

**Новаковський Д.М.**, канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВНИХ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ПОПЕРЕЧНОЇ РІВНОСТІ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ**

**Реферат.** В статті виконано аналіз впливу поперечної нерівності на безпеку та комфорт дорожнього руху. Проаналізовано вплив поперечної нерівності на ймовірність виникнення процесу аквапланування.

Об'єкт дослідження – вплив поперечної нерівності на безпеку дорожнього руху. Мета роботи – дослідження впливу глибини колії на ймовірність виникнення ефекту аквапланування.

Метод дослідження – аналіз та систематизація експериментальних досліджень. Збільшення інтенсивності руху та осьових навантажень приводять до інтенсифікації процесу накопичення пластичних деформацій дорожніх конструкцій. Питання впливу поперечної нерівності покриття на безпеку та комфорт дорожнього руху не достатньо вивчені в нашій країні. Це є причиною відсутності обґрунтованих нормативних значень допустимої глибини колії. Для обґрунтування допустимої глибини колії необхідно враховувати: недопущення або максимальне зниження ймовірності виникнення ефекту аквапланування, недопущення ймовірності втрати стійкості транспортним засобом при виконанні маневрів, обмеження рівня динамічного впливу на транспортний засіб та водія при виконанні маневру в залежності від вимог щодо комфорту руху, особливості утримання автомобільних доріг в зимовий період.

Комплексне врахування наведених критеріїв вимагає окремого аналізу таких основних процесів як аквапланування та реакція в динамічній підсистемі автомобіль-дорога. Додаткового вивчення вимагають також процеси утворення водної плівки на поверхні покриття, форми можливих поперечних деформацій, можливі траєкторії та швидкості руху транспортних засобів при маневрах, інш. Результати дослідження можуть бути використанні при нормуванні допустимих значень глибини колії на автомобільних дорогах.

**Ключові слова:** глибина колії, аквапланування, безпека руху, поперечна нерівність.

**Abstract.** The paper analyses influence of transverse roughness on safety and comfort of road traffic. Analyzed of the influence of transverse roughness on aquaplaning risk.

Object of the study – the influence of transverse roughness on road traffic safety.

Purpose of the study – investigation of influence of rut depth on aquaplaning risk.

Method of the study – analysis and systematization of experimental research.

Increased traffic and axial loads lead to intensification of the process of road constructions plastic deformations. The influence of pavement transverse roughness on the safety and comfort of road traffic is not sufficiently studied in our country. This is the reason for the lack of standard norms in the allowable rut depth. For substantiation the allowable rut depth must be considered: prevent or reduce of aquaplaning risk, prevent the risk of loss of vehicle stability while performing maneuvers, limit the dynamic impact on the vehicle and driver according to requirements for traffic comfort, features the maintenance of roads in the winter.

Complex consideration the above criteria requires individual analysis of such basic processes as aquaplaning and a dynamic response of subsystem road-vehicle. Additional study also require the formation of an aqueous film on the road surface forms, possible transverse deformation, possible trajectory and speed of the vehicle during maneuvers, etc.

The result of investigation can be used for standardization of acceptable rut depth in automobile roads.

**Keywords:** rut depth, aquaplaning, traffic safety, transverse roughness.

**Реферат.** В статье выполнен анализ влияния поперечной ровности на безопасность и комфорт дорожного движения. Проанализировано влияние поперечной неровности на вероятность возникновения процесса аквапланирования.

Объект исследования – влияние поперечной неровности на безопасность дорожного движения.

Цель работы - исследование влияния глубины колеи на вероятность возникновения эффекта аквапланирования.

Метод исследования – анализ и систематизация экспериментальных исследований.

Увеличение интенсивности движения и осевых нагрузок приводят к интенсификации процесса накопления пластических деформаций дорожных конструкций. Вопрос влияния поперечной неровности покрытия на безопасность и комфорт дорожного движения недостаточно изучены в нашей стране. Это является причиной отсутствия обоснованных нормативных значений допустимой глубины колеи. Для обоснования допустимой глубины колеи необходимо учитывать: недопущение или максимальное снижение вероятности возникновения эффекта аквапланирования, недопущения потери устойчивости транспортным средством при выполнении маневров, ограничения уровня динамического воздействия на транспортное средство и водителя при выполнении маневра в зависимости от требуемого комфорта движения, особенности содержания автомобильных дорог в зимний период.

Комплексный учет указанных критериев требует отдельного анализа таких основных процессов как аквапланирование и реакция в динамической подсистеме автомобиль-дорога. Дополнительного изучения требуют также процессы образования водной пленки на поверхности покрытия, формы возможных поперечных деформаций, возможные траектории и скорости движения транспортных средств при маневрах, др.

Результаты исследования могут быть использованы при нормировании допустимых значений глубины колеи на автомобильных дорогах.

