

УДК 625.089.11

СТУПЕНЧАТОЕ УПЛОТНЕНИЕ СЕКТОРНЫМ ПРЕССОМ

В.П. Корюк, асп., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Рассмотрено влияние методов лабораторного уплотнения на физико-механические свойства асфальтобетонных смесей. Показано преимущество их уплотнения укаткой.

Ключевые слова: прессование, укатка, уплотнение, асфальтобетон, физико-механические свойства.

СТУПЕНЕВЕ УЩІЛЬНЕННЯ СЕКТОРНИМ ПРЕСОМ

В.П. Корюк, асп., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуто вплив методів лабораторного ущільнення на фізико-механічні властивості асфальтобетонних сумішей. Показано перевагу їх ущільнення укоченням.

Ключові слова: пресування, укочення, ущільнення, асфальтобетон, фізико-механічні властивості.

STEPPED SEAL BY MEANS OF THE SECTORAL PRESS

**V. Koruk, P.G.,
Kharkov National Automobile and Highway University**

Abstract. In the given paper there discussed the influence of laboratory compaction methods on the physic-mechanical properties of asphalt mixes. The advantage of compaction by rolling is shown.

Key words: pressing, rolling, compaction, asphalt, physico-mechanical properties.

Введение

Уплотнение – наиболее важный технологический процесс в дорожном строительстве, так как работоспособность конструкций дорожных одежд напрямую зависит от долговечности асфальтобетонного покрытия, которое в процессе работы подвержено химическому, физическому и механическому воздействию окружающей среды.

Из ряда технологических операций (приготовление, хранение, транспортировка, укладка и уплотнение) последний – завершающий этап является наиболее важным в формировании структуры асфальтобетона, обеспечивающим требуемые количественные показатели, определяемые в процессе лабораторных и производственных испытаний [1, 2].

Анализ публикаций

Изменение основных показателей, таких как: температура; тип и толщина укладываемой асфальтобетонной смеси; вид, скорость, масса и габариты рабочих органов катка – делает выбор режима уплотнения наиболее трудоемким технологическим процессом, при котором асфальтобетонная смесь, приобретая высокие физико-механические показатели, увеличивает сопротивление к воздействию физико-химических и эксплуатационных нагрузок [1, 3, 4, 5]. Учитывая все выше перечисленные факторы, нельзя задать точное количество проходов и силовое воздействие уплотняющей техники для достижения плотной и прочной структуры материала, и в большинстве случаев мастер, опираясь на ранее полученный опыт, путем пробной укатки

устанавливает необходимое количество проходов дорожным каткам [6, 7, 8].

При уплотнении горячих асфальтобетонных смесей катками необходимо следить за изменением температур уложенных в покрытие смесей. Высокая температура способствует их лучшему уплотнению. За счет уменьшения вязкости вяжущего снижается трение в скелете минеральной части. Во многих работах [5, 8–12] рекомендуется начинать уплотнение с максимально высокой температуры смеси, но при этом важно помнить, что тяжелый каток или каток с малым радиусом «утонет» в смеси, образуя перед ведомым вальцом волну и разрывы сзади.

В процессе уплотнения высококонцентрированных дисперсных систем с коагуляционной структурой увеличивается среднее число контактов минеральных зерен по адсорбционно-сольватным связям, что ведет к увеличению силы трения, особенно с понижением температуры вяжущего в асфальтобетонах. По мере остывания смеси укатка «легким» катком становится неэффективной. Увеличение плотности «тяжелым режимом» осуществляется за счет превышения сдвиговых усилий и силы трения в асфальтобетонных смесях под воздействием тяжелых катков. Однако необходимо соблюдать условие рационального уплотнения, согласно которому давление контакта рабочего органа не должно превышать предела прочности уложенного в покрытие материала [13, 14, 15].

Для достижения высокой работоспособности асфальтобетонного покрытия необходимо обеспечить, согласно действующему ДБН В.2.3-4-2000 (СНиП 3.06.03-85), минимально требуемый коэффициент уплотнения (K_y), определяемый по отношению плотности образца асфальтобетона, взятого из покрытия, к плотности образца, уплотненного до предельно возможного состояния в лаборатории [16].

