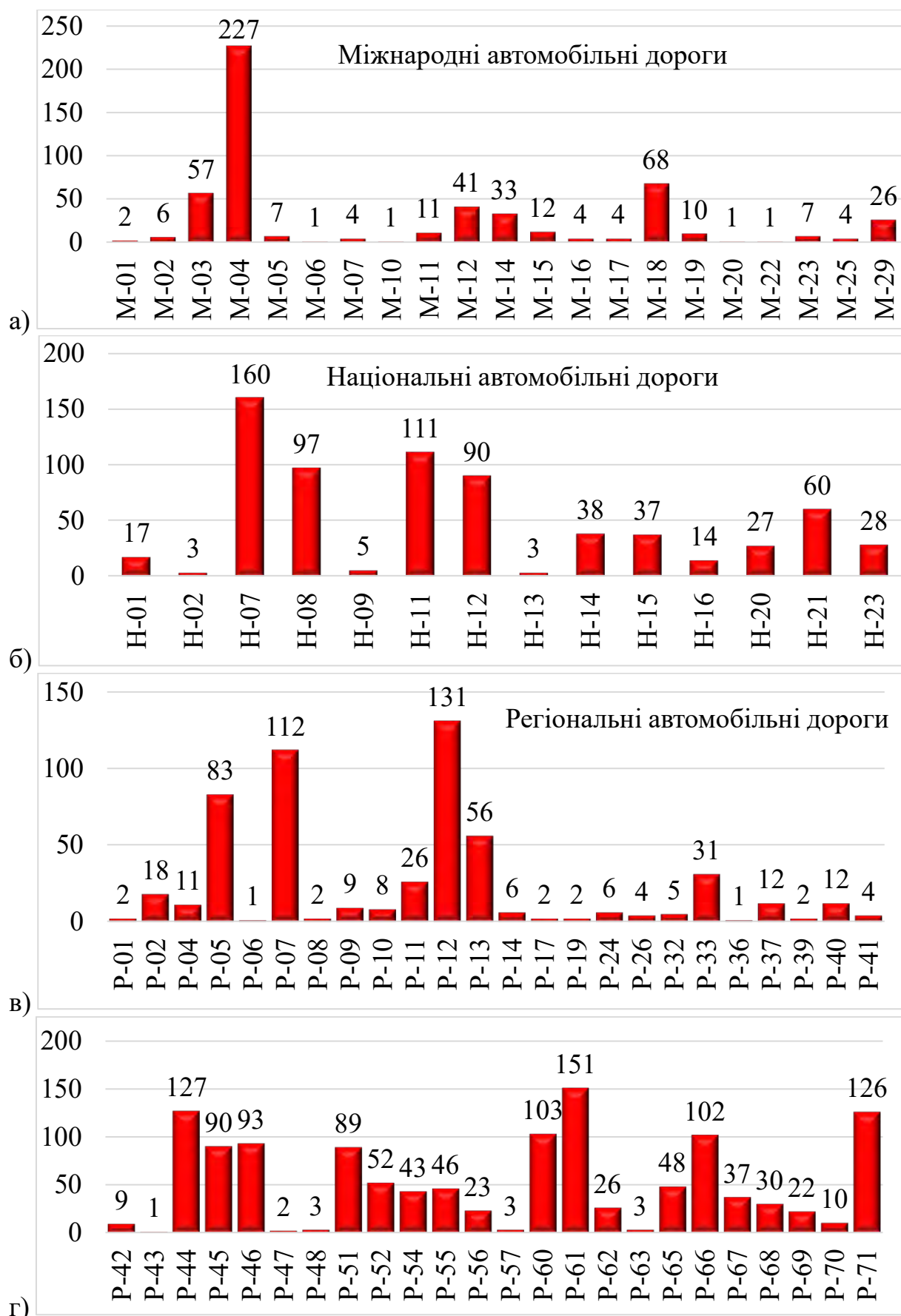


Рисунок 3.40 – Протяжність ділянок по автомобільним дорогам державного значення прямого напрямку з незадовільним станом покриття, км

Ділянки, які не відповідають вимогам ДСТУ 3587 ($<0,35$) за даними вимірювань 2017р. наведені у Додатку Ж.

Ще однією частиною експериментальних випробувань були експериментальні кореляційні випробування «УДВО» з портативними приладами, результат яких наведений у Додатку Е.

Висновки до розділу 3

1. Кореляційні випробування довели високу точність і повторюваність результатів вимірювань різними модифікаціями приладів «УДВО» і відповідно підтверджують позитивний результат роботи дисертаційного дослідження.

2. За досить великий час від початку проведення досліджень до завершення написання дисертаційної роботи було проведено досить багато експериментальних досліджень частина результатів яких відображена в даному розділі і Додатках Д, Е, Є

3. За результатами кореляційних випробувань «УДВО» з портативними приладами встановлено, що портативні прилади можна використовувати лише для орієнтовної оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів, оскільки похибки, що мають місце при застосуванні приладів, навіть після приведення їх показань до показань динамометричної причіпної установки мають значні величини

4. Використання портативних приладів при розслідуванні ДТП та у інших випадках, коли йдеться про юридичну відповідальність, не допустимо.

5. У зв'язку з цими недоліками метод першої групи згідно з нормативними документами, що на даний час діють на території України був виключений з методів оцінки зчіпних якостей.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.

4.1 Методика визначення зчіпних якостей універсальним дорожнім вимірювальним обладнанням («УДВО»)

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дали змогу сформулювати наступну методику визначення зчіпних якостей універсальним дорожнім вимірювальним обладнанням («УДВО»).

Коефіцієнт поздовжнього зчеплення вимірюють автомобільною причіпною установкою («УДВО»), яку буксирує автомобіль-тягач.

Покази установок мають бути приведені до показів базової установки калібруванням, яке проводять не рідше ніж один раз на рік з наданням свідоцтва кожній установці. Без свідоцтва результати вимірювання вважають недійсними.

Автомобіль-тягач має бути обладнано системою подавання води для зволоження покриття.

Основні параметри засобів вимірювання:

- глибина канавок протектора шини колеса – не менше ніж 1,0 мм;
- тиск повітря в шині, кПа, 170 ± 20 ;
- максимальне радіальне биття обода та шини колеса, мм, $2,0 \pm 0,2$;
- максимальний статичний дисбаланс колеса, г·см, 55;
- норма зволоження покриття, л/м², $1 \pm 0,2$;
- діапазон вимірювання коефіцієнта зчеплення – від 0,2 до 1,0;
- ширина смуги зволоження має бути не менше ніж ширина профілю вимірювального колеса.

У розділах 2, 3 викладене обґрунтування використання в якості нового обладнання для визначення зчіпних якостей «УДВО»

Коефіцієнт зчеплення φ – визначається, як відношення середньої за час гальмування дотичної реакції покриття $T_{\text{ср}}$ (рис.4.1) до його нормальної реакції N :

$$\varphi = T_{\text{ср}} / N, \quad (4.1)$$

де

$$T_{\text{ср}} = \int_{t_2}^{t_1} T(t) dt / (t_1 - t_2). \quad (4.2)$$

На рис. 4.1 показана залежність дотичної реакції покриття $T = T(t)$ від часу t при гальмуванні вимірювального колеса, яка реєструється вузлом вимірювання коефіцієнта зчеплення і передається через спеціальний контролер в портативний комп'ютер, де програмним шляхом виконуються операції за формулами (4.1) і (4.2).

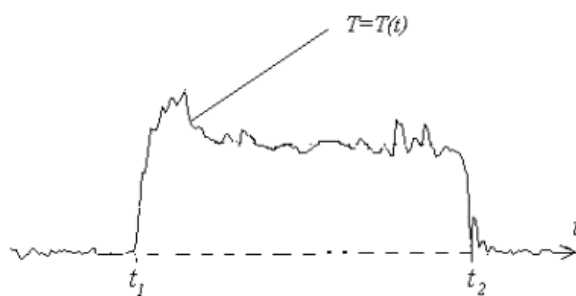


Рисунок 4.1 – залежність дотичної реакції покриття $T = T(t)$ від часу t при гальмуванні вимірювального колеса

Вирішення задачі підвищення продуктивності та безпеки праці оператора під час роботи вузла вимірювання зчепних якостей «УДВО» пов'язане з автоматизацією процесів вимірювання. Для цього було розроблено програмне забезпечення, за допомогою якого здійснюється керування вимірювальними процесами через комп'ютер. На розробку алгоритму та структури вікна вимірювальної і керуючої програми і були направлені дослідження автора.

На рисунку 4.2 зображено алгоритм роботи автоматизованої системи, яка заміняє ручне керування (безпосередньо з причепу) дистанційним керуванням з комп'ютера.

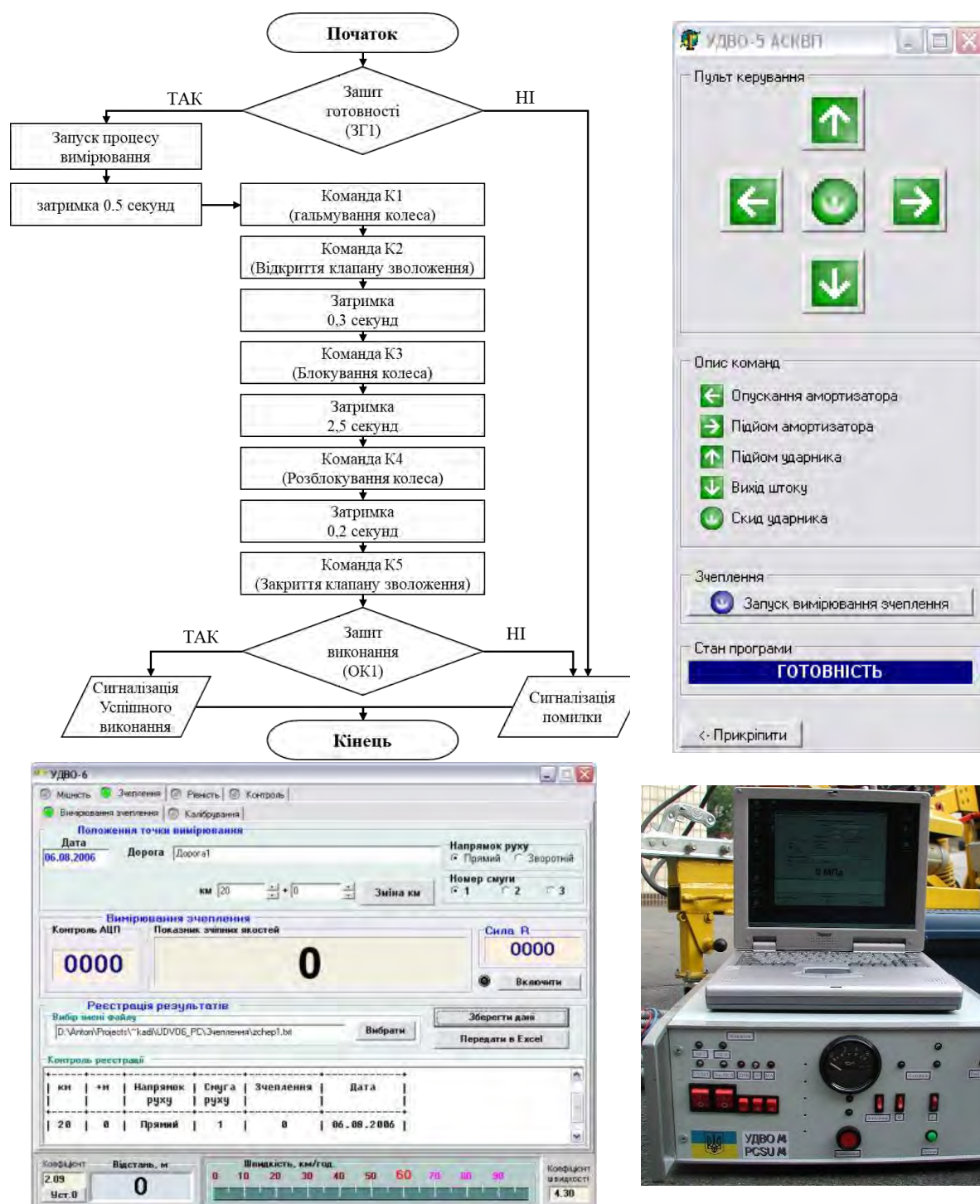


Рисунок 4.2 – Алгоритм вимірювання показника зчіпних якостей, програмне забезпечення та блок автоматичного управління блокування вимірювального колеса

Вимірювальну програму (рис. 4.2 внизу ліворуч), залишили таку ж саму, як і на попередніх модифікаціях «УДВО», де присутня закладка «Зчеплення» та нижня частина для контролю швидкості та відстані.

Вікно програми керування зображено на рис. 4.2 праворуч вверху.

Вимірювальна система зчїпних якостей «УДВО» включає датчик вимірювання зусиль дотичної реакції покриття (рис. 4.3).

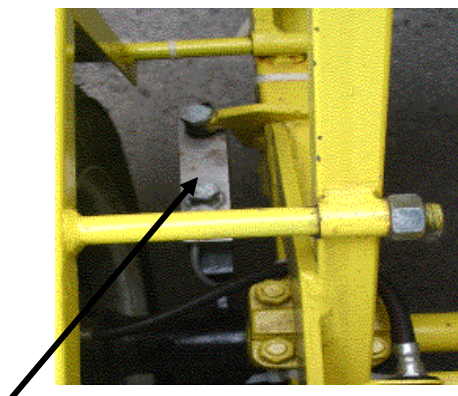


Рисунок 4.3 – датчик вимірювання зусиль дотичної реакції покриття

Методика реалізована в автоматизованій системі керування вимірювальними процесами («АСКВП») як частина нової модифікації «УДВО» (рис. 4.4).

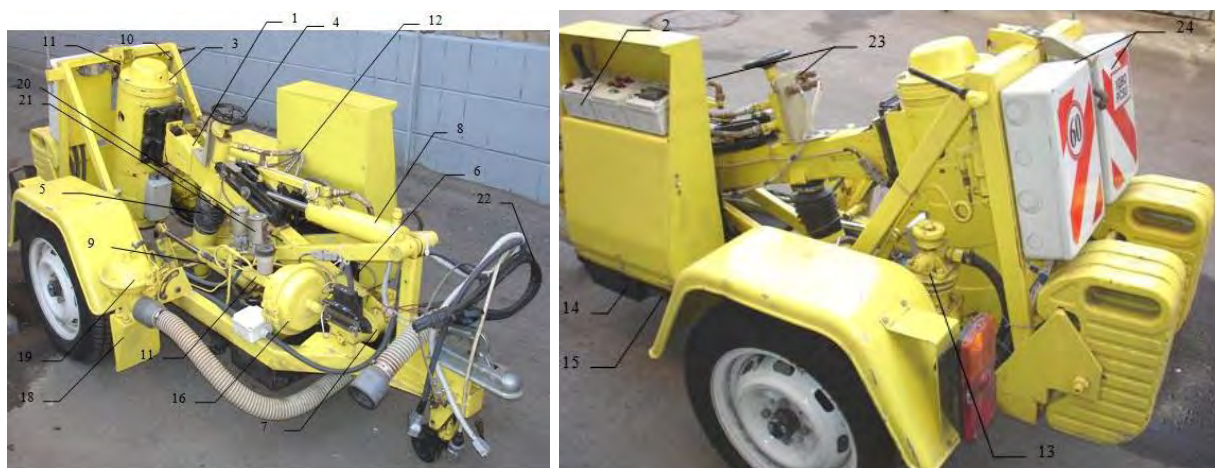


Рисунок 4.4 – Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання:

- | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 – важіль ударника; | 9 – гідроциліндр підйому | 17 – головний тормозний |
| 2 – пульт ручного | та опускання | циліндр; |
| керування; | амортизаторної стійки; | 18 – лійка; |
| 3 – ударник; | 10 – гідроциліндр приводу | 19 – пневмокамера; |
| 4 – вузол фіксації на | крюка для скидання | 20 – 21 – |
| амортизаторній стійці; | ударника; | електропневмоклапан; |
| 5 – амортизаторна стійка; | 11 – крюк для скидання | 22 – з'єднувальні |
| 6 – гідроелектропривод; | ударника; | електрокабелі; |
| 7 – вісь на який закріплено | 12 – з'єднувальні шланги | 23 – датчики положення |
| важіль ударника; | гідросистеми; | вузлів; |
| 8 – гідроциліндр для | 13 – компресор; | 24 – електричні коробки з |
| підйому важеля ударника; | 14 – ресивер; | електронними вузлами |
| | 15 – запобіжний клапан; | (АСКВП) |
| | 16 – пневматична камера; | |

АСКВП працює одночасно з системою вимірювання «УДВО» та фактично заміняє ручне керування (з пульта) дистанційним, тобто керування з комп'ютера. Система керування має своє програмне забезпечення на комп'ютері, яке може коректно співпрацювати з вимірювальним програмним забезпеченням відповідної версії (запуск процесу вимірювання в певний час, контроль готовності системи вимірювання).

Керування роботою АСКВП виконується з допомогою програми UDVO_ASKVP.exe, головне вікно якої зображене на рис. 4.2 зверху праворуч.

АСКВП працює з вимірювальною системою «УДВО» та застосовується для керування електрогідравлічним та пневмоелектричним приводом причепа «УДВО».

Після приїзду на місце вимірювання, треба виконати підготовку до вимірювання (виконується ТІЛЬКИ! коли автомобіль не рухається). Після завершення вимірювань необхідно перевести «УДВО» у транспортне положення (також ТІЛЬКИ! коли автомобіль не рухається).

4.1.1 Підготовка «УДВО» до вимірювання

Перед вимірюваннями необхідно пересвідчитися в узгодженості роботи системи зволоження, гальмівної та вимірювальної системи і, за потреби, виконати відповідні регулювання.

Під час підготовки до роботи «УДВО» при зупиненому автомобілі необхідно:

- перевірити роботу системи блокування колеса та зливу води; для цього натиснути і відпустити кнопки 7 та 8, що знаходиться на пульті ручного керування (рис. 4.2). При цьому повинні виконатись злив води та блокування колеса;
- на комп'ютері запустити програму UDVO52_PC_11_04_07 (UDVO52.exe) та вибрати закладку «Зчеплення» (рис.4.3), вибрати існуючий файл для запису або створити новий.

- для створення нового файлу слід спочатку ввести назву дороги в поле вводу «Дорога» потім натиснути на кнопку «вибрати», вказати шлях до папки «Зчеплення» (зазвичай «C:\UDVO7_PC\ Зчеплення «) та бажане ім'я файлу (наприклад «M06.txt»);
- після вибору файлу слід задати положення точки вимірювання (поле вводу «км», якщо йде серія вимірювань, то можна користуватись кнопкою «зміна км»), напрямок руху та номер смуги;

Також необхідно дотримуватися наступних вимог:

- вузол вимірювання коефіцієнта зчеплення повинен пройти метрологічну атестацію згідно з ПМА -1000-00-00-00-01;
- нова шина вимірювального колеса повинна пройти обкатку не менше ніж 300 км при швидкості 60 км/год, після чого колесо шини має бути збалансованим. Підготовлене колесо не повинне використовуватись під час переїздів автомобільної установки на далекі відстані (не менше ніж 50 км). При спрацюванні протектора до глибини рисунка, що залишилась, менше 1,0 мм, подальше використання шини для вимірювання повинне бути припинене;
- перед початком вимірювань установка повинна проїхати не менше ніж 5 км із швидкістю 60 км/год;
- на дорогах і вулицях, що знаходяться в експлуатації, вимірювання слід проводити під час руху вимірювального колеса по траєкторії, яка знаходиться посередині смуги кочення правих коліс транспортних засобів кожної смуги руху проїзної частини. На дорогах і вулицях із заново влаштованим покриттям вимірювання слід проводити під час руху вимірювального колеса по траєкторії, яка знаходиться посередині смуги руху.
- кількість вимірювань на ділянці, яка контролюється, повинна визначатися за умови: три вимірювання на 1 км однорідного за зовнішнім виглядом та типом покриття..

- тривалість кожного випробування повинна складати 3-4 секунди.
- під час проведення вимірювань зволоження поверхні дороги слід починати не пізніше ніж за 0,5 с до початку гальмування колеса і закінчувати одночасно із закінченням його гальмування.
- при експертизі ДТП, пов'язаних із гальмуванням чи заносом транспортних засобів, з метою отримання даних для розрахунків початкової швидкості транспортних засобів, вимірювання потрібно проводити при послідовних проїздах ділянки скоєння ДТП зі швидкістю 80 км/год, 50 км/год; 20 км/год. Траєкторію руху колеса суміщають із слідами гальмування чи заносу транспортних засобів, що брали участь в ДТП. При відсутності слідів гальмування чи заносу місця вимірювання вибирають в межах вірогідної траєкторії руху вказаних транспортних засобів.

4.1.2 Методика та правила проведення вимірювання

Вимірювання треба проводити під час руху вимірювального колеса траєкторією, яка знаходиться посередині смуги кочення коліс транспортних засобів. На дорогах і вулицях із новим покриттям вимірювання необхідно проводити не раніше ніж через три тижні після дозволу руху транспорту.

Необхідно розігнати автомобіль з заповненими водою баками до швидкості 60 км/год. Під час проведення вимірювань швидкість поступального руху автомобіля-тягача не повинна відхилятися від заданої величини більше ніж на плюс-мінус 5 км/год.

Під час вимірювання необхідно відстежувати температуру повітря. Вимірювання проводять за температури повітря не нижче ніж 5 °C

Кількість вимірювань на ділянці, яку контролюють, визначають за умови: три вимірювання на 1 км. У разі відхилення результатів послідовних вимірювань не більше ніж 0,02, що спостерігають на однорідних за типом покриття та шорсткістю ділянках, кількість вимірювань допустимо зменшити до трьох у межах однорідної ділянки.

На робочому столі в області «Пульт керування» розташовані кнопки, що відповідають кнопкам на ручному пульті.

Для вимірювання коефіцієнта зчеплення необхідно:

- натиснути кнопки «Включити» та  «Запуск вимірювання зчеплення». При цьому вмикається вимірювальна програма та відбувається злив води та гальмування колеса;
- на дисплеї комп'ютера з'явиться результат виміру (рис.4.2). Для збереження результату слід натиснути клавішу «Зберегти дані», після чого з'явиться запис в полі «контроль реєстрації»;
- для подальшої обробки результатів вимірювань слід натиснути на кнопку «Передати в Excel». Зачекати 2-3 секунди і після завантаження Microsoft Excel зберегти дані у форматі xls (рис. 4.2).

В області «Стан програми» пишеться інформація про готовність, виконання певної функції або очікування.

Програма АСКВП під час вимірювання коефіцієнта зчеплення забезпечує злив води та гальмування колеса згідно з діаграмою приведеною на рис. 4.5.

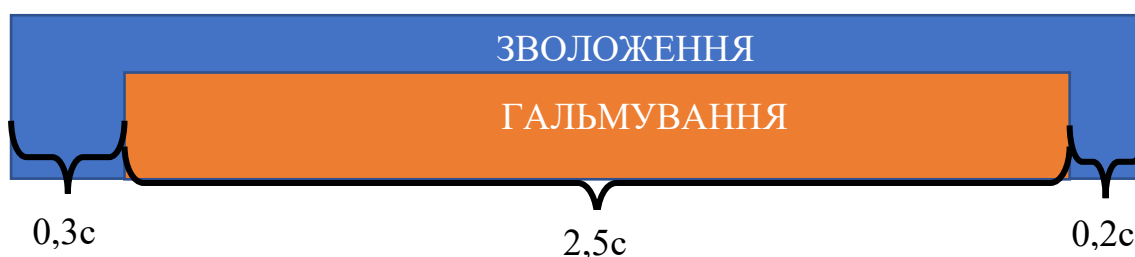


Рисунок 4.5 – діаграма вимірювання коефіцієнта зчеплення із забезпечення зливу води та гальмування вимірювального колеса

Загальний вигляд ПК та адаптер зв'язку в салоні автомобіля під час підготовки до проведення вимірювань за допомогою АСКВП показано на рис. 4.6. Інформація, з датчиків по з'єднувальним кабелям подається на крос-плату контролера, який встановлено в правому ящику електрообладнання в задній частині причепа (рис.4.4). Оброблені дані передаються за допомогою

сигнального кабелю та перетворювачів RS485-RS232 та USB-RS-232 2.0 до бортового комп'ютера через USB кабель.



Рисунок 4.6 Персональний комп'ютер та адаптер зв'язку

Під час кожного гальмування коефіцієнт зчеплення вимірюють до стабілізації показань вимірювальної системи.

Під час проведення вимірювання без АСКВП зволоження поверхні дороги треба починати не пізніше ніж за 0,5 с до початку гальмування вимірювального колеса та закінчувати не раніше закінчення гальмування.

Під час вимірювання показання записують у зведену таблицю.

4.1.3 Правила опрацювання результатів

Для кожного кілометра дороги визначають середній результат, приведений до температури 20 °С, з урахуванням температурної поправки відповідно до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення температурних поправок

Температура повітря, °С	5	10	15	20	25	35 і вище
Величина поправки	–0,04	–0,03	–0,02	0,00	0,01	0,02

Для отримання результату вимірювання отримані показання потрібно звести до показання базової установки за наведеними у свідоцтві про калібрування залежностями.

4.1.4 Правила оформлення результатів

За результатами вимірювання складають акт. У акті наводять дані, приведені до показань базової установки.

Прийнятна похибка: розширена невизначеність вимірювання коефіцієнта зчеплення 5 %

4.1.5 Результати вимірювань використовуються:

- при операційному контролі для корегування технологічних процесів влаштування дорожніх покриттів автомобільних доріг;
- при приймальному контролі для оцінки якості виконання робіт по влаштуванню дорожніх покриттів;
- при експлуатаційному контролі для виявлення ділянок з недостатніми зчіпними якостями поверхні дорожнього покриття і обґрунтування ремонтних робіт.

Технічні характеристики експлуатації, транспортування і зберігання «УДВО» наведені в Додатку А [117].

4.2 Ефективність використання результатів дослідження

Щороку відбуваються кореляційні випробування засобів оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів. Випробування виконуються згідно з методикою наведеною у Додатку Б. У випробуваннях останніх 15 років приймали участь виключно установки «УДВО-2,3,4,5,6,7,8,9» що належать різним організаціям.

При проведенні кореляційних випробувань ефективність приладів значно залежить від наявності різних приладів, наявності ручного управління та автоматизації процесів вимірювання. Ефективність використання нової методики оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів має дві складові.

Перша з них полягає у підвищенні точності вимірювань за рахунок чутливості вузла вимірювання і використання в якості вимірюваного параметра накопиченої суми імпульсів за визначений час вимірювання (3с), що дозволяє збільшити кількість вимірів на один кілометр та покращує

коефіцієнт кореляційної залежності між показаннями установок, що реалізують нову методику. Точності і кількості вимірних показників, які дозволяють отримати не лише коефіцієнт зчеплення, а й інші параметри такі, як швидкість вимірювального колеса, коефіцієнт проковзування, швидкість лабораторії та GPS координати точки вимірювання, Крім того, чутливість вузла вимірювання зчіпних якостей у 10 разів вища самих результатів вимірювань «УДВО».

Друга складова полягає в самих вимірюваннях і їх результатах. Кожного року установки «УДВО» проводять вимірювання ділянок автомобільних доріг, які досить часто не відповідають нормативним значенням і є небезпечними для учасників руху. Установки «УДВО-2,7» тільки за 2017 р. визначили 594 км аварійно-небезпечних ділянок де $\varphi < 0,3$ і 2680 км, що не відповідають чинним вимогам з безпеки дорожнього руху і потребують термінових заходів з покращення зчіпних якостей $0,3 < \varphi < 0,35$. Упередження виникнення ДТП є основною задачею і відповідно ефективністю використання результатів. Кожне збережене життя - це висока ефективність розробленого методу.

Ефективність використання результатів досліджень наведена на рис. 4.7

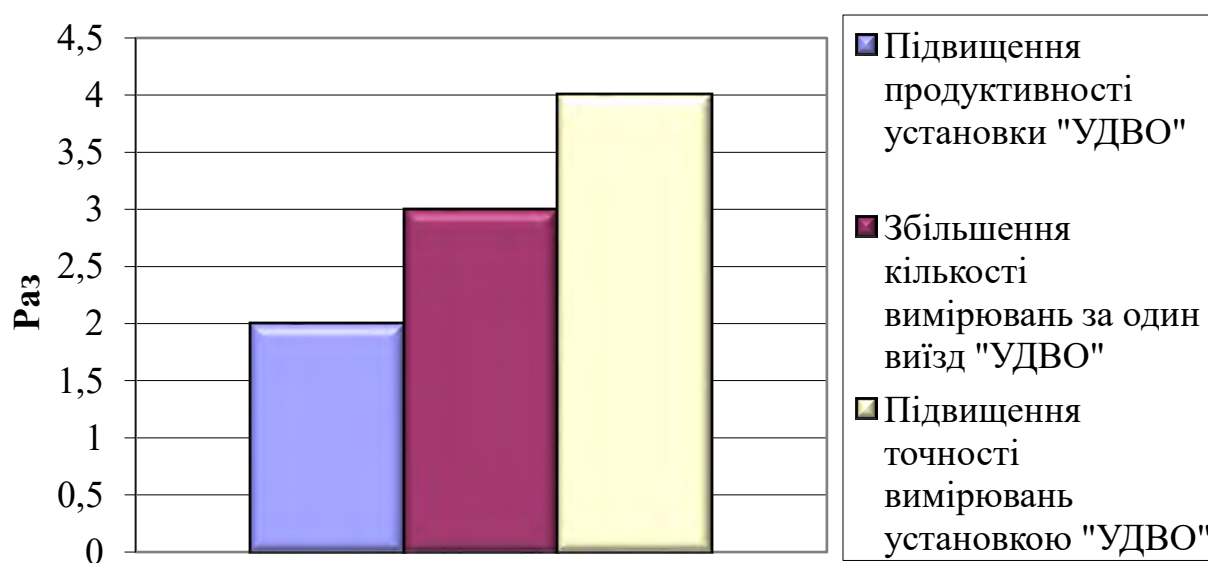


Рис. 4.7 Ефективність використання результатів досліджень

Висновки до розділу 4

1. Розроблена методика визначення зчірних якостей установкою «УДВО» з автоматизованою системою керування вимірювальними процесами;
2. Результати досліджень знайшли відображення в таких нормативних документах: ДСТУ Б В.2.3-8-2003 «Споруди транспорту. Дорожні покриття. Методи вимірювання зчірних якостей», ГСТУ 218-02070915-102-2003 «Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх покриттів. Методи та засоби», МВ 218-02070915-627:2007 «Методичні вказівки щодо визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття універсальним дорожнім вимірювальним обладнанням», СОУ 45.2-00018112-042:2009 «Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів», ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво», ДСТУ 8746:2017 «Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчірних властивостей поверхні дорожнього покриття».
3. Ефективність розробленої методики полягає в тому, що:
 - 1) Підвищена продуктивність установки «УДВО», збільшена кількість вимірювань за один виїзд «УДВО», підвищена точність вимірювань установкою «УДВО»;
 - 2) Завдяки проведеним вимірюванням за даною методикою відбувається упередження виникнення ДТП .

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального питання удосконалення методу оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів шляхом підвищення вимог та обмежень до процесу вимірювань зчіпних якостей, підвищення точності вимірювальних елементів, збільшення продуктивності виконання робіт, покращення інформативності та безпеки, завдяки автоматизації вимірювальних процесів і фіксації місцеположення проведення вимірювань.

