



УДК 625.7

- © Д.А. Павлюк,
- © В.М. Глуховеря,
- © А.С. Лебедев,
- © В.В. Дзисяк,
- © Н.М. Кисарец (НТУ),
- © В.А. Яцюк (ОАДК ОНПУ)

# СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЖИВАЕМОСТИ ТОНКИХ СЛОЕВ ИЗНОСА В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ И С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА «ЦП-НТУ»

*Анотація.* Розглянуто дослідження приживлення тонкого шару зносу дорожнього покриття. Оцінювалась відтворюваність результатів польових досліджень та результатів досліджень за допомогою пристрою «ЦП-НТУ».

*Ключові слова:* дорожнє покриття; тонкий шар зносу; дослідження приживлення.

*Аннотация.* Рассмотрено исследования приживаемости тонкого слоя износа дорожного покрытия. Оценивалась сходимость результатов полевых исследований с результатами исследований при помощи устройства «ЦП-НТУ».

*Ключевые слова:* дорожное покрытие; тонкий слой износа; исследование приживаемости.

*Annotation.* In article examined research sustainability of a surfacing seals. Estimated results of researches in road conditions with researches in the laboratories executed by means of the special device «ЦП-НТУ».

*Key words:* road surface; a thin layer of wear; the study engraftment.

Работа тонких слоев износа протекает в сложных условиях постоянного воздействия проезжающих автомобилей в разных погодных условиях. При этом низкая приживаемость их к покрытиям приводит к отслоению каменного материала, который вскоре после начала эксплуатации оказывается на обочине (рис. 1).

При этом достигается эффект, противоположный цели устройства тонких слоев износа — снижение сцепных качеств проезжей части (рис. 2) и ухудшение ровности покрытия (рис. 3).

В настоящее время нет достоверных и эффективных способов заблаговременной (до строительства) оценки приживаемости тонких слоев к покрытиям и недостаточная ее степень обнаруживается уже после их укладки.

Известные приборы для определения сцепления битумного вяжущего со щебнем путем



Рис. 1. Щебень на обочине



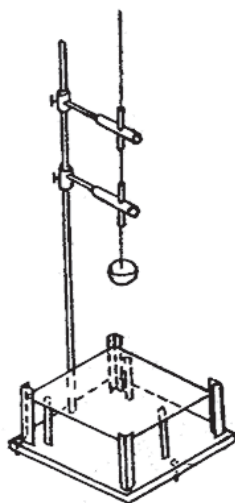
Рис. 2. Повышение скользкости проезжей части



Рис. 3. Ухудшение ровности покрытия



а) Прибор «Vialit»



б) Прибор «ПС-2»

Рис. 4. Известные приборы для определения сцепления битумного вяжущего со щебнем

испытания на удар «Vialit» [1] и его аналог «ПС-2» [2] (рис. 4), имеют недостатки. Во-первых, во время удара происходит прогиб металлической пластины, на которую при помощи вяжущего приклеивают щебень. Это приводит к неравномерному отрыву зерен, в основном в центре пластины. Во-вторых, изучение сцепления битума со щебнем должно учитывать реологические свойства их контакта [3], которые при ударном воздействии не проявляются.

Национальный транспортный университет по заказу Государственной службы автомобильных дорог Украины разработал устройство «ЦП-НТУ» («Центробежное устройство НТУ») [4].

Устройство представляет собой горизонтальную центрифугу, ротор которой вращается с заданной частотой (рис. 5). Внутри тела вращения в специальные контейнеры помещают металлические пластины, на которые при помощи органического вяжущего приклеен каменный материал (рис. 6).

В процессе работы устройства возникает усилие отрыва, действующее на соединение вяжущего и каменного материала.

Устройство позволяет оценить приживаемость тонких слоев износа к дорожным покрытиям в зависимости от вида битумного вяжущего и добавок к нему, генезиса и физико-химической активности поверхности каменного материала, температуры вяжущего и каменного материала, расхода вяжущего, размера каменного материала, режима уплотнения и других технологических параметров устройства слоя [5–13].