Лабораторное уплотнение запроектированных асфальтобетонных смесей в Украине, России и странах бывшего СНГ выполняется на сравнимо недорогих и общедоступных прессах осевого сжатия, в стальных цилиндрических формах диаметром 71 мм, создаваемым давлением 30 МПа в течение 3 мин.

Основной проблемой такого метода является несоответствие показателей получаемых

свойств у образцов, взятых из покрытий и уплотненных в лаборатории. Этот вопрос рассматривался еще в 60–70-е годы, когда завышенный коэффициент уплотнения был равен 0,97 по сравнению с коэффициентом уплотнения в США ($K_y =$ от 95–97 % на то время) и критерий плотности асфальтобетонного покрытия не могли достичь минимально требуемых норм имеющимися дорожными катками [15, 17].

Обновление и усовершенствование парка дорожной уплотняющей техники позволили добиться более высоких результатов при уплотнении покрытий дорожных одежд, обеспечивая прочную и ровную поверхность автомобильной дороги с требуемым, а в большинстве случаев – с завышенным, коэффициентом уплотнения, где плотность укатанного образца в покрытии была выше заформованного в лаборатории ($K_y = 1,01–1,02$) [15, 18].

В [19] отмечено, что высокая плотность покрытия достигается благодаря оптимальному расположению зерен минеральных составляющих при циклических нагружениях катками, даже в случаях с низким содержанием вяжущего, установленным лабораторией. Попытка увеличения сжимающего давления до 40 МПа для увеличения нормативного коэффициента уплотнения негативно отразилась на смесях с большим содержанием щебня. В результате такого уплотнения при незначительном приросте плотности увеличивался показатель дробимости щебня. Так, относительная плотность образца с 20 % содержанием щебня при уплотнении 30 МПа равна 99,3 %, против 40 МПа – 100,2 %. При этом процент дробимости щебня уплотненного образца нагрузкой 30 МПа составляет 2,1 % по сравнению с 4,0 % при давлении 40 МПа [15]. Этот метод был изменен с введением ГОСТ 12801-84, где малощебенистые смеси рекомендовалось уплотнять нагрузкой 400 кгс/см², а в случае работы с многощебенистыми смесями способ уплотнения состоит в предварительном вибрировании образцов с амплитудой колебаний 0,35–0,40 мм и частотой 50 Гц в течение 3 мин и последующем прессовании в течение 3 мин давлением 20 МПа [20].

Уплотнение асфальтобетонной смеси в цилиндрической форме, описанное в [15], начинается с незначительной начальной усадки

материала, вследствие которой зерна щебня, попадая в зажатое положение под действием вертикально приложенной нагрузки, препятствуют переупаковке частиц, уменьшению пористости и дальнейшему уплотнению образца. Замечено, что более плотному сближению или переупаковке частиц уплотняемого материала препятствует ограничение их подвижности, возникающее вследствие зажатия этих частиц вертикальным усилием. Чем больше сжат материал, тем труднее происходит его переупаковка.

В работе [21] описано уплотнение асфальтобетонной смеси в жестком стакане, когда Н.В. Горелышев экспериментально показал, что гораздо более высокой плотности смеси можно достичь более низким давлением $25 \cdot 10^{-2}$ кПа (25 кгс/см^2) вместо $300 \cdot 10^2$ кПа (300 кгс/см^2), обеспечив большую подвижность смеси за счет вращения цилиндра, по аналогии с методом уплотнения во Франции и США [22]. Известно, что более плотные образцы асфальтобетона получают в результате уплотнения вращательным способом, по сравнению с методом уплотнения по Маршаллу [22] и осевым сжатием нагрузкой $300\text{--}400 \text{ кгс/см}^2$.

В [23] приведены сведения о том, что В.И. Бируля проводил сравнение методов уплотнения грунта падающей гирей и гладковальцовым катком массой 10 т. Объемный вес скелета, полученный путем укатки и трамбования, составил $1,51\text{--}1,52 \text{ г/см}^3$; для достижения такой плотности методом сбрасывания гири необходимо 90 ударов, против 5 проходов катка по одному следу. Это говорит о большей эффективности метода уплотнения укаткой катками по сравнению с трамбованием гирей, что подтверждается данными [1].

