

УДК 621.869

О.О. Налобіна<sup>1</sup>, О.П. Герасимчук<sup>2</sup>, В.С. Пуць<sup>2</sup>, В.Л. Мартинюк<sup>2</sup>, О.В. Шовкомуд<sup>2</sup>  
Національний університет водного господарства та природокористування<sup>1</sup>  
Луцький національний технічний університет<sup>2</sup>

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОТКА ДОРОЖНЬОГО ЗІ ЗМІННИМ КОНТАКТНИМ ВПЛИВОМ НА РОБОЧУ ПОВЕРХНЮ

*У статті викладено результати експериментального дослідження розробленої та виготовленої конструкції робочого обладнання ручного дорожнього котка. На підставі виконаних експериментальних досліджень обрано раціональну схему його виготовлення.*

*Ключові слова:* коток, тиск, поверхня, робоче обладнання, експеримент

А.О. Налобина, А.П. Герасимчук, В.С. Пуць, В.Л. Мартинюк, А.В. Шовкомуд  
ИССЛЕДОВАНИЕ КАТКА ДОРОЖНОГО С ПЕРЕМЕННЫМ КОНТАКТНЫМ  
ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА РАБОЧУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

*В статье изложены результаты экспериментального исследования разработанной и изготовленной конструкции рабочего оборудования ручного дорожнего катка. На основании выполненных экспериментальных исследований избрано рациональную схему его изготовления.*

*Ключевые слова:* каток, давление, поверхность, рабочее оборудование, эксперимент

A. Nalobina, A. Gerasimchuk, V. Puts', V. Martyniuk, A. Shovkomud  
INVESTIGATION OF THE ROAD WITH A CHANGING CONTACT EFFECT ON THE  
WORKING SURFACE

*During the analysis of the existing means of sealing of asphalt concrete mixtures it is found that they are ineffective in terms of productivity and cost of rolling, which necessitates the creation of new rollers, the construction of which makes it possible to change contact pressures on the layer of mixtures or other surfaces that are to be touched (for example sand) This will allow the commissioning of several different machines with different power parameters, depending on the temperature range, the type of coating and the stroke stage.*

*In order to provide a change of force influence on the surface to be treated, working equipment has been developed and manufactured - a roll with a width of equal to 4 ribs welded equally. The swath consists of a shell, a hub, ribs, which are welded to the inner surface of the shell on one end and the other to the hub. The design consists of four ribs arranged at an angle of 90 ° to each other. Thanks to the ribs in the inner cavity of the roller, four cells are formed for placing additional cargoes.*

*Cargoes were located in different variants in order to identify their most rational location. In the course of experimental studies, the values of pressure that arises on the contact surface of the roll and bearing surface are obtained. On the basis of experimental data, graphs of dependencies of pressure on the contact surface from the angle of rotation of the roller were constructed. In this case, rolls with different location of additional cargoes in its cavity were investigated. Equations are obtained that reveal the dependence of the pressure on the contact surface on the angle of rotation of the roll.*

*The use of a roller with the proposed design of the working equipment will allow the commissioning of several different machines with different power parameters, depending on the temperature range, the type of coating and the stages of its rolling.*

*Keywords:* roller, pressure, surface, working equipment, experiment

**Постановка проблеми.** Протяжність автомобільних доріг в Україні постійно зростає, що призводить до збільшення обсягів робіт з укладання та ремонту дорожнього покриття.

Застосовані в даний час дорожні котки не можуть виконувати укочування суміші протягом усього процесу ущільнення внаслідок їхньої не універсальності, вузького діапазону регулювання силових впливів.

Враховуючи вище зазначене, є потреба у використанні котків із різними контактними тисками на ущільнювальний матеріал, який характеризується постійною зміною фізико-механічних властивостей.