У дисертаційній роботі отримані наступні результати:

1. Проведений аналіз відомих методів і засобів оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів, досліджені вимірювання показника зчіпних якостей приладом ПКРС-2У який передбачений у нормативних документах України для вимірювань зчіпних якостей та визначені основні напрямки досліджень. Аналіз базового приладу ПКРС-2У показав, що відхилення результатів вимірювання коефіцієнта зчеплення на одних і тих же ділянках доріг за абсолютною величиною можуть досягати 0,19, а це свідчить, що навіть на покриттях із високими зчіпними якість похибка вимірювань перевищує 30%. Така розбіжність результатів не задовольняє вимоги нормативних документів і є неприйнятною для оцінки зчіпних якостей;

2. На основі досліджень проведеного аналізу існуючого обладнання та методів оцінки зчіпних якостей обґрунтовані основні вимоги до конструкції нового засобу з урахуванням побудованої математичної моделі курсової стійкості приладу, проведенням дослідження можливості розвантаження вимірювального колеса приладу під час вимірювань та моделі руху колеса під час гальмування вимірювального колеса. Результати розрахунків та відповідних експериментальних досліджень підтвердили, що у моделі нового засобу оцінки зчіпних якостей величина навантаження вимірювального колеса

під час вимірювань не змінюється, а кут відхилення приладу під час випробувань незначний і не впливає на режим руху;

3. На основі теоретичних та практичних досліджень розроблений сучасний засіб оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів, побудований алгоритм проведення вимірювань та удосконалений метод оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів який став основою діючих нормативних документів України;

4. Для функціонування нового засобу оцінки зчіпних якостей дорожнього покриття розроблена та затверджена програма і методика державної метрологічної атестації, проведені всі необхідні калібрування вимірювальних елементів і виконана метрологічна атестація розробленого засобу;

5. Під час розробки нового засобу «УДВО» (універсального дорожнього вимірювального обладнання) та проведення метрологічної атестації були проведені експериментальні дослідження та додатково проведені кореляційні випробування розроблених приладів «УДВО». В результаті кореляційних випробувань отримані наступні результати: похибка вимірювань розроблених засобів «УДВО» становить не більше 5%; аналіз кореляції «УДВО» з портативними приладами для визначення коефіцієнта зчеплення показав значну розбіжність у результатах отриманих на одному і тому ж покритті, які можуть коливатись від 0,18 до 0,47; доведено принципову можливість вимірювання двох показників - коефіцієнта тертя спокою та коефіцієнта тертя ковзання за допомогою вузла вимірювання зчеплення «УДВО»; величина кутової швидкості, що відповідає максимальній силі зчеплення, не є сталою величиною.

На основі удосконаленого методу і засобу оцінки зчіпних якостей тільки у 2017р. на замовлення Служби автомобільних доріг у Київській області було проведено обстеження 21314 км автомобільних доріг державного значення і визначено, що на 594 км (2,29% мережі) $\varphi < 0,3$ це слизькі, аварійно-небезпечні

ділянки, а 2680 км (10,34% мережі) не відповідають чинним вимогам з безпеки дорожнього руху і потребують термінових заходів з покращення зчіпних якостей $\varphi < 0,35$.

Результати дисертаційного дослідження знайшли своє відображення у трьох нормативних документах національного рівня і у двох –галузевого рівня. Матеріали досліджень були впроваджені у навчальний процес, а саме при викладанні дисципліни «Експлуатація автомобільних доріг» та в дипломному проектуванні для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОП «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів»

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційні дані. Міністерства внутрішніх справ України Retrieved from <https://www.facebook.com/mvs.gov.ua/posts/3647961878623810>
2. Васильєв А.П., Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: Учеб. для ВУЗов; /Под ред. А.П. Васильева. Москва, Транспорт, 1990. 304 с.
3. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев, В.И. Баловнев, М.Б. Корсунский и др./ Под ред. А.П. Васильева. Москва, Транспорт, 1989. 287 с.
4. Немчинов М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля. Москва, Транспорт, 1985. 231 с.
5. Павлюк Д.О., Ильченко В.В., Рыбицкий Л.Л. Некоторые аспекты совершенствования оценки сцепных качеств дорожных покрытий. Сб. науч. трудов. Научно-технические проблемы дорожной отрасли стран СНГ. Минск, 2000. С. 193-195.
6. ДСТУ Б В. 2. 3-8-2003 Споруди транспорту. Дорожні покриття. Методи вимірювання зчпних якостей. Київ, 2003. 18 с.
7. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. Москва, Автотрансиздат, 1960. 228 с.
8. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. П-Г.1-218-113-97. Київ, УКРАВТОДОР, 1997. 183 с.
9. ДСТУ 3587-97 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. Київ, Держстандарт України, 1997. 20 с.
10. Рибицкий Л.Л. Обґрунтування методики метрологічної атестації універсального дорожнього вимірювального обладнання. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2001. Вип. 63. С. 70-72.

11. Рибіцький Л.Л. Дослідження курсової стійкості «УДВО» на основі математичної моделі та експериментальних випробувань. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2004. Вип. 72. С. 154-161.

12. Рибіцький Л.Л. Застосування методу математичного моделювання для дослідження можливості виникнення автоколивань на датчику вузла вимірювань зчіпних якостей УДВО в залежності від пружних характеристик колеса і датчика. Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції, яка присвячена 60-річчю НТУ. Київ, НТУ. 2004. С. 61-62.

13. Павлюк Д.О., Рибіцький Л.Л., Лебедєв О.С., Іваниця Є.В. Досвід виробничої експлуатації автомобільної причіпної установки ПКРС-2У та поштовхоміра «ВСВП-УТУ». Автошляховик України. Київ, 2004. №2. С. 25-27

14. МВ 218-02070915-627:2007 «Методичні вказівки щодо визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття універсальним дорожнім вимірювальним обладнанням»

15. ПМА 1000-00-00-00-01 Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО» для визначення міцності дорожнього одягу нежорсткого типу, рівності та показника зчіпних якостей дорожнього покриття. Програма та методика метрологічної атестації

16. ГСТУ 218-02070915-102-2003 Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх покриттів. Київ, УКРАВТОДОР, 2003. 37с.

17. СОУ 45.2-00018112-042:2009 Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів.

18. ДСТУ 8746:2017 Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчіпних властивостей поверхні дорожнього покриття.

19. Леру М. Сцепление колеса автомобиля с дорогой и безопасность движения. Москва, Автотрансиздат, 1959. 158 с.

20. Замахаев М.С. Исследование коэффициента поперечного скольжения пневматической шины на дорожных покрытиях. Сб. «Труды МАДИ», Москва, 1949. С. 3-20.
21. Чудаков Е.А. Коэффициент сцепления между автомобильной шиной и дорогой. Москва, Известия АН СССР, 1938. № 10. С. 27-43.
22. Фалькевич Б.С. Научно-исследовательская работа в автомобильной лаборатории МАДИ. Сб. «Труды МАДИ», № 5. Москва, Гостранстехиздат, 1937. С. 146-164.
23. Цукерберг С.М., Захаров Б.И. и др. Шины для автомобилей повышенной проходимости. Москва, Госхимиздат. 1960. 71 с.
24. Чудаков Е.А. Движение бездифференциальной тележки с эластичными колесами. Москва, Изд. АН СССР, Вып. 5. 1946.
25. Кнороз В.И. Автомобильные шины типа Р и РС. Москва, Транспорт, 1964. 44 с.
26. Петров И.П. Исследование сцепления колеса с твердой опорной поверхностью. Кандидатская диссертация. Москва, 1963.
27. Паршин М.А. Сцепление колеса автомобиля с дорожным покрытием и безопасность движения: Дис. канд. техн. наук. МАДИ. Москва, 1967.
28. Астров В.А. Исследование сцепления пневматической шины с шероховатым дорожным покрытием в процессе его эксплуатации. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва, МАДИ. 1965. 20 с.
29. Лукашук Р.Ф. Исследование скользкости дорожных покрытий портативными измерительными приборами: Дис. канд. техн. наук. МАДИ. Москва, 1969.
30. Кульмурадов Н. Влияние шероховатости дорожных покрытий на износ шин и коэффициент сцепления. Труды МАДИ. Вып. 163. 1979. С. 20-24.

31. Косарев Б.М. Обоснование требований к шероховатости дорожных покрытий по сцепным качествам и плавности хода автомобилей. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва, МАДИ. 1985. 225 с.

32. Кузнецов Ю.В., Лушников Н.А. Влияние шероховатости и сцепных свойств покрытий на транспортно-эксплуатационные качества дорог. Сб. Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог. Москва, МАДИ. 1985. С. 110-116.

33. Tchend Y. Le nouveau Stradographe du C.E.B.T.P. Presentation. Bulletin de Liaison des Laboratoires Routiers Ponts et Chaussees. Paris, 1966. P. 47-49.

34. Fortuna E., Szwabik B. Nowa generacja urzadzen do badania przyczepnosci nawierzchni drogowych. Prace instytutu badawczego drog i mostow. 1986. N1, S. 103-113.

35. Сиденко С.В. Метод определения допустимых скоростей движения в системе водитель-автомобиль-дорожная среда. Сб. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог в условиях Сибири. Новосибирск, 1978. С. 135-140.

36. Авторское свидетельство №1652866. Способ определения коэффициента сцепления. Павлюк Д.А., Кизима С.С., Андреев С.И., Охрименко В.Д. Опубл. 30.05.90. Бюл. №20,

37. Павлюк Д.О. Основи і застосування теорії зчпних якостей дорожніх покриттів: Дис... доктора технічних наук: 05.22.11. Київ, КАДІ. 1996. 480 с.

38. T. Andriejauskasa, V. Vorobjovasa, V. Mielonasb Evaluation of skid resistance characteristics and measurement methods. «Road Research Institute, Vilnius Gediminas Technical University, Linkmen str. 28, LT-08217 Vilnius, Lithuania.

39. Descornet, G.; Schmidt, B.; Boulet, M.; Gothie, M.; Do, M-T.; Fafie, J.; Alonso, M.; Roe, P.; Forest, R.; Viner, H. 2006. Harmonization of European Routine and research Measuring Equipment for Skid Resistance. HERMES final report. 161 p.

40. Do, M-T.; Roe, P. 2008. Report on state-of-the-art of test methods. TYROSAFE project deliverable D04, 89 p.

41. Заворицький В.Й., Аленіч М.Д., Кизима С.С. Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних доріг: навч. посібник / За ред. В.Й.Заворицького. Київ, ІСДО. 1995. 136 с.

42. Лукашук Р.Ф. Оценка скользкости дорожных покрытий приборами маятникового типа. В сб. Ровность дорожных покрытий и их сопротивление скольжению автомобильных шин. Москва, СоюздорНИИ. 1974. Вып. 72. С. 38-44.

43. Кузнецов Ю.В., Юсифов Р.Ю. Использование портативного прибора ППК-МАДИ-ВНИИБД для контроля скользкости покрытий городских дорог и улиц. Обоснование требований к сцепным качествам дорожных покрытий городских дорог. Соверш. методов проектир. автом. дорог. Москва, МАДИ. 1995. С. 87-115.

44. Кабардин О.Ф. Физика: Справ. материалы: Учеб. пособие для учащихся. – 3-е изд. Москва, Просвещение. 1991. 367 с.

45. Бируля А.К., Михович С.И. Об эксплуатационно-транспортных качествах дорожных одежд. Автодорожник Украины. 1964. №3. С. 23-24.

46. Бируля А.К., Михович С.И., Закурдаев И.Е. Сцепление автомобильного колеса с дорожным покрытием в осенне-зимний период. Автомобильный транспорт. Київ, Техника. 1965. С. 115-120.

47. Матвиенко Г.П. Ровность и шероховатость дорожных покрытий - надежные показатели для оценки состояния автомобильных дорог в процессе эксплуатации. В сб. Ровность дорожных покрытий и их сопротивление скольжению автомобильных шин. Москва, СоюздорНИИ. 1974. Вып. 72. С. 69-72.

48. Астров В.А. Разработка требований к шероховатости и средств контроля шероховатости. Сб. «Труды СоюздорНИИ». Москва, 1970. Вып. 22. С. 88-135.

49. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. Москва, 1985. 272 с.
50. Павлюк Д.О., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л. Про вимірювання коефіцієнта зчеплення методом екстреного гальмування. Автошляховик України. Київ, 1999. №1. С. 49-50.
51. Павлюк Д.О., Кизима С.С. Врахування залежності коефіцієнта зчеплення від швидкості при розрахунках довжини шляху гальмування автомобіля. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, Будівельник. 1987. Вип. 40. С. 64-68.
52. Закурдаев И.Е. Исследование сезонных изменений дорожно-эксплуатационных показателей нежестких дорожных одежд: Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.22.11. ХАДИ. Харьков, 1969. 20 с.
53. Біруля О.К., Закурдаєв И.Ю. Зчеплення автомобільного колеса з покриттям дорожнього одягу - важливий транспортно-експлуатаційний показник. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, Будівельник. 1968. Вип. 4. С. 3-8.
54. Ровность дорожных покрытий и их сопротивление скольжению автомобильных шин. Москва, СоюздорНИИ. 1974. Вып. 72. 131 с.
55. Руководство по аэропортовым службам. Часть 2. Состояние поверхности покрытия. /Международная организация гражданской авиации. Издание четвертое 2002.
56. Кузнецов Ю.В. Новый динамометрический прицеп для измерения коэффициентов продольного и поперечного сцепления автомобильного колеса с дорожным покрытием. Труды МАДИ. 1972. Вып. 33. С. 95-98.
57. Научные исследования Союздорнии за 50 лет. Москва, Транспорт. 1977. 240 с.
58. Астров В.А. Сцепление шины с покрытиями, имеющими поверхностную обработку. Труды СоюздорНИИ. 1964. Вып. 1. С. 42-45.

59. Коноваленко В.В. Определение скользкости на дорожных покрытиях методом реактивного тормозного момента. Автодорожник Украины. 1965. №2. С. 51-53.

60. Порожняков В.С. Оценка сцепления шин автомобиля с дорожными покрытиями. Москва, Высшая школа. 1967. 78 с.

61. Подлих Э.Г. Исследование сцепления пневматической шины с дорожным покрытием: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11. МАДИ. Москва, 1964. 31 с.

62. Фурманенко А.С. Оценка сцепных качеств дорожных покрытий динамометрической тележкой. Наука и техника в городском хозяйстве. Київ, Будівельник. 1980. Вып. 43. С. 63-65.

63. Авторское свидетельство СССР № 159323.

64. Прибор контроля ровности и скользкости дорожных покрытий «ПКРС-2У»: Паспорт КП 511-МЭ. 00.00.00.00.ПС. Саратов: РосдорНИИ. Саратовский центр. 1989. 18 с.

65. Інструкція по експлуатації автомобільної установки ПКРС-2 для контролю рівності і коефіцієнта зчеплення дорожніх покриттів. СоюздорНДІ. Москва, 1971. 120 с.

66. Гришин С.И., Зонов Ю.Б., Порожняков В.С. Всесоюзные сравнительные испытания приборов для оценки сцепных качеств поверхности дорожных покрытий. В сб. Обеспечение безопасности движения на автомобильных дорогах. Труды МАДИ. Москва, 1981. С. 104-114

67. Астров В.А., Малинин П.К. Приборы для контроля коэффициентов сцепления шероховатости дорожных покрытий. Сб. Совершенствование методов контроля и оценки качества строительства автомобильных дорог. Труды СоюздорНИИ. Москва, СоюздорНИИ. 1973. Вып 67. С. 123-150.

68. Астров В.А., Малинин П.К. Совершенствование норм, методов и приборов контроля сопротивления дорожных покрытий скольжению автомобильных шин. В сб. Ровность дорожных покрытий и их сопротивление

скольжению автомобильных шин. Москва, СоюздорНИИ. 1974. Вып. 72. С. 7-18.

69. Казаков А.П. Контроль коэффициентов сцепления взлетно-посадочных полос аэродромов. В сб. Ровность дорожных покрытий и их сопротивление скольжению автомобильных шин. Москва, СоюздорНИИ. 1974. Вып. 72. С. 27-32.

70. Кузнецов Ю.В. Ходовая лаборатория по исследованию коэффициентов продольного и поперечного сцепления. Труды МАДИ. 1975. Вып. 81. С. 19-31.

71. Астров В.А. Повышать качество поверхности покрытий. Автомобильные дороги. 1983. № 6. С. 20-21.

72. Никульников Э.Н., Барашков А.А. Шинные тестеры. Автомобильная промышленность. 2000. № 12. С. 28-31.

73. Bewartung der Strabengruffigkeit bei Nässe / Huschek S. // Strasse + Avtobahn. 1995. 46 № 3. С. 125-128, 130-131.

74. Rose I.G., Ledbetter W.E. Summary of surface factors influencing the friction properties of concrete pavements. HRR, № 377. 1971.

75. Tentative Method of Test for Skid-resistance of Pavements Using a Two-wheel Trailer. ASTM E 274-65.

76. Standard Specification for Standard Tire for Pavements Test. ASTM E 249-66.

77. ICO «Дорожні транспортні засоби. Вимірювання зчеплення шин з поверхнею дороги».

78. Influence of tire slip angle on adhesion coefficient characteristic of road vehicles / Liu Zhaodu, Ding Nenggen // J. Beijing Inst. Technol. 1997. 6, №3. С. 292-298.

79. Le materiel LPC/ Laboratoire Central des Ponts et Chaussees. 1997.

80. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог. Москва, 2002. 80 с. (Автомоб. дороги: Обзорн. информ./Информавтодор; Вып.5).

81. Les mesures d'adhérence et la maîtrise du dégommeage sur les pistes d'Aéroports de Paris / Martin Jean // Rev. gen. routes et aerodr. 2000. №783. С. 62-66.

82. Пат. 5948961 США Apparatus and method for detecting friction characteristics: Пат. 5948961 США, МПК6 G 01 N 3/56. К.К. Toyota Chuo, Asano K., Suqai M. №08/659010; Заявл. 04.06.96; Оpubл. 07.06.96; Приор. 05.06.1995, №7-138307 (Япония): НПК 73/9.

83. https://www.massenza.ru/wp-content/themes/massenza/downloads/publications/nchrp_w108.pdf

84. http://www.ligo.ck.ua/aero_tag_15.html

85. CEN/TS 15901-1: Road and airfield surface characteristics - Part 1: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal fixed slip ratio (LFCS): RoadSTAR

86. CEN/TS 15901-2: Road and airfield surface characteristics - Part 2: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal controlled slip (LFCRNL): ROAR (Road Analyser and Recorder of Norsemeter)

87. CEN/TS 15901-3: Road and airfield surface characteristics - Part 3: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal controlled slip (LFCA): The ADHERA

88. CEN/TS 15901-4: Road and airfield surface characteristics - Part 4: Procedure for determining the skid resistance of pavements using a device with longitudinal controlled slip (LFCT): Tatra Runway Tester (TRT)

89. CEN/TS 15901-5: Road and airfield surface characteristics - Part 5: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device

with longitudinal controlled slip (LFCRDK): ROAR (Road Analyser and Recorder of Norsemeter)

90. CEN/TS 15901-6: Road and airfield surface characteristics - Part 6: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of the sideway force coefficient (SFCS): SCRIM®

91. CEN/TS 15901-7: Road and airfield surface characteristics - Part 7: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal fixed slip ratio (LFCG): the GripTester®

92. CEN/TS 15901-8: Road and airfield surface characteristics - Part 8: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of the sideway-force coefficient (SFCD): SKM

93. CEN/TS 15901-9: Road and airfield surface characteristics - Part 9: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of the longitudinal friction coefficient (LFCD): DWWNL skid resistance trailer

94. CEN/TS 15901-10: Road and airfield surface characteristics - Part 10: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal block measurement (LFCSK): the Skiddometer BV-8

95. CEN/TS 15901-11: Road and airfield surface characteristics - Part 11: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal block measurement (LFCSR): the SRM

96. CEN/TS 15901-12: Road and airfield surface characteristics - Part 12: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal controlled slip: the BV 11 and Saab friction tester (SFT)

97. CEN/TS 15901-13: Road and airfield surface characteristics - Part 13: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of a sideway force coefficient (SFCO): the Odoliograph

98. CEN/TS 15901-14: Road and airfield surface characteristics - Part 14: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device

with longitudinal controlled slip (LFCN): ViaFriction (Road Analyser and Recorder of ViaTech AS)

99. CEN/TS 15901-15: Road and airfield surface characteristics - Part 15: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal controlled slip (LFCI): The IMAG

100. ROSANI. This project has received funding from the European Commission's FP7 programme under grant agreement No. 605368. FINAL SUMMARY REPORT 2016.

101. Булатов А.К., Круглев Г.И. Предупреждение дорожно-транспортных происшествий. Москва, Автотрансиздат. 1961. 230 с.

102. Білоусова В.П. та ін. Аналітична геометрія. Київ, «Вища школа». 1973. 328 с.

103. John J. Henry Tire Wet - Pavement Traction Measurement: A State-of-the-Art Review. The Tire Pavement interface. ASTM SPT 929, M.G.Pottinger and T.J.Yager, Eds., American. Society of Testing and Materials-Philadelphia, 1986. P. 3-25.

104. «Texture and skid Resistance Measurement» J.C. Wambold, A. Andresen, T. Yager, A. Mazyr «International runway friction index IRFI» AIRCP/PIARC. 97.01.06. В. 2000. P. 99-107.

105. ДБН В.2.3-4 – 2000 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги». Київ, Держбуд України. 2000. 118 с.

106. Астров В.А. Повышать качество поверхности покрытий. Автомобильные дороги. 1983. №6. С. 20-21.

107. Павлюк Д.О., Кизима С.С., Андреев С.І., Рибіцький Л.Л. Зауваження щодо ДСТУ Б.В.2.3-2-97 (ГОСТ 30413-96) «Дороги автомобільні. Метод визначення коефіцієнта зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям». Автошляховик України. Київ, 1999. №3. С. 50-51.

108. Елисеев Б.М., Ивантеев А.М. Усовершенствование методики измерения ровности и коэффициентов сцепления дорожных покрытий с

помощью автомобильной установки ПКРС-2У. В кн. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств дорожных и аэродромных покрытий. Москва, Союздорнии. 1982. С. 95-105.

109. Елисеев Б.М. Модернизация автомобильной установки ПКРС-2У для измерений ровности и коэффициентов сцепления дорожных покрытий. В кн. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств поверхности дорожных и аэродромных покрытий. Труды Союздорнии. Москва, 1982. С. 84-94.

110. Елисеев Б.М. Контроль ровности покрытий и коэффициента сцепления с использованием автомобильной установки ПКРС-2У. В Сб. Совершенствование норм проектирования автомобильных дорог. Труды СоюздорНИИ. Москва, СоюздорНИИ. 1973. Вып. 62. С. 87-92.

111. Елисеев Б.М. Повышение надежности измерений коэффициентов сцепления шин автомобилей с дорожным покрытием. Сб. Контрольно-измерительные средства при исследованиях и строительстве автомобильных дорог. Труды СоюздорНИИ. Москва, 1979. Вып. 110. С. 75-81.

112. ГОСТ 20993-75. Шины пневматические радиальные для легковых автомобилей. Основные параметры и размеры. Москва, Издательство стандартов. 1975. 17 с.

113. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель. Под ред. А.А. Хачатурова. Москва, «Машиностроение». 1976. 535 с.

114. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник Т. II. Динамика - 3-е изд., исправленное. Москва, Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1985. 496 с.

115. Шипачев В.С. Высшая математика: Учеб. для немат. спец. вузов / Под ред. акад. А.Н. Тихомирова. 2-е изд., стер. Москва, Высшая школа. 1990. 479 с.

116. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. Москва, Наука. 1987. 352 с.

117. Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО» з автоматизованою системою керування вимірювальними процесами. Керівництво з експлуатації. Київ, Укравтодор. 2007. 36 с.

ДОДАТОК А

Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО»

Керівництво з експлуатації

Міністерство освіти та науки України
Національний транспортний університет

«Затверджую»

Проректор університету

_____ М.М. Дмитрієв

«__» _____ 2002 р.

Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО»

Керівництво з експлуатації

Київ 2002

!!! Перед початком експлуатації обладнання уважно ознайомтеся з даним керівництвом, яке не розповсюджується на інші модифікації обладнання.

Персонал для обслуговування обладнання потребує спеціальної підготовки.

Використання обладнання у місцях з регулярним та інтенсивним рухом транспорту без дотримання правил техніки безпеки та Правил руху автомобільного транспорту в Україні (чи країни де експлуатується дане обладнання) суворо забороняється !

Категорично забороняється експлуатація «УДВО» без підключення до системи додаткового акумулятора !

Поставник не несе відповідальності за ДТП під час експлуатації та транспортування даного обладнання!

1. ПРИЗНАЧЕННЯ

1.1. Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання (далі по тексті – «УДВО») використовується для визначення модуля пружності дорожнього одягу, рівності та зчіпних якостей покриття проїзної частини.

1.2. Результати вимірювань використовуються:

-при операційному контролі для корегування технологічних процесів влаштування дорожніх одягів та покриттів автомобільних доріг;

-при приймальному контролі для оцінки якості виконання робіт по влаштуванню дорожніх одягів та покриттів;

-при експлуатаційному контролі для виявлення ділянок з недостатньою міцністю дорожнього одягу, погіршеною рівністю, недостатніми зчіпними якостями поверхні дорожнього покриття і обґрунтування ремонтних робіт.

1.3. «УДВО» призначене для використання в таких умовах експлуатації і транспортування :

- температура повітря від плюс 5 °С до плюс 25 °С ;
- відносна вологість повітря до 95 % при температурі плюс 25 °С;»
- атмосферний тиск - від 66 кПа до 100 кПа;
- вібрація - від 2 Гц до 100 Гц;
- прискорення - до 4 g;
- швидкість транспортування – не більше 60 км/год.

2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Маса «УДВО», кг 475 ± 5 ;

2.2. Габаритні розміри

Висота, мм: 1065;

Ширина, мм: 990;

Довжина, мм: 2020;

Ширина колії, мм: 863.

2.3. Напруга живлення, В: 12 ± 2 ;

2.4. Діапазон вимірювання міцності дорожнього одягу, МПа: від 100 до 400;

2.5. Основна відносна похибка визначення міцності дорожнього одягу %: не більше 20;

2.6. Діапазон вимірювання рівності покриття, см/км: від 0 до 500;

2.7. Основна відносна похибка вимірювання рівності, %: не більше 15;

2.8. Діапазон вимірювання показника зчіпних якостей: від 0,1 до 0,9;

2.9. Основна відносна похибка вимірювання показника зчіпних якостей, %: не більше 5;

2.10. Максимальний струм електрообладнання, А: до 150;

2.11. Обслуговуючий персонал – 2 чол – оператор ходової лабораторії, що має навички роботи з комп'ютером, та помічник.

2.12. Всі вимірювальні вузли «УДВО» розташовані на одному спеціально

сконструйованому причепі, зображеному на рис.1.

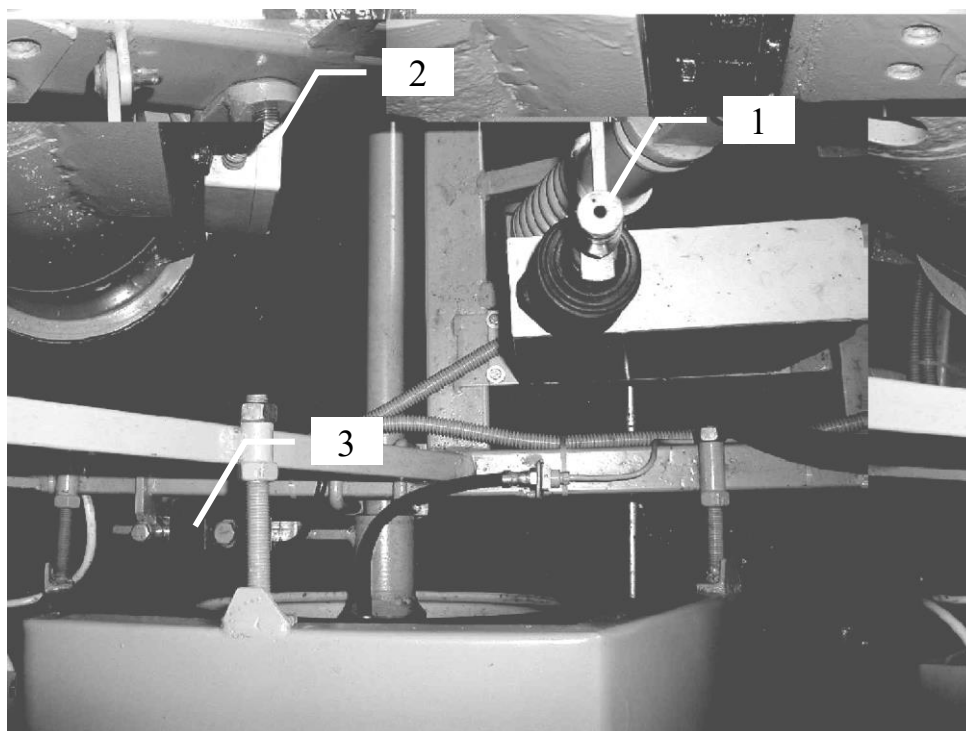


Рис. 1 Загальна схема розташування вимірювальних датчиків універсального дорожньо-вимірювального обладнання «УДВО».

- 1 – датчик вимірювання рівності дорожнього покриття;
- 2 – датчик вимірювання міцності дорожнього одягу;
- 3 – датчик вимірювання показників зчіпних якостей покриття

3. КОМПЛЕКТНІСТЬ

В комплект поставки входять:

- 1. Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО».....1 шт.;
- 2. Пульт управління.....1 шт.;
- 3. Портативний комп'ютер.....1 шт.;
- 4. ЗИП.....1 комплект
- 5. Керівництво з експлуатації.....1 шт.

4. РОБОТА З ПУЛЬТОМ ТА КОМП'ЮТЕРОМ

4.1. Підключити кабелі живлення від пульта «+12 В Ак.І» і «+12 В Ак.ІІ» до плюсових клем акумуляторних батарей, встановлених в автомобілі . Кабель «Корпус» під'єднати до корпусу автомобіля. **УВАГА!!! Категорично забороняється підключення пульта тільки до однієї акумуляторної батареї та включення пульта з від'єднаною масою.** Про підключення акумуляторних батарей свідчить горіння двох зелених індикаторів в секції «Живлення» лицевої панелі пульта.

4.2. Порядок роботи з пультом і комп'ютером:

- вмикання живлення здійснюється тумблером на передній панелі пульта в секції «Живлення» при цьому засвічується індикатор червоно кольору «Ак.І»;
- вмикання зарядки другої акумуляторної батареї здійснюється тумблером «Зар. Ак.ІІ» на передній панелі пульта, про що свідчить горіння червоного індикатора «Ак.ІІ» в секції «Живлення»;
- живлення портативного комп'ютера вмикається тумблером «220V» і підключенням до розетки, встановленої тильній стороні пульта управління;
- два шнури, з пульта управління підключити до портативного комп'ютера;
- живлення пульта вмикається тумблером «ПР» в секції «Живлення» пульта управління, при цьому повинен загорітися червоний індикатор;
- увімкнути портативний комп'ютер.