Первый лабораторный метод укатки для оценки показателя долговечности щебня в несущих слоях дорожных одежд был предложен А.Е. Стефановичем в 1967 году. В основе метода лежит реверсивное (знакопеременное) движение сектора по равномерно распределенному материалу в прямоугольной форме, установленной на подвижной тележке [24].

В Европейских странах широкое применение получил лабораторный укатывающий пневматический уплотнитель [25], который в большей степени моделирует физику и меха-

нику процесса деформирования и, соответственно, уплотнения асфальтобетона статическими и вибрационными вальцами катков, все больше вытесняя метод уплотнения по Дюрьезу [26] и Маршаллу [22].

Развитие лабораторной техники в дорожно-строительной области Европейских стран и стран СНГ позволяет более глубоко и объективно оценивать уплотняемость асфальтобетонной смеси в лабораторных условиях при помощи секторных катков [24, 27, 28], по принципу работы максимально приближенных к уплотнению материала в покрытие (рис. 1).

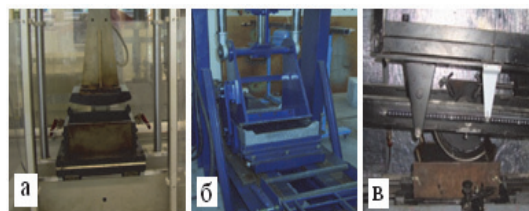


Рис. 1. Разновидность конструкции секторного пресса: а – Германия; б – Италия; в – Украина (НТУ)

На кафедре технологии дорожно-строительных материалов (ХНАДУ) был проведен ряд экспериментальных работ по уплотнению асфальтобетонных смесей секторным прессом, разработанным кафедрой строительных материалов и химии НТУ для уплотнения асфальтобетонных плит с последующим испытанием их на колесобразование [27, 29].

В работе [30] при изучении уплотняемости асфальтобетона лабораторным катком в качестве объекта исследования была принята приготовленная в смесительной установке асфальтобетонного завода «ВАТ Стройинвест» (г. Харьков) смесь типа «А» с 49 % щебня и 6,5% битума БНД 60/90. Результаты испытаний образцов уплотняющим режимом, направленным на одноразовые приложения линейной нагрузки с заданным количеством проходов при постоянной скорости сектора – 1,7 км/ч с одинаковой начальной температурой уплотнения смеси – $145\text{--}150 \text{ }^\circ\text{C}$, показывали высокие результаты плотности и водонасыщения по сравнению со стандартным прессованием. В свою очередь недостатком являлась низкая прочность вырезанных кубов относительно стандартных образцов цилиндров, а также неоднородное распределение физико-механических свойств по 12 образцам, вырезанным из плиты.

Частичным решением проблемы «краевого эффекта» стало уменьшение количества образцов с 12 до 9 объектов, что привело к уменьшению среднего квадратического отклонения (σ), коэффициента вариации (v), показателей водонасыщения с $\sigma^{12} - \pm 0,51\%$ до $\sigma^9 \pm 0,27\%$ и $v^{12} - 62,62\%$ против $v^{12} - 11,6\%$ соответственно [31].

Из работ по уплотнению грунтов и асфальтобетонов известно, что качественное и эффективное уплотнение обеспечивается постепенным увеличением нагрузки, так как изменение объема пустот в материале при уплотнении находится в обратной зависимости от величины действующей нагрузки из-за сопротивления сил внутреннего трения и сцепления по мере сближения частиц [1, 33, 34].

Для получения более высоких и однородных результатов физико-механических свойств на уложенный материал необходимо создать максимальное линейное давление, которое бы не превышало прочность самого щебня при укатке секторным прессом.

В работе [35] при оценке дробимости каменного материала в смеси с 50 % содержанием щебня, уплотняемой максимальным линейным давлением 14,0 кгс/см и 80 проходами, процент дробимости фракции 5–10 мм составил 3,5 % по сравнению со стандартным уплотнением – 29 %.

Проблема однократного приложения максимальной нагрузки заключается в большом давлении, создаваемом в момент высокой подвижности смеси при начальной температуре уплотнения, в процессе чего укатываемый материал в большинстве случаев выдавливается из формы с первыми проходами сектора. Уменьшение нагрузки на сектор позволяет равномерно распределить усадку смеси по площади формы при первых 20–30 циклах уплотнения, после чего приращение плотности асфальтобетона за каждое последующее воздействие уплотнителя уменьшается. Поэтому, начиная с некоторого числа проходов сектора, уплотнение им становится не эффективным.