Існуючі засоби ущільнення асфальтобетонних сумішей є неефективними з точки зору продуктивності та собівартості укатки, що обумовлює потребу в створенні нових котків, конструктивне виконання яких дозволяє змінювати контактні тиски на шар сумішей. Це дозволить вводити в роботу декількох різних машин із різними силовими параметрами залежно від температурного діапазону, виду покриття та стадії укатки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням проектування, дослідження та оптимізації параметрів дорожніх котків і статичного та вібраційного ущільнення ґрунту, присвячені наукові роботи Захарченка А.В.[1], Іванчури В.І., Прокоп'єва А.П., Клевцової О.Г. [2],

Головнина А.А.[3], Беляєва К. В.[4], Алексікова С.В., Єрмілова А.А.[5], Серебренников В.С.[6], Поднішев А.А.[7], Кондрашов Н.А.[8], Угай С.М.[9], Дубков В.В.[10].

Автор [1] теоретично та експериментально встановив закономірності зміни в процесі ущільнення характеристик застосовуваних матеріалів, розробив класифікацію напрямків модернізації конструкцій ущільнюючих засобів, теоретично обґрунтував і використав нетрадиційні для дорожньо-будівельних матеріалів фізичні ефекти (текучість матеріалу під дією нормальних і дотичних напруг), теоретично обґрунтував конструкцію приладу контролю ущільнення, що дозволяє оцінити напружено-деформуючий стан матеріалу і дослідити його характеристики, запропонував конструкції перспективних котків і методики розрахунку її параметрів, а також удосконалив існуючі, з врахуванням при ущільненні характеристик матеріалу.

Автори [2] сформували імітаційну модель ущільненої суміші із застосуванням програми MATLAB / Simulink, системи комп'ютерного моделювання робочого процесу вібраційного котка. Обґрунтували залежності для визначення контактної тиску валка, абсолютної деформації суміші, прискорення зміни деформації суміші від часу контакту валка котка з ущільнюваною сумішшю. Отримали графічні залежності результатів обробки даних імітаційного моделювання на основі регресійного аналізу засобами MS Excel. Результати роботи можуть використовуватися при ідентифікації параметрів асфальтобетонної суміші і параметрів вібрації для цілей автоматизації процесу ущільнення і відповідного вибору датчиків інформації про стан ущільнюваної суміші.

У роботі [3] викладено результати порівняльного аналізу напружено-деформованих станів обичайки гнучкого і жорсткого валків дорожнього катка при обпиранні гнучкого валка на дві опори своїми краями - як найбільш важкий можливий випадок. Встановив, що деформації в обичайці гнучкого валка плавно розподілені по всій поверхні обичайки. Лінії рівних переміщень розташовані переважно вздовж утворюючих обичайки, яка приймає форму еліпса. Для обичайки жорсткого валка характерні малі переміщення на всій її поверхні, за винятком ділянки програми навантаження в точці її опори. Є ділянка з великим градієнтом переміщень, на якому можлива втрата стійкості внаслідок надмірної деформації.

Беляєв К.В. [4] розробив реологічну модель процесу ущільнення асфальтобетонної суміші котками статичного дії. Дослідив вплив температурно-технологічних факторів на інтенсивність процесу ущільнення асфальтобетонних сумішей, вплив величини контактних тисків і режимів ущільнення на утворення залишкових деформацій в ущільнюваному середовищі, вплив режимів роботи котків на продуктивність і енергоємність процесу ущільнення асфальтобетонних сумішей. Підтвердив адекватність реологічної моделі натурними процесами взаємодії валка котка з ущільнюваним середовищем. Розробив методику розрахунку на ЕОМ раціональних параметрів котків і ефективних режимів їх роботи.

Алексіков С.В. і Єрмілов А.А. [5] виконали порівняльний аналіз ущільнюючої здатності котків статичного і динамічного впливу та їх впливу на якість ущільнення гарячих асфальтобетонних сумішей. Дослідив динаміку зміни коефіцієнта ущільнення дорожнього покриття в процесі його укатки статичними і вібраційними котками. Встановив показники ущільнюючої здатності застосовуваних котків та їх вплив на якість ущільнення.