**Ключевые слова:** глубина колеи, аквапланирование, безопасность движения, поперечная неровность.

### **Постановка проблеми**

Постійне зростання автомобільного парку в Україні приводить до збільшення інтенсивності транспортного руху, вантажообігу та обсягів пасажирських перевезень, що в свою чергу приводить до збільшення навантажень що діють на дорожній одяг та утворення колії на проїзній частині дороги. Питанню виникнення таких деформацій дорожнього покриття, як колія, в Україні не приділяється достатньої уваги, хоча колієутворення є

проблематичною частиною загального погіршення стану автомобільних доріг та потребує вивчення та нормування.

Згідно з результатами досліджень стану дорожніх покриттів на автомобільних дорогах України в рамках проекту СУСП, колійність є одним з найбільш поширених дефектів. Наявність колії на покриттях доріг приводить до ускладнення управління транспортними засобами, появи ефекту аквапланування, є причиною зниження комфортності та безпеки руху.

Моніторинг стану дорожніх покриттів та виявлення причин формування колії на ранніх етапах експлуатації дозволить вживати заходів, що попередять подальший її розвиток і як наслідок, дозволить заощадити фінансові ресурси.

Вивчення впливу поперечної рівності на соціально-економічні показники роботи автомобільного транспорту вимагає проведення ґрунтовних теоретичних досліджень із залученням вітчизняного та міжнародного досвіду. Дослідження, виконані в роботі, передбачали обґрунтування основних критеріїв за якими має відбуватись нормування допустимого рівня поперечної рівності з точки зору забезпечення комфорту та безпеки дорожнього руху. Для проведення досліджень використано результати наукових робіт, накопичених як групою вчених ХНАДУ так і інших вітчизняних та закордонних науковців. Серед основних критеріїв, що обмежують допустимий рівень поперечної рівності, в якості керуючих обрано допустиму товщину шару води, що накопичується в колії та може привести до виникнення ефекту аквапланування, та загальну поперечну рівність, що може викликати втрату стійкості транспортного засобу при виконанні маневру.

### **Задачі дослідження**

Таким чином, для теоретичного обґрунтування допустимої глибини колії слід використовувати наступні основні критерії забезпечення безпечних та комфортних умов дорожнього руху:

1. Недопущення або максимальне зниження ймовірності виникнення ефекту аквапланування;
2. Недопущення ймовірності втрати стійкості транспортним засобом при виконанні маневрів;

3. Обмеження рівня динамічного впливу на транспортний засіб та водія при виконанні маневру в залежності від вимог щодо комфорту руху;

4. Врахування особливостей утримання автомобільних доріг в зимовий період.

Комплексне врахування наведених критеріїв вимагає окремого аналізу таких основних процесів як аквапланування та реакція в динамічній підсистемі автомобіль-дорога. Додаткового вивчення вимагають також процеси утворення водної плівки на поверхні покриття, форми можливих поперечних деформацій, можливі траєкторії та швидкості руху транспортних засобів при маневрах, інш.

Комплексний підхід до вирішення поставленої задачі має передбачати окрім теоретичних напрацювань також проведення експериментальних досліджень. Також обов'язково необхідно обґрунтувати вибір параметрів колії, що нормуються.

Дослідження впливу ефекту аквапланування на безпеку дорожнього руху.

Ефект аквапланування вперше відкритий вченими-розробниками фірми Dunlop У 1960 році [1]. Аквапланування – це процес, суть якого полягає у втраті контакту пневматика з покриттям внаслідок утворення під колесом водяної плівки товщиною в кілька міліметрів. Автомобіль в цей момент стає некерованим.

Із зростанням швидкості руху протектор шини не в змозі виводити велику кількість води з плями контакту з дорогою. У цей момент канавки протектора, що діють як відвідні канали, переповнюються і не справляються зі своєю функцією. Вода утворює під шинами клин, через що втрачається зчеплення. Керуюча сила і сила гальмування зникають, і автомобіль виходить з-під контролю.

Вітчизняні та зарубіжні вчені займаються проблемою оцінки впливу води, що знаходиться на покритті, на умови руху автомобіля [2, 3]. В результаті проведених досліджень були визначені умови виникнення аквапланування, та визначено емпіричні залежності швидкості, при якій виникає аквапланування; визначено залежності глибини стоку води від шорсткості, виміряні значення коефіцієнтів зчеплення при різних швидкостях і різних товщинах плівки води. Основним результатом проведених досліджень стало теоретичне і практичне обґрунтування величини поперечного ухилу.

Серед основних факторів, що впливають на ймовірність виникнення аквапланування слід відмітити якість шини та товщину водної плівки на покритті. За даними Dunlop (табл. 1) висота протектору шини в значній мірі впливає на ймовірність виникнення ефекту аквапланування.