Цель и постановка задачи

Решением задачи по достижению однородного распределения показателей плотности, водонасыщения и прочности стало ступенчатое

увеличение линейной нагрузки на смесь в процессе уплотнения асфальтобетона. Конструкцией лабораторного катка предусматривается изменение нагрузки и количества проходов в момент уплотнения смеси, что позволяет определить оптимальный режим уплотнения для каждого типа асфальтобетона с разным содержанием щебня и битума.

Результаты экспериментальных данных

Методика ступенчатой укатки заключается в увеличении нагрузки после совершения определенного числа проходов сектора по смеси. Для определения начального количества проходов с установленным линейным давлением 2,8 кгс/см для асфальтобетонной смеси типа «А» с 50 % содержанием щебня и 4,5 % содержанием битума БНД 60/90 было задано 10; 20; 30; 40; 50 проходов. Результаты испытания приведены в табл. 1.

Таблица 1 Физико-механические свойства асфальтобетонных образцов типа А, уплотненных линейной нагрузкой 2,8 кгс/см разным количеством проходов

Режим		Физико-механические свойства				
0 плит = 2,8 кгс/см		ρ , г/см ³	W, %	R ₂₀ , МПа	R ₅₀ , МПа	K _B ¹⁵
Проходы	10	2,24	6,7	2,0	0,7	1,0
	20	2,29	6,2	2,2	0,9	1,0
	30	2,32	5,1	2,6	1,0	1,0
	40	2,33	4,7	3,0	1,1	0,93
	50	2,34	4,5	3,1	1,3	0,95

Из данных табл. 1 видно, что максимальное приращение плотности заканчивается на 30-м проходе, после чего набор плотности незначителен и составляет 0,01 г/см³. Показатель водонасыщения после укатки плиты 30 проходами линейной нагрузкой 2,8 кгс/см составляет 5,1 %. Увеличение проходов до 40 и 50 циклов уменьшает водонасыщение образцов соответственно на 0,4 % и на 0,6 %.

Это говорит о том, что дальнейшее воздействие сектора не способно преодолеть сопротивление сдвигу и внутреннее трение частиц в асфальтобетоне, возрастающее с понижением температуры смеси от 150 °С до 130–135 °С. Увеличение линейной нагрузки до 8,4 кгс/см на асфальтобетонную плиту после завершения 30 проходов сектора под нагрузкой 2,8 кгс/см повышает физико-механические показатели образцов (табл. 2).

Таблица 2 Физико-механические свойства асфальтобетонных образцов, уплотненных линейной нагрузкой 8,4 кгс/см после укатки 30 проходами нагрузкой 2,8 кгс/см

Режим		Физико-механические свойства				
0+4 плиты = 2,8 + 5,6 кгс/см		ρ , г/см ³	W, %	R ₂₀ , МПа	R ₅₀ , МПа	K _B ¹⁵
Проходы	40	2,32	4,5	3,1	1,4	0,98
	50	2,37	3,6	3,3	1,5	1,0
	60	2,39	2,5	3,5	1,6	1,0
	70	2,41	2,2	3,7	1,8	1,0
	80	2,41	2,0	3,7	1,8	1,0

Данные, полученные в результате испытаний асфальтобетонных образцов, уплотненных секторным прессом при ступенчатом воздействии 30 проходов нагрузкой 2,8 кгс/см + 30 проходов нагрузкой 8,4 кгс/см на смесь, свидетельствуют о повышении плотности до 2,41 г/см³, снижении водонасыщения до 2,5 %, росте прочности при 20 °С до 3,5 МПа и 1,6 МПа при 50 °С соответственно, которые лежат в пределах норм ДСТУ Б В.2.7-119 [36].

Установлено оптимальное содержание битума при уплотнении смеси секторным прессом режимом 30 проходов нагрузкой 2,8 кгс/см + 40 проходов нагрузкой 8,4 кгс/см – 4,5 % (табл. 3).