У роботі [6] розроблено математичну модель ущільнення асфальтобетонних сумішей вібраційними котками, що описує зміну напружено-деформованого стану ущільнюваного середовища. Отримав реологічні рівняння, що зв'язують величину контактної тиску з утворенням в суміші залишкових деформацій з урахуванням параметрів вібраційних котків і режимів їх роботи. Розвинув теоретичні положення щодо регулювання в технологічному процесі накопичення залишкових деформацій, з урахуванням мінливих параметрів середовища. Розробив: інженерну методику визначення раціональних параметрів вібраційних котків при ущільненні асфальтобетонних сумішей; методику визначення товщини шару асфальтобетонної суміші, опрацьованою вібраційним котком; методику розрахунку на ЕОМ параметрів вібраційних котків і режимів їх роботи.

Позднішев А.А. [7] математично описав процеси взаємодії вакуумної камери пристрою з конструктивними шарами дорожнього одягу. Вивів: раціональні співвідношення конструктивних параметрів вакуумної камери пристрою; аналітичні та експериментальні залежності фільтраційних характеристик асфальтобетону від його щільності і температури, ступеня розрідження у вакуумній камері і типу суміші; алгоритм визначення щільності асфальтобетону в процесі його ущільнення по фільтраційному витраті; методику розрахунку і проектування пристрою оперативного контролю щільності асфальтобетону для дорожнього котка.

Аналіз чинних досліджень виявив, що не розкритими є проблеми експлуатації привода котків, причиною яких є реверс енергетичних потоків та інші особливі умови експлуатації.

Також встановлено, що не достатньо досліджено питання розробки та експлуатації котків із змінним контактним впливом на робочу поверхню.

**Постановка завдань.** Метою роботи є розробка та дослідження котка, застосування якого забезпечує створення змінного контактного тиску на робочу поверхню.

**Викладення основного матеріалу статті.** Ущільнення асфальтобетонної суміші є завершальною технологічною операцією, яка визначає в подальшому надійність і довговічність покриття. Вартість ущільнення становить 2-4% від вартості будівництва, але недоущільнення всього на 1-2% зменшує міцність покриття на 12-16%, а довговічність на 14-20%.

Питання інтенсифікації процесу ущільнення є основними для підвищення продуктивності. Загальним напрямком є збільшення маси, розмірів робочих органів ущільнюючих машин, вдосконалення їх конструктивних особливостей і застосування засобів автоматизації.

До початку 80-х років дослідницькі роботи, спрямовані на підвищення продуктивності, зменшення металоємності і енергоємності процесів ущільнення, велися саме в цьому напрямку.

В даний час потрібен перехід від традиційних рішень до більш ефективних, але, як правило, і більш складних, так як подальша оптимізація традиційних конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів майже неможлива. Необхідні принципово нові способи впливу на асфальтобетонну суміш як на ущільнюючий матеріал.

З метою дослідження впливу розташування внутрішніх навантажень у валку міні-котка на величину тиску на контактній поверхні, а також на динамічний показник щільності по ходу руху міні-котка було створено модель валка із можливістю його додатково навантажувати.

У ході проведення досліджень було використане наступне обладнання:

- 1) міні-коток Wacker Neuson W65.
- 2) запропонована конструкція робочого органу - валка.

Даний міні-коток приводиться в рух за допомогою привода, який включає в себе двигун, пасову передачу, черв'ячний редуктор та коробку передач. Керування котком здійснюється за допомогою дишла, на якому розташовані важелі переднього/заднього ходу, гальма, подачі рідини на валки. Допоміжним обладнанням міні-котка є бак для зберігання рідини та акумулятор, який використовують при пуску двигуна за допомогою електричного стартера.