Таблиця 1 – Залежність швидкості початку аквапланування від висоти протектора при товщині шару води на дорозі 3,5 мм (за даними Dunlop [1])

Висота протектора	Швидкість початку аквапланування км/год
1,6	55
3,0	60
5,0	68
8,0	100

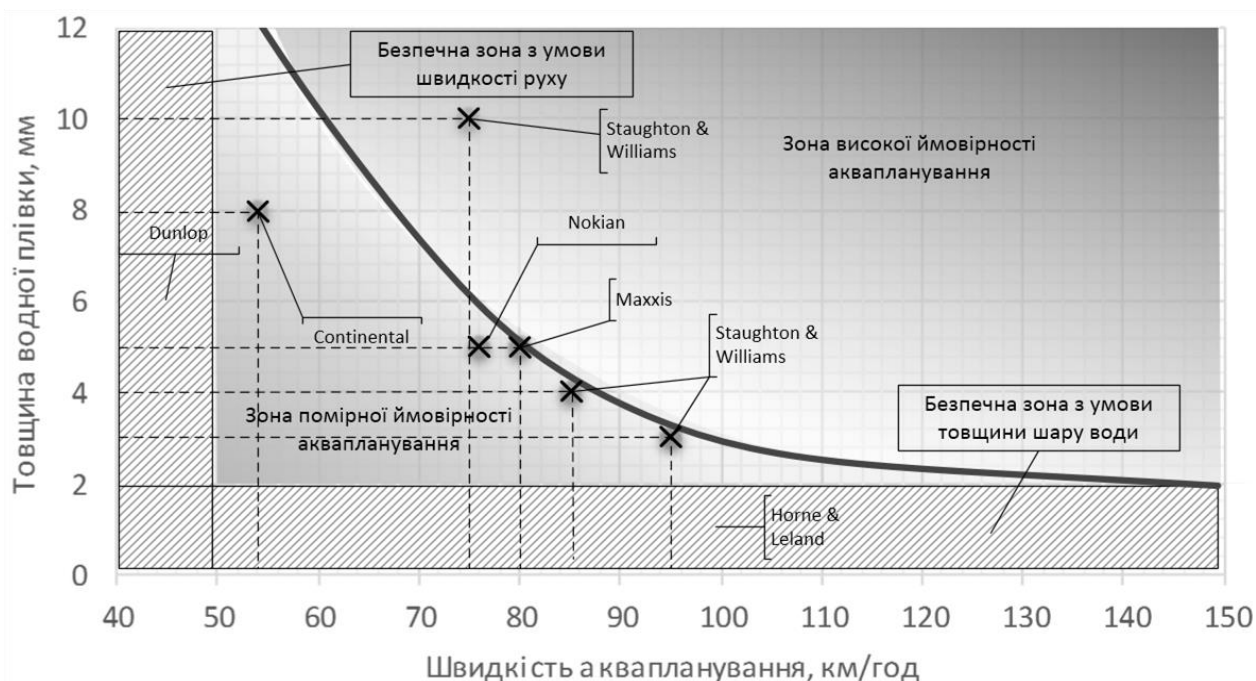
Згідно положення «Правил дорожнього руху України» [4], п.31.4.5. «Колеса і шини»: забороняється експлуатація транспортних засобів якщо: шини легкових автомобілів та вантажних автомобілів з дозволеною максимальною масою до 3,5 т мають залишкову висоту малюнка протектора менше 1,6 мм, вантажних автомобілів з дозволеною максимальною масою понад 3,5 т – 1,0 мм, автобусів – 2,0 мм, мотоциклів і мопедів – 0,8 мм.

Виходячи зі значного впливу на ймовірність виникнення ефекту аквапланування швидкості руху транспортних засобів, контактного тиску на покриття зі сторони пневматика, переважного складу руху на автомобільних дорогах загального користування та інших факторів для подальшого обґрунтування прийнято мінімально допустиму залишкову висоту малюнка протектора для легкового автомобіля а саме – 1,6 мм.

З урахування проведеного аналізу сукупності факторів, що впливають на ймовірність виникнення ефекту аквапланування, основним фактором на який може впливати дорожньо-експлуатаційна служба є товщина плівки води, що застоюється на покритті внаслідок погіршення поперечного водовідведення. Таким чином, основою для подальшої теоретичної розробки має стати залежність критичної швидкості з точки зору високої ймовірності аквапланування від товщини водної плівки на покритті. В основу побудови такої залежності мають бути покладені переважно натурні дослідження. Потужним експериментальним наробком в цьому напрямі володіють світові лідери галузі виробництва автомобільних шин. Тому прийнято рішення за основу побудови зазначеної залежності прийняти результати

експериментальних досліджень таких виробників. Опрацьовано та узагальнено результати досліджень виконаних фірмами: Dunlop, Continental, Nokian Tyres, Michelin, Maxxis, Pirelly, Goodyear та дослідників Staughton, Williams, Horne, Leland та інш [1, 5-10].