Таблица 3. Физико-механические свойства образцов кубов с 4,0 %, 4,5 %, 5,0 % битума, уплотненных режимом: 30^{2,8кгс} + 40^{8,4кгс}

Содержание битума БНД 60/90, %	ρ , г/см ³	W, %	R ₂₀ , МПа	R ₅₀ , МПа	K _B ¹⁵
4,0	2,36	4,2	3,5	1,7	1
4,5	2,41	2,2	3,7	1,8	1
5,0	2,42	1,5	3,5	1,6	1

Полученные данные свидетельствуют о том, что предел максимальной прочности на сжатие при 20 и 50 °С достигается у образцов с 4,5 % содержанием битума. Уменьшение вяжущего до 4,0 % приводит к уменьшению прочности на сжатие и увеличению водонасыщения до 4,2 %, что превышает нормированный показатель – 3,5 %.

Для объективной оценки оптимального содержания битума и уплотняемости смеси в лабораторных условиях были заформованы

под давлением и испытаны стандартные цилиндрические асфальтобетонные образцы Ø 71 мм типа «А» с 50 % содержанием щебня и 4,0 %, 4,5 %, 5,0 % и 5,5 % содержанием битума, результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4 Физико-механические свойства образцов, уплотненных давлением 30 МПа с разным содержанием вяжущего

Содержание битума БНД 60/90, %	ρ , г/см ³	W, %	R ₂₀ , МПа	R ₅₀ , МПа
4	2,38	5,3	3,9	1,4
4,5	2,40	3,8	4,4	1,6
5	2,43	2,1	4,7	1,7
5,5	2,44	1,1	4,6	1,6

Анализируя свойства образцов, полученных прессованием под действием давления 30 МПа в течение 3 минут и укаткой лабораторным катком режимом 30 проходов / нагрузкой 2,8 кгс/см + 40 проходов – 8,4 кгс/см, можно отметить высокую плотность и низкий процент водонасыщения у образцов, полученных в результате укатки секторным прессом. Принимая во внимание содержание битума в стандартных образцах и образцах, укатанных секторным прессом, можно заметить его уменьшение в сторону лабораторного катка на 0,5 %, при этом значение водонасыщения у стандартного образца с 5,0 % битума – 2,1 %, против образца, уплотненного укаткой с содержанием битума 4,5–2,5 %.

Из сравнения прочностных характеристик цилиндрических и кубовидных образцов следует, что средняя прочность кубов и цилиндров, испытанных при 50 °С, показывают схожие результаты при одинаковом содержании битума: 4,5 % БНД – 1,8 против 1,6 МПа; 5,0 % БНД 60/90 – 1,6 – 1,7 МПа. Результаты прочности при 20 °С разнятся между кубами и цилиндрами на 1,0–1,1 МПа. Возможно, это связано с разницей между давлением, развиваемым гидравлическим и секторным прессом. При стандартном уплотнении образца более высоким давлением образуется не только коагуляционный, но и контактный вид связи, увеличивающий прочность образца за счет сил трения в асфальтобетоне с 50 % содержанием щебня.

Выводы

Литературный анализ свидетельствует о лучшей уплотняемости грунтовых и асфаль-

тобетонных смесей укаткой катками по сравнению с другими методами уплотнения, что подтверждается экспериментальными данными.

Показана эффективность ступенчатого увеличения нагрузки при уплотнении асфальтобетона секторным прессом, в процессе которого физико-механические свойства равномерно распределяются по площади укатываемой плиты. Постепенное увеличение нагрузки позволяет достичь максимального линейного давления на смесь за счет начального – «легкого режима», при котором зерна минеральной части, создавая плотную упаковку, увеличивают сопротивление сдвигу смеси из формы. Уплотнение асфальтобетонной смеси начально высокой нагрузкой приводит к образованию дефектов не только в асфальтобетоне, но и в уплотняющем лабораторном оборудовании в момент наката сектора на тележку при выворачивании смеси из формы.

Экспериментально показана разница между оптимальным содержанием вяжущего в асфальтобетоне, уплотненном давлением 30 МПа и укаткой на секторном прессе. Это говорит о несовершенстве лабораторного метода проектирования составов асфальтобетонных смесей, при котором физико-механические свойства образцов, уплотненных давлением, не соответствуют свойствам образцов, укатанных в покрытии.

Литература

1. Калужский Я.А. Уплотнение земляного полотна и дорожных одежд / Я.А. Калужский, О.Т. Батраков. – М.: Транспорт