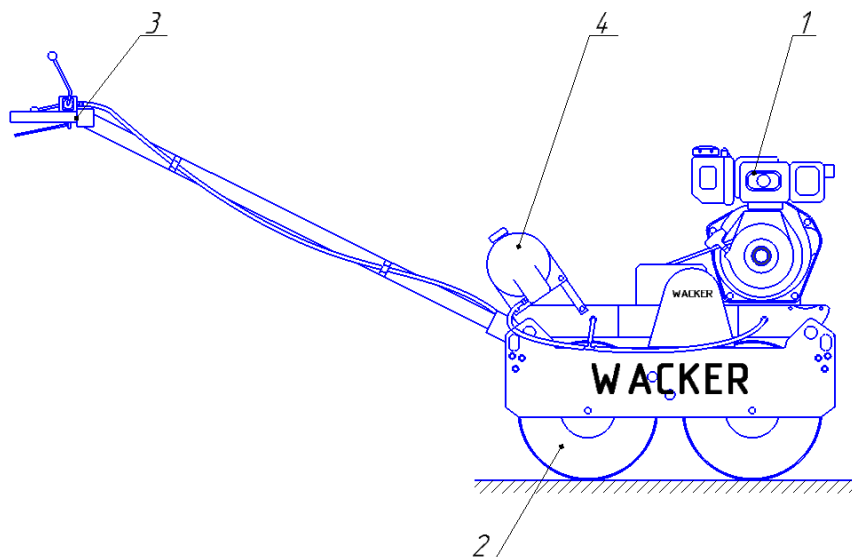


Рис. 1. Коток Wacker Neuson W65: 1 - привод; 2 - робоче обладнання; 3 - механізм керування; 4 – бак для зберігання рідини

З метою створення змінного силового впливу на поверхню, яка підлягає обробці, нами запропоновано конструкцію робочого обладнання - валка по ширині якого на рівній відстані приварено 4 ребра. Валок складається із обичайки, маточини, ребер, які приварені до внутрішньої поверхні обичайки одним торцем, а іншим – до маточини. Конструкція містить чотири ребра, розташованих під кутом 90° одне до одного. Завдяки ребрам у внутрішній порожнині котка

утворюється чотири комірки для розташування додаткових вантажів (рис. 2). Вантажі розташовували за різними варіантами (рис. 3).



Рис.2. Валок у розрізі із додатковим навантаженням: 1 – обичайка; 2 – маточина; 3 – ребро; 4 – додаткове навантаження

З метою дослідження динаміки зміни тисків на поверхні контакту валка з додатковим навантаженням нами виконано ряд експериментів.

Перед початком експерименту була здійснена підготовка обладнання та облаштування місця проведення експерименту, а саме: під'єднання тензодатчика до вагового індикатора ІЕ-03, що відображав величину навантажень, які фіксувались тензодатчиком ManuYear MLC649D, встановлення гнучкої поверхні, по якій здійснювали прокочування валка, закріплення тензодатчика на опорі, висота якої задовольняла щільний контакт тензодатчика із гнучкою поверхнею. Для плавного переміщення тензодатчика, на нижній поверхні опори був встановлений ролик.