5. РОБОТА ВУЗЛА ВИМІРЮВАННЯ МІЦНОСТІ

5.1. Принцип роботи вузла вимірювання міцності (рис.2) полягає в тому, що при взаємодії двох пружних тіл покриття – ударник відбувається відскок останнього, який залежить від міцності дорожнього одягу. Вузол вимірює

тривалість відскоку – час між першим та другим ударом, за яким програма для комп'ютера визначає модуль пружності дорожнього одягу.

5.2. Вузол вимірювання міцності включає ударник 1 (рис.2), який піднімається на певну висоту гідравлічною системою, яка містить гідронасос 3, гідроциліндр 4 і систему 5 фіксації положення ударника у верхній точці. На ударнику розміщений датчик 8. Електродвигун 2 приводить у дію гідронасос 3, який за допомогою гідроциліндра 4 підіймає ударник в робоче положення. Кінцевий вимикач системи 5 у робочому положенні і вимикає електродвигун 2. Для створення умов вільного падіння ударника гідроциліндр 4 розвантажується вентилем 6 і зворотними пружинами.

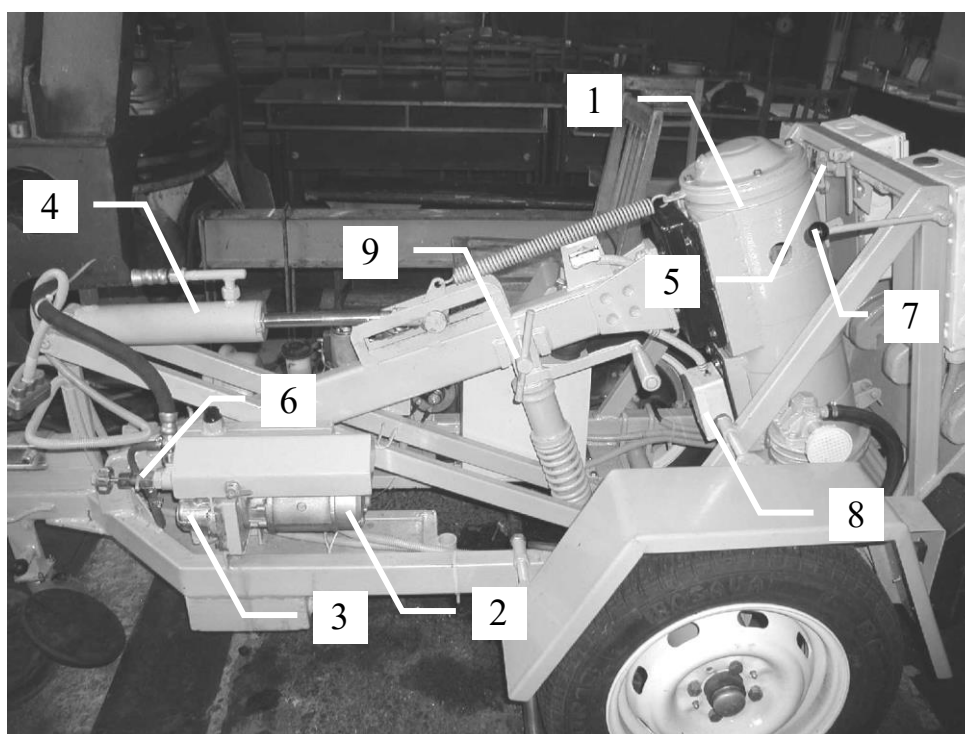


Рис. 2. Вузол вимірювання міцності дорожнього одягу.

5.3. Підготовка до роботи вузла вимірювання міцності включає в себе такі операції:

- перед під'їздом до точки вимірювань міцності слід ввімкнути сигнальний пристрій (мигалку) жовтого (оранжевого) кольору у блоці живлення пульта управління включити тумблер «МА», при чому повинен мигати індикатор червоного кольору, чи аварійне

освітлення на автомобілі – тягачі;

- «УДВО» зупинити на точці вимірювань;
- організувати на жорсткому диску директорію з назвою чи кодом автомобільної дороги для запису в неї файлів - результатів вимірювань міцності;
- запустити встановлену на комп'ютері програму «УДВО» при цьому на дисплеї розгортається вікно у верхній частині якого слід вибрати закладку «Міцність».
- вигвинтити болт-фіксатор 3 (рис.3) амортизатора 4 і вставити його в вертикальне кільце 2;
- перевести амортизатор 4 (рис.3) у горизонтальне положення за допомогою ручки 5;
- від'єднати тягу 9 (рис.3) від вертикального штока поштовхоміра 6, ослабити фіксатор 1 та повернути тягу до балки ударника замкнувши кінцевий вимикач 8 і зафіксувавши її у верхньому положенні;
- закрити вентиль 6 (рис.2);

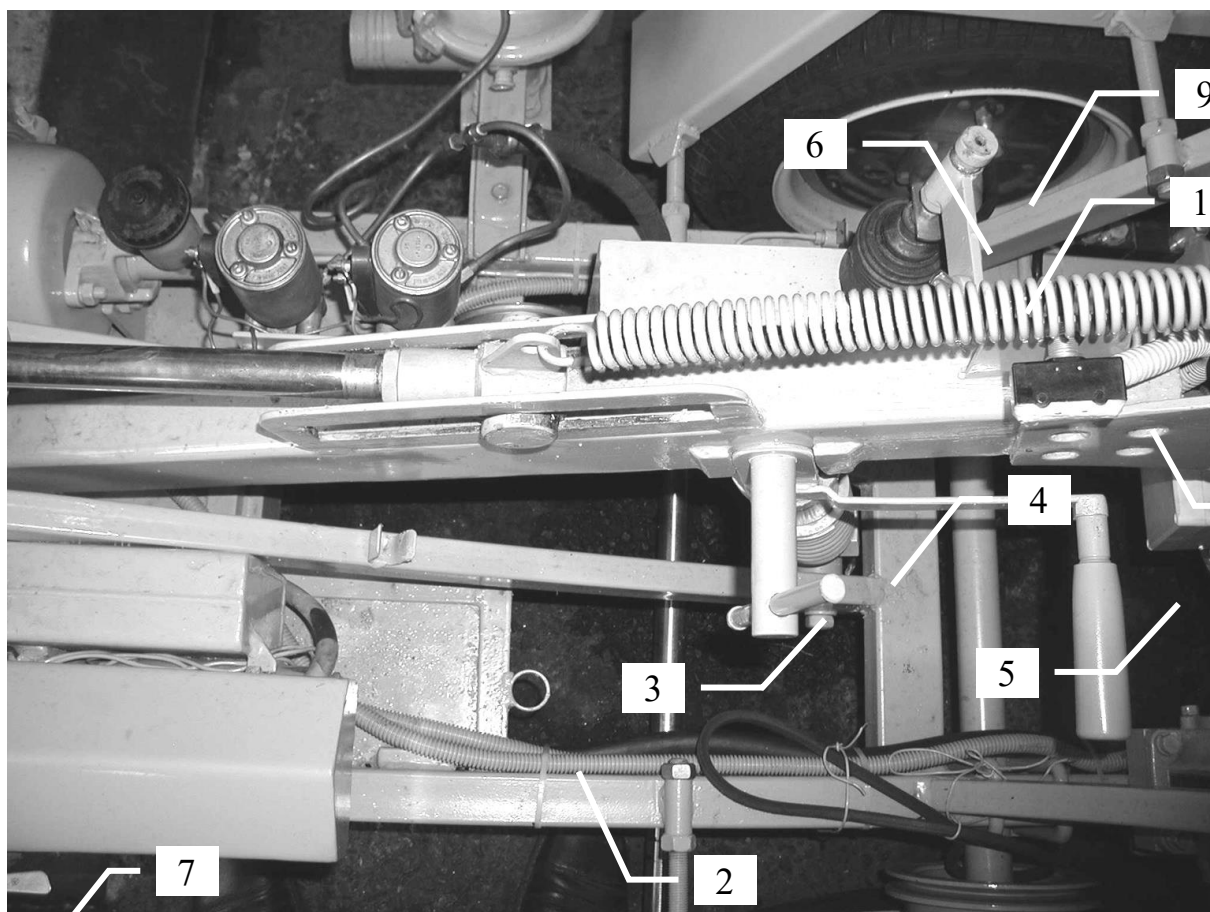


Рис. 3. Розміщення органів управління вузлом вимірювання міцності

- увімкнути ключ 7 (рис. 3) електроприводу підйому ударника, перевести його у верхнє положення, у якому він фіксується системою 5 (рис.2) автоматично;
- відкрити вентиль 6 (рис.2) і пересвідчитися в тому, що шток гідроциліндра повністю витягнутий зворотними пружинами;
- подати сигнал готовності оператору;
- у закладці «Міцність» на дисплеї комп'ютера ввести координати точки вимірювання та вибрати папку створену раніше для збереження даних, натиснувши клавішу «Вибрати» (C:\Мои документы\Міцність) і створити файл в який будуть записуватися результати вимірювань. Ім'ям цього файлу доцільно використати назву дороги

Вузол готовий до роботи.

5.4. Вимірювання міцності включає в себе такі операції:

- у закладці «Міцність» на дисплеї комп'ютера натиснути клавішу «Включити», при цьому повинні горіти два індикатори контролю живлення;
- оператор подає сигнал на скидання ударника кнопкою «Сигнал» на пульті управління;
- на причепі повернути ручку 7 (рис.2) вниз і скинути ударник на покриття. При цьому на комп'ютері висвічується модуль пружності дорожнього одягу;
- оператор на комп'ютері натискає клавішу «Зберегти».

5.5. Переведення причепа у транспортне положення включає в себе такі операції:

- закрити вентиль 6 (рис.2), увімкнути ключ 7 (рис. 3) електроприводу підйому ударника і підняти його на висоту, достатню для установки амортизатора, ручкою 5 (рис.3) поставити амортизатор у вертикальне положення і, плавно відкриваючи вентиль 6 (рис.2), поставити на амортизатор балку ударника;
- відкрити вентиль 6;
- загвинтити болт-фіксатор 3 (рис.3) амортизатора 4 до упору;
- ослабити фіксатор 1 та повернути тягу 9 (рис.3) зафіксувавши її у горизонтальному положенні, приєднати тягу до вертикального штока поштовхоміра 6.

6. РОБОТА ВУЗЛА ВИМІРЮВАННЯ РІВНОСТІ

6.1. Вузол вимірювання рівності дорожнього покриття працює по принципу поштовхоміра, зокрема визначається сума вертикальних переміщень підресореної маси «УДВО» 6 (рис.5) відносно рами 5 при проїзді кілометрових ділянок дороги. На «УДВО» встановлена механічна частина

поштовхоміра «ВСПІ-УТУ», яка тягою 4 приєднується до підресореної частини 6 «УДВО». Електронна частина складається з плати 1 (рис.5), на якій встановлені світло- та фото- діоди, плати 2 прийому сигналів, з'єднувальних проводів(3), пульта управління 7 та комп'ютера 8.

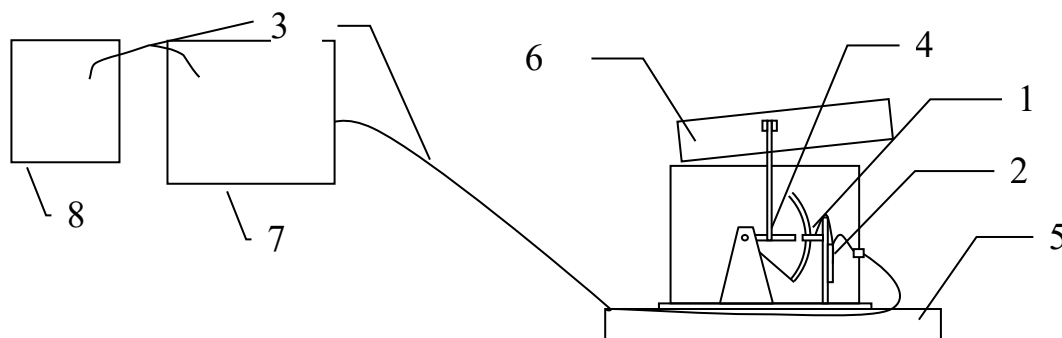


Рис. 5. Вузол вимірювання рівності дорожнього покриття.

6.2. Вимірювання рівності включає в себе такі операції:

- організувати на жорсткому диску директорію з назвою чи кодом автомобільної дороги для запису в неї файлів - результатів вимірювань рівності;
- запустити встановлену на комп'ютері програму «УДВО» при цьому на дисплеї розгортається вікно у верхній частині якого слід вибрати закладку «Рівність».
- у праве крайнє вікно «Від До» слід вписати пікетажне положення початку і кінця першої ділянки вимірювання, наприклад, 95 + 804; 96+0;
- поставити перемикачі під вікном «Від До» у положення, яке відповідає збільшенню чи зменшенню кілометражу при поступальному русі вперед ходової лабораторії;
- у вікно «Ім'я файлу результатів» ввести назву файлу, в який будуть записуватися результати вимірювань. Ім'ям цього файлу доцільно використати назву дороги та напрямок руху, наприклад **С:\Мои документы\Рівність\Київ-Чоп-Прямий.txt**;

- після виконання цих операцій оператор дає команду водієві ходової лабораторії зрушити з місця і набрати швидкість руху 60 км/год до моменту проїзду початку ділянки вимірювань. В цей момент оператор повинен натиснути кнопку **«Установка 0»** (рис.6). При цьому показання поштовхоміра на центральному табло повинні змінюватися. В момент проїзду кілометрового стовпа оператор натискає кнопку **«Фіксація»**. При цьому на табло фіксується результат вимірювання, показання вікна **«Від До»** збільшуються або зменшуються на 1, а сам результат та інші дані записуються в файл результатів, що можна контролювати у вікні **«Контроль реєстрації результатів»**. Запис здійснюється у форматі даних вимірювання рівності таблиці 8 Excel для СУСП (таблиця 1).

Таблиця 1.

Від		До		Рівність,см/км	Дата
км	+(м)	Км	+(м)		
A	B	C	D	E	F
95	804	96	0	110	27.04.2001
96	0	97	0	115	27.04.2001
97	0	98	0	123	27.04.2001
98	0	99	0	157	27.04.2001
99	0	100	0	183	27.04.2001

- після фіксації результатів слід натиснути на кнопку **«Продовжити»**. На табло з'явиться результат, який набрав лічильник на новому кілометрі.

7. РОБОТА ВУЗЛА ВИМІРЮВАННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ

7.1 Перед вимірюванням показників зчіпних якостей слід виконати такі підготовчі операції:

- перевірити і при необхідності встановити тиск повітря в шинах «УДВО», який повинен бути - 170 ± 20 кПа ($1,7 \pm 0,2$ кгс/см²);
- встановити ремінь на ведучий і відомий шків приводу компресора;
- наповнити баки ходової лабораторії водою;
- увімкнути портативний комп'ютер і організувати на жорсткому диску директорію з назвою чи кодом автомобільної дороги для запису в неї файлів - результатів вимірювань зчіпних якостей;
- в секції «Зчеплення» пульта управління увімкнути тумблер «ВКЛ. З.Ч». При цьому повинен загорітися зелений індикатор «»;
- запустити встановлену на комп'ютері програму «УДВО» при цьому на дисплеї розгортається вікно у верхній частині якого слід вибрати закладку «Зчеплення», при цьому повинні горіти два індикатори контролю живлення;
- з метою перевірки працездатності пневматичної системи гальмування і зволоження необхідно проїхати 100 – 150 м. Після цього манометр, встановлений у секції «Зчеплення», повинен мати показання не менше ніж $1,7$ кгс/см². Натиснути на кнопку «Блокування» і перевірити візуально роботу системи гальмування і зволоження;
- у закладці «Зчеплення» на дисплеї комп'ютера ввести положення точки вимірювання та вибрати папку створену раніше для збереження даних, натиснувши клавішу «Вибрати» (C:\Мои документы\Зчеплення) і створити файл в який будуть записуватися результати вимірювань. Ім'ям цього файлу доцільно використати назву дороги

Вузол вимірювання зчеплення готовий до роботи.

7.2 Для вимірювання показників зчіпних якостей слід виконати такі операції:

- натиснути кнопку «**Включити**» закладки «Зчеплення» програми «УДВО»;
- у секції «Зчеплення» пульта управління «УДВО» натиснути кнопку «Блокування»;
- через декілька секунд гальмування автоматично вимикається;
- оператор на комп'ютері отримує значення зчіпних якостей даної точки вимірювань, після чого натискає кнопку «Зберегти»;
- після вимірювань виключити тумблер на пульті управління;

7.3. Калібрування вузла вимірювання зчеплення здійснюється наступним чином:

- запустити встановлену на комп'ютері програму «УДВО» при цьому на дисплеї розгортається вікно у верхній частині якого слід вибрати закладку «Калібрування»;
- у частині «показник зчіпних якостей» програми «УДВО» натиснути кнопку «ВКЛ»;
- навантажити вимірювальне колесо шляхом прикладення через динамометр і тарувальний пристрій Рис.4 сили 3,5 кН, і затримати її на декілька секунд, після чого зняти навантаження;
- у частині «показник зчіпних якостей» програми «УДВО» натиснути кнопку «ВИКЛ»;
- перемістити з лівої сторони графіку три жовтих лінії числових значень на графік з навантаженням у 3,5 кН;
- натиснути кнопку «Зберегти» і підтвердити зміну коефіцієнту.



Рисунок 4. Тарування вузла вимірювання зчіпних якостей.

8. РОЗВАНТАЖЕННЯ «УДВО» З ХОДОВОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

- 8.1.Зупинити ходову лабораторію на горизонтальній ділянці і поставити її на ручне гальмо;
- 8.2.Відчинити і зафіксувати задні двері ходової лабораторії;
- 8.3.Звільнити фіксатори 1 апарелів 2 рис.5 і розкласти їх на покриття;
- 8.4.З'єднати апарелі 2 тягою-фіксатором 3 рис.5;
- 8.5.Відпустити зажим 4 і встановити направляючу 5 рис.5 опорного колеса 3 рис.6;

8.6.ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ ЗНАХОДИТИСЬ У ЗОНІ СКОЧУВАННЯ «УДВО»!!!

- 8.7.Від'єднати зчіпний пристрій 1 рис.6 від опори 2;
- 8.8.Відкотити «УДВО» на 15-25см назад і під'єднати до опорного колеса 3 з'єднувальний елемент 4 тягової стрічки 5 рис.6;

- 8.9. Ввімкнути живлення на пульті управління кнопкою «+12В» щоб почала мигати лампочка на блоці управління 7 рис.6 спуску та підйому «УДВО»;
- 8.10. Плавню вручну відкочувати «УДВО» при цьому періодично нажимаючи кнопку «СПУСК» підтримуючи натягнутою тягову стрічку 5, до моменту зупинки «УДВО» на покритті і послаблення тягової стрічки;
- 8.11. Від'єднати тягову стрічку і покласти її у автомобіль тягач;
- 8.12. Звільнити опорне колесо фіксатором 6 рис.6 і зафіксувати його у транспортному положенні;
- 8.13. Скласти і зафіксувати направляючу опорного колеса;
- 8.14. Роз'єднати тягу-фіксатор апарелів і зафіксувати її на апарелі;
- 8.15. З'єднати зчіпний пристрій «УДВО» з форкопом ходової лабораторії;
- 8.16. Скласти і зафіксувати апарелі;
- 8.17. Зачинити двері ходової лабораторії;
- 8.18. Встановити поливальний пристрій у робоче положення;
- 8.19. Під'єднати кабелі управління, живлення та шланг по приналежності;
- 8.20. Закріпити трос страховки 8 рис.6;
- 8.21. Перевірити горіння габаритних та сигнальних вогнів.
- Обладнання готове до роботи.

9. ЗАВАНТАЖЕННЯ «УДВО» У ХОДОВУ ЛАБОРАТОРІЮ

Завантажування проводиться у зворотній послідовності розділу 8
«РОЗВАНТАЖЕННЯ «УДВО» З ХОДОВОЇ ЛАБОРАТОРІЇ»
ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ ЗНАХОДИТИСЬ У ЗОНІ СКОЧУВАННЯ
«УДВО»!!!

10. ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

- 10.1. Транспортування «УДВО» здійснювати при швидкості до 60 км/год згідно з Правилами дорожнього руху.
- 10.2. При вимірюваннях на дорозі слід виконувати вимоги ІНУВ 3.2.-218 – 051-95 «Інструкції по забезпеченню безпеки дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт на автомобільних дорогах».
- 10.3. Забороняється проведення робіт в темний період доби, в тумані, при сильному дощі.
- 10.4. Автомобіль-тягач повинен мати проблісковий маяк оранжевого кольору.
- 10.5. При розвантаженні і завантаженні «УДВО» **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ ЗНАХОДИТИСЬ У ЗОНІ СКОЧУВАННЯ «УДВО»!!!**
- 10.6. Обслуговуючий персонал повинен бути проінструктований про особливості проведення польових робіт і одягнутий в жилети оранжевого кольору.

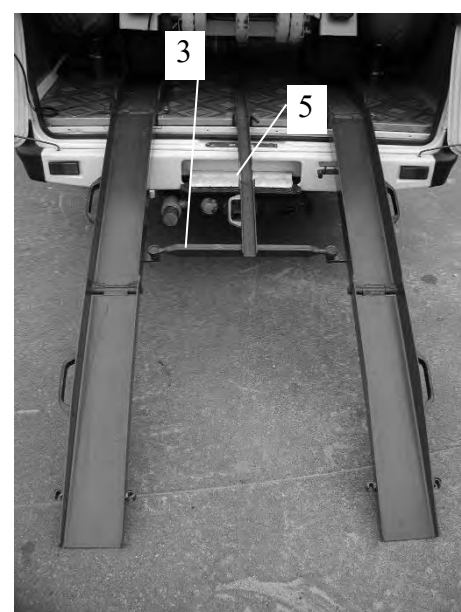
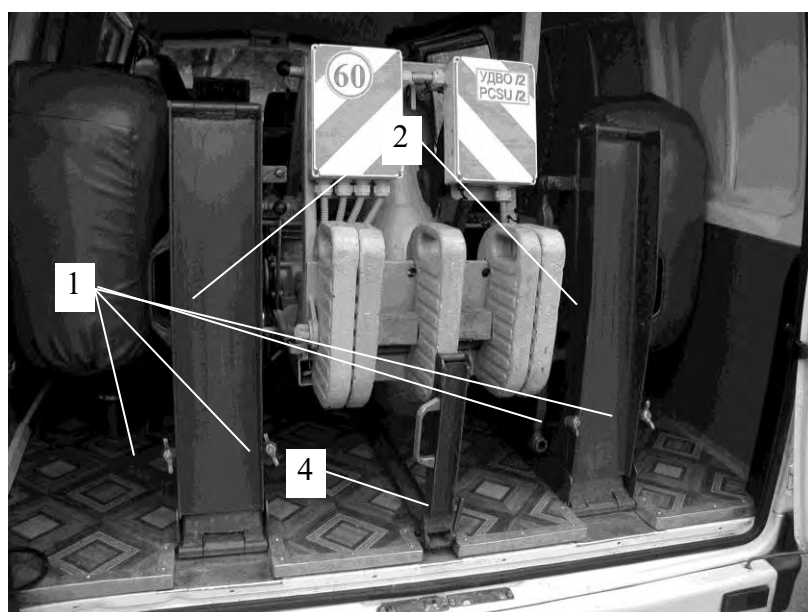


Рисунок 5

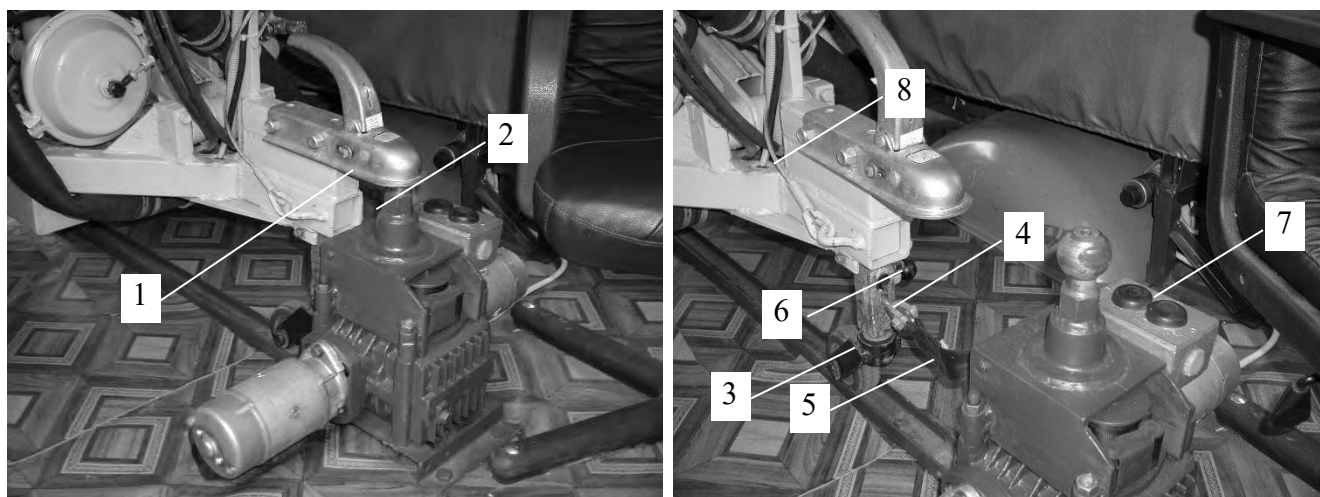


Рисунок 6

11. МОЖЛИВІ НЕСПРАВНОСТІ ТА СПОСОБИ ЇХ УСУНЕННЯ

Під час дії гарантійних зобов'язань ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ проводити ремонтні роботи без присутності представника організації поставщика, інакше гарантійні зобов'язання припиняються!

Таблиця 2.

Найменування несправності	Можлива причина	Спосіб усунення
1	2	3
1. При запуску програми «УДВО» висвічується повідомлення «На COM 1 мишь не обнаружена»	Погано з'єднані роз'єми	Перевірити надійність з'єднань та перезапустити програму
2. Згас індикатор червоного кольору в блоці «Живлення» пульта	1. Недостатня напруга акумулятора бортової мережі (менше 10 В)	Зарядити акумулятор

Найменування несправності	Можлива причина	Спосіб усунення
1	2	3
	2.Згорів один із запобіжників № 1,2,3,4	Замінити запобіжник
3.Під час підйому ударника гасне індикатор червоного кольору блоку живлення комп'ютера, та звучить сигнал	Недостатня напруга акумулятора бортової мережі (менше 10 В)	Зарядити акумулятор
4. Не піднімається ударник	1.Недостатній рівень оливи в гідравлічній системі підйомнику	Долити оливу в бак гідравлічної системи до рівня зливного отвору
	2.Недостатня напруга акумулятора бортової мережі (менше 10 В)	Зарядити акумулятор
5. При роботі вузла вимірювання зчеплення колесо не блокується	1.Недостатній рівень гальмівної рідини в гідросистемі гальмування	Долити гальмівну рідину
	2. Недостатній тиск повітря в пневматичній системі	Відрегулювати тиск клапаном, розміщеним на ресивері до 2кгс/см²

Найменування несправності	Можлива причина	Спосіб усунення
1	2	3
6. Не працює одна з електричних систем	Згорів запобіжник	Перевірити і при необхідності замінити запобіжник

ДОДАТОК Б**ІНСТРУКЦІЯ****Метрологія**

**Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО»
для визначення міцності дорожнього одягу нежорсткого типу,
рівності та показника зчіпних якостей дорожнього покриття**

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ



ГОССТАНДАРТ УКРАЇНИ

Український державний науково-виробничий центр стандартизації,
метрології та сертифікації (УкрЦСМ)

УЗГОДЖЕНО

Проректор НТУ

 М.М.Дмитрієв

«__» _____ 2002р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зам. директора УкрЦСМ

 С.А. Кіалдунозянц

«__» _____ 2002р.

ІНСТРУКЦІЯ Метрологія

**Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО»
для визначення міцності дорожнього одягу нежорсткого типу,
рівності та показника зчіпних якостей дорожнього покриття**

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ

УЗГОДЖЕНО

Начальник відділу 22 УкрЦСМ

 А.П. Іващенко

Керівник розробки

Професор

 Д.О.Павлюк

Начальник відділу 23 УкрЦСМ

 О.М. Самойленко

Київ – 2002

Ця інструкція поширюється на Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО» і аналогічні, та встановлює зміст і методику його метрологічної атестації.

1 РОЗГЛЯД ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

1.1 Зміст вимог по розгляду технічної документації та вказівки щодо методики розгляду наведені в таблиці 1

Таблиця 1

Зміст робіт по розгляду технічної документації	Вказівки щодо методики розгляду
1 Перевірка повноти і правильності способів вираження метрологічних характеристик, нормованих в експлуатаційній документації	Перевіряється повнота і правильність нормування метрологічних характеристик в експлуатаційній документації
2 Перевірка повноти і правильності методів і засобів повірки	Розглядається методика повірки на відповідність РД 50-660
3 Перевірка повноти і правильності нормування вимог безпеки на відповідність вимогам державних стандартів ССБТ	Перевіряється правильність нормування вимог безпеки
4 Перевірка повноти і правильності викладу експлуатаційної документації	Розглядається експлуатаційна документація на відповідність вимогам ГОСТ 2.601

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 При проведенні метрологічної атестації слід виконати наступні операції та застосувати засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) з характеристиками, які наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Найменування операції	Пункт методики	ЗВТ, що застосовуються під час атестації
1	2	3
1 Перевірка комплектності, маркування та зовнішнього вигляду	3.3	_____
2 Перевірка працездатності «УДВО» при вимірюванні	3.4	_____

міцності дорожнього одягу		
---------------------------	--	--

Закінчення Таблиці 2

1	2	3
3 Визначення відносної похибки «УДВО» при вимірюванні міцності дорожнього одягу	3.5	Мікрометр годинникового типу; прогиномір; гідравлічні ваги моделі КП-205.
4 Перевірка працездатності «УДВО» при вимірюванні рівності дорожнього покриття	3.6	_____
5 Визначення відносної похибки «УДВО» при вимірюванні рівності дорожнього покриття	3.7	Лінійка 1м ГОСТ 427-75
6 Перевірка працездатності «УДВО» при вимірюванні показника зчіпних якостей дорожнього покриття	3.8	_____
7 Визначення відносної похибки «УДВО» при вимірюванні показника зчіпних якостей дорожнього покриття	3.9	Динамометр ДПУ 05-02 ГОСТ 9409-60
8 Дослідна перевірка методики повірки	3.10	Виконати операції методики повірки

2.2 Допускається застосовувати інші засоби метрологічної атестації з технічними характеристиками не гірше, ніж у наведених вище.

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вимоги безпеки

3.1.1 При проведенні метрологічної атестації необхідно дотримуватися вимог безпеки, які викладені в експлуатаційній документації.

3.1.2 До роботи по обслуговуванню, проведенню профілактичних робіт, ремонту, проведенню метрологічної атестації може бути допущений персонал, який вивчив конструкцію приладу, викладену в керівництві з експлуатації,

методику метрологічної атестації і який пройшов спеціальний інструктаж по техніці безпеки, правилам експлуатації приладу.

3.1.3 Особливо небезпечним є ударник. У неробочому стані він повинен бути закріплений на амортизаторі.

3.1.4 Забороняється доторкатися до робочої частини ударника при вимірюванні міцності.