Методика работы с устройством [7] предусматривает отбор материалов и изготовление опытных

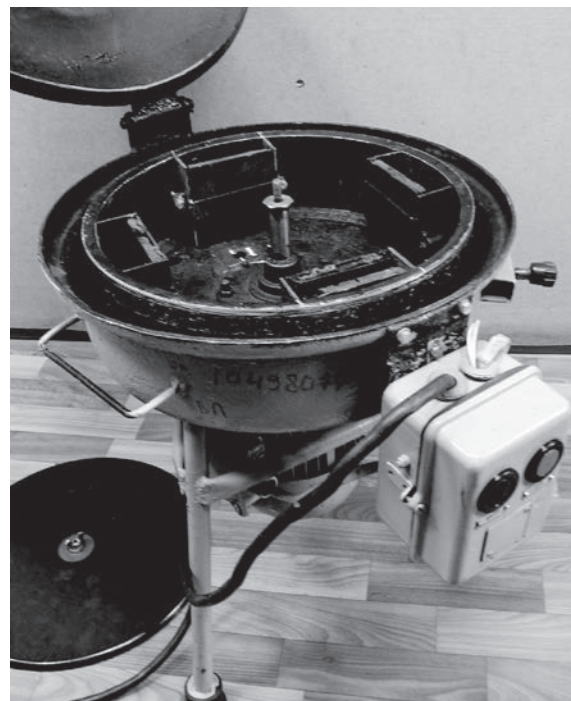


Рис. 5. Общий вид устройства «ЦП-НТУ»





Таблиця 1

## Сведения о материалах для первой серии опытов

Квадрат №	Вяжущее
2	90/130 ( ) с 5 %
3	90/130 ( ) с 0,3 % Wetfix
4	90/130 ( )

образцов в соответствии с технологией устройства тонкого слоя, выдерживание образцов для формирования структурных связей, испытание на приживаемость. В результате испытаний определяют показатель приживаемости

- по количеству щебенки:

$$П_n = \frac{n_2}{n_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $n_1$  — количество щебенки на пластине до испытаний, шт. (рис. 6 а);

$n_2$  — количество щебенки на пластине после испытаний, шт. (рис. 6 б, в).

- по площади, занимаемой материалом:

$$П_a = \frac{a_2}{a_1} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $a_1$  — площадь, занимаемая материалом до испытаний, см<sup>2</sup>;

$a_2$  — площадь, занимаемая материалом после испытаний, см<sup>2</sup>.

- по массе материала:

$$П_m = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $m_1$  — масса материала на пластине до испытаний, г;

$m_2$  — масса материала на пластине после испытаний, г;

$m_0$  — масса чистой пластины, г.

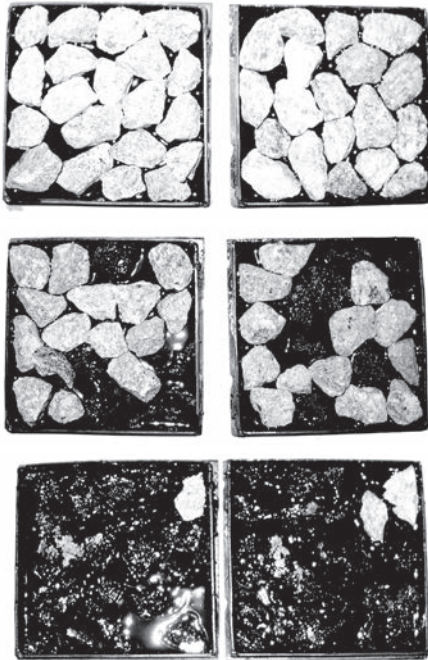


Рис. 6. Опытные образцы

Ниже описаны исследования, посвященные сравнению приживаемости тонких слоев износа на дорожных покрытиях с результатами оценки их приживаемости в лабораторных условиях с помощью устройства «ЦП-НТУ».