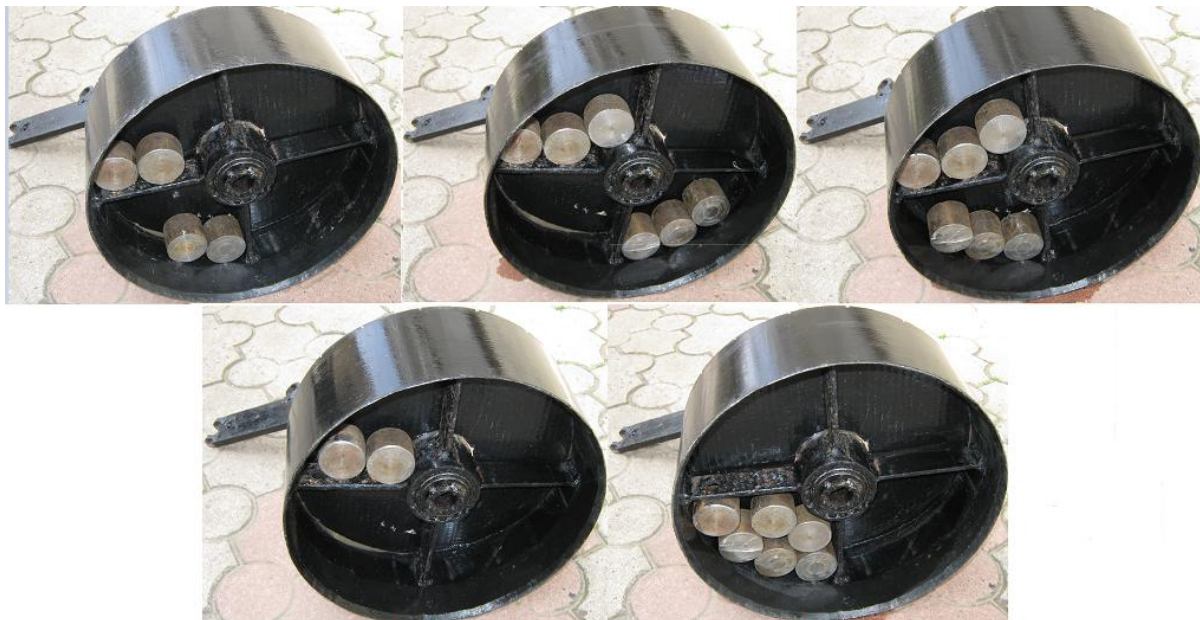


Рис.3. Способи розташування додаткового обладнання

Після заміру, визначали тиск на поверхні контакту за відомою залежністю:

$$p = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

де  $F$  – сила на поверхні контакту, Н;  $S$  – площа контактної поверхні, мм<sup>2</sup>.

Схематично варіанти розташування додаткових вантажів у внутрішній порожнині котка представлено на рис. 4.

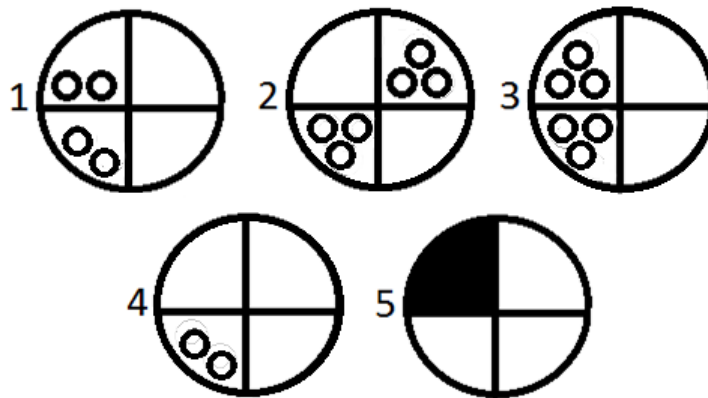


Рис. 4. Способи встановлення вантажу

Результати визначення величини тиску на контактній поверхні подано нижче в табл. 1.

Таблиця 1.

Результати визначення величини тиску на контактній поверхні

Кут повороту валка, град	Тиск на контактній поверхні для відповідного способу навантаження, МПа (рис. 3)				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
0°	0,05886	0,06393	0,06295	0,05592	0,0605
20°	0,05878	0,06377	0,06311	0,05518	0,06107
40°	0,05874	0,06385	0,06319	0,0551	0,06131
60°	0,05876	0,0636	0,06327	0,05461	0,06213
80°	0,0587	0,06336	0,06327	0,05461	0,06246
100°	0,05874	0,06344	0,06336	0,05477	0,06254
120°	0,05868	0,06327	0,06327	0,05436	0,06229
140°	0,05866	0,06295	0,06336	0,05453	0,0627
160°	0,05869	0,06311	0,0634	0,05428	0,06254
180°	0,05868	0,06303	0,06344	0,05412	0,06254
200°	0,0587	0,06295	0,06336	0,0542	0,06229
220°	0,05866	0,06315	0,06336	0,05461	0,06197
240°	0,0587	0,06303	0,0634	0,05436	0,06229
260°	0,05873	0,06311	0,06336	0,05469	0,06205
280°	0,05873	0,06327	0,06336	0,05477	0,06148
300°	0,05877	0,06323	0,06327	0,05526	0,06139
320°	0,05878	0,06352	0,06315	0,05559	0,0605
340°	0,05886	0,06368	0,06315	0,05559	0,06033
360°	0,05886	0,06393	0,06295	0,05592	0,0605

За отриманими дослідними середніми значеннями побудовано графіки залежностей величини тиску на контактній поверхні від кута повороту валка.