3.2 Умови проведення вимірювань

При проведенні експериментальних досліджень потрібно дотримуватись умов передбачених експлуатаційною документацією.

3.2.1 Перед проведенням експериментальних досліджень необхідно провести налагодження вузлів і пристроїв «УДВО» у відповідності з його експлуатаційною документацією.

3.3 Перевірка комплектності, маркування та зовнішнього вигляду

Зовнішній огляд необхідно проводити в транспортному положенні. При проведенні зовнішнього огляду повинна бути встановлена відповідність комплектності та маркування вимогам експлуатаційної документації, а також перевірити «УДВО» на відсутність механічних та інших дефектів котрі можуть впливати на роботу приладу.

Результат операції метрологічної атестації вважається позитивним, якщо комплектність та маркування відповідають вимогам експлуатаційної документації, відсутні механічні та інші дефекти, які можуть впливати на точність вимірювань.

3.4 Перевірка працездатності «УДВО» при вимірюванні міцності дорожнього одягу

3.4.1 Згідно експлуатаційної документації «УДВО» виміряти міцність дорожнього одягу на двох точках з різною міцністю дорожнього одягу.

Результат метрологічної атестації вважається позитивним, якщо при збільшенні міцності дорожнього одягу показання «УДВО» теж збільшуються.

3.5 Визначення відносної похибки «УДВО» при вимірюванні міцності

дорожнього одягу

3.5.1 Відмітити 5 точок з різною міцністю дорожнього одягу.

3.5.2 Виміряти міцність дорожнього одягу за ВСН 46-83 «Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа» на заданих точках.

3.5.3 Згідно експлуатаційної документації «УДВО» виміряти міцність дорожнього одягу на заданих точках.

3.5.4 Результати записати у таблицю згідно додатка 1

Визначити для кожної точки абсолютну і відносну похибки вимірювання міцності згідно Додатку Б.1

Основна відносна похибка приймається як максимальна з усіх значень.

Результат метрологічної атестації вважається позитивним, якщо максимальне значення основної відносної похибки відповідає вимогам експлуатаційної документації.

3.6 Перевірка працездатності «УДВО» при вимірюванні рівності дорожнього покриття

3.6.1 Встановити триногу з натяжним пристроєм і запустити комп'ютерну програму вимірювання рівності.

3.6.2 За допомогою натяжного пристрою перемістити підресорену масу вверх до максимального значення при цьому слідкувати за результатами показання «УДВО».

Результат метрологічної атестації вважається позитивним, якщо при збільшенні переміщення показання «УДВО» теж збільшуються.

3.7 Визначення відносної похибки «УДВО» при вимірюванні рівності дорожнього покриття.

3.7.1 З нейтрального положення підресореної частини «УДВО» натяжним пристроєм спочатку підняти вантаж на 6 см, обнулити «УДВО», а далі шляхом опускання і підймання вантажу на 5 см (контролюючи за допомогою лінійки) фіксувати значення із кроком 10 см по програмі «УДВО» до сумарного значення (по лінійці) 100 см.

3.7.2 Пункт 3.7.1 повторити тричі.

3.7.3 Результати записати у таблицю згідно Додатку Б.2.

Визначити для кожної точки абсолютну і відносну похибки вимірювання рівності згідно додатка 2

Основна відносна похибка приймається як максимальна з усіх значень.

Результат метрологічної атестації вважається позитивним, якщо значення границь основної відносної похибки відповідає вимогам експлуатаційної документації.

3.8 Перевірка працездатності «УДВО» при вимірюванні показника зчіпних якостей дорожнього покриття.

3.8.1 Встановити калібрувальне обладнання для вимірювання показника зчіпних якостей дорожнього покриття і запустити відповідну комп'ютерну програму.

3.8.2 За допомогою натяжного пристрою подати навантаження від 0 до 250 кгс, при цьому слідкувати за результатами показання «УДВО».

Результат метрологічної атестації вважається позитивним, якщо при збільшенні переміщення показання «УДВО» теж збільшуються.

3.9 Визначення відносної похибки «УДВО» при вимірюванні зчіпних якостей дорожнього покриття.

3.9.1 Встановити показання «УДВО» на «0». Плавним обертанням натяжного пристрою збільшити навантаження згідно динамометра до $F=50$ кгс; витримати його декілька секунд, потім ступенями по 50 кгс збільшувати навантаження до 250 кгс; записати показання «УДВО» за калібрувальним графіком у таблицю додатку 3.

3.9.2 Потім, обертанням натяжного пристрою у зворотньому напрямку повністю зняти навантаження.

3.9.3 Пункт 3.9.1 і пункт 3.9.2 повторити тричі.

Визначити для кожної точки абсолютну і відносну «УДВО» при вимірюванні показника зчіпних якостей згідно додатка 3

Основна відносна похибка приймається як максимальна з усіх значень.

Результат метрологічної атестації вважається позитивним, якщо значення границь основної відносної похибки відповідає вимогам експлуатаційної документації.

3.10 Дослідна перевірка методики повірки.

Виконати операції методики повірки. Результат операції метрологічної атестації вважається позитивним, якщо всі операції повірки було виконано і метрологічні характеристики, одержані під час атестації підтверджені операціями повірки.

4 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ

4.1 При позитивних результатах метрологічної атестації видається свідоцтво про метрологічну атестацію встановленої форми згідно з ДСТУ 3215, при негативних – протокол, в який внесені одержані результати, зауваження та висновки про непридатність ЗВТ до застосування з відповідним обґрунтуванням.

ДОДАТОК Б.1

ПРОТОКОЛ
МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ «УДВО» ПРИ ВИМІРЮВАННІ
МІЦНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Виробник: _____

Належить: _____

Зовнішній огляд: _____

Випробування проводились _____. на одних і тих же точках дослідних ділянок за стандартною методикою, передбаченою ВСН 46-83, і за допомогою «УДВО».

Для кожної точки визначалася абсолютна похибка ΔE визначення загального модуля пружності за формулою

$$\Delta E = E_y - E_c,$$

де E_y - модуль пружності, визначений «УДВО», МПа

E_c – модуль пружності, визначений за стандартною методикою, МПа;

та відносна похибка δ за формулою

$$\delta = \Delta E / E_c.$$

За основну відносну похибку прийнято максимальне значення δ .

Таблиця

Модуль пружності дорожнього одягу визначений за стандартною методикою E_c , МПа	Модуль пружності дорожнього одягу визначений «УДВО» E_y , МПа	Похибка		Границі допустимої відносної похибки, %
		Абсолютна ΔE , МПа	Відносна δ , %	
				±20

ВИСНОВОК: _____

Підписи _____

ДОДАТОК Б.2

ПРОТОКОЛ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ «УДВО» ПРИ ВИМІРЮВАННІ РІВНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ

Виробник: _____

Належить: _____

Зовнішній огляд: _____

Випробування проводились при трьох послідовних вимірюваннях переміщення.

Для кожного кроку визначалось середнє значення S_{cpi}

$$S_{cpi} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 S_{ij}$$

Абсолютна похибка визначалась як різниця ΔS_i між середнім значенням величини переміщень по «УДВО» S_{cpi} та величиною переміщень по лінійці S_{ni} :

$$\Delta S_i = S_{cpi} - S_{ni}$$

Для кожного кроку відносна похибка δ визначалась за формулою:

$$\delta_i = \Delta S_i / S_{ni} \cdot 100 \%$$

За основну відносну похибку прийнято максимальне значення δ .

Таблиця

№ п/п	Величина переміщення по лінійці S_{ni} , см	Величина переміщення по «УДВО», см				Абсолютна похибка ΔS_i , см	Відносна похибка δ_i , %	Границі допустимої відносної похибки, %
		1	2	3	Середнє значення S_{cpi}			
1	10							±15
2	20							
3	30							
4	40							
5	50							
6	60							
7	70							
8	80							
9	90							
10	100							

ВИСНОВОК: _____

Підписи

ДОДАТОК 3

ПРОТОКОЛ
МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ «УДВО» ПРИ ВИМІРЮВАННІ
ПОКАЗНИКІВ ЗЧПНИХ ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

Виробник: _____

Належить: _____

Зовнішній огляд: _____

Випробування проводились за допомогою динамометра ДПУ-0,5-2 №1015.
 Для кожного значення дотичного зусилля визначалось середнє арифметичне значення « F_{cpi} » по формулі:

$$F_{cpi} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 F_{ij}$$

Абсолютна похибка визначалась як різниця ΔF_i між середнім значенням величини переміщень по «УДВО» F_{cpi} та показами динамометра F_{di}

$$\Delta F_i = F_{cpi} - F_{di},$$

Визначали для кожного ступеню навантаження основну відносну похибку за формулою:

$$\delta_i = \Delta F_i / F_{di}.$$

За основну відносну похибку прийнято максимальне значення δ .

Таблиця

№ п/п	Показання динамометра, F_{di} , Н	Сила зчеплення по «УДВО», F_{ij} , Н				Абсолютна похибка ΔF_i , см	Відносна похибка δ_i , %	Границі допустимо ї відносної похибки, %
		1	2	3	Середнє значення F_{cpi}			
1	0							±5
2	500							
3	1000							
4	1500							
5	2000							
6	2500							
7	3000							
8	3500							

ВИСНОВОК: _____

Підписи

ДОДАТОК В

ПРОГРАМА
приймальних випробувань
Універсального дорожнього вимірювального обладнання
«УДВО»

Державна служба автомобільних доріг України

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник управління

науково-технічної політики

_____Прусенко Є.Д.

« ____ » _____ 2002 р.

ПРОГРАМА
приймальних випробувань

**Універсального дорожнього вимірювального обладнання
«УДВО»**

Київ – 2002

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Ця програма поширюється на Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО» і встановлює зміст і методику його приймальних випробувань.

Метою випробувань є:

- перевірка роботоздатності обладнання;
- перевірка чутливості вимірювальних вузлів;
- перевірка збіжності результатів вимірювання рівності і показників зчіпних якостей.

2. ПОРЯДОК ВИПРОБУВАНЬ

2.1 Порядок випробувань вузла вимірювання показників зчіпних якостей.

2.1.1 На автомобільній дорозі вибираються три ділянки, які візуально відрізняються за ступенем зносу чи типом покриття.

2.1.2 Здійснюється проїзд «УДВО» три рази по кожній ділянці з вимірюванням показника зчіпних якостей.

2.1.3 Результати вимірювань обробляються і заносяться в протокол (Додаток В.1).

2.2 Порядок випробувань вузла вимірювання рівності.

2.2.1. На автомобільній дорозі вибираються три ділянки, які візуально відрізняються за станом покриття по рівності.

2.2.2 Здійснюється проїзд «УДВО» три рази по кожній ділянці з вимірюванням рівності покриття.

2.2.3 Результати вимірювань обробляються і заносяться в протокол (Додаток В.2).

2.3 Порядок випробувань вузла вимірювання міцності.

2.3.1 На автомобільній дорозі вибираються три ділянки, які знаходяться на різних за категоріями дорогах.

2.3.2 На кожній ділянці три рази вимірюється модуль пружності дорожнього одягу.

2.3.3 Результати вимірювань обробляються і заносяться в протокол (Додаток В.3).

ДОДАТОК В.1

ПРОТОКОЛ

ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВУЗЛА ВИМІРЮВАННЯ ЗЧІПНИХ
ЯКОСТЕЙ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО
ДОРОЖНЬОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ («УДВО»)

Випробування проводились три рази на кожній ділянці при трьох послідовних проїздах з швидкістю 60 км/год.

Для кожної ділянки визначалось середнє значення $\varphi_{\text{ср}}$, яке приймалось за базове для порівняння результатів. Визначалась різниця між кожним результатом і середнім значенням.

Відносна похибка δ визначалась за формулою:

$$\delta = \frac{\Delta}{\varphi_{\text{ср}}},$$

де Δ - середнє значення різниці між отриманими результатами і середнім значенням за модулем.

№ ді- лян- ки	Значення показника зчїпних якостей φ при проїздах ділянки №			Середнє значення $\varphi_{\text{ср}}$ для ділянки	Відносна похибка δ , %	Примітка
	1	2	3			
1	0.31	0.33	0.33	0.32	3.1	
2	0.33	0.36	0.37	0.35	4.8	
3	0.39	0.40	0.37	0.39	2.6	
4	0.35	0.35	-	0.35	0.0	

Висновок: Відносна похибка значення показника зчїпних якостей не перевищує допустимого значення (5 %). Вузол вимірювання показника зчїпних якостей «УДВО» придатний до використання.

Голова комісії:

Члени комісії

Є.Д. Прусенко

С.І. Андрєєв

М.Л. Міщенко

С.А. Рибальченко

Д.О. Павлюк

Г.Ф. Науменко

Т.В. Хрипушина

ДОДАТОК В.2

ПРОТОКОЛ
ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВУЗЛА ВИМІРЮВАННЯ РІВНОСТІ
ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ДОРОЖНЬОГО
ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ («УДВО»)

Випробування проводились при трьох послідовних проїздах ділянок вимірювання.

За базове для порівняння результатів приймалось середнє значення S_{cp} . Визначалась різниця між кожним результатом і середнім значенням.

Відносна похибка δ визначалась за формулою:

$$\delta = \frac{\Delta}{S_{cp}},$$

де Δ - середнє значення різниці між отриманим результатом і середнім значенням за модулем.

№ ді- лян- ки	Значення показника рівності S, см/км, при проїздах ділянки №			Середнє значення S_{cp} для ділянки, см/км	Відносна похибка δ , %	Примітка
	1	2	3			
1	98	100	92	97	3.1	
2	153	154	147	151	2.0	
3	111	111	110	111	0.3	
4	113	114	115	114	0.6	
5	90	90	93	91	1.5	
6	105	110	106	107	1.9	
7	89	86	84	86	1.9	
8	71	73	73	72	1.3	
9	101	98	102	100	1.6	
10	122	121	121	121	0.3	
11	116	116	119	117	1.1	
12	81	81	80	81	0.4	

Висновок: Відносна похибка значення показника рівності не перевищує допустимого значення (15 %). Вузол вимірювання рівності дорожнього покриття «УДВО» придатний до використання.

Голова комісії:

Члени комісії

Є.Д. Прусенко

С.І. Андрєєв

М.Л. Міщенко

С.А. Рибальченко

Д.О. Павлюк

Г.Ф. Науменко

Т.В. Хрипушина

ДОДАТОК В.3

ПРОТОКОЛ
ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВУЗЛА ВИМІРЮВАННЯ МІЦНОСТІ
ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ УНІВЕРСАЛЬНОГО ДОРОЖНЬОГО
ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ («УДВО»)

Випробування проводились на кожній ділянці не менше трьох разів.

За базове для порівняння результатів приймалось середнє значення модуля пружності E_{cp} . Визначалась різниця між кожним результатом і середнім значенням.

Відносна похибка δ визначалась за формулою:

$$\delta = \frac{\Delta}{E_{cp}},$$

де Δ - середнє значення різниці між отриманим результатом і середнім значенням за модулем.

№ ді- лян- ки	Значення модуля пружності E, МПа, при вимірюваннях №					Середнє значення E_{cp} для ділянки, МПа	Відносна похибка δ , %	Примітка
	1	2	3	4	5			
1	165	165	165	-	-	165	0.0	Асфальтобетон
2	295	322	322	322	-	315	3.2	Асфальтобетон
3	295	322	353	353	353	335	6.4	Поверхнева обробка

Висновок: На поверхневій обробці показання вузла вимірювання міцності стабілізуються після першого удару. В керівництво з експлуатації «УДВО» необхідно внести поправку проте, що значення модуля пружності дорожнього одягу на ділянках доріг з поверхневою обробкою слід визначати після виконання пробного удару.

Відносна похибка значення модуля пружності не перевищує допустимого значення (20 %). Вузол вимірювання міцності дорожнього одягу «УДВО» придатний до використання.

Голова комісії:

Члени комісії

Є.Д. Прусенко

С.І. Андреев

М.Л. Міщенко

С.А. Рибальченко

Д.О. Павлюк

Г.Ф. Науменко

Т.В. Хрипушина

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший заступник Голови

ДОДАТОК В.4

Державної служби автомобільних
доріг України (УКРАВТОДОР)

_____ М.Д. Климпуш
«___» _____ 2002 р.

АКТ**приймання дослідного зразка****Універсального дорожнього вимірювального обладнання («УДВО»)**

Відомча комісія у складі: голови Є.Д. Прусенко – начальника Управління науково-технічної політики Державної служби автомобільних доріг України (УКРАВТОДОР); членів комісії: С.І. Андреева – директора ДНТЦ «Дор'якість»; М.Л. Міщенко – заступника директора ДНТЦ «Дор'якість» з наукової роботи; С.А. Рибальченко – начальника відділу якості та нових технологій Управління науково-технічної політики; Д.О. Павлюка – професора Національного транспортного університету; Г.Ф. Науменко – начальника відділу охорони праці та страхової політики Державної служби автомобільних доріг України (УКРАВТОДОР); Т.В. Хрипушиної – начальника відділу стандартизації і метрології УДВТП «Укрдортехнологія», призначена Наказом Державної служби автомобільних доріг України (УКРАВТОДОР) № 196 від 28.05.2002, провела приймальні випробування дослідного зразка Універсального дорожнього вимірювального обладнання («УДВО») згідно з затвердженою Програмою приймальних випробувань. На підставі даних випробувань (протоколи приймальних випробувань додаються) комісія вважає конструкцію «УДВО» такою, що витримала приймальні випробування.

Удосконалення конструкції «УДВО» в майбутньому слід проводити в напрямках обладнання її одометром та автоматизації процесів управління.

Дослідний зразок «УДВО» може бути переданий в ДНТЦ «Дор'якість».

Додаток. Протоколи приймальних випробувань в кількості 3-шт.

Голова комісії:

Члени комісії

Є.Д. Прусенко

С.І. Андреев

М.Л. Міщенко

С.А. Рибальченко

Д.О. Павлюк

Г.Ф. Науменко

Т.В. Хрипушина

ДОДАТОК Г
РОЗРОБЛЕНІ ДОКУМЕНТИ



ДСТУ Б В.2.3-8-2003

ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Споруди транспорту

ДОРОЖНІ ПОКРИТТЯ
МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ

Видання офіційне

Держбуд України
Київ 2003

ГСТУ 218.02070915-102-2003

ГАЛУЗЕВИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**Автомобільні дороги. Визначення
транспортно - експлуатаційних показників
дорожніх покриттів. Методи та засоби**

Київ-2003

**Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор)
Національний транспортний університет**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Заступник Голови

Державної служби

автомобільних доріг України

(Укравтодор)



Є.Д. Прусенко

"7" 2007 р.

Методичні вказівки

**щодо визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожнього
покриття універсальним дорожнім вимірювальним обладнанням**

МВ-218-02070915-627:2007

ПОГОДЖЕНО

Начальник управління науково-
технічної політики Державної служби
автомобільних доріг України
(Укравтодор)

С.І. Андреев
" " 2007 р.

РОЗРОБЛЕНО

Перший проректор, проректор
Національного транспортного
університету з наукової роботи

М.М. Дмитрієв
" " 2007 р.

Завідувач лабораторії автомобільних
доріг та аеродромів

Д.О. Павлюк
"19" листопада 2007 р.

ПОГОДЖЕНО

Начальник відділу
Метрології та стандартизації УДВТІП
„Укрдортехнологія”

О.В. Мозговий
" " 2007 р.

Київ
2007

жкз ЛАДА



СТАНДАРТ УКРАВТОДОР

**Автомобільні дороги.
Визначення транспортно-експлуатаційних
показників дорожніх одягів**

СОУ 45.2-00018112-042:2009**Видання офіційне**

Київ
Державна служба автомобільних доріг України
(Укравтодор)
2009



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ 8746:2017

Автомобільні дороги

**МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ
ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНІ
ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ**

Видання офіційне

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
2019

ДОДАТОК Д

Дослідні ділянки та результати проведення експериментальних досліджень.

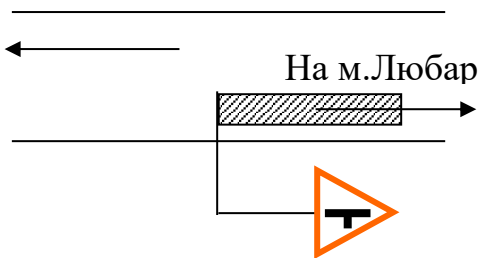
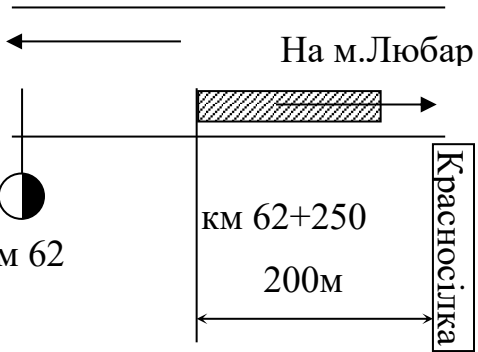
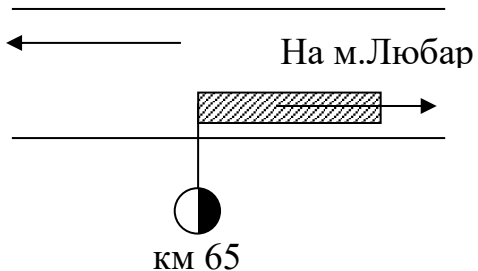
Дослідні ділянки по визначенню зчіпних якостей були вибрані таким чином щоб на незначній відстані можна були вимірювати різні значення показника зчіпних якостей.

Перші випробування проводилися у Чуднівському р-ні Житомирської області на автомобільних дорогах місцевого та державного значення. Були підібрані ділянки з різними типами покриття від зношеного асфальтобетону до нової поверхневої обробки, також була спеціально зроблена ділянка із чистого бітуму, для отримання мінімальних результатів показника зчіпних якостей. Схеми розміщення та прив'язка представлені у таблиці Д.1.

Таблиця Д.1 – Схеми розміщення дослідних ділянок першої серії випробувань

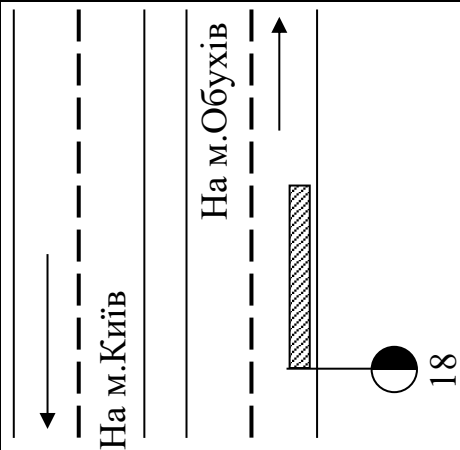
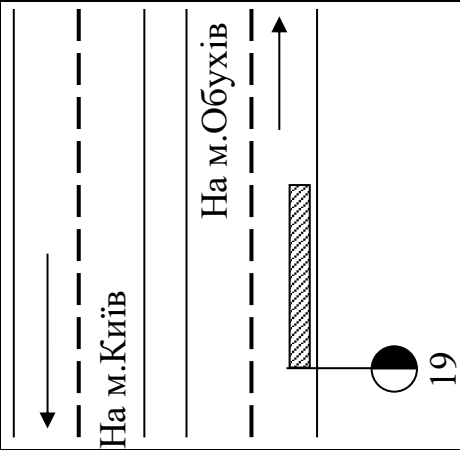
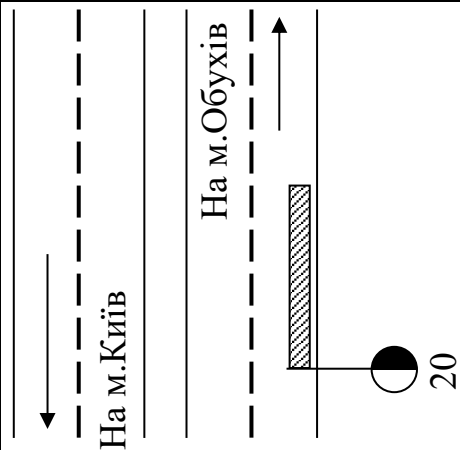
№ ділянки	Схема ділянки	Характеристика ділянки	Примітка
1	2	3	4
1		Поверхнева обробка стара	1
2		Спеціально зроблена бітумна смуга	2 3

Закінчення таблиці Д.1

1	2	3	4
3	На м.Чуднів  На м.Любар	Нова поверхнева обробка	4
4	На м.Чуднів  На м.Любар 2-й стовпчик перед мостом	Стара поверхнева обробка	
5	На м.Чуднів  На м.Любар км 62 км 62+250 200м Красносілка	Нова поверхнева обробка	
6	На м.Чуднів  На м.Любар км 65	Асфальтобетон №1	5
7	На м.Чуднів  На м.Любар Границя районів	Асфальтобетон №2	6

Другу серію випробувань проводили на ділянці автомобільної дороги державного значення Київ-Обухів км 18-23. Випробування проводилися по правій стороні руху у напрямку м.Обухова. Схеми розміщення та прив'язка представлені у таблиці Д.2.

Таблиця Д.2 – Схеми розміщення дослідних ділянок другої серії випробувань

№ ділянки	Схема ділянки	Характеристика ділянки	Примітка
1	2	3	4
1		Поверхнева обробка стара	
2		Поверхнева обробка стара	
3		Поверхнева обробка стара	

Закінчення таблиці Д.2

1	2	3	4
4		Асфальтобетон	
5		Стара червона поверхнева обробка	
6		Стара червона поверхнева обробка	
7		Стара червона поверхнева обробка	

Третю серію випробувань проводили на ділянці автомобільної дороги місцевого значення, що йде від дороги Київ-Кіровоград на с.Плюти. Схеми розміщення та прив'язка представлені у таблиці Д.3.

Таблиця Д.3 – Схеми розміщення дослідних ділянок другої серії випробувань

№ ділянки	Схема ділянки	Характеристика ділянки	Примітка
1	2	3	4
1		Асфальтобетон	
2		Поверхнева обробка стара	
3		Поверхнева обробка стара дуже слизька	

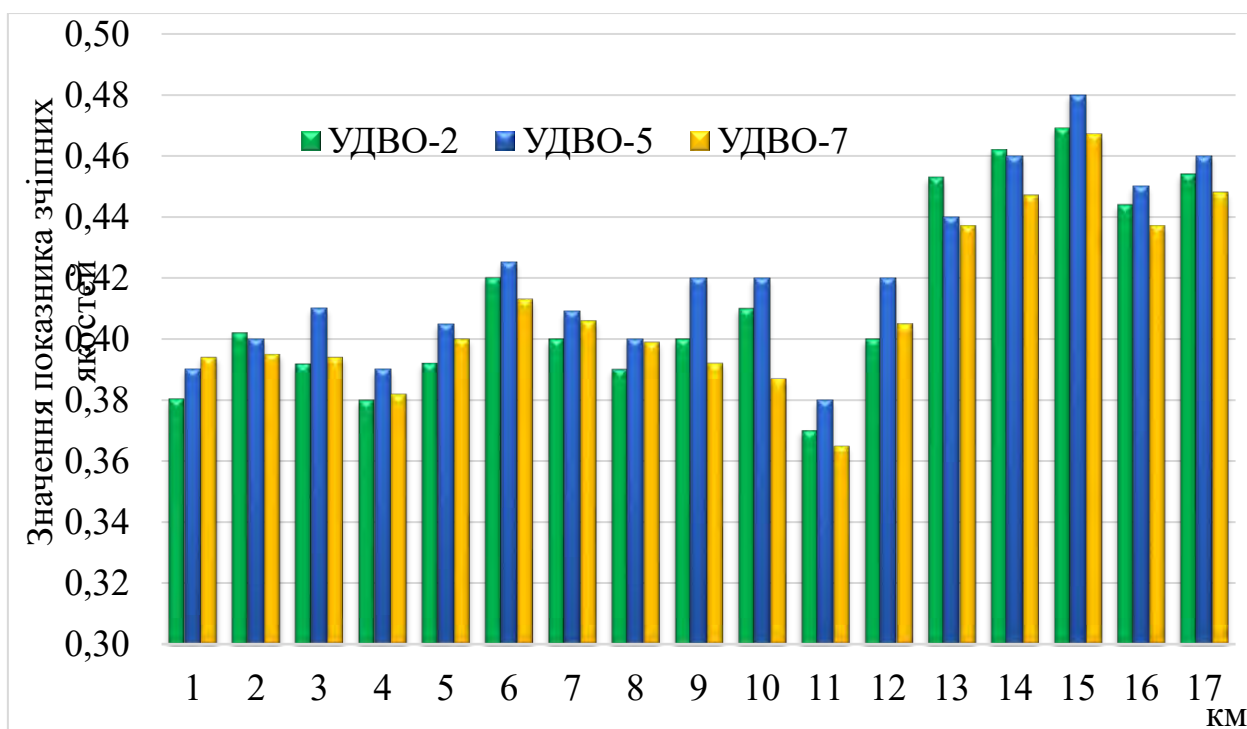


Рисунок Д.1 – Показання приладів УДВО-2, УДВО-5 та УДВО-7 на дослідних ділянках

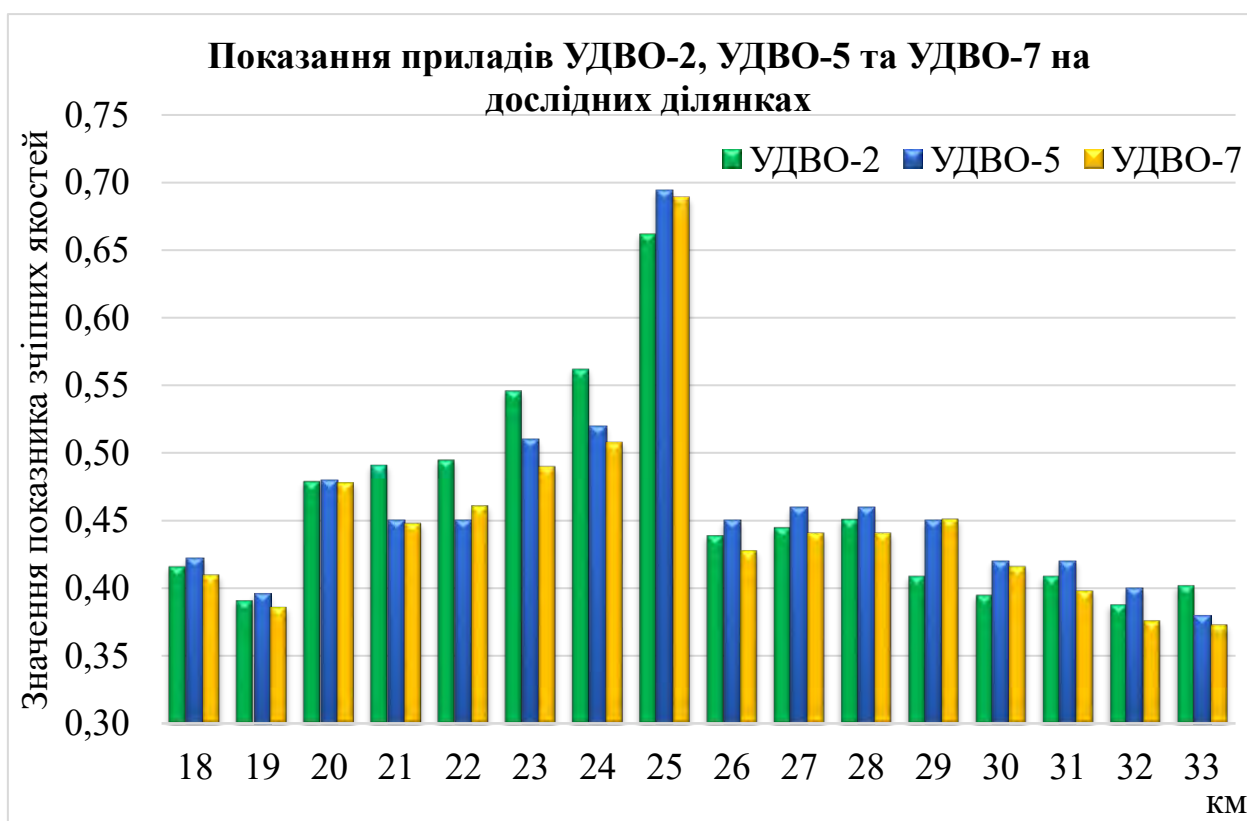


Рисунок Д.2 – Показання приладів УДВО-2, УДВО-5 та УДВО-7 на дослідних ділянках

Таблиця Д.5 – Результати порівняльних випробувань «УДВО-2» з ручним режимом гальмування і зволоження та «УДВО-7» з автоматичним режимом гальмування і зволоження. Дорога: М-03 Київ-Бориспіль км 24 - 30