С этой целью на опытном участке дороги с асфальтобетонным покрытием, по которому осуществлялось интенсивное движение большегрузных автомобилей и автопоездов (рис. 7), наносились тонкие слои в пределах небольших по площади квадратов или прямоугольников. После выдерживания технологических режимов открывалось движение транспорта и велось наблюдение за приживаемостью каменного материала. Использовался щебень разных фракций с различной степенью загрязнения поверхности, нагретый и холодный. В качестве вяжущих использовался чистый битум, битум с добавками, битумная эмульсия. В качестве одной из добавок, с целью ухудшения свойств вяжущего, использовалось отработанное моторное масло. Параллельно с этим проводились опыты с использованием «ЦП-НТУ», при выполнении которых в максимальной степени воспроизводились условия формирования тонких слоев на дороге.

1. В первой серии опытов было устроено четыре квадрата поверхностной обработки размерами 0,5 м × 0,5 м (табл. 1). Первый квадрат использовался для отработки технологических операций. Использовался щебень фракции 10–15 мм.

Таким образом, устройство квадратов в первой серии опытов производилось при крайне неблагоприятных условиях.



Рис. 7. Опытный участок дороги



ЕКСПЛУАТАЦІЯ



Рис. 8. Уплотнение квадратов

По истечению 60 мин произведено сметание щебня, которое показало плохую приживаемость поверхностной обработки (рис. 9). По истечению суток под воздействием транспортных средств на квадратах щебня практически не осталось (рис. 9).

Параллельно с полевым экспериментом были проведены испытания в лаборатории с использованием устройства «ЦП-НТУ» (рис. 10).

Сопоставление результатов, приведенных на рис. 9 и рис. 10 свидетельствует о практическом совпадении окончательных результатов.

2. Во второй серии опытов было устроено 12 прямоугольников поверхностной обработки размерами 0,3 м × 0,2 м (табл. 2) с использованием битумной эмульсии ЭБК 60 %. Использовался щебень фракции 10–15 мм.

Расход эмульсии согласно [15] принимали 100 г, щебня – 900 г на один прямоугольник. Вяжущее и щебень в пределах квадратов распределяли вручную. Температура покрытия составляла 7 °С. Уплотнение квадратов осуществлялось шестью проездами автомобиля «Газель».

По истечению 2-х часов были произведены 7 проездов автомобиля, щебень частично отлетел от покрытия. Характерным для отрыва было то, что на нагретом щебне вяжущего было больше чем на холодном. При этом запыленность щебня никак не отобразилась на обволакивании эмульсией зерен.

После суток эксплуатации весь щебень отлетел (рис. 11). Характерным было то, что на участках с холодным щебнем вяжущего на покрытии осталось больше, чем на участках с нагретым щебнем.

При воспроизведении опыта в лабораторных условиях с испытаниями устройством «ЦП-НТУ» наблюдались те же явления (рис. 11), т.е. имел место полный отрыв зерен.

3. Третья серия опытов предусматривала устройство тонкого слоя износа на том же участке дороги с

Квадрат 2	Квадрат 3	Квадрат 4
Вид квадратов после устройства поверхностной обработки		
Квадрат 2 ( $I_n = 6\%$ )	Квадрат 3 ( $I_n = 21\%$ )	Квадрат 4 ( $I_n = 17\%$ )
Вид квадратов после сметания щебня		
Квадрат 2 ( $I_n = 1\%$ )	Квадрат 3 ( $I_n = 1\%$ )	Квадрат 4 ( $I_n = 1,5\%$ )
Вид квадратов по истечении суток эксплуатации		

Рис. 9. Результаты полевых исследований





Таблиця 2

Сведения о щебне для второй серии опытов

Прямоугольники №	Щебень
1, 2, 3	запыленный
4, 5, 6	промытый
7, 8, 9	запыленный, нагретый до 120 °С
10, 11, 12	промытый, нагретый до 120 °С