На рис.5. – 9 зображено графіки залежності величини тиску на контактній поверхні від кута повороту валка.

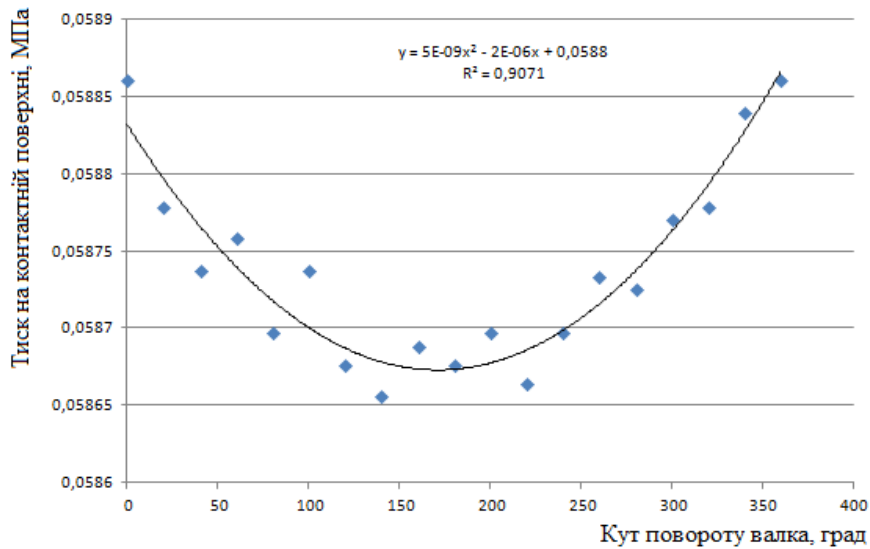


Рис. 5. Графік залежності величини тиску на контактній поверхні від кута повороту валка для першого способу навантаження

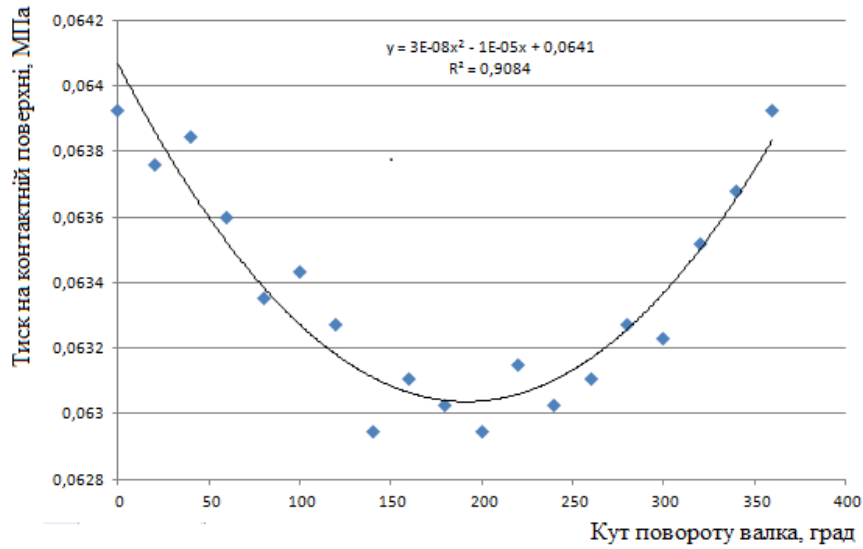


Рис. 6. Графік залежності величини тиску на контактній поверхні від кута повороту валка для другого способу навантаження