Ч.ч.	Від	До	Напрямок	Зчеплення «УДВО-2» Ручний режим гальмування і зволоження					Зчеплення «УДВО-7» Автоматичний режим гальмування і зволоження				
				1	2	3	Сер	δ	1	2	3	Сер	δ
1	24	25	1	0,460	0,450	0,460	0,457	0,007	0,436	0,444	0,447	0,442	0,006
2	25	26	1						0,423	0,428	0,425	0,425	0,003
3	26	27	1						0,419	0,413	0,416	0,416	0,003
4	27	28	1	0,470	0,480	0,490	0,480	0,010	0,395	0,397	0,399	0,397	0,002
5	28	29	1	0,500	0,490	0,470	0,487	0,017	0,407	0,381	0,389	0,392	0,015
6	29	30	1	0,460	0,470	0,465	0,465		0,381	0,393	0,398	0,391	0,010
7	30	31	1	0,490	0,490	0,470	0,483	0,013	0,387	0,394	0,386	0,389	0,005
8	30	29	2	0,470	0,420	0,460	0,450	0,030	0,447	0,454	0,448	0,450	0,004
9	29	28	2	0,490	0,450	0,450	0,463	0,027	0,416	0,419	0,412	0,416	0,004
10	28	27	2	0,450	0,460	0,450	0,453	0,007	0,405	0,405	0,401	0,404	0,003
11	27	26	2	0,460	0,470	0,480	0,470	0,010	0,409	0,410	0,392	0,404	0,012
12	26	25	2	0,490	0,470	0,490	0,483	0,013	0,402	0,405	0,399	0,402	0,003

Таблиця Д.6 – Визначення залежності величини зчипних якостей від швидкості руху на дослідних ділянках з різним типом покриття установкою «УДВО»

Ч.ч.	Швидкість	Київ-Бориспіль	Бориспіль - Бортнічі Сларі- сіл	Київ, вул. Челябінська, асфальтобетон, 1 ділянка		Асфальтобетон 2 ділянка	Поверхнева обробка	Поверхнева обробка нова	Бітумна смуга
				сухе	зволожено				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,1	0,67	0,59	0,84	0,71	0,58	0,58	0,77	0,52
2	0,1	0,67	0,59	0,87	0,66	0,68	0,61	0,66	0,50
3	0,1	0,66	0,59	0,86	0,69	0,63	0,60	0,69	0,51
4	5	0,63	0,55	0,80	0,67	0,54	0,54	0,73	0,48
5	5	0,63	0,55	0,83	0,62	0,64	0,57	0,62	0,46
6	5	0,62	0,55	0,82	0,65	0,59	0,56	0,65	0,47

7	20	0,62	0,53	0,76	0,55	0,58	0,49	0,64	0,37
8	20	0,61	0,5	0,75	0,49	0,6	0,45	0,62	0,39
9	20	0,61	0,5	0,75	0,53	0,59	0,47	0,63	0,38
10	40	0,45	0,47	0,72	0,44				
11	40	0,48	0,48	0,70	0,46				
12	40	0,5	0,46	0,71	0,45				
13	50					0,47	0,41	0,56	0,32
14	50					0,51	0,41	0,54	0,35
15	50					0,49	0,37	0,6	0,33
16	60	0,37	0,41	0,69	0,43				
17	60	0,38	0,41	0,65	0,41				
18	60	0,38	0,4	0,67	0,42				
19	60	0,38	0,42	0,67	0,42				
20	70	0,36	0,38	0,63	0,38	0,42	0,4	0,52	0,3
21	70	0,37	0,39	0,63	0,38	0,48	0,38	0,54	0,3
22	70	0,36	0,38	0,63	0,38	0,45	0,39	0,53	0,3
23	70	0,36	0,39	0,63	0,38				
24	80	0,33	0,35	0,6	0,35				
25	80	0,33	0,35	0,6	0,35				
26	100	0,32	0,35	0,59	0,34	0,41	0,35	0,49	0,27
27	100	0,32	0,35	0,59	0,34	0,41	0,35	0,49	0,27
28	120	0,30	0,33	0,57	0,32	0,39	0,33	0,47	0,25
29	120	0,30	0,33	0,57	0,32	0,39	0,33	0,47	0,25
30	140	0,29	0,32	0,56	0,31	0,38	0,32	0,46	0,24
31	140	0,29	0,32	0,56	0,31	0,38	0,32	0,46	0,24

Таблиця Д.7 – Залежність величини коефіцієнта зчеплення від тиску повітря в шині

Ч.ч.	Тип шини	Ділянка вимірювань	Тиск повітря в шині					Зволоженість покриття
			1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	
1	И-151	1	143	145	149	156		Не зволожене
2	И-151	1	89	95	97	99		Зволожене
3	БЦ-11	1	105	107	109	110		Зволожене
4	И-151	2	167	143	151	151		Не зволожене
5	И-151	2	86	87	87,5	88		Зволожене
6	БЦ-11	2	103	104	105	106		Зволожене

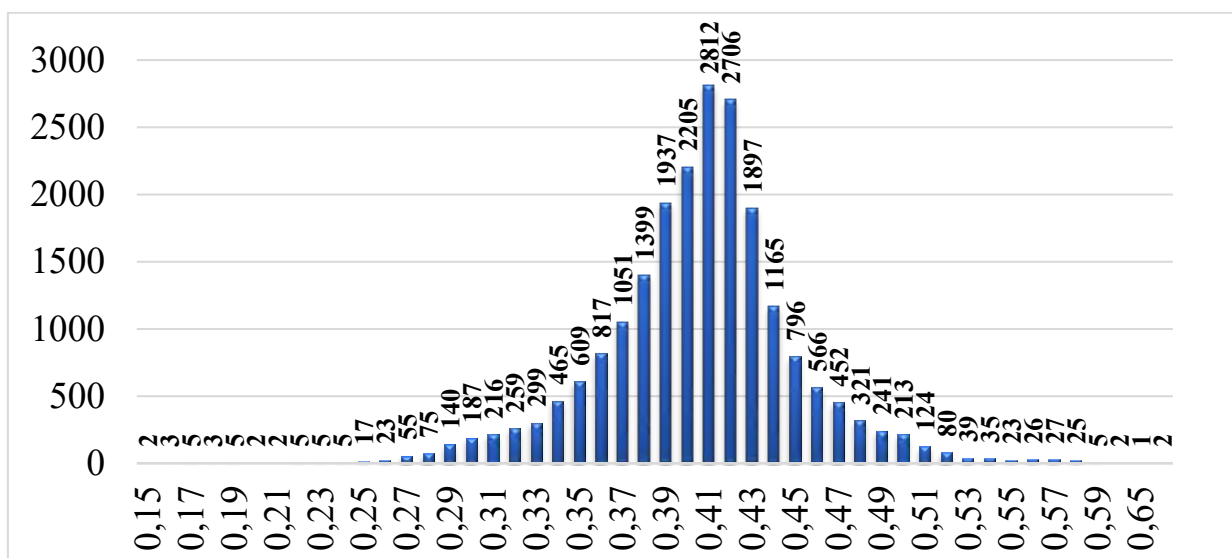


Рисунок Д.3 – Стан мережі автомобільних доріг державного значення у прямому напрямку руху

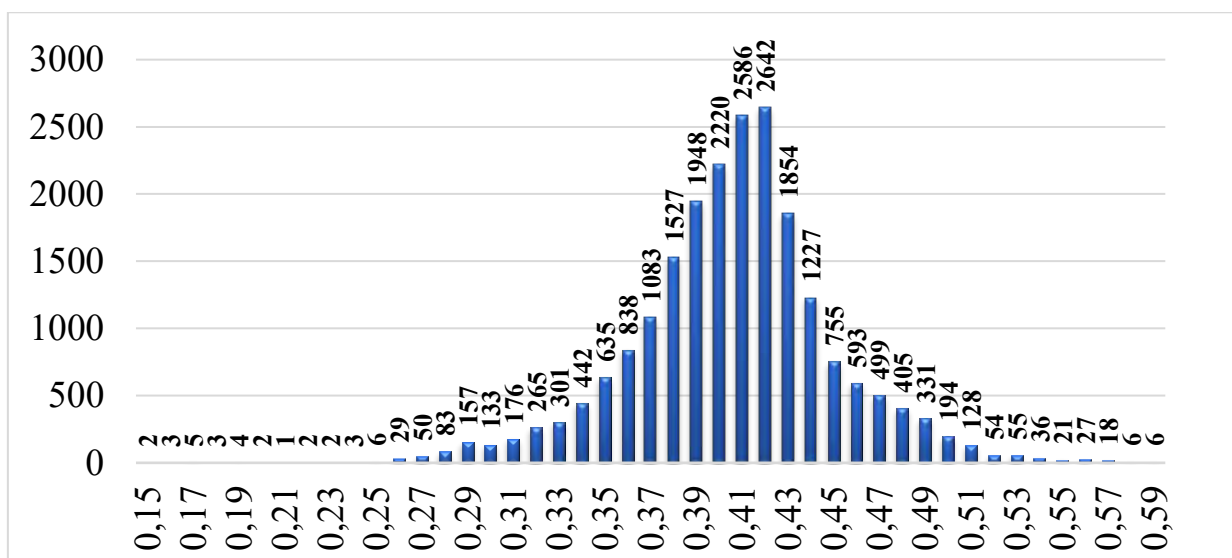


Рисунок Д.4 – Стан мережі автомобільних доріг державного значення у зворотному напрямку руху



Рисунок Д.5 – Стан автомобільної дороги державного значення М-01 Київ - Чернігів - Нові Яриловичі у прямому напрямку руху

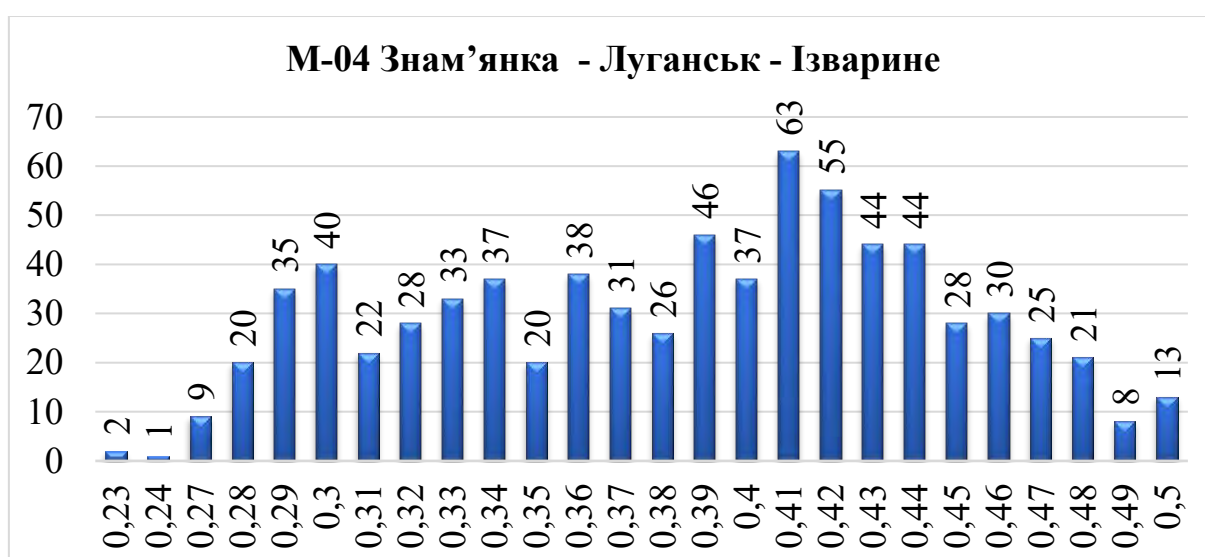


Рисунок Д.6 – Стан автомобільної дороги державного значення М-04 Знам'янка - Луганськ - Ізварине у прямому напрямку руху

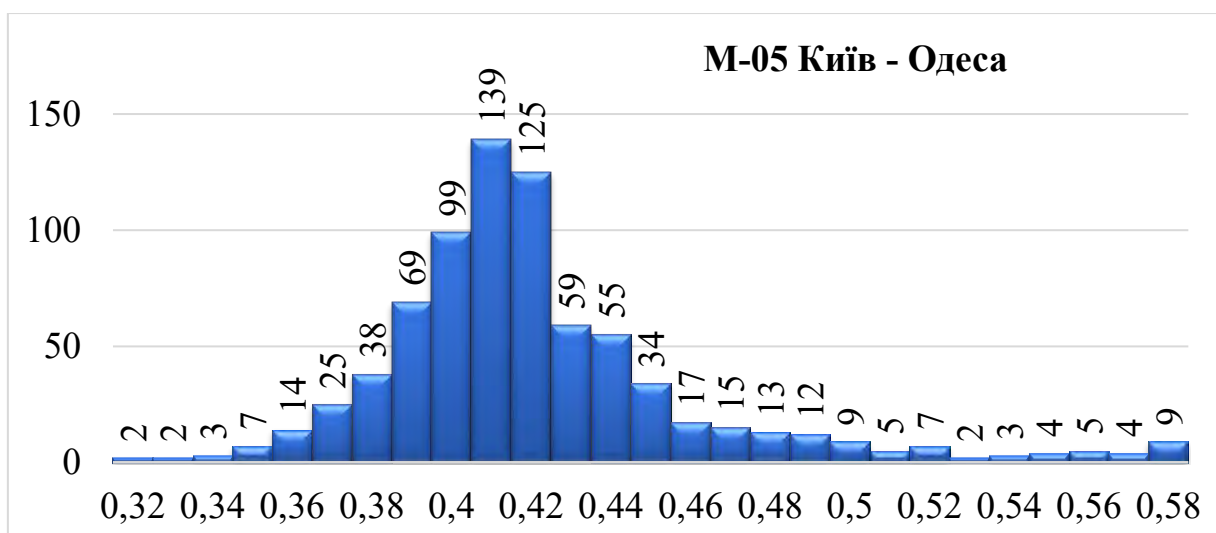


Рисунок Д.7 – Стан автомобільної дороги державного значення М-05 Київ - Одеса у прямому напрямку руху

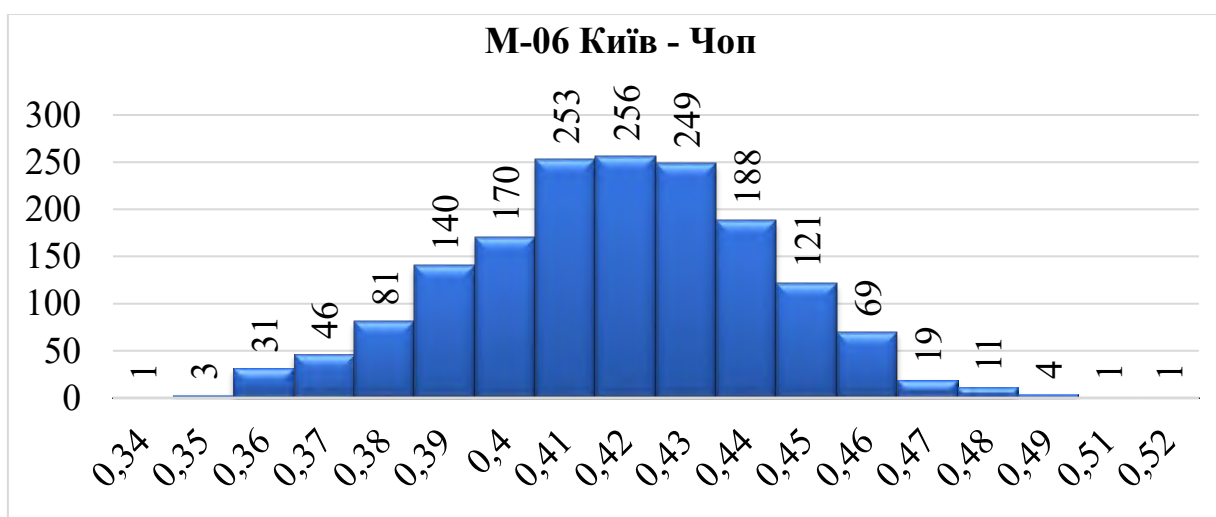


Рисунок Д.8 – Стан автомобільної дороги державного значення М-06 Київ - Чоп у прямому напрямку руху

ДОДАТОК Е

Експериментальні кореляційні випробування «УДВО» з портативними приладами

Дослідження портативними приладами проводилися в одній точці, з метою порівняння їх показань. Місце випробувань знаходилося на площі Героїв Великої Вітчизняної Війни у м. Києві (рис. 2.5).



Рисунок Е.1 – Місце проведення випробувань

Перед початком випробувань місце встановлення приладів було прибрано від бруду та пилу.

Спочатку дослідження виконувались за допомогою портативного приладу «МП-3» (рис. Е.2), за методикою, описаною в першому розділі.



Рисунок Е.2 – Експериментальні дослідження з приладом «МП-3»

Отриманні дані було опрацьовано, та побудовано графік відображення коефіцієнта зчеплення по номерам вимірювання. На рис. Е.3 зображений графік отриманий при вимірюваннях коефіцієнта зчеплення на сухому покритті.



Рисунок Е.3 – Показання приладу «МП-3» на сухому покритті

На рис. Е.4 зображений графік коефіцієнта зчеплення на зволоженому покритті.

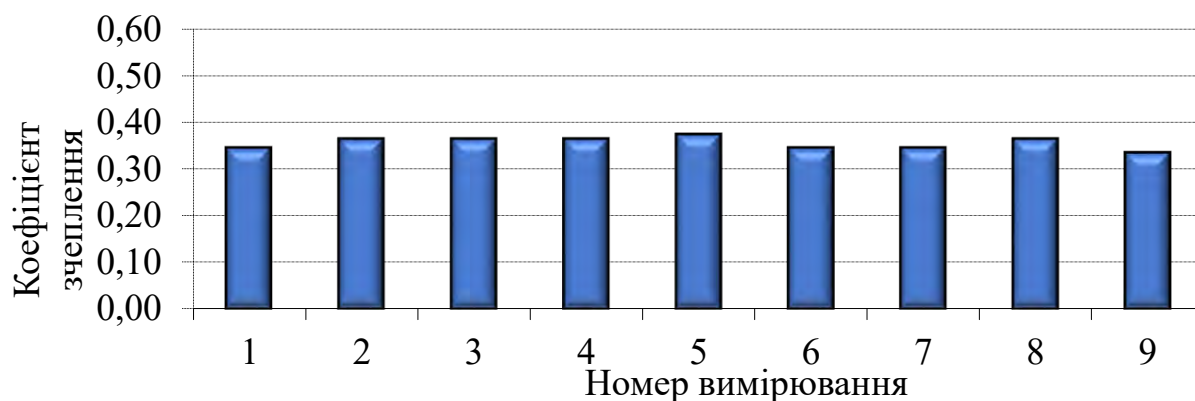


Рисунок Е.4 – Показання приладу «МП-3» на зволоженому покритті

З графіків видно, що результати показань при сухому покритті коливаються в межах 0,48 – 0,54, а на зволоженому 0,33 – 0,37. Тобто розкид показань складає 0,06 для сухого покриття та 0,04 для зволоженого.

Потім на місце приладу «МП-3» встановили прилад ударної дії типу «ИКСп» (рис. Е.5).



Рисунок Е.5 – Експериментальні дослідження приладом «ИКСп»

Результати отримані при вимірюваннях приладом «ИКСп» зображені на рис. Е.6 та рис. Е.7.

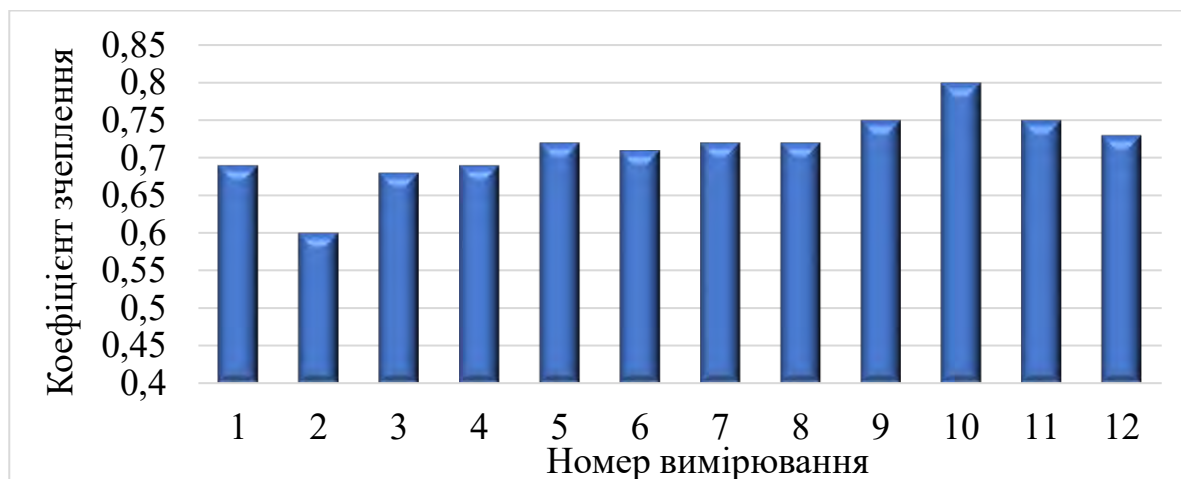


Рисунок Е.6 – Показання приладу «ИКСп» на сухому покритті

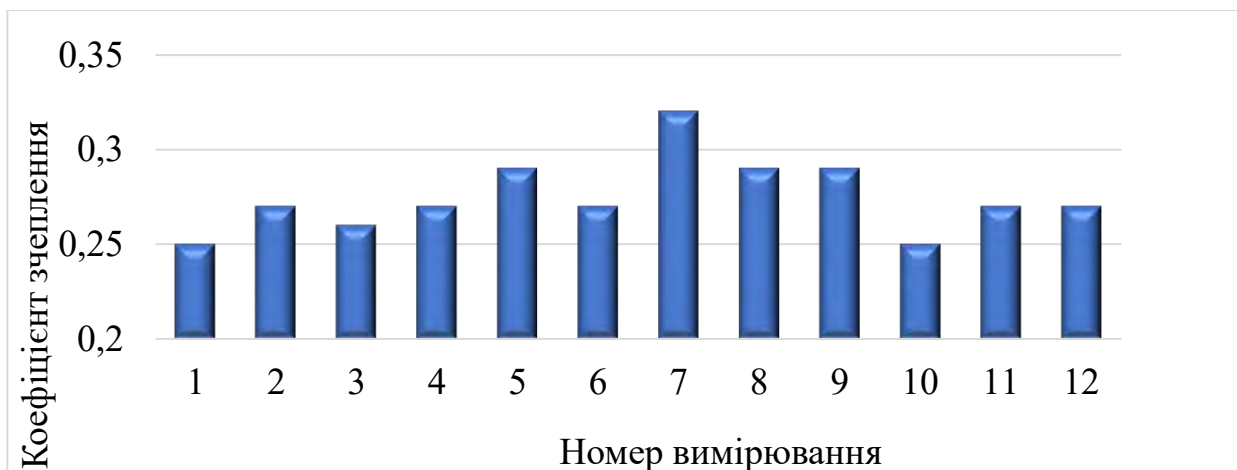


Рисунок Е.7 – Показання приладу «ИКСп» на зволоженому покритті

Результати, отримані за допомогою приладу «ИКСп», виявилися набагато гіршими ніж при використанні приладу «МП-3». В даному випадку показання коливалися в межах 0,6 – 0,8 на сухому покритті та 0,25 -0,32 на вологому покритті. Розкид показань в цьому випадку склав 0,2 та 0,07 на сухому та вологому покриттях відповідно.

Далі на теж саме місце було встановлено прилад «ППК-2» та виконано вимірювання (Рис. Е.8).



Рисунок Е.8 – Експериментальні дослідження з приладом «ППК-2»

Отриманні з використанням приладу «ППК-2» результати наведено на рис. Е.9 та на рис. Е.10.

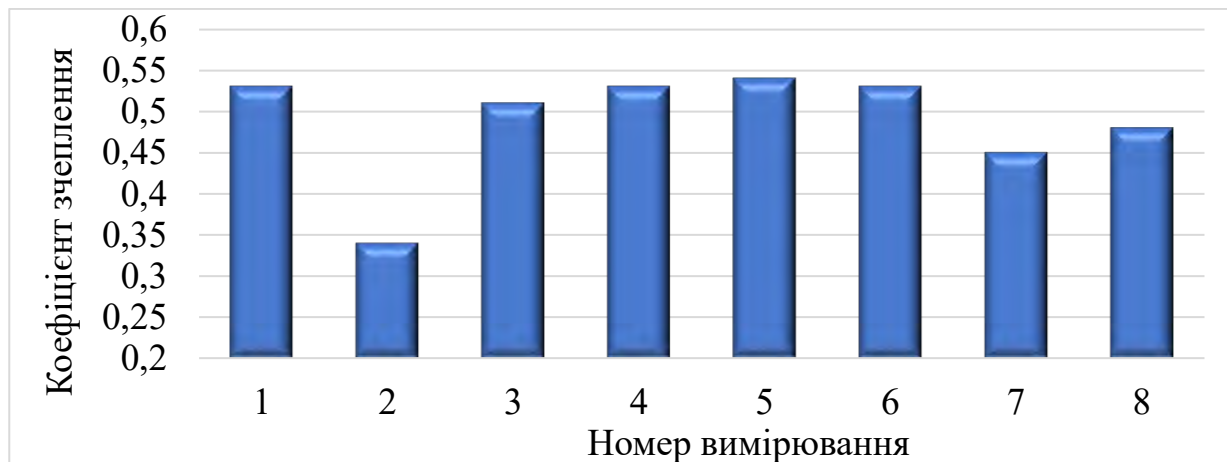


Рисунок Е.9 – Показання приладу «ППК-2» на сухому покритті

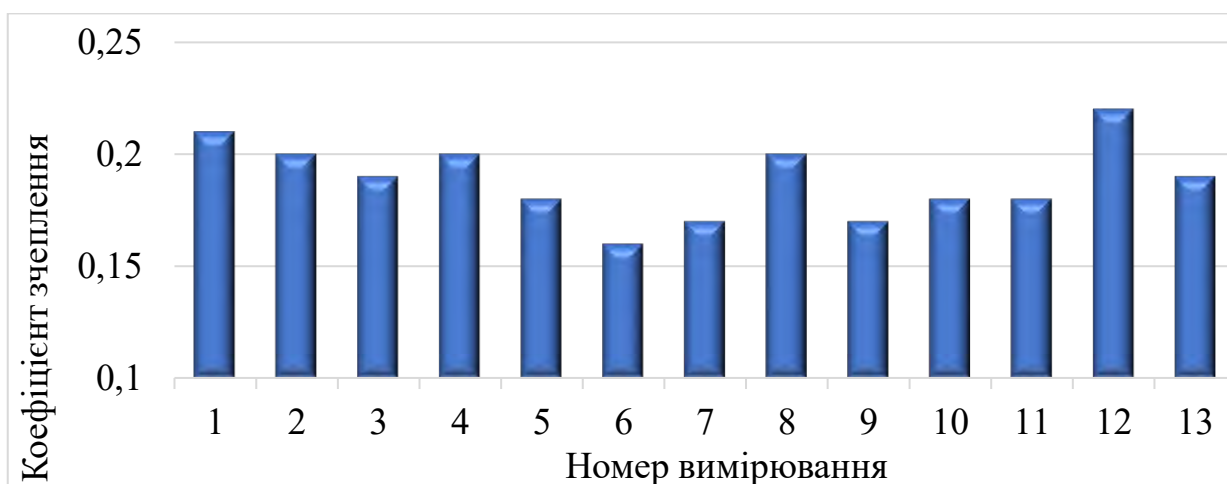


Рисунок Е.10– Показання приладу «ППК-2» на зволоженому покритті

Показання приладу коливаються в межах 0,34 – 0,54 для сухого покриття та 0,16 – 0,22 для вологого. Розкид показань в цьому випадку склав 0,2 та 0,06 для сухого та вологого покриття відповідно.

Надалі використовувався прилад «РКС-КАДІ» (рис. Е.11).



Рисунок Е.11 – Експериментальні дослідження приладом «РКС-КАДІ»

Отримані результати зображено на рис. Е.12 та рис. Е.13.