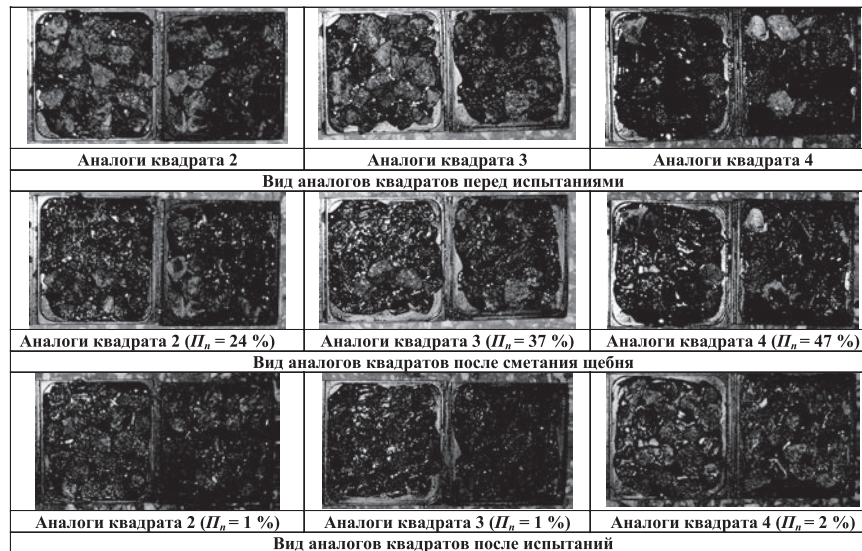


Рис. 10. Результаты исследований при помощи устройства «ЦП-НТУ»

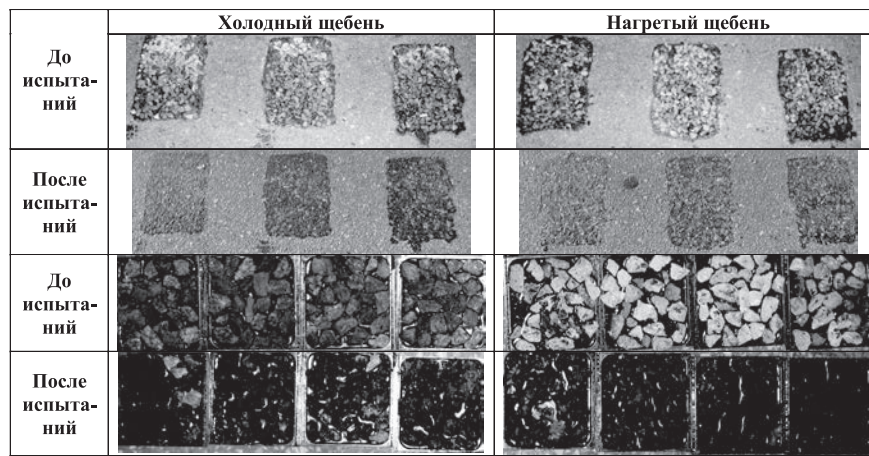


Рис. 11. Сравнение результатов полевых исследований с результатами исследований при помощи устройства «ЦП-НТУ»

использованием той же ЭБК 60 % и мелкого щебня фракции 3–5 мм. План экспериментов предусматривал использование холодного щебня (первая тройка прямоугольников) и нагретого до температуры 130 °С (вторая тройка прямоугольников).

Расход эмульсии составил по 70 г, а щебня – по 350 г на каждый прямоугольник [15]. Температура покрытия составляла 14 °С. Значения показателя приживаемости вычисляли по формуле (2).

Результаты испытаний приведены на рис. 12.

И в первом и во втором случае нагретый ще-

бень имел лучшую приживаемость. Отличие количественных значений показателя приживаемости объясняется масштабным фактором. Он обусловлен небольшими размерами прямоугольников, которые представляют собой выступ на покрытии, на края которого имеет место наибольшая нагрузка от колеса (рис. 13).

Поэтому сначала идет разрушение краев, которое в лабораторных условиях не наблюдается.

4. Оценивали приживаемость холодной асфальтобетонной смеси, используемой для ямочного ремонта на участке одной из дорог I категории (рис. 14).