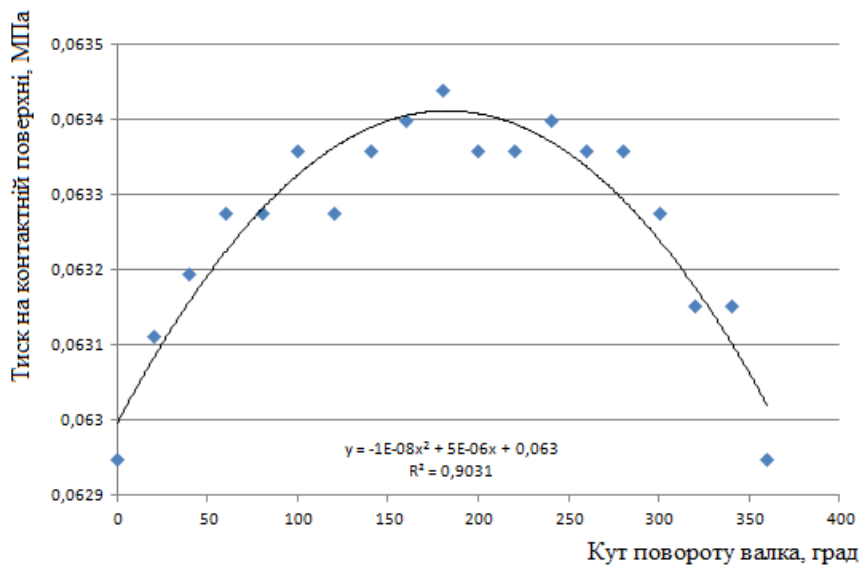


Рис. 7. Графік залежності величини тиску на контактній поверхні від кута повороту валка для третього способу навантаження

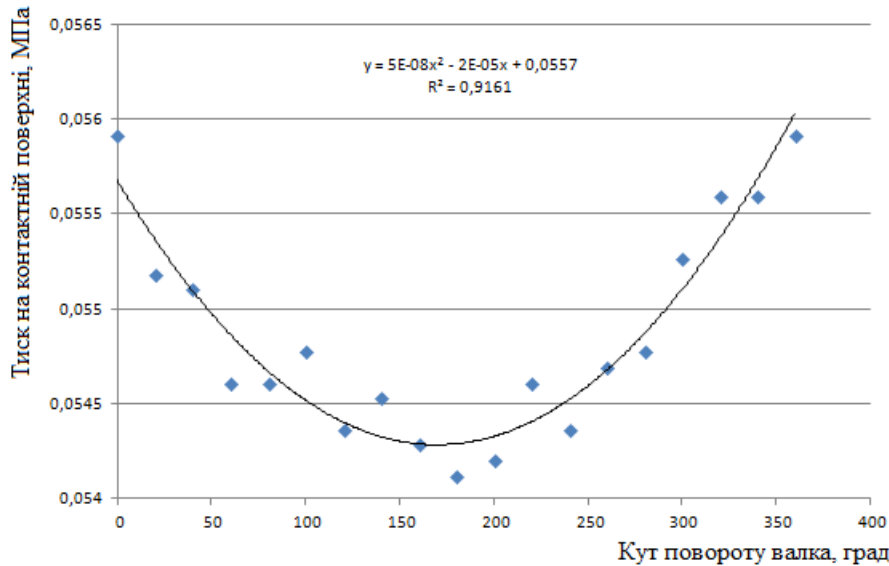


Рис. 8. Графік залежності величини тиску на контактній поверхні від кута повороту валка для четвертого способу навантаження