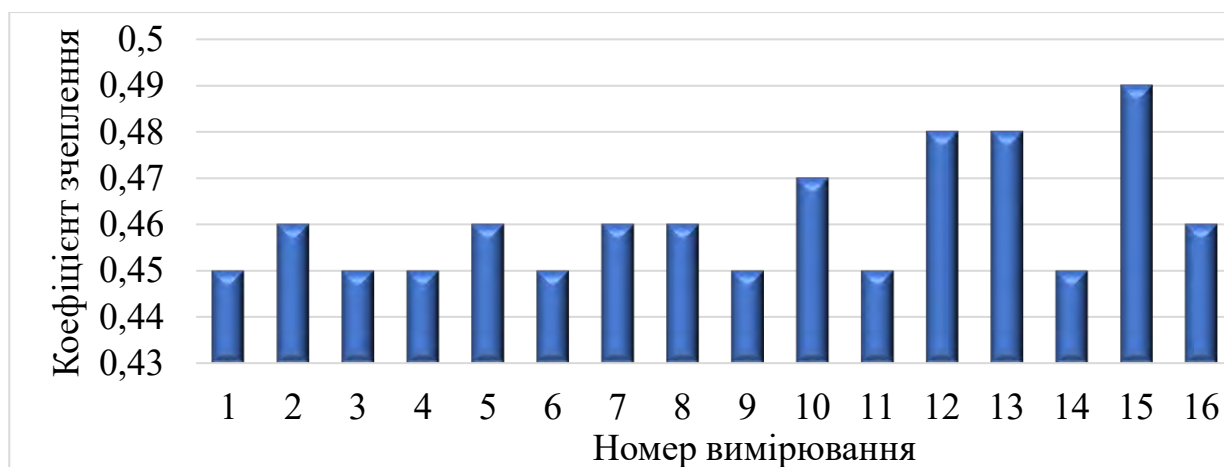


Рисунок Е.12 – Показання приладу «РКС-КАДІ» на сухому покритті

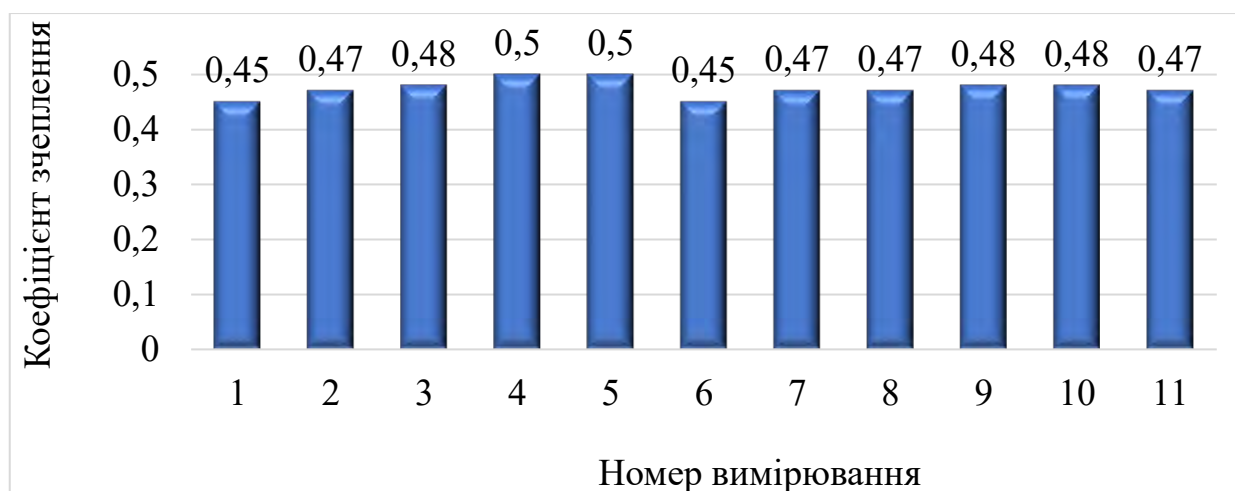


Рисунок Е.13 – Показання приладу «РКС-КАДІ»

Прилад дав результати, які коливаються в межах 0,45 - 0,49 для сухого покриття та 0,45 – 0,5 для вологого. Розкид показань в цьому випадку склав 0,04 та 0,05 для сухого та зволоженого покриттів відповідно .

Результати вимірювань отримані за допомогою портативних приладів, було оброблено та порівняно між собою. На рис. Е.14 зображено результати середніх показань приладів на сухому покритті. Як видно з графіка, результати мають суттєву розбіжність.

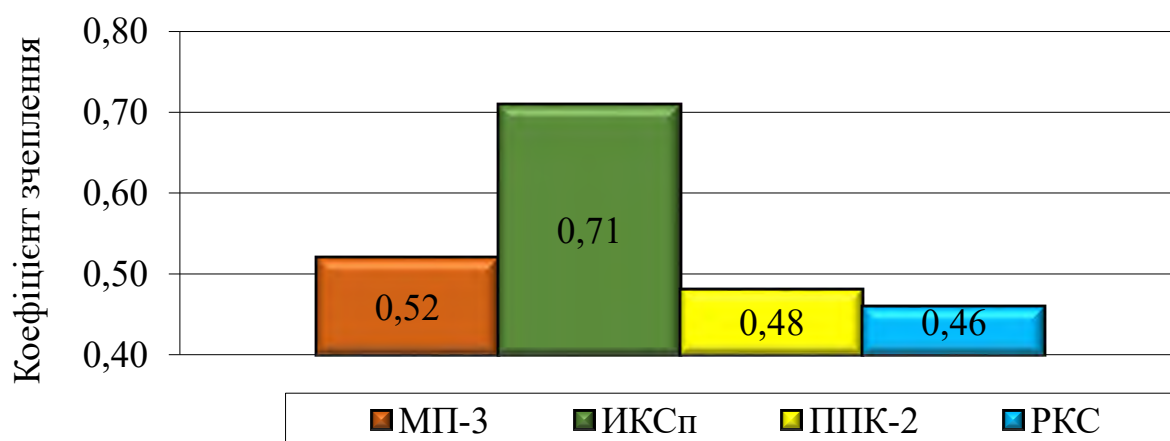


Рисунок Е.14 – Результати середніх показань приладів на сухому покритті

На рис. Е.15 зображено результати середніх показань приладів на зволоженому покритті, результати також мають значну розбіжність.

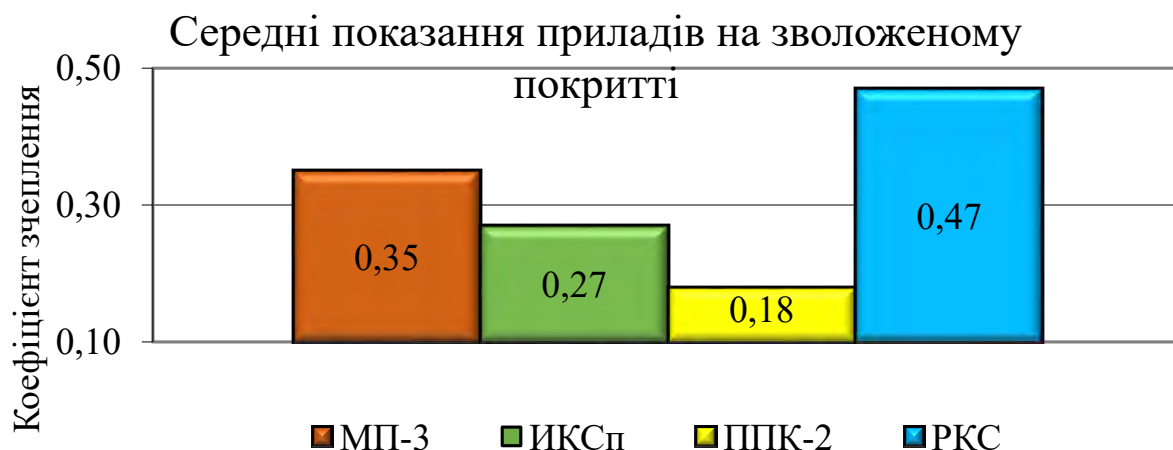


Рисунок Е.15 – Результати середніх показань приладів

На рис. Е.16 показано графік розмаху показань кожного приладу. Із всіх наявних приладів найбільш стабільні результати показували прилад «МП-3» та «РКС-КАДІ», хоча результати цих приладів між собою сильно відрізняються. Якщо подивитися на розмах кожного із приладів, то можна побачити, що при зволоженні покриття всі прилади, окрім «МП-3» мають розмах показань, більше 0,05.



Рисунок Е.16 – Розмах показань приладів

Із всіх наявних приладів найбільш стабільні результати показували прилади «МП-3» та «РКС-КАДІ», хоча результати цих приладів між собою сильно відрізняються. У розрахунковому стані - при зволоженні покриття всі прилади, окрім «МП-3» мають розмах показань, більше 0,05.

Проведення порівняльних випробувань на дослідних ділянках. Обробка отриманих результатів

Після попередніх порівняльних випробувань портативних приладів випробувань, були проведені експериментальні дослідження на ділянках, що розташовані в мережі існуючих автомобільних доріг. За результатами таких випробувань були отримані кореляційні залежності між портативними приладами та динамометричними установками.

Дослідні ділянки обирались з таких міркувань:

- можливість отримання широкого діапазону значень коефіцієнта зчеплення;
- різний строк служби покриття;
- мінімальна можлива відстань між ділянками;
- можливість рухатись по колу;
- можливість безпечної роботи під час проведення вимірювань портативними приладами з зупинкою на проїзній смузі.

Схема розташування дослідних ділянок наведена на рис. (рис. Е.17).

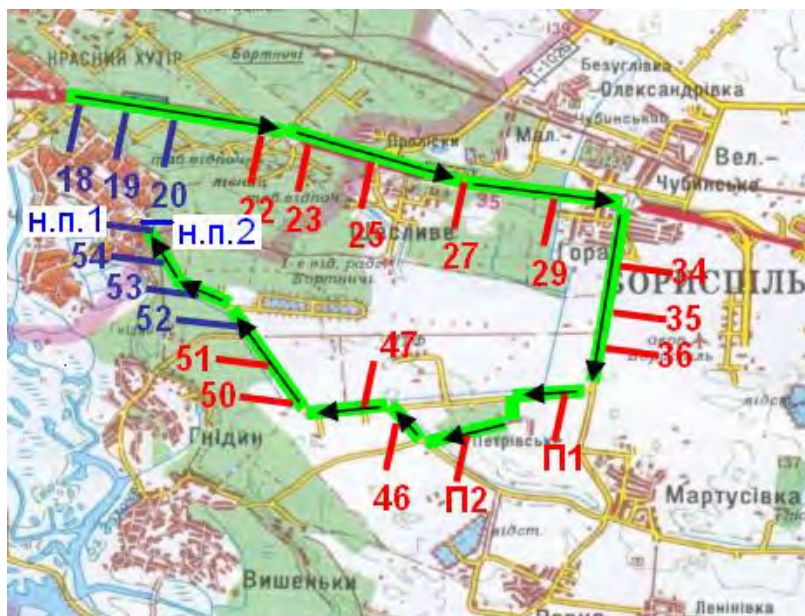


Рисунок Е.17 - Розміщення вибраних дослідних ділянок

Випробування починались з ділянки розташованій на автомобільній

дорозі М-03 км 18 - 29, де верхній шар влаштований з щебенево-мастикового асфальтобетону. Вимірювання виконували одразу навпроти кілометрового стовпчика, для зручності проведення повторних випробувань.

Друга ділянка розташована на дорозі Гора – Мартусівка км 34 – 36, де верхній шар влаштований з дрібнозернистого асфальтобетону. На покритті були нанесені позначки місць вимірювань білою фарбою. Третя ділянка розташована при в'їзді та виїзді з с. Петровське біля знаків початку і кінця даного населеного пункту.

Четверта ділянка розташована на дорозі Мартусівка – Бортничі, де верхній шар – поверхнева обробка на цементобетонні.

П'ята ділянка розташована на дорозі Мартусівка – Бортничі, де верхній шар влаштовано з ЛЕМС.

Шоста ділянка розташована на під'їзді до м. Бортничі, де нещодавно було влаштовано новий верхній шар з дрібнозернистого асфальтобетону.

За допомогою даної установки «УДВО», на обраних ділянках були виміряні значення коефіцієнта зчеплення (табл. Е.1)

Таблиця Е.1 – Результати вимірювань коефіцієнта зчеплення установкою «УДВО»

Ділянка		φ	Ділянка		φ
км	19	0,42		П2	0,47
км	20	0,45	км	46	0,70
км	22	0,45	км	47	0,47
км	23	0,44	км	50	0,48
км	25	0,43	км	51	0,45
км	27	0,47	км	52	0,43
км	29	0,44	км	53	0,48
км	34	0,46	км	54	0,43
км	35	0,52		нп1	0,46
км	36	0,55		нп2	0,44
	П1	0,49			

Проаналізувавши дані «УДВО», були обрані ділянки для вимірювання портативними приладами, позначені зеленим кольором (табл. Е.17).

Під час випробувань приладом «ИКСп» (рис. Е.18), виявилось, що його показання мають досить високу збіжність з показаннями установки «УДВО» (табл. Е.2).

Таблиця 3.2 – Результати випробувань приладом «ИКСп»

Ділянка		Показання приладу			Середнє	«УДВО»
Км	19	0,28	0,28	0,28	0,28	0,42
Км	23	0,32	0,32	0,28	0,31	0,44
Км	27	0,26	0,25	0,24	0,25	0,44
Км	34	0,29	0,28	0,28	0,28	0,46
Км	36	0,29	0,28	0,29	0,29	0,46
Км	46	0,44	0,42	0,42	0,43	0,7
Км	53	0,26	0,25	0,24	0,25	0,48
Бортничі	нп1	0,21	0,22	0,21	0,21	0,45
Бортничі	нп2	0,21	0,22	0,21	0,21	0,45

Порівняння значень «ИКСп» і «УДВО» вказує на те, що на більшості ділянок характер зміни коефіцієнта зчеплення однаковий (рис. Е.18).

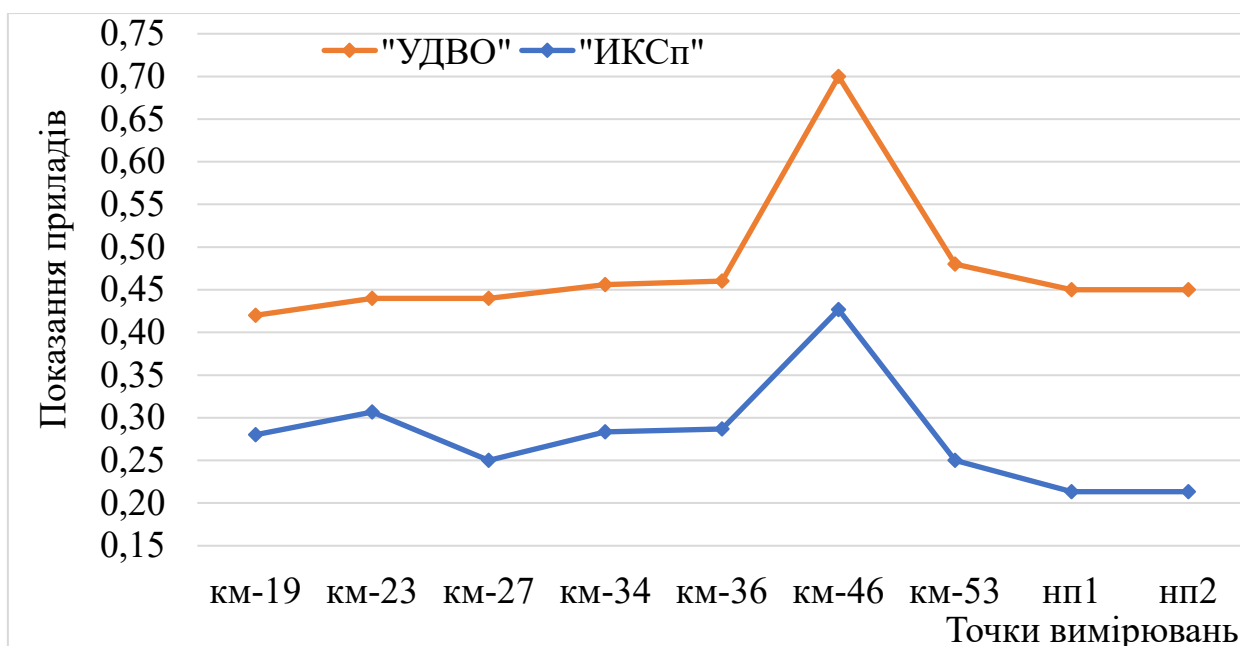


Рисунок Е.18 – Порівняння показань «ИКСп» і «УДВО»

Залежність між показаннями приладу і показаннями «УДВО» наведена на рис. Е.19.

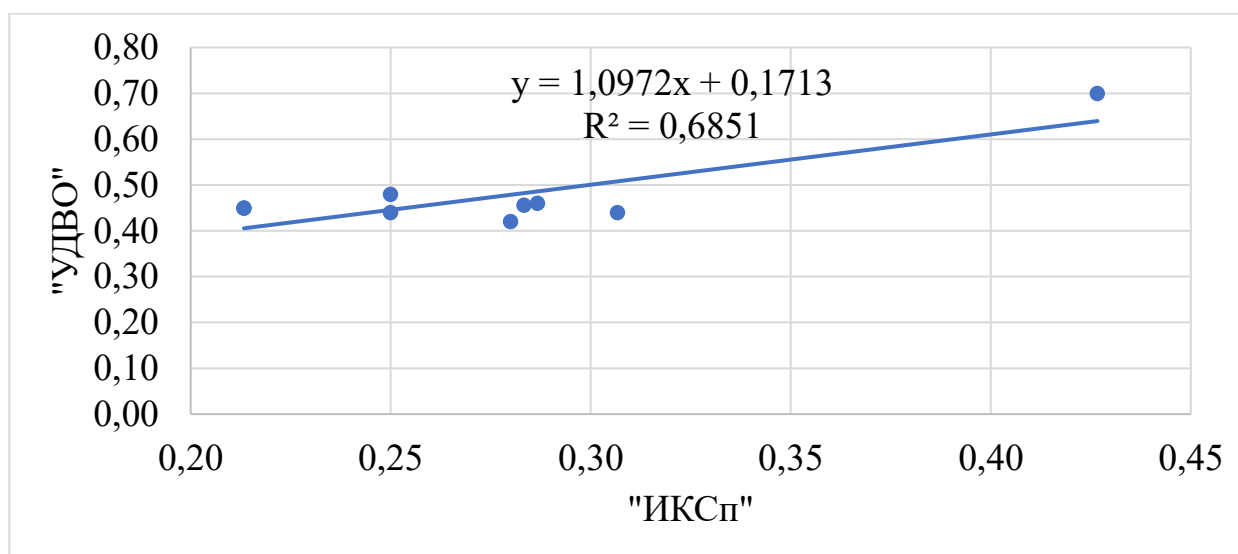


Рисунок Е.19 – Залежність між показаннями приладу «ИКСп» і установки «УДВО»

Після приведення показань «ИКСп» до показань «УДВО» максимальна відносна похибка складала 15 %, абсолютна похибка залишилась значною – 0,07.(табл. Е.3)

Таблиця Е.3 – Похибка при вимірюваннях приладом «ИКСп»

Ділянка		Показання, приведені до «УДВО»	Відносна похибка, %	Абсолютна похибка
Км	19	0,48	13,9	0,06
Км	23	0,51	15,4	0,07
Км	27	0,45	1,3	0,01
Км	34	0,48	6,0	0,03
Км	36	0,49	5,6	0,03
Км	46	0,64	-8,7	-0,06
Км	53	0,45	-7,2	-0,03
Бортничі	нп1	0,41	-9,9	-0,04
Бортничі	нп2	0,41	-9,9	-0,04

За результатами аналізу даних кореляційних випробувань формула для розрахунку значень коефіцієнта зчеплення за показаннями, отриманими приладом «ИКСп» має вигляд:

$$\phi = (1,097x + 0,17) \pm 0,07, \quad (\text{Е.1})$$

де x – показання приладу «ИКСп».

Наступний прилад, який випробували, був «МП-3» Показання цього приладу суттєво різнились від показань «УДВО» (табл. Е.4)

Таблиця Е.4 – Результати випробувань приладом «МП-3»

Ділянка		Показання приладу «МП-3»						Середнє	«УДВО»
км	19	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24		0,24	0,42
км	23	0,30	0,30	0,30	0,29	0,32		0,30	0,44
км	27	0,30	0,29	0,30	0,29	0,29	0,30	0,29	0,44
км	34	0,30		0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,46

км	36	0,36	0,35	0,34	0,36	0,34	0,34	0,35	0,46
км	46		0,36	0,34	0,35	0,36	0,35	0,36	0,7
км	53	0,29	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,48
Бортничі	нп1	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,31	0,30	0,45
Бортничі	нп2	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,31	0,30	0,45
місце «ППК2»		0,25	0,25	0,25	0,25	0,24		0,24	0,42

На всіх ділянках крім тієї, де влаштовано верхній шар з дрібнозернистого асфальтобетону (км 34-36), характер показань приладу не співпадав з показаннями «УДВО» (рис. Е.20).

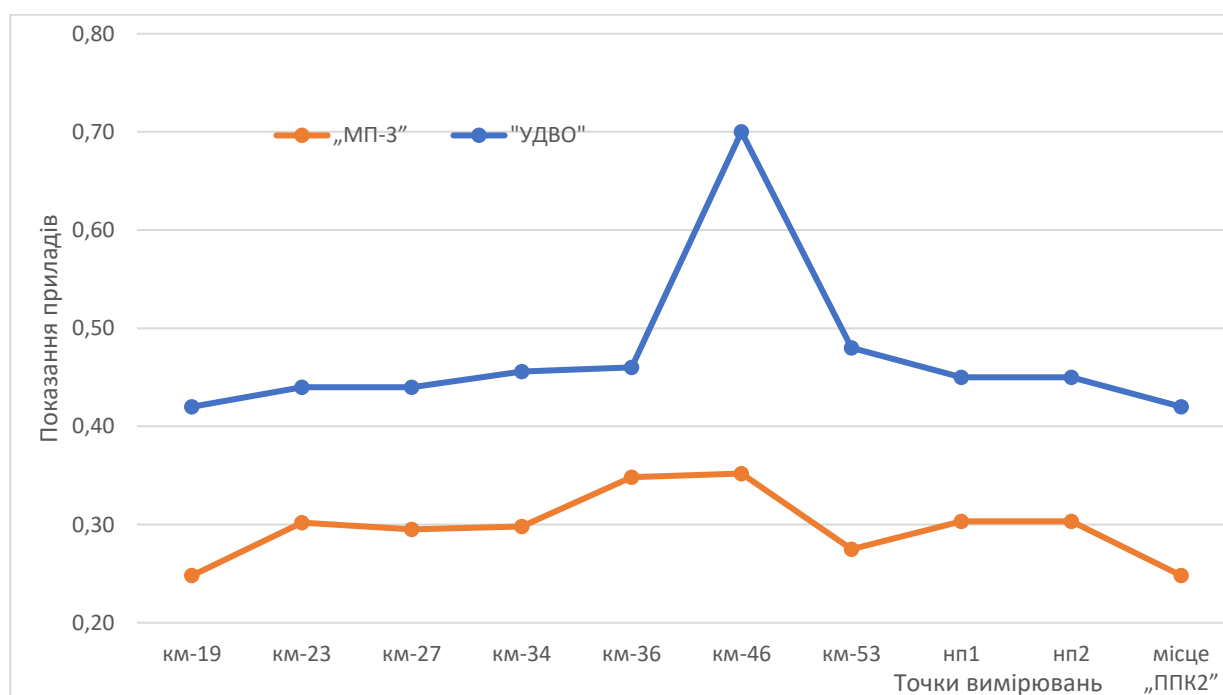


Рисунок Е.20 – Порівняння значень «МП-3» і «УДВО»

Низький коефіцієнт кореляції (рис. Е.21) вказує на неможливість використання цього приладу для оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів.

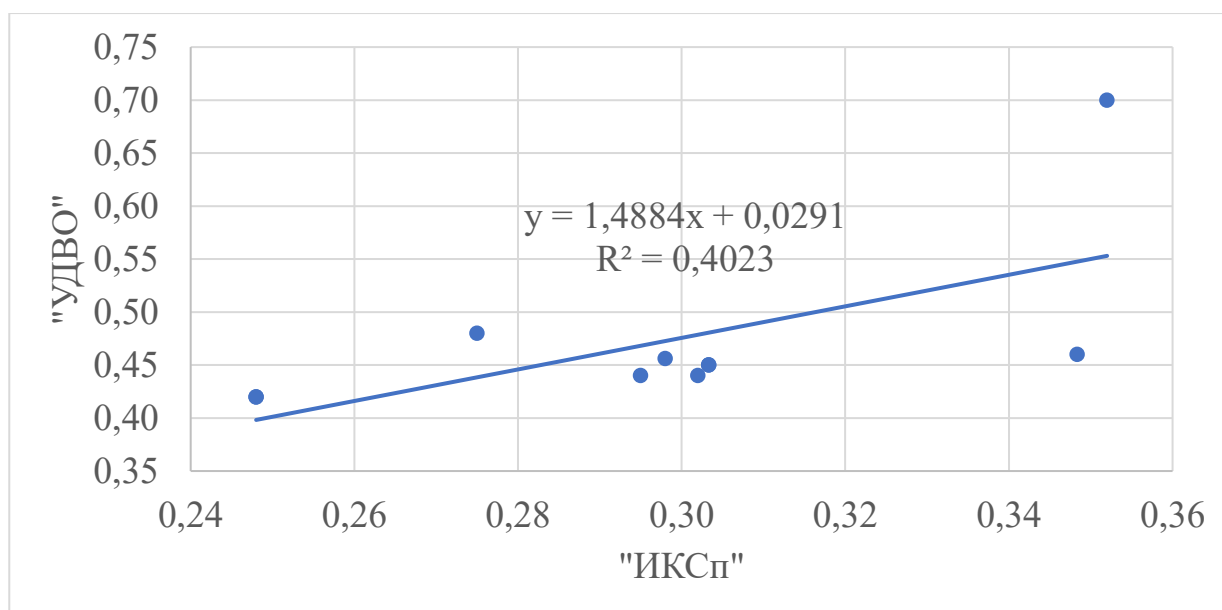


Рисунок Е.21 – Залежність показань приладу «МП-3» з установкою «УДВО»

Після приведення показань «МП-3» до «УДВО» максимальна відносна похибка складала 20 %. Абсолютна похибка теж виявилась значною – 0,14.(табл. Е.5).

Таблиця Е.5 – Похибка при вимірюваннях приладом «МП-3»

Ділянка		Показання, приведені до «УДВО»	Відносна похибка, %	Абсолютна похибка
Км	19	0,44	4,5	0,02
Км	23	0,50	13,9	0,06
Км	27	0,49	11,3	0,05
Км	34	0,49	8,3	0,04
Км	36	0,56	20,7	0,10
Км	46	0,56	-19,8	-0,14
Км	53	0,47	-2,5	-0,01
Бортничі	нп1	0,50	12,0	0,05
Бортничі	нп2	0,50	12,0	0,05

Найбільша похибка має місце на крупно шорсткій поверхні. За результатами аналізу даних кореляційних випробувань формула для розрахунку значень коефіцієнта зчеплення отриманих приладом «МП-3» має вигляд:

$$\phi = (1,54x + 0,015) \pm 0,10 \quad (\text{Е.2})$$

На крупно шорстких поверхнях прилад використовувати не можна.

Наступним випробовували прилад «ППК-2»

Показання приладу (табл. Е.6) були нижче показань «УДВО», що свідчить про недосконалість цього приладу.

Таблиця Е.6 – Результати випробувань приладом «ППК-2»

Ділянка		Показання приладу						Середнє	«УДВО»
Км	19	0,31	0,30	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,42
Км	23	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,44
Км	27	0,31	0,30	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30	0,44
Км	34	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,29	0,29	0,46
Км	36	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,46
Км	46	0,34	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,7
Км	53	0,29	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,48
Бортничі	нп1	0,29	0,28	0,29	0,28	0,29	0,27	0,28	0,45
Бортничі	нп2	0,29	0,28	0,29	0,28	0,29	0,27	0,28	0,45

Проте характер зміни показань приладу досить суттєво співпав з характером зміни показань установки «УДВО» (рис. Е.22)

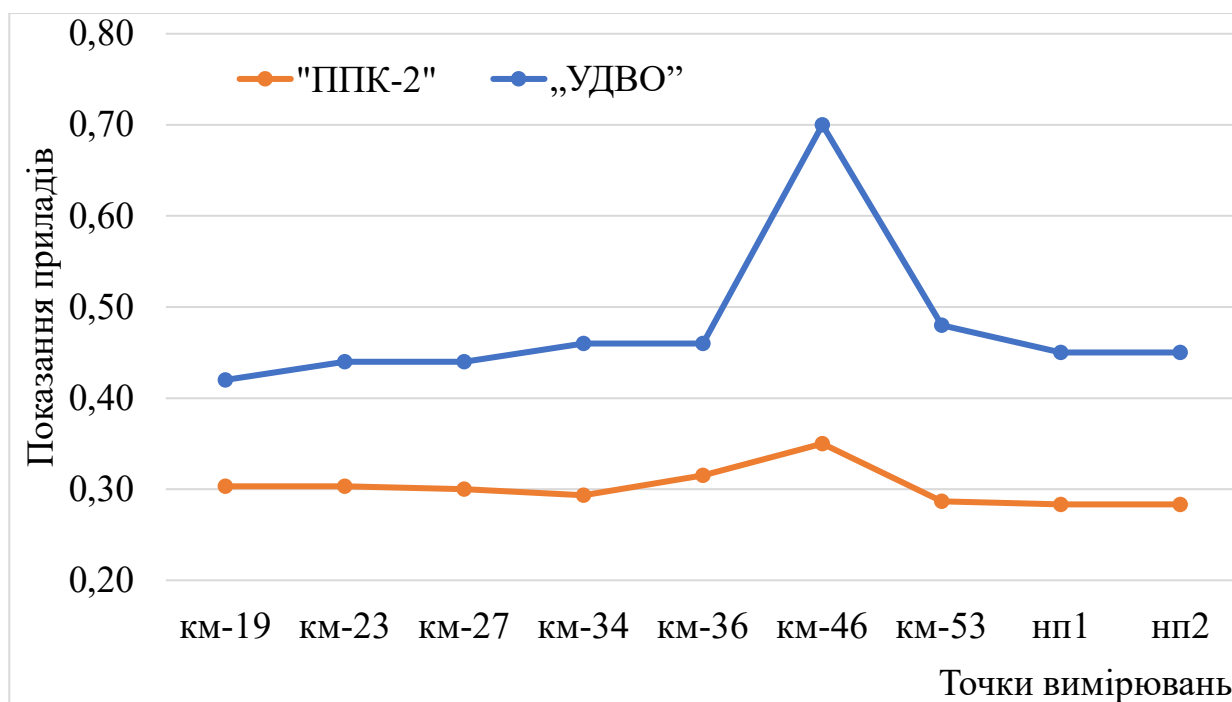


Рисунок Е.22 – Порівняння значень «ППК-2» і «УДВО»

Значення коефіцієнта кореляції з установкою «УДВО» не високе (рис. Е.23) і тому використання даного приладу слід вважати обмеженим.

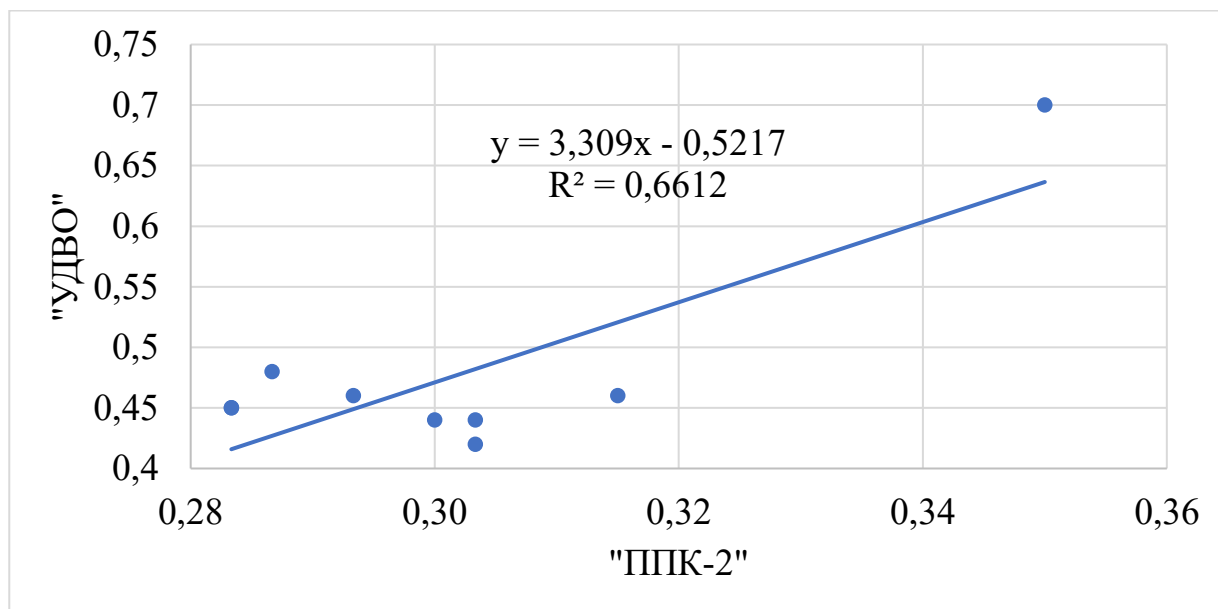


Рисунок Е.23 – Залежність показань приладу «ППК-2» з установкою «УДВО»

Після приведення показань «ППК-2» до «УДВО» максимальна відносна похибка складала 20 %, проте абсолютна похибка залишилась значною – 0,14

(табл. Е.7)

Таблиця Е.7 – Похибка при вимірюваннях приладом «ППК-2»

Ділянка		Показання, приведені до «УДВО»	Відносна похибка, %	Абсолютна похибка
км	19	0,51	20,3	0,09
км	23	0,50	14,0	0,06
км	27	0,50	13,5	0,06
км	34	0,49	8,3	0,04
км	36	0,52	12,6	0,06
км	46	0,56	-20,7	-0,14
км	53	0,49	1,6	0,01
Бортничі	нп1	0,48	6,6	0,03
Бортничі	нп2	0,48	6,6	0,03

Якщо не враховувати точку на км 46 з крупно шорстким покриттям, формула для розрахунку значень коефіцієнта зчеплення отриманих приладом «ППК-2» має вигляд:

$$\phi = (1,0072x + 0,0026) \pm 0,08 \quad (\text{Е.3})$$

На крупно шорстких поверхнях прилад використовувати не можна.