Для узгодження результатів різних досліджень обробка експериментальних даних виконувалась з урахуванням сталих вихідних умов, а саме: стандартна покришка легкового автомобіля з нормативним тиском та залишковою висотою протектора 1,6 мм; мінімальні значення коефіцієнту зчеплення колеса з покриттям та шорсткості (цементобетон, зношений дрібнозернистий асфальтобетон); транспортний засіб без електронних систем курсової стабілізації. Результати наведено на рисунку 1.



**Рисунок 1** – Графічна залежність ймовірності виникнення ефекту аквапланування від швидкості руху та товщини шару води на покритті

Аналіз графічної залежності ймовірності виникнення ефекту аквапланування від швидкості руху та товщини шару води на покритті (рис. 1) дозволяє виділити основні характерні зони:

- *Безпечна зона з умови швидкості руху* – згідно з дослідженнями Dunlop [1] орієнтовно до швидкості 50 км/год аквапланування не виникає внаслідок продавлювання шару води вагою транспортного засобу;

- *Безпечна зона з умови товщини шару води* – згідно з дослідженнями Horne & Leland [10] при товщині шару води до 1,5 – 2 мм рідина відводиться з зони контакту пневматика з покриттям в усьому діапазоні експлуатаційних швидкостей руху;

- *Зона високої ймовірності аквапланування* – комбінація параметрів швидкості руху та товщини шару води в колії руху, що з великою ймовірністю можуть привести до виникнення ефекту аквапланування;

- *Зона помірної ймовірності аквапланування* – комбінація параметрів швидкості руху та товщини шару води в колії руху, для якої ймовірність виникнення ефекту аквапланування є не високою.

Напрямок подальших досліджень.

Залежність, наведену на рис. 1, прийнято в якості базової для подальших обґрунтувань допустимої товщини шару води, що застоюється на покритті через колійність, з точки зору впливу на безпеку руху ефекту аквапланування. Слід зазначити, що товщина плівки води, що може збиратись на покритті, окрім іншого залежить від перевищення правого (зовнішнього за поперечним ухилом) гребню колії над її низом (поздовжня вісь). Подальшого дослідження вимагає також оцінка динамічного впливу від поперечної нерівності на транспортний засіб при виконанні маневрів пов'язаних зі зміною смуги руху. Така оцінка має накласти обмеження на допустиму різницю між відмітками низу колії та верху її лівого гребню.

## **Висновки**

1. На основі аналізу закономірностей впливу колії на безпеку дорожнього руху виділено основні напрямки за якими має відбуватись нормування щодо її обмеження, а саме: зниження ймовірності виникнення ефекту аквапланування та обмеження рівня динамічного впливу на транспортний засіб при виконанні маневрів.

2. Проведено аналіз залежності ймовірності виникнення ефекту аквапланування від швидкості руху та товщини шару води на покритті в результаті якого встановлено межі характерних та критичних зон такої залежності.



## Література

1. Офіційний сайт виробника шин Dunlop [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dunloptires.com/>, доступ до інформаційного ресурсу авторизації не потребує. – Назва з екрану.
2. Смолянюк Р.В. Оценка эксплуатационного состояния дорожных покрытий на основе совершенствования методов измерения ровности и сцепных качеств: дис. кандидата техн. наук: 26.10.05 / Смолянюк Роман Володимирович. Х., 2005. – 157 с.
3. Васильев А.П. Причины образования колеи и пути их устранения // Наука и техника в дорожной отрасли. – 1999. – №2. – С. 6–9.
4. Правила дорожнього руху України: за станом на 4 червня 2014 р./ Верховна Рада України. – Офіц. вид. – Х: Моноліт, 2015. – 80 с.
5. Офіційний сайт виробника шин Nokian [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nokiantyres.com/>, доступ до інформаційного ресурсу авторизації не потребує. – Назва з екрану.
6. Офіційний сайт виробника шин Continental [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.continental-tires.com/>, доступ до інформаційного ресурсу авторизації не потребує. – Назва з екрану.
7. Офіційний сайт виробника шин Michelin [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.michelin.com/>, доступ до інформаційного ресурсу авторизації не потребує. – Назва з екрану.
8. Офіційний сайт виробника шин Maxxis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.maxxis.com/>, доступ до інформаційного ресурсу авторизації не потребує. – Назва з екрану.
9. Офіційний сайт виробника шин Pirelli [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pirelli.com/>, доступ до інформаційного ресурсу авторизації не потребує. – Назва з екрану.
10. Horne, W.B and T.J Leland (1962). Influence of Tire tread Pattern and Runway Surface Condition on Braking Friction and Rolling Resistance of a Modern Aircraft, NASA TN D-1376.