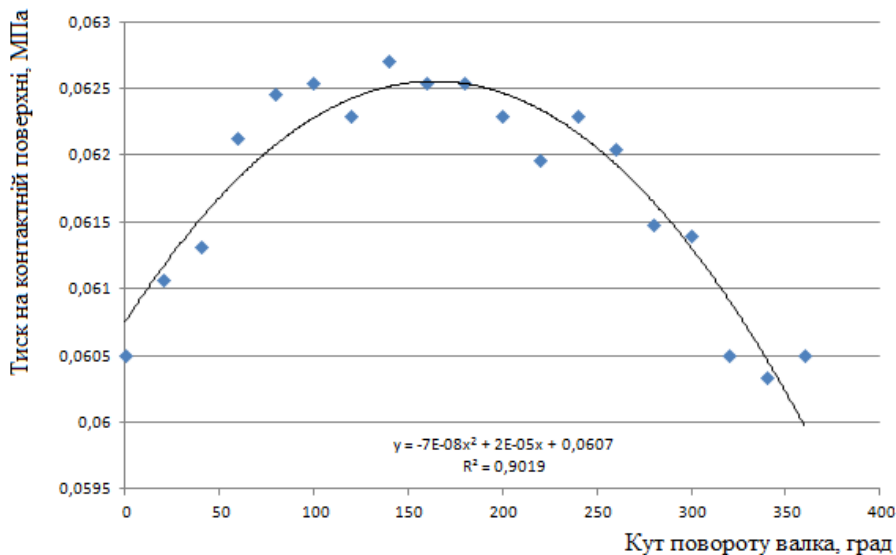


Рис. 9. Графік залежності величини тиску на контактній поверхні від кута повороту валка для п'ятого способу навантаження.

Під час експериментальних досліджень встановлено:

1. За період часу, що відповідає повному оберту валка тиск на контактній поверхні змінюється за поліноміальним законом.

2. Максимальні значення контактного тиску досягаються за умови використання котка, навантаженого способом №2 (рис.3), найменші значення тиску отримаємо за умови застосування способу №5.

**Висновки.** Запропоновано конструкцію валка, який забезпечує змінний вплив на прикочувану поверхню. Застосування котка дозволить вводити в роботу декількох різних машин із різними силовими параметрами залежно від температурного діапазону, виду покриття та стадії його укатки.

#### Література.

1. Захарченко А.В. Обоснование конструктивной схемы и выбор основных параметров катка с прерывистой рабочей поверхностью для уплотнения асфальтобетона. Дис....канд. техн. Наук. Омск, 1989. – 136 с.

2. Иванчура, В.И. Идентификация динамической системы процесса уплотнения асфальтобетонной смеси дорожными катками / В.И. Иванчура, А.П. Прокопьев, О.Г. Клевцова // Журнал Сибирского федерального университета. – 2011.– № 4. – С. 557-566.

3. Головнин А.А. Виброволновые дорожные катки: Конструкция. Теория и расчет. Опыт применения: монография. Тверь: Изд – во ТГТУ, 2002. – 76 с.
4. Беляев К.В. Разработка энергоэффективных режимов работы машин для уплотнения асфальтобетонных смесей: Дис. канд. техн. наук./ К.В. Беляев; СибАДИ/ -Омск,- 2004.
5. Алексиков С. В. Сравнительная оценка однородности уплотнения асфальтобетонных покрытий городских дорог при различных режимах работы виброкатка/ С. В. Алексиков, А. А. Ермилов // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. № 1(33), 2014. – С. 45 – 53.
6. Серебренников, В.С. Обоснование режимных параметров вибрационных катков для уплотнения асфальтобетонных смесей [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / В.С. Серебренников. – Омск, 2008. – 170с.
7. Позднышев А.А. . Методика определения параметров устройства для оперативного контроля плотности асфальтобетона/ А.А. Позднышев // Строительные и дорожные машины, №3, 1992. С. 13-14.
8. Кондрашов, Н.А. Исследование закономерности изменения свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей в процессе уплотнения / Н.А. Кондрашов, А.А. Шестопапов // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 1(48). – С. 139–144.
9. Угай, С.М. Интенсификация процессов уплотнения асфальтобетонных смесей катками с перфорированными рабочими органами [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / С.М. Угай. – Владивосток, 2008. – 117 с.
10. Дубков В.В. К вопросу об эффективности уплотнения асфальтобетонных смесей вибрационными катками/ В.В. Дубков, В.С. Серебренников // Межвузовский сборник трудов молодых ученых, аспирантов и студентов. 2007. вып.4 ч. 1. – С.85-90.

Стаття надійшла до редакції 14.12.2018