ВИСНОВКИ

1. За результатами кореляційних випробувань встановлено, що портативні прилади можна використовувати лише для орієнтовної оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів, оскільки похибки, що мають місце при застосуванні приладів, навіть після приведення їх показань до показань динамометричної причіпної установки

2. Використання портативних приладів при розслідуванні ДТП та у інших випадках, коли йдеться про юридичну відповідальність, не допустимо.

3. При наявній необхідності вимірювання коефіцієнта зчеплення у

випадках, коли застосовувати динамометричні установки неможливо, назріла нагальна необхідність розробки вітчизняного портативного приладу для оцінки зчіпних якостей дорожніх покриттів, який був би позбавлений недоліків відомих портативних приладів.

ДОДАТОК Ж

Перелік аварійно-небезпечних ділянок автомобільних доріг з коефіцієнтом зчеплення < 0.3

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
М - 25	1	0	0	1	0	0,224	19.08.2015
М - 03	1	567	0	568	0	0,285	17.11.2017
М - 03	2	646	200	647	0	0,279	17.11.2017
М - 03	1	647	0	648	0	0,301	17.11.2017
М - 03	1	653	0	654	0	0,301	17.11.2017
М - 03	2	653	0	654	0	0,288	17.11.2017
М - 03	1	654	0	655	0	0,298	17.11.2017
М - 03	1	658	0	659	0	0,286	17.11.2017
М - 03	2	661	0	662	0	0,277	17.11.2017
М - 03							

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
М - 04	2	132	0	133	0	0,296	04.11.2017
М - 04	2	135	0	136	0	0,299	04.11.2017
М - 04	1	137	0	138	0	0,294	03.11.2017
М - 04	1	138	0	139	0	0,289	03.11.2017
М - 04	1	140	0	141	0	0,288	03.11.2017
М - 04	2	143	0	144	0	0,272	04.11.2017
М - 04	2	151	0	152	0	0,293	04.11.2017
М - 04	2	156	0	157	0	0,300	04.11.2017
М - 04	2	159	0	160	0	0,273	04.11.2017
М - 04	1	160	0	161	0	0,296	03.11.2017
М - 04	2	160	0	161	0	0,302	04.11.2017
М							

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
М - 04	1	273	0	274	0	0,302	03.11.2017
М - 04	2	278	0	279	0	0,278	04.11.2017
М - 04	1	300	0	301	0	0,280	03.11.2017
М - 04	1	301	0	302	0	0,296	03.11.2017
М - 04	2	314	0	315	0	0,279	04.11.2017
М - 04	2	315	0	316	0	0,300	04.11.2017
М - 04	2	317	0	318	0	0,299	04.11.2017
М - 04	1	328	0	329	0	0,282	03.11.2017
М - 04	2	328	0	329	0	0,285	04.11.2017
М - 04	2	331	0	332	0	0,301	04.11.2017
М - 04	2	332	0	333	0	0,288	04.1

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
М - 04	1	415	0	416	0	0,293	17.11.2017
М - 04	2	415	0	416	0	0,286	17.11.2017
М - 04	1	416	0	417	0	0,292	17.11.2017
М - 04	1	417	0	418	0	0,290	17.11.2017
М - 04	2	419	0	420	0	0,267	17.11.2017
М - 04	1	151	0	152	0	0,293	04.11.2017
М - 04	1	156	0	157	0	0,300	04.11.2017
М - 04	1	159	0	160	0	0,273	04.11.2017
М - 04	1	160	0	161	0	0,302	04.11.2017
М - 04	1	164	0	165	0	0,286	04.11.2017
М - 04	1	165	0	166	0	0,286	04.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
М - 04	1	408	0	409	0	0,294	17.11.2017
М - 04	2	151	0	150	650	0,301	04.11.2017
М - 04	1	160	0	161	0	0,296	03.11.2017
М - 04	2	167	0	166	0	0,302	04.11.2017
М - 04	1	176	0	177	0	0,295	03.11.2017
М - 04	1	186	0	187	0	0,296	03.11.2017
М - 04	1	190	0	191	0	0,291	03.11.2017
М - 04	1	194	0	195	0	0,297	03.11.2017
М - 04	1	220	0	221	0	0,300	03.11.2017
М - 04	1	231	0	232	0	0,300	03.11.2017
М - 04	1	241	0	242	0	0,302	

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
М - 14	2	612	0	613	0	0,289	18.11.2017
М - 14	2	614	0	615	0	0,284	18.11.2017
М - 14	2	615	0	616	0	0,259	18.11.2017
М - 14	1	616	0	617	0	0,298	18.11.2017
М - 14	2	616	0	617	0	0,267	18.11.2017
М - 14	2	617	0	618	0	0,289	18.11.2017
М - 14	1	618	0	619	0	0,271	18.11.2017
М - 14	2	625	0	626	0	0,293	18.11.2017
М - 14	1	626	0	627	0	0,272	18.11.2017
М - 14	1	627	0	628	0	0,281	18.11.2017
М - 14	2	628	0	629	0	0,283	

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
Н - 07	1	256	0	257	0	0,261	10.11.2017
Н - 07	2	257	0	258	0	0,262	10.11.2017
Н - 07	2	261	0	262	0	0,272	10.11.2017
Н - 07	2	262	0	263	0	0,296	10.11.2017
Н - 07	2	268	0	269	0	0,290	10.11.2017
Н - 07	1	270	0	271	0	0,302	10.11.2017
Н - 07	2	271	0	272	0	0,282	10.11.2017
Н - 07	1	279	0	280	0	0,266	10.11.2017
Н - 07	1	283	0	284	0	0,254	10.11.2017
Н - 07	2	284	0	285	0	0,267	10.11.2017
Н - 07	1	287	0	288	0	0,290	

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
Н - 09	2	97	0	98	0	0,293	23.08.2017
Н - 11	1	53	0	54	0	0,293	11.11.2017
Н - 11	1	64	0	65	0	0,302	11.11.2017
Н - 11	1	69	0	70	0	0,298	11.11.2017
Н - 11	1	81	0	82	0	0,299	11.11.2017
Н - 11	1	95	0	96	0	0,301	11.11.2017
Н - 11	2	120	0	121	0	0,292	11.11.2017
Н - 11	1	122	0	123	0	0,297	11.11.2017
Н - 11	1	133	0	134	0	0,298	11.11.2017
Н - 11	1	166	0	167	0	0,295	11.11.2017
Н - 11	2	169	0	170	0	0,298	11.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
Н - 14	2	169	0	170	0	0,276	14.10.2017
Н - 14	1	170	0	171	0	0,296	14.10.2017
Н - 14	2	170	0	171	0	0,287	14.10.2017
Н - 14	1	171	0	172	0	0,301	14.10.2017
Н - 14	1	172	0	173	0	0,282	14.10.2017
Н - 14	2	172	0	173	0	0,284	14.10.2017
Н - 14	1	173	0	174	0	0,277	14.10.2017
Н - 14	2	173	0	174	0	0,288	14.10.2017
Н - 14	1	174	0	175	0	0,294	14.10.2017
Н - 14	2	174	0	175	0	0,279	14.10.2017
Н - 21	1	6	0	7	0	0,301	24.11.2017
Н - 21	1	7	0	8	0	0,289	24.11.2017
Н - 21	2	7	0	8	0	0,286	24.11.2017
Н - 21	1	8	0	9	0	0,276	24.11.2017
Н - 21	1	9	0	10	0	0,266	24.11.2017
Н - 21	1	10	0	11	0	0,298	24.11.2017
Н - 21	1	11	0	12	0	0,287	24.11.2017
Н - 21	2	15	0	16	0	0,300	24.11.2017
Н - 21	2	16	0	17	0	0,261	24.11.2017
Н - 21	1	18	0	19	0	0,294	24.11.2017
Н - 21	2	23	0	24	0	0,281	24.11.2017
Н - 21	1	26	0	27	0	0,301	24.11.2017
Н - 21	1	28	0	29	0	0,276	24.11.2017
Н - 21	1	32	0	33	0	0,298	24.11.2017
Н - 21	1	34	0	35	0	0,269	24.11.2017
Н - 21	2	34	0	35	0	0,269	24.11.2017
Н - 21	1	38	0	39	0	0,269	24.11.2017
Н - 21	2	40	0	41	0	0,287	24.11.2017
Н - 21	2	41	0	42	0	0,298	24.11.2017
Н - 21	1	45	0	46	0	0,286	24.11.2017
Н - 21	2	46	0	47	0	0,278	24.11.2017
Н - 21	1	47	0	48	0	0,295	24.11.2017
Н - 21	2	51	0	52	0	0,278	24.11.2017
Н - 21	1	52	0	53	0	0,276	24.11.2017
Н - 21	1	55	0	56	0	0,275	24.11.2017
Н - 21	1	57	0	58	0	0,291	24.11.2017
Н - 21	2	60	0	61	0	0,263	24.11.2017
Н - 21	2	62	0	63	0	0,297	24.11.2017
Н - 21	1	70	0	71	0	0,272	24.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
Н - 21	1	71	0	72	0	0,300	24.11.2017
Н - 21	2	72	0	72	148	0,272	24.11.2017
Н - 21 Л	2	67	0	68	0	0,261	24.11.2017
Н - 21 Л	2	69	0	70	0	0,278	24.11.2017
Н - 21 Л	1	72	0	72	148	0,272	24.11.2017
Н - 21 П	1	70	0	71	0	0,272	24.11.2017
Н - 21 П	1	71	0	72	0	0,300	24.11.2017
Р - 02	1	35	0	36	0	0,287	29.05.2017
Р - 02	2	35	0	36	0	0,279	29.05.2017
Р - 02	1	92	0	93	0	0,296	29.05.2017
Р - 02	2	92	0	93	0	0,296	29.05.2017
Р - 02	1	101	0	102	0	0,302	29.05.2017
Р - 02	2	101	0	102	0	0,287	29.05.2017
Р -	1	20	0	21	0	0,293	29.05.2017
Р -	2	20	0	21	0	0,302	29.05.2017
Р -	1	21	0	22	0	0,275	29.05.2017
Р -	2	21	0	22	0	0,286	29.05.2017
Р -	1	22	0	23	0	0,277	29.05.2017
Р -	2	22	0	23	0	0,293	29.05.2017
Р - 05	1	128	0	129	0	0,276	31.07.2017
Р - 05	2	128	0	129	0	0,276	31.07.2017
Р - 05	1	146	0	147	0	0,298	31.07.2017
Р - 05	2	146	0	147	0	0,298	31.07.2017
Р - 05	1	147	0	148	0	0,295	31.07.2017
Р - 05	2	147	0	148	0	0,295	31.07.2017
Р - 07	1	111	0	112	0	0,295	24.11.2017
Р - 07	2	111	0	112	0	0,295	24.11.2017
Р - 07	1	112	0	113	0	0,280	24.11.2017
Р - 07	1	113	0	114	0	0,258	24.11.2017
Р - 07	1	114	0	115	0	0,288	24.11.2017
Р - 07	2	116	0	117	0	0,292	24.11.2017
Р - 07	1	122	0	123	0	0,280	24.11.2017
Р - 07	2	123	0	124	0	0,265	24.11.2017
Р - 07	1	127	0	128	0	0,278	24.11.2017
Р - 07	2	128	0	129	0	0,262	24.11.2017
Р - 07	1	130	0	131	0	0,273	24.11.2017
Р - 07	1	133	0	134	0	0,285	24.11.2017
Р - 07	1	135	0	136	0	0,279	24.11.2017
Р - 07	2	135	0	136	0	0,251	24.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 07	2	146	0	147	0	0,278	24.11.2017
P - 07	2	147	0	148	0	0,257	24.11.2017
P - 07	2	150	0	151	0	0,281	24.11.2017
P - 07	2	157	0	158	0	0,274	24.11.2017
P - 07	1	170	0	171	0	0,272	24.11.2017
P - 07	1	174	0	175	0	0,271	24.11.2017
P - 07	1	178	0	179	0	0,285	24.11.2017
P - 07	2	179	0	180	0	0,279	24.11.2017
P - 07	1	180	0	181	0	0,285	24.11.2017
P - 07	2	181	0	182	0	0,264	24.11.2017
P - 07	1	182	0	183	0	0,296	24.11.2017
P - 07	1	183	0	184	0	0,262	24.11.2017
P - 07	1	187	0	188	0	0,263	24.11.2017
P - 07	2	189	0	190	0	0,288	24.11.2017
P - 07	1	199	0	200	0	0,281	24.11.2017
P - 07	1	201	0	202	0	0,295	24.11.2017
P - 07	2	208	0	209	0	0,254	24.11.2017
P - 07	2	209	0	210	0	0,293	24.11.2017
P - 07	2	211	0	212	0	0,294	24.11.2017
P - 07	2	217	0	218	0	0,259	24.11.2017
P - 07	1	221	0	222	0	0,254	24.11.2017
P - 07	2	223	0	224	0	0,265	24.11.2017
P - 07	1	227	0	228	0	0,296	24.11.2017
P - 07	1	229	0	230	0	0,274	24.11.2017
P - 07	1	235		236	0	0,263	24.11.2017
P - 07	1	238	0	239	0	0,279	24.11.2017
P - 07	2	241	0	242	0	0,289	24.11.2017
P - 07	2	246	0	247	0	0,245	24.11.2017
P - 07	1	250	0	251	0	0,265	24.11.2017
P - 07	2	250	0	251	0	0,246	24.11.2017
P - 07	1	252	0	253	0	0,293	24.11.2017
P - 07	1	255	0	256	0	0,281	24.11.2017
P - 07	1	256	0	257	0	0,297	24.11.2017
P - 07	2	256	0	257	0	0,275	24.11.2017
P - 07	1	258	0	259	0	0,294	24.11.2017
P - 07	2	258	0	259	0	0,290	24.11.2017
P - 07	1	259	0	260	0	0,281	24.11.2017
P - 07	2	261	0	262	0	0,286	24.11.2017
P - 07	2	263	0	264	0	0,299	24.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 07	1	266	0	267	0	0,266	24.11.2017
P - 07	1	267	0	268	0	0,249	24.11.2017
P - 07	1	269	0	270	0	0,286	24.11.2017
P - 07	1	275	0	276	0	0,270	24.11.2017
P - 07	2	275	0	276	0	0,255	24.11.2017
P - 07	2	278	0	279	0	0,285	24.11.2017
P - 07	2	286	0	287	0	0,296	24.11.2017
P - 07	1	287	0	288	0	0,289	24.11.2017
P - 07	1	289	0	290	0	0,262	24.11.2017
P - 07	2	289	0	290	0	0,287	24.11.2017
P - 07	1	290	0	291	0	0,284	24.11.2017
P - 07	2	290	0	291	0	0,259	24.11.2017
P - 07	2	291	0	292	0	0,289	24.11.2017
P - 07	1	293	0	294	0	0,290	24.11.2017
P - 07	1	295	0	296	0	0,276	24.11.2017
P - 09	1	41	0	41	922	0,238	25.09.2017
P - 11	1	45	0	45	298	0,301	05.10.2017
P - 12	1	6	500	7	0	0,261	04.11.2017
P - 12	2	12	0	13	0	0,298	04.11.2017
P - 12	2	13	0	14	0	0,279	04.11.2017
P - 12	2	14	0	15	0	0,288	04.11.2017
P - 12	2	15	0	16	0	0,278	04.11.2017
P - 12	1	18	0	19	0	0,278	04.11.2017
P - 12	2	21	0	22	0	0,299	04.11.2017
P - 12	2	28	0	29	0	0,290	04.11.2017
P - 12	1	31	0	32	0	0,268	04.11.2017
P - 12	2	34	0	35	0	0,289	04.11.2017
P - 12	2	37	0	38	0	0,294	04.11.2017
P - 12	2	51	0	52	0	0,278	04.11.2017
P - 12	1	58	0	59	0	0,290	04.11.2017
P - 12	2	74	0	75	0	0,255	04.11.2017
P - 12	1	76	0	77	0	0,263	04.11.2017
P - 12	1	79	0	80	0	0,294	04.11.2017
P - 12	2	80	0	81	0	0,289	04.11.2017
P - 12	2	81	0	82	0	0,299	04.11.2017
P - 12	1	82	0	83	0	0,262	04.11.2017
P - 12	2	83	0	84	0	0,297	04.11.2017
P - 12	2	90	0	91	0	0,281	04.11.2017
P - 12	2	92	0	93	0	0,268	04.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 12	2	93	0	94	0	0,271	04.11.2017
P - 12	2	94	0	95	0	0,283	04.11.2017
P - 12	2	96	0	97	0	0,292	04.11.2017
P - 12	2	98	0	99	0	0,262	04.11.2017
P - 12	2	100	0	101	0	0,256	04.11.2017
P - 12	2	102	0	103	0	0,286	04.11.2017
P - 12	1	103	0	104	0	0,270	04.11.2017
P - 12	2	108	0	109	0	0,288	04.11.2017
P - 12	2	115	0	116	0	0,279	04.11.2017
P - 12	2	116	0	117	0	0,301	04.11.2017
P - 12	1	117	0	118	0	0,281	04.11.2017
P - 12	1	118	0	119	0	0,290	04.11.2017
P - 12	1	120	0	121	0	0,263	04.11.2017
P - 12	2	120	0	121	0	0,300	04.11.2017
P - 12	1	121	0	122	0	0,267	04.11.2017
P - 12	2	122	0	123	0	0,259	04.11.2017
P - 12	2	123	0	124	0	0,299	04.11.2017
P - 12	1	124	0	125	0	0,274	04.11.2017
P - 12	1	125	0	126	0	0,278	04.11.2017
P - 12	2	125	0	126	0	0,293	04.11.2017
P - 12	2	130	0	131	0	0,263	04.11.2017
P - 12	1	134	0	135	0	0,251	04.11.2017
P - 12	2	136	0	137	0	0,294	04.11.2017
P - 12	2	141	0	142	0	0,261	04.11.2017
P - 12	2	148	0	149	0	0,285	04.11.2017
P - 12	1	153	0	154	0	0,252	04.11.2017
P - 12	1	155	0	156	0	0,265	04.11.2017
P - 12	1	162	0	163	0	0,300	04.11.2017
P - 12	1	164	0	165	0	0,271	04.11.2017
P - 12	2	168	0	169	0	0,266	04.11.2017
P - 12	2	170	0	171	0	0,278	04.11.2017
P - 12	1	172	0	173	0	0,282	04.11.2017
P - 12	2	173	0	174	0	0,256	04.11.2017
P - 12	2	174	0	175	0	0,285	04.11.2017
P - 12	2	182	0	183	0	0,263	04.11.2017
P - 12	2	191	0	192	0	0,286	04.11.2017
P - 12	2	193	0	194	0	0,289	04.11.2017
P - 12	1	194	0	195	0	0,283	04.11.2017
P - 12	2	194	0	195	0	0,262	04.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 12	1	197	0	198	0	0,298	04.11.2017
P - 12	1	199	0	200	0	0,299	04.11.2017
P - 12	2	199	0	200	0	0,268	04.11.2017
P - 12	1	200	0	201	0	0,284	04.11.2017
P - 12	2	210	0	210	775	0,256	04.11.2017
P - 12 Л	1	13	0	13	450	0,279	04.11.2017
P - 12 Л	1	12	0	13	0	0,298	04.11.2017
P -	1	0	0	1	0	0,260	04.11.2017
P -	1	2	0	3	0	0,259	04.11.2017
P -	1	3	0	4	0	0,271	04.11.2017
P -	1	4	0	4	739	0,297	04.11.2017
P - 13	1	13	450	14	0	0,291	03.11.2017
P - 13	2	15	0	16	0	0,289	03.11.2017
P - 13	1	24	0	25	0	0,298	03.11.2017
P - 13	1	29	0	30	0	0,294	03.11.2017
P - 13	2	39	0	40	0	0,301	03.11.2017
P - 13	1	41	0	42	0	0,296	03.11.2017
P - 13	2	47	0	48	0	0,300	03.11.2017
P - 13	1	50	0	51	0	0,291	03.11.2017
P - 13	1	53	0	53	860	0,300	03.11.2017
P - 13	2	58	340	59	0	0,290	03.11.2017
P - 13	2	59	0	60	0	0,285	03.11.2017
P - 13	2	71	0	72	0	0,286	03.11.2017
P - 13	2	76	0	77	0	0,293	03.11.2017
P - 13	2	79	0	80	0	0,300	03.11.2017
P - 13	2	82	0	83	0	0,297	03.11.2017
P - 13	2	83	0	84	0	0,299	03.11.2017
P - 13	1	86	0	87	0	0,294	03.11.2017
P - 13	1	87	0	88	0	0,289	03.11.2017
P - 24	1	39	0	40	0	0,300	01.09.2017
P - 33	1	208	0	209	0	0,299	21.11.2017
P - 33	2	208	0	209	0	0,281	21.11.2017
P - 33	2	211	0	212	0	0,300	21.11.2017
P - 44	1	8	0	9	0	0,281	15.11.2017
P - 44	1	10	0	11	0	0,273	15.11.2017
P - 44	1	14	0	15	0	0,288	15.11.2017
P - 44	2	19	0	20	0	0,281	15.11.2017
P - 44	2	20	0	21	0	0,301	15.11.2017
P - 44	2	21	0	22	0	0,286	15.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 44	2	25	0	26	0	0,299	15.11.2017
P - 44	1	26	0	27	0	0,291	15.11.2017
P - 44	1	28	0	29	0	0,292	15.11.2017
P - 44	2	28	0	29	0	0,273	15.11.2017
P - 44	1	29	0	30	0	0,297	15.11.2017
P - 44	2	33	0	34	0	0,284	15.11.2017
P - 44	1	36	0	37	0	0,281	15.11.2017
P - 44	1	39	0	40	0	0,286	15.11.2017
P - 44	2	39	0	40	0	0,298	15.11.2017
P - 44	2	44	0	45	0	0,278	15.11.2017
P - 44	2	45	0	46	0	0,294	15.11.2017
P - 44	2	46	0	47	0	0,283	15.11.2017
P - 44	2	48	0	49	0	0,300	15.11.2017
P - 44	2	49	0	50	0	0,300	15.11.2017
P - 44	2	57	0	58	0	0,300	15.11.2017
P - 44	1	58	0	59	0	0,293	15.11.2017
P - 44	2	59	0	60	0	0,288	15.11.2017
P - 44	1	60	0	61	0	0,284	15.11.2017
P - 44	2	60	0	61	0	0,272	15.11.2017
P - 44	1	62	0	63	0	0,279	15.11.2017
P - 44	2	62	0	63	0	0,287	15.11.2017
P - 44	2	70	0	71	0	0,278	15.11.2017
P - 44	2	72	0	73	0	0,284	15.11.2017
P - 44	1	76	0	77	0	0,293	15.11.2017
P - 44	2	79	0	80	0	0,284	15.11.2017
P - 44	1	81	0	82	0	0,283	15.11.2017
P - 44	1	83	0	84	0	0,294	15.11.2017
P - 44	2	83	0	84	0	0,277	15.11.2017
P - 44	1	85	0	86	0	0,290	15.11.2017
P - 44	2	86	0	87	0	0,271	15.11.2017
P - 44	2	87	0	88	0	0,299	15.11.2017
P - 44	2	88	0	89	0	0,287	15.11.2017
P - 44	1	91	0	92	0	0,294	15.11.2017
P - 44	2	99	0	100	0	0,294	15.11.2017
P - 44	1	102	0	103	0	0,285	15.11.2017
P - 44	1	103	0	104	0	0,280	15.11.2017
P - 44	1	105	0	106	0	0,299	15.11.2017
P - 44	2	105	0	106	0	0,282	15.11.2017
P - 44	2	109	0	110	0	0,291	15.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 44	1	110	0	111	0	0,294	15.11.2017
P - 44	1	113	0	114	0	0,296	15.11.2017
P - 44	2	114	0	115	0	0,294	15.11.2017
P - 44	2	117	0	118	0	0,273	15.11.2017
P - 44	1	123	0	124	0	0,296	15.11.2017
P - 44	2	123	0	124	0	0,292	15.11.2017
P - 44	2	128	0	129	0	0,281	15.11.2017
P - 44	1	132	0	133	0	0,299	15.11.2017
P - 44	2	133	0	134	0	0,273	15.11.2017
P - 45	2	21	0	22	0	0,295	11.11.2017
P - 45	1	29	0	30	0	0,299	11.11.2017
P - 45	1	32	0	33	0	0,267	11.11.2017
P - 45	1	33	0	34	0	0,267	11.11.2017
P - 45	2	35	0	36	0	0,275	11.11.2017
P - 45	1	36	0	37	0	0,267	11.11.2017
P - 45	2	36	0	37	0	0,288	11.11.2017
P - 45	1	44	0	45	0	0,274	11.11.2017
P - 45	1	45	0	46	0	0,288	11.11.2017
P - 45	1	46	0	47	0	0,260	11.11.2017
P - 45	1	49	0	50	0	0,273	11.11.2017
P - 45	1	50	0	51	0	0,267	11.11.2017
P - 45	1	52	0	53	0	0,291	11.11.2017
P - 45	1	54	0	55	0	0,298	11.11.2017
P - 45	1	55	0	56	0	0,268	11.11.2017
P - 45	2	57	0	58	0	0,293	11.11.2017
P - 45	1	60	0	61	0	0,298	11.11.2017
P - 45	1	61	0	62	0	0,273	11.11.2017
P - 45	1	62	0	63	0	0,268	11.11.2017
P - 45	2	64	0	65	0	0,286	11.11.2017
P - 45	1	67	0	68	0	0,281	11.11.2017
P - 45	1	70	0	71	0	0,289	11.11.2017
P - 45	1	75	0	76	0	0,292	11.11.2017
P - 45	2	75	0	76	0	0,284	11.11.2017
P - 45	1	76	0	77	0	0,281	11.11.2017
P - 45	2	82	0	83	0	0,292	11.11.2017
P - 45	1	87	0	88	0	0,273	11.11.2017
P - 45	2	90	0	91	0	0,296	11.11.2017
P - 45	1	94	0	95	0	0,299	11.11.2017
P - 45	1	95	0	96	0	0,301	11.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 45	1	96	0	97	0	0,274	11.11.2017
P - 45	2	96	0	97	0	0,290	11.11.2017
P - 45	1	97	0	98	0	0,282	11.11.2017
P - 45	2	97	0	98	0	0,292	11.11.2017
P - 45	1	99	0	100	0	0,289	11.11.2017
P - 45	2	100	0	101	0	0,299	11.11.2017
P - 45	1	106	0	107	0	0,270	11.11.2017
P - 45	2	107	105	108	0	0,293	23.11.2017
P - 45	1	108	0	109	0	0,271	23.11.2017
P - 45	2	110	0	111	0	0,292	23.11.2017
P - 45	2	114	0	115	0	0,275	23.11.2017
P - 45	2	115	0	116	0	0,299	23.11.2017
P - 45	1	122	0	122	105	0,301	23.11.2017
P - 45	2	121	0	122	0	0,288	23.11.2017
P - 45	2	122	0	122	105	0,294	23.11.2017
P - 46	1	9	0	10	0	0,228	23.11.2017
P - 46	1	12	0	13	0	0,238	23.11.2017
P - 46	1	15	0	16	0	0,250	23.11.2017
P - 46	1	18	0	19	0	0,223	23.11.2017
P - 46	1	21	0	22	0	0,252	23.11.2017
P - 46	1	24	0	25	0	0,250	23.11.2017
P - 46	1	27	0	28	0	0,294	23.11.2017
P - 46	1	30	0	31	0	0,229	23.11.2017
P - 46	1	36	0	37	0	0,212	23.11.2017
P - 46	1	39	0	40	0	0,214	23.11.2017
P - 46	1	40	0	41	0	0,283	23.11.2017
P - 46	1	54	0	55	0	0,194	23.11.2017
P - 46	1	70	0	71	0	0,202	23.11.2017
P - 46	2	70	0	71	0	0,173	23.11.2017
P - 46	1	71	0	72	0	0,188	23.11.2017
P - 46	2	71	0	72	0	0,181	23.11.2017
P - 46	1	72	0	73	0	0,216	23.11.2017
P - 46	2	72	0	73	0	0,170	23.11.2017
P - 46	1	73	0	74	0	0,172	23.11.2017
P - 46	2	73	0	74	0	0,155	23.11.2017
P - 46	1	74	0	75	0	0,158	23.11.2017
P - 46	2	74	0	75	0	0,148	23.11.2017
P - 46	1	75	0	76	0	0,190	23.11.2017
P - 46	2	75	0	76	0	0,167	23.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 46	1	76	0	77	0	0,192	23.11.2017
P - 46	2	76	0	77	0	0,168	23.11.2017
P - 46	1	77	0	78	0	0,178	23.11.2017
P - 46	2	77	0	78	0	0,175	23.11.2017
P - 46	1	78	0	79	0	0,164	23.11.2017
P - 46	2	78	0	79	0	0,148	23.11.2017
P - 46	1	79	0	80	0	0,203	23.11.2017
P - 46	2	79	0	80	0	0,191	23.11.2017
P - 46	1	80	0	81	0	0,191	23.11.2017
P - 46	2	80	0	81	0	0,203	23.11.2017
P - 46	1	81	0	82	0	0,148	23.11.2017
P - 46	2	81	0	82	0	0,164	23.11.2017
P - 46	1	82	0	83	0	0,175	23.11.2017
P - 46	2	82	0	83	0	0,178	23.11.2017
P - 46	1	83	0	84	0	0,168	23.11.2017
P - 46	2	83	0	84	0	0,192	23.11.2017
P - 46	1	84	0	85	0	0,167	23.11.2017
P - 46	2	84	0	85	0	0,190	23.11.2017
P - 46	1	85	0	86	0	0,148	23.11.2017
P - 46	2	85	0	86	0	0,158	23.11.2017
P - 46	1	86	0	87	0	0,155	23.11.2017
P - 46	2	86	0	87	0	0,172	23.11.2017
P - 46	1	87	0	88	0	0,170	23.11.2017
P - 46	2	87	0	88	0	0,216	23.11.2017
P - 46	1	89	0	89	304	0,173	23.11.2017
P - 46	1	88	0	89	0	0,181	23.11.2017
P - 46	2	88	0	89	0	0,188	23.11.2017
P - 46	2	89	0	89	304	0,202	23.11.2017
P - 52	1	44	0	45	0	0,294	10.11.2017
P - 52	1	46	0	47	0	0,294	10.11.2017
P - 52	1	56	0	57	0	0,292	10.11.2017
P - 52	1	57	0	58	0	0,289	10.11.2017
P - 52	1	67	0	68	0	0,300	10.11.2017
P - 52	1	79	0	80	0	0,299	10.11.2017
P - 52	1	81	0	82	0	0,293	10.11.2017
P - 52	1	92	0	93	0	0,291	10.11.2017
P - 54	1	77	0	78	0	0,292	22.11.2017
P - 54	2	78	0	79	0	0,298	22.11.2017
P - 54	1	79	0	80	0	0,292	22.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 54	1	80	0	81	0	0,292	22.11.2017
P - 54	1	81	0	82	0	0,295	22.11.2017
P - 54	2	82	0	83	0	0,292	22.11.2017
P - 54	1	83	0	84	0	0,301	22.11.2017
P - 54	1	97	0	98	0	0,298	22.11.2017
P - 54	1	98	0	99	0	0,292	22.11.2017
P - 54	1	100	0	101	0	0,301	22.11.2017
P - 54	2	100	0	101	0	0,292	22.11.2017
P - 54	1	101	0	102	0	0,295	22.11.2017
P - 54	2	101	0	102	0	0,298	22.11.2017
P - 54	1	103	0	104	0	0,298	22.11.2017
P - 54	2	104	0	105	0	0,292	22.11.2017
P - 54	1	105	0	106	0	0,301	22.11.2017
P - 54	1	106	0	107	0	0,295	22.11.2017
P - 54	2	106	0	107	0	0,298	22.11.2017
P - 55	1	88	0	89	0	0,296	10.10.2017
P - 55	2	88	0	89	0	0,290	10.10.2017
P - 55	2	93	0	94	0	0,297	10.10.2017
P - 55	1	97	0	98	0	0,296	10.10.2017
P - 55	2	97	0	98	0	0,281	10.10.2017
P - 55	1	99	0	100	0	0,293	10.10.2017
P - 55	2	99	0	100	0	0,293	10.10.2017
P - 55	1	100	0	101	0	0,289	10.10.2017
P - 55	2	100	0	101	0	0,295	10.10.2017
P - 60	2	8	0	9	0	0,267	14.11.2017
P - 60	2	20	0	21	0	0,274	14.11.2017
P - 60	1	23	0	24	0	0,280	14.11.2017
P - 60	2	27	0	28	0	0,271	14.11.2017
P - 60	2	29	0	30	0	0,281	14.11.2017
P - 60	1	34	0	35	0	0,290	14.11.2017
P - 60	2	39	0	40	0	0,285	14.11.2017
P - 60	2	40	0	41	0	0,295	14.11.2017
P - 60	1	50	0	51	0	0,289	14.11.2017
P - 60	2	50	0	51	0	0,258	14.11.2017
P - 60	1	58	0	58	409	0,281	14.11.2017
P - 60	1	60	571	61	0	0,291	14.11.2017
P - 60	2	60	571	61	0	0,282	14.11.2017
P - 60	1	61	0	62	0	0,289	14.11.2017
P - 60	1	62	0	63	0	0,280	14.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 60	2	64	0	65	0	0,290	14.11.2017
P - 60	2	67	0	68	0	0,297	14.11.2017
P - 60	2	70	0	71	0	0,282	14.11.2017
P - 60	2	71	0	72	0	0,260	14.11.2017
P - 60	1	82	0	83	0	0,288	14.11.2017
P - 60	1	86	0	87	0	0,293	14.11.2017
P - 60	2	87	0	88	0	0,265	14.11.2017
P - 60	2	92	0	93	0	0,301	14.11.2017
P - 60	2	99	0	100	0	0,301	14.11.2017
P - 60	2	102	0	103	0	0,260	14.11.2017
P - 60	1	103	0	104	0	0,296	14.11.2017
P - 60	1	105	0	106	0	0,286	14.11.2017
P - 60	1	106	0	107	0	0,291	14.11.2017
P - 60	1	107	0	108	0	0,276	14.11.2017
P - 60	1	108	0	109	0	0,293	14.11.2017
P - 60	2	112	0	113	0	0,265	14.11.2017
P - 60	2	129	243	130	0	0,269	14.11.2017
P - 60	2	131	0	132	0	0,266	14.11.2017
P - 60	2	132	0	133	0	0,301	14.11.2017
P - 60	1	135	0	136	0	0,299	14.11.2017
P - 60	2	141	0	142	0	0,277	14.11.2017
P - 60	2	142	0	143	0	0,275	14.11.2017
P - 60	1	144	0	145	0	0,300	14.11.2017
P - 60	1	152	0	153	0	0,295	14.11.2017
P - 61	1	18	820	19	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	21	0	22	0	0,288	13.11.2017
P - 61	2	25	0	26	0	0,266	13.11.2017
P - 61	2	27	0	28	0	0,275	13.11.2017
P - 61	1	43	0	44	0	0,300	13.11.2017
P - 61	1	44	0	45	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	46	0	47	0	0,278	13.11.2017
P - 61	2	47	0	48	0	0,289	13.11.2017
P - 61	2	51	0	52	0	0,267	13.11.2017
P - 61	1	55	0	56	0	0,290	13.11.2017
P - 61	1	56	0	57	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	58	0	59	0	0,297	13.11.2017
P - 61	1	59	0	60	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	63	0	64	0	0,267	13.11.2017
P - 61	2	64	0	65	0	0,292	13.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 61	2	75	0	76	0	0,290	13.11.2017
P - 61	1	79	0	80	0	0,300	13.11.2017
P - 61	1	80	0	81	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	82	0	83	0	0,272	13.11.2017
P - 61	1	83	0	84	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	84	0	85	0	0,287	13.11.2017
P - 61	1	93	0	94	0	0,300	13.11.2017
P - 61	1	94	0	95	0	0,300	13.11.2017
P - 61	1	95	0	96	0	0,290	13.11.2017
P - 61	2	96	0	97	0	0,301	13.11.2017
P - 61	2	98	0	99	0	0,284	13.11.2017
P - 61	1	101	0	102	0	0,300	13.11.2017
P - 61	1	102	0	103	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	106	0	107	0	0,295	13.11.2017
P - 61	2	107	0	108	0	0,265	13.11.2017
P - 61	2	117	0	118	0	0,272	13.11.2017
P - 61	1	120	0	121	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	121	0	122	0	0,276	13.11.2017
P - 61	2	123	0	124	0	0,294	13.11.2017
P - 61	2	124	0	125	0	0,275	13.11.2017
P - 61	1	125	0	126	0	0,300	13.11.2017
P - 61	2	130	0	131	0	0,276	13.11.2017
P - 61	2	131	0	132	0	0,293	13.11.2017
P - 61	2	133	0	134	0	0,279	13.11.2017
P - 61	2	134	0	135	0	0,280	13.11.2017
P - 61	2	141	0	142	0	0,289	13.11.2017
P - 61	2	148	0	149	0	0,289	13.11.2017
P - 61	2	150	0	151	0	0,301	13.11.2017
P - 62	1	12	0	13	0	0,295	02.09.2017
P - 62	1	13	0	13	898	0,298	02.09.2017
P - 62	2	13	0	13	898	0,289	02.09.2017
P - 62	2	12	0	13	0	0,301	02.09.2017
P - 65	1	35	0	36	0	0,274	04.11.2017
P - 65	1	125	0	126	0	0,274	15.11.2017
P - 65	1	131	0	132	0	0,285	15.11.2017
P - 66	1	4	0	5	0	0,298	27.11.2017
P - 66	2	14	0	15	0	0,299	27.11.2017
P - 66	1	23	0	24	0	0,300	27.11.2017
P - 66	1	35	0	36	0	0,299	27.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 66	2	37	0	38	0	0,280	27.11.2017
P - 66	2	53	0	54	0	0,301	27.11.2017
P - 66	2	55	0	56	0	0,290	27.11.2017
P - 66	2	56	0	57	0	0,293	27.11.2017
P - 66	2	61	0	62	0	0,286	27.11.2017
P - 66	2	63	0	64	0	0,281	27.11.2017
P - 66	2	78	0	79	0	0,300	27.11.2017
P - 66	2	85	0	86	0	0,283	27.11.2017
P - 66	1	93	0	94	0	0,299	27.11.2017
P - 66	2	98	0	99	0	0,286	27.11.2017
P - 66	1	101	0	102	0	0,298	27.11.2017
P - 66	1	103	0	104	0	0,295	27.11.2017
P - 66	2	109	0	110	0	0,285	27.11.2017
P - 66	2	136	0	137	0	0,288	27.11.2017
P - 66	2	138	0	139	0	0,299	27.11.2017
P - 66	1	142	0	143	0	0,301	27.11.2017
P - 66	2	157	0	158	0	0,286	27.11.2017
P - 66	1	162	0	163	0	0,298	27.11.2017
P - 66	2	180	0	181	0	0,285	27.11.2017
P - 66	2	185	0	186	0	0,290	27.11.2017
P - 66	1	189	0	190	0	0,298	27.11.2017
P - 66	1	196	0	197	0	0,281	27.11.2017
P - 67	1	17	0	18	0	0,297	06.11.2017
P - 67	1	23	0	24	0	0,271	06.11.2017
P - 67	1	37	0	38	0	0,282	06.11.2017
P - 67	1	43	0	44	0	0,290	06.11.2017
P - 67	1	62	0	63	0	0,300	06.11.2017
P - 67	1	137	0	138	0	0,282	06.11.2017
P - 68	1	43	0	44	0	0,245	09.11.2017
P - 68	1	58	0	59	0	0,246	09.11.2017
P - 68	1	64	0	65	0	0,285	09.11.2017
P - 68	1	85	0	86	0	0,273	09.11.2017
P - 69	1	16	0	17	0	0,281	30.05.2017
P - 69	1	17	0	18	0	0,297	30.05.2017
P - 69	2	19	0	20	0	0,270	30.05.2017
P - 69	1	113	0	114	0	0,245	03.11.2017
P - 69	1	119	0	120	0	0,285	03.11.2017
P - 69	1	128	0	129	0	0,238	03.11.2017
P - 69	1	131	0	132	0	0,239	03.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
Р - 69 Л	2	18	0	19	0	0,291	30.05.2017
Р - 69 Л	1	19	0	20	0	0,270	30.05.2017
Р - 69 Л	2	19	0	20	0	0,267	30.05.2017
Р - 69 П	1	16	0	17	0	0,281	30.05.2017
Р - 69 П	2	16	0	17	0	0,281	30.05.2017
Р - 69 П	1	17	0	18	0	0,297	30.05.2017
Р - 69 П	2	17	0	18	0	0,285	30.05.2017
Р - 71	1	92	0	93	0	0,299	14.10.2017
Р - 71	2	92	0	93	0	0,290	16.10.2017
Р - 71	1	131	0	132	0	0,276	14.10.2017
Р - 71	2	131	0	132	0	0,242	16.10.2017
Р - 71	1	132	0	133	0	0,258	14.10.2017
Р - 71	2	132	0	133	0	0,230	16.10.2017
Р - 71	1	133	0	134	0	0,273	14.10.2017
Р - 71	2	133	0	134	0	0,247	16.10.2017
Р - 71	1	134	0	135	0	0,264	14.10.2017
Р - 71	2	134	0	135	0	0,233	16.10.2017
Р - 71	1	135	0	136	0	0,272	14.10.2017
Р - 71	2	135	0	136	0	0,245	16.10.2017
Р - 71	1	136	0	137	0	0,266	14.10.2017
Р - 71	2	136	0	137	0	0,250	16.10.2017
Р - 71	1	137	0	138	0	0,293	14.10.2017
Р - 71	2	137	0	138	0	0,282	16.10.2017
Р - 71	1	138	0	139	0	0,279	14.10.2017
Р - 71	2	138	0	139	0	0,277	16.10.2017
Р - 71	2	139	0	140	0	0,294	16.10.2017
Р - 71	1	140	0	141	0	0,282	14.10.2017
Р - 71	2	140	0	141	0	0,282	16.10.2017
Р - 71	1	141	0	142	0	0,293	14.10.2017
Р - 71	2	141	0	142	0	0,293	16.10.2017
Р - 71	1	142	0	143	0	0,294	14.10.2017
Р - 71	2	142	0	143	0	0,288	16.10.2017
Р - 71	1	144	0	145	0	0,279	14.10.2017
Р - 71	2	144	0	145	0	0,290	16.10.2017
Р - 71	1	253	0	254	0	0,293	02.10.2017
Р - 71	1	255	0	256	0	0,276	02.10.2017
Р - 71	2	255	0	256	0	0,291	02.10.2017
Р - 71	1	256	0	257	0	0,290	02.10.2017
Р - 71	2	256	0	257	0	0,296	02.10.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 71	2	257	0	258	0	0,300	02.10.2017
P - 71	1	258	0	259	0	0,300	02.10.2017
P - 71	1	267	0	268	0	0,296	02.10.2017
P - 71	1	268	0	269	0	0,291	02.10.2017
P - 71	2	268	0	269	0	0,296	02.10.2017
P - 71	1	270	0	271	0	0,294	02.10.2017
P - 71	2	270	0	271	0	0,300	02.10.2017
P - 71	1	271	0	272	0	0,302	02.10.2017
P - 71	1	272	0	273	0	0,292	02.10.2017
P - 71	2	272	0	273	0	0,289	02.10.2017
P - 71	1	274	0	275	0	0,283	02.10.2017
P - 71	2	274	0	275	0	0,292	02.10.2017
P - 71	2	275	0	276	0	0,301	02.10.2017
P - 71	1	276	0	277	0	0,288	02.10.2017
P - 71	2	276	0	277	0	0,277	02.10.2017
P - 71	1	277	0	278	0	0,275	02.10.2017
P - 71	2	277	0	278	0	0,283	02.10.2017
P - 71	1	278	0	279	0	0,298	02.10.2017
P - 71	2	278	0	279	0	0,286	02.10.2017
P - 71	1	279	0	280	0	0,292	02.10.2017
P - 71	2	279	0	280	0	0,289	02.10.2017
P - 71	1	280	0	281	0	0,285	02.10.2017
P - 71	2	280	0	281	0	0,282	02.10.2017
P - 71	1	282	0	282	697	0,297	02.10.2017
P - 71	2	282	0	282	697	0,288	02.10.2017
P - 71	2	281	0	282	0	0,294	02.10.2017
P - 74	1	2	75	3	0	0,284	11.11.2017
P - 74	1	7	0	8	0	0,301	11.11.2017
P - 74	1	8	0	9	0	0,289	11.11.2017
P - 74	1	14	0	14	741	0,290	11.11.2017
P - 74	1	26	0	27	0	0,284	11.11.2017
P - 74	1	42	0	43	0	0,287	11.11.2017
P - 74	1	45	0	45	465	0,287	11.11.2017
P - 76	1	4	0	5	0	0,280	01.08.2017
P - 76	2	4	0	5	0	0,288	01.08.2017
P - 76	1	6	0	7	0	0,277	01.08.2017
P - 76	2	6	0	7	0	0,286	01.08.2017
P - 76	1	7	0	8	0	0,269	01.08.2017
P - 76	2	7	0	8	0	0,277	01.08.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 76	1	8	0	9	0	0,291	01.08.2017
P - 76	2	8	0	9	0	0,294	01.08.2017
P - 76	1	9	0	10	0	0,277	01.08.2017
P - 76	2	9	0	10	0	0,291	01.08.2017
P - 76	1	10	0	11	0	0,279	01.08.2017
P - 76	2	10	0	11	0	0,266	01.08.2017
P - 76	1	11	0	12	0	0,263	01.08.2017
P - 76	2	11	0	12	0	0,274	01.08.2017
P - 76	1	12	0	13	0	0,294	01.08.2017
P - 76	2	12	0	13	0	0,286	01.08.2017
P - 76	1	13	0	14	0	0,269	01.08.2017
P - 76	2	13	0	14	0	0,283	01.08.2017
P - 76	1	14	0	15	0	0,283	01.08.2017
P - 76	2	14	0	15	0	0,274	01.08.2017
P - 76	1	15	0	16	0	0,263	01.08.2017
P - 76	2	15	0	16	0	0,269	01.08.2017
P - 76	1	16	0	17	0	0,269	01.08.2017
P - 76	2	16	0	17	0	0,272	01.08.2017
P - 76	1	17	0	18	0	0,279	01.08.2017
P - 76	2	17	0	18	0	0,294	01.08.2017
P - 76	2	25	0	26	0	0,301	01.08.2017
P - 78	1	7	18	8	0	0,291	23.11.2017
P - 78	2	12	0	13	0	0,300	23.11.2017
P - 78	2	13	0	14	0	0,295	23.11.2017
P - 78	1	29	0	30	0	0,293	23.11.2017
P - 78	2	32	0	33	0	0,299	23.11.2017
P - 78	1	41	0	42	0	0,301	23.11.2017
P - 78	1	47	0	48	0	0,290	23.11.2017
P - 78	1	50	0	51	0	0,294	23.11.2017
P - 78	1	51	0	52	0	0,301	23.11.2017
P - 78	1	53	0	54	0	0,299	23.11.2017
P - 78	1	59	0	60	0	0,293	23.11.2017
P - 78	1	64	0	65	0	0,300	23.11.2017
P - 78	1	68	0	69	0	0,292	23.11.2017
P - 78	2	84	0	85	0	0,297	23.11.2017
P - 78	2	87	0	88	0	0,301	23.11.2017
P - 78	1	93	0	94	0	0,294	23.11.2017
P - 78	2	94	0	95	0	0,298	23.11.2017
P - 78	1	95	0	96	0	0,296	23.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 78	1	109	0	110	0	0,295	23.11.2017
P - 78	2	110	0	111	0	0,298	23.11.2017
P - 78	2	111	0	112	0	0,298	23.11.2017
P - 78	1	121	0	122	0	0,299	23.11.2017
P - 78	1	122	0	123	0	0,290	23.11.2017
P - 78	1	134	0	135	0	0,299	23.11.2017
P - 78	2	136	0	137	0	0,296	23.11.2017
P - 78	2	141	0	142	0	0,301	23.11.2017
P - 78	2	144	0	144	176	0,296	23.11.2017
P - 79	1	0	0	1	0	0,288	22.11.2017
P - 79	2	2	0	3	0	0,291	22.11.2017
P - 79	2	10	0	11	0	0,287	22.11.2017
P - 79	1	11	0	12	0	0,296	22.11.2017
P - 79	2	14	0	15	0	0,301	22.11.2017
P - 79	1	16	0	17	0	0,292	22.11.2017
P - 79	2	25	0	26	0	0,284	22.11.2017
P - 79	1	28	0	29	0	0,293	22.11.2017
P - 79	1	37	0	38	0	0,287	22.11.2017
P - 79	1	42	0	43	0	0,295	22.11.2017
P - 79	2	56	0	57	0	0,291	22.11.2017
P - 79	2	65	0	66	0	0,299	22.11.2017
P - 79	2	66	0	67	0	0,288	22.11.2017
P - 79	2	68	0	69	0	0,289	22.11.2017
P - 79	1	69	0	70	0	0,291	22.11.2017
P - 79	1	80	0	81	0	0,293	22.11.2017
P - 79	1	88	0	89	0	0,290	22.11.2017
P - 79	1	110	0	111	0	0,288	22.11.2017
P - 79	1	112	0	113	0	0,292	22.11.2017
P - 79	1	117	0	118	0	0,300	22.11.2017
P - 79	1	118	0	119	0	0,297	22.11.2017
P - 79	1	136	0	137	0	0,287	22.11.2017
P - 79	2	147	0	148	0	0,285	22.11.2017
P - 79	2	174	0	175	0	0,296	22.11.2017
P - 79	2	175	0	176	0	0,299	22.11.2017
P - 79	2	180	0	181	0	0,291	22.11.2017
P - 79	2	182	0	183	0	0,286	22.11.2017
P - 79	2	203	0	204	0	0,288	22.11.2017
P - 79	2	211	0	212	0	0,292	22.11.2017
P - 79	2	222	0	223	0	0,290	22.11.2017