ЕКСПЛУАТАЦІЯ

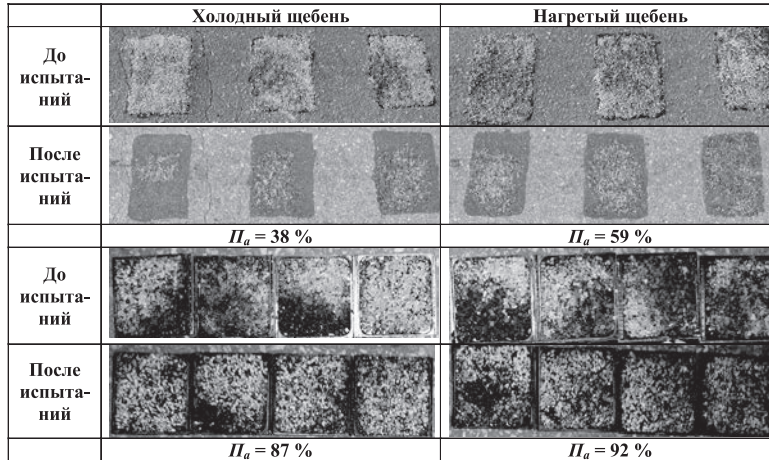


Рис. 12. Сравнение результатов полевых исследований с результатами исследований при помощи устройства «ЦП-НТУ»

Методика изготовления образцов

Таблица 3

Стадия	Используемый материал	Температурный режим	Другие параметры
Подгрунтовка	Битум 90/130	130–150 °С	Расход вяжущего 0,25 л/м <sup>2</sup> На один образец 1,9 г
Распределение смеси	Холодная смесь	Нагрета в установке до 60°С	Расход смеси 14–18 кг/м <sup>2</sup> На один образец – 126 г.
Уплотнение	–	–	Действие груза 25 кг в течение 10 с
Выдерживание	–	–	Сутки

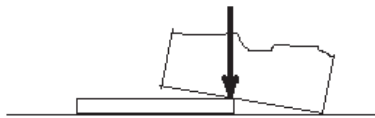


Рис. 13. К объяснению разрушения краев квадратов

При изготовлении образцов в лабораторных условиях моделировали технологический процесс укладки смеси (табл. 3).

Результаты эксперимента приведены в табл. 4 и на рис. 15. Значения показателя приживаемости вычисляли по формуле (3).

После испытания на пластинах остался только

нижний слой каменного материала, который непосредственно контактировал с подгрунтовкой (рис. 5 б). Это свидетельствует о плохом качестве смеси.

Результаты испытаний подтвердились на дороге: выбоины оголились (рис. 16 а), весь щебень оказался на обочине (рис. 16 б).

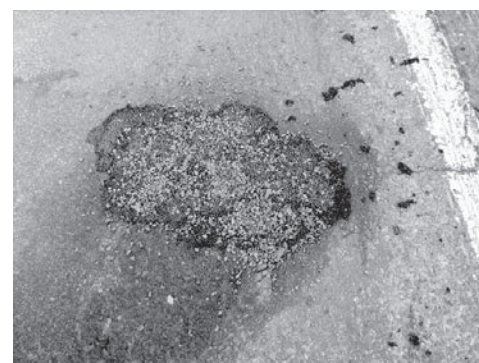
Результаты оценки приживаемости

Таблица 4

Серия	$P_m, \%$
1	38
2	34



а) место проведения работ



б) пример заделанной выбоины

Рис. 14. Ямочный ремонт



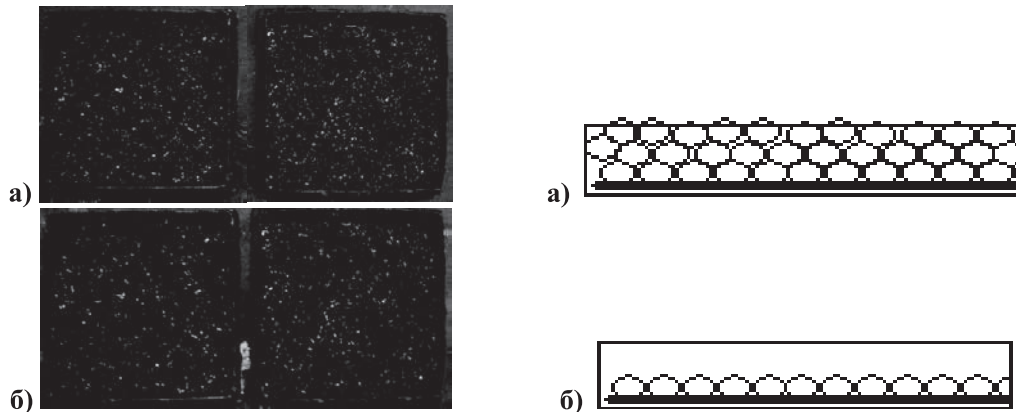


Рис. 15. Образцы до (а) и после (б) испытаний



а)