№ дороги	Напрямок руху	Початок		Кінець		φ	Дата
		км	+	км	+		
P - 79	1	223	0	224	0	0,290	22.11.2017
P - 79	1	225	0	226	0	0,289	22.11.2017
P - 79	1	226	0	227	0	0,300	22.11.2017
P - 79	1	235	0	236	0	0,293	22.11.2017
P - 79	2	256	0	257	0	0,294	22.11.2017
P - 79	2	261	0	262	0	0,286	22.11.2017
P - 79	2	270	0	271	0	0,292	22.11.2017
P - 79	1	272	0	273	0	0,286	22.11.2017
P - 79	2	282	0	283	0	0,291	22.11.2017
P - 79	1	283	0	284	0	0,301	22.11.2017
P - 79	1	287	0	288	0	0,289	22.11.2017
P - 79	2	287	0	288	0	0,296	22.11.2017
P - 79	1	295	0	296	0	0,292	22.11.2017
P - 79	1	298	0	298	767	0,301	22.11.2017
P - 79	2	298	0	298	767	0,286	22.11.2017

ДОДАТОК К

ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

ДОВІДКА

впровадження наукових розробок аспіранта Національного транспортного університету Рибіцького Леоніда Леонідовича

Даною довідкою підтверджується, що результати дисертаційної роботи аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету Рибіцького Л.Л. були впроваджені в період з 2001 по 2018 роки при розробці нормативних документів:

ГСТУ 218-02070915-102-2003 «Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх покриттів. Методи та засоби»;

ДСТУ Б В.2.3-8-2003 «Споруди транспорту. Дорожні покриття. Методи вимірювання зчіпних якостей»;

СОУ 45.2-00018112-042:2009 «Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів»;

ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво»;

ДСТУ 8746:2017 «Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчіпних властивостей поверхні дорожнього покриття» і використовуються на практиці при оцінці зчіпних якостей дорожнього покриття та проектуванні автомобільних доріг загального користування проектними організаціями, які підпорядковані Державному агентству автомобільних доріг України (Укравтодор).

Начальник відділу інноваційного розвитку
Департаменту технічного забезпечення та
інноваційного розвитку



О.Ю. Тимощук



УКРАВТОДОР
СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

вул. Народного ополчення, 11-А, м.Київ, 03151,

тел.(044) 249-86-95, факс (044) 200-04-70

e-mail: kievoad@ukr.net, веб-сайт: <http://kiev.ukravtodor.gov.ua>, код ЄДРПОУ 26345736

4.02.2021 № 280/221 на № _____ від _____

ДОВІДКА

Впровадження наукових розробок аспіранта Національного транспортного університету Рибіцького Леоніда Леонідовича.

Даною довідкою підтверджується, що результати дисертаційної роботи аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету Рибіцького Л.Л. були впроваджені в період з 2005 по 2018 роки при виконанні робіт з оцінки транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг Київської області приладами УДВО-2, УДВО-7 та УДВО-9. Результати вимірювання використовуються на практиці для оцінки зчпних якостей дорожнього покриття і планування ремонтних робіт на автомобільних дорогах державного значення Київської області. Також у 2017р. на замовлення Служби автомобільних доріг у Київській області ДП «Укрдіпродор» приладами УДВО проводили обстеження всієї мережі доріг державного значення, окрім АР Крим та тимчасово окупованих територій (з індексами М, Н та Р) загальною протяжністю 48649 км приведених до II категорії. Основним результатом досліджень стали пропозиції до плану ремонтних робіт по всіх областях України.

**Заступник начальника
з розвитку доріг**



О.М. Кошель

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО –
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
З ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРДІПРОДОР



Management Service

03037, м. Київ, Повітрофлотський пр-кт, 39/1
тел./факс: (044) 206-64-30
e-mail: okt@diprodor.com

“15” 01 2020 р.

№ 63-01

на № _____ від _____

ДОВІДКА

впровадження наукових розробок аспіранта
Національного транспортного університету
Рибіцького Леоніда Леонідовича

Даною довідкою підтверджується, що результати дисертаційної роботи аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету Рибіцького Л.Л. були впроваджені в період з 2005 по 2020 роки при виконанні робіт з оцінки зчепних якостей дорожнього покриття приладом УДВО-7.

Перелік обстежених автомобільних доріг за період 2008-2017 рр.

Ч.ч.	Рік	Об'єкти	Сума обстежених АД в км
1	2008	Вся мережа автомобільних доріг державного значення України (з індексами М, Н та Р)	19 575 км приведених до II категорії
2	2009	12 областей України (з індексами М, Н та Р)	6240 км приведених до II категорії
3	2010	2 області	1 500 км приведених до II категорії
4	2011	Вся мережа автомобільних доріг загального користування (з індексами М, Н та Р)	близько 20 654 км приведених до II категорії
5	2012	Вся мережа автомобільних доріг загального користування (з індексами М, Н та Р)	близько 20 654 км приведених до II категорії
6	2016	В межах 18 областей (з індексами М, Н та Р)	34 648 км приведених до II категорії
7	2017	Вся мережа доріг державного значення, окрім АР Крим та тимчасово-окупованих територій (з індексами М, Н та Р)	48 649 км приведених до II категорії

Результати вимірювання стали основою планів ремонтних заходів на автомобільних дорогах державного значення України. Економічний ефект від своєчасного виявлення ділянок доріг з недостатнім коефіцієнтом зчеплення та упередження виникнення ДТП дозволяє отримати щорічний економічний ефект 7,8 млн. грн.

Заступник головного інженера,
Кандидат технічних наук



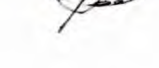
Ф.П. Гончаренко

“Затверджую”
Головний інженер
Івано-Франківського
облавтодору
В.М.Пліщук
18 травня 2000 р.



АКТ

Комісія в складі голови - заступника начальника Івано-Франківського облавтодору по експлуатації Волинського Івана Дмитровича та членів: головного інженера Рогатинської РайШРБУ Воробця Степана Григоровича, професора кафедри будівництва та експлуатації доріг Українського транспортного університету докт. техн. наук Павлюка Дмитра Олександровича, доцента кафедри будівництва та експлуатації доріг Українського транспортного університету канд. техн. наук Іваніци Євгена Васильовича та інженера Рибіцького Л.Л. склали цей акт про те, що універсальне дорожнє вимірювальнe обладнання “УДВО”, виготовлене Українським транспортним університетом, використовувалось при виконанні робіт по визначенню транспортно-експлуатаційних показників дороги Стрий - Тернопіль в межах Івано-Франківської області на ділянках км 44 - км 76.

Голова комісії		Волинський І.Д.
Члени комісії		Воробець С.Г.
		Павлюк Д.О.
		Іваніца Є.В.
		Рибіцький Л.Л.

ДОДАТОК Л

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Leonid Rybitskyi, Dmitry Pavlyuk. Improvement of Methods and Means of Evaluating of Skid Resistance Road Surfaces in Ukraine. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3) (2021).
https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7372

Статті у фахових виданнях:

2. Павлюк Д.О., Андрєєв С.І., Рибіцький Л.Л. Про вимірювання коефіцієнта зчеплення методом екстреного гальмування. *Автошляховик України*. 1999. №1. С. 49-50.

3. Павлюк Д.О., Кизима С.С., Андрєєв С.І., Рибіцький Л.Л. Зауваження щодо ДСТУ Б.В.2.3-2-97 (ГОСТ 30413-96) «Дороги автомобільні. Метод визначення коефіцієнта зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям». *Автошляховик України*. 1999. №3. С. 50-51.

4. Рибіцький Л.Л. Обґрунтування методики метрологічної атестації універсального дорожнього вимірювального обладнання. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2001. Вип. 63. С. 70-72.

5. Павлюк Д.О., Андрєєв С.І., Рибіцький Л.Л. Досвід виробничої експлуатації автомобільної причіпної установки ПКРС-2У та поштовхоміра «ВСВП-УТУ». *Автошляховик України*. 2004. №2. С. 25-27.

6. Рибіцький Л.Л. Дослідження курсової стійкості «УДВО» на основі математичної моделі та експериментальних випробувань. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2004. Вип. 72.

С. 154-161.

7. Павлюк Д.О., Рибіцький Л.Л., Лебедєв О.С., Шурьяков М.В. Аналіз вимог нормативних документів України до зчіпних якостей дорожніх покриттів. *Автошляховик України*. 2010. № 2. С. 29-31.

8. Павлюк Д.О., Лебедєв О.С., Павлюк В.В., Павлюк В.В., Рибіцький Л.Л. та ін. Універсальне дорожнє вимірювальне обладнання «УДВО-НТУ». *Автошляховик України*. 2011. № 1. С. 40-48.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

9. Павлюк Д.О., Іваніца Є.В., Булах О.І., Андрєєв С.І., Рибіцький Л.Л., Федоров М.О. Удосконалення способів і засобів вимірювання показників транспортно-експлуатаційних якостей дорожніх покриттів. Тези доповідей наук.-техн. Конф. *«Шляхи підвищення ефективності дорожнього господарства України в нових умовах господарювання»*. Київ: УТУ. 1998. С. 72.

10. Рибіцький Л.Л. Застосування методу математичного моделювання для дослідження можливості виникнення автоколивань на датчику вузла вимірювань зчіпних якостей УДВО в залежності від пружних характеристик колеса і датчика. *Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції, яка присвячена 60-річчю НТУ*. Київ, НТУ. 2004. С.61-62.

11. Павлюк Д.О., Булах Є.О., Рибіцький Л.Л., та інші. Удосконалення оцінки якості дорожніх покриттів. *Матеріали конференції в рамках II Міжнародної виставки «Будівництво доріг, дорожня інфраструктура, будівельні машини ROAD ENGINEERING Київ 4-6 вересня 2006 р.* Київ, Укравтодор. 2006. С. 6 – 8.

12. Рибіцький Л.Л. Удосконалення методів вимірювання зчіпних якостей дорожніх покриттів. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Київ, НТУ. 2020. 124 с

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові

результати дисертації:

13. Павлюк Д.А., Лебедев А.С., Шурьяков М.В., Рыбицкий Л.Л., Сокольчук С.В. О целесообразности определения показателей сцепных качеств покрытий в режиме заданного проскальзывания колеса. *Сб. Научных докладов международной научно-технической конференции 7-9 июля 2010г. Пути решения проблем дорожной отрасли СНГ*. Омск, 2010, С. 137 – 141.

14. Павлюк Д.А., Ильченко В.В., Рыбицкий Л.Л. Некоторые аспекты совершенствования оценки сцепных качеств дорожных покрытий. Сб. науч. трудов. *Научно-технические проблемы дорожной отрасли стран СНГ*. Минск, 2000. С. 193-195.

15. Рибіцький Л.Л. Досвід функціонування СУСП та проектування ТЕО, влаштування метеостанцій та ОВНС. *Науково-практичний семінар «Особливості проектування автомобільних доріг загального користування: проблеми та задачі»*. Харків, 17-18 травня 2018р.

16. Рибіцький Л.Л. Проектування в сучасних умовах. Покращення безпеки дорожнього руху на дорогах України. *Міжнародна конференція «Стан дорожньої інфраструктури у гірській місцевості та шляхи її покращення»*. Івано-Франківськ, 28 лютого 2020 р.