б)

Рис. 16. Внешний вид участка ремонтируемой дороги через неделю после ремонта

Можно сделать вывод о том, что, заблаговременное исследование смеси с помощью устройства «ЦП-НТУ» могло бы упредить напрасную работу бригады ямочного ремонта на участке 20 км автомобильной дороги I категории.

#### Выводы

Результаты проведенных исследований показали достаточную сходимость результатов полевых исследований с результатами исследований при помощи устройства «ЦП-НТУ». Использование последнего позволит получить заблаговременную оценку приживаемости тонких слоев к покрытиям и предотвратит преждевременное их разрушение.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. DIN EN 12272-3-2003. Surface dressing – Test method. Part 3: Determination of binder aggregate adhesivity by the vialit plate shock test method.
2. СТБ 1062-97. Бітуми нафтовія для верхняга слоя дарожнага пакрыцця. Тэхнічныя ўмовы. Стандарт Беларусі.
3. Руденская И.М., Руденский А.В. Реологические свойства битумов. – М.: Высш. школа, 1967. – 132 с.
4. Пристрій для оцінки приживлення щебеню при влаштуванні поверхневої обробки. Керівництво з експлуатації і методика використання. – К.: Укравтодор, НТУ, 2004. – 7 с.
5. Пристрій для оцінки приживлення щебеню при влаштуванні поверхневої

обробки / Павлюк Д.О., Павлюк В.В., Лебедєв О.С. ТА ін. // Автошляховик України. – 2005. – № 6. – С. 25–27.

6. Дослідна експлуатація пристрою для оцінки адгезійних властивостей в'язучих та кам'яних матеріалів / Павлюк Д.О., Іващенко А.П., Глуховеря В.М. та ін. // Автошляховик України. – 2006. – № 5. – С. 36–38.

7. М 218-02070915-601-2006. Методичні вказівки щодо застосування пристрою «ЦП-НТУ» для оцінки зчеплення в'язучих та кам'яних матеріалів. – К.: Укравтодор, НТУ, 2006. – 17 с.

8. Глуховеря В.М. Дослідження зчеплення в'язучих та кам'яних матеріалів // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – К.: ДерждорНДІ, 2008. – Вип. 8. – С. 59–67.

9. Глуховеря В.М. Оцінка зчеплення кам'яного матеріалу з органічним в'язучим – шлях підвищення якості тонких шарів зносу дорожніх покриттів // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. – 2008. – Вип. 75. – С. 91–94.

10. Павлюк Д.О., Іващенко А.П., Глуховеря В.М. До атестації пристрою для оцінки адгезійних властивостей в'язучих та кам'яних матеріалів // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 76. – С. 45–49.

11. Глуховеря В.М. К вопросу оценки приживаемости каменных материалов при устройстве тонких слоев износа // В сб. докладов международной научно-практической конференции 7-9 июля 2010 «Пути решения проблем дорожной отрасли». – Омск: Межправительственный совет дорожников, 2010. – С. 88–93.

12. Павлюк Д.А., Глуховеря В.М. Исследование приживаемости каменного материала для тонких слоев износа дорожных покрытий // Материалы международной научно-практической конференции «Перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации дорог, мостов и подземных сооружений». – Минск: БНТУ, 2010. – С. 155–159.

13. Патент на винахід № 91954 від 10.09.2010 р. «Центрифуга з подвійним тілом обертання для визначення міцності адгезії».

14. ВБН В.2.3-218-010-97. Влаштування шорстких поверхневих обробок покриттів автомобільних доріг. – К.: Укравтодор, 1997. – 38 с.

15. ВБН В.2.3-218-178-2004. Влаштування поверхневих обробок покриття автомобільних доріг на основі бітумних емульсій. – К.: Укравтодор, 2004. – 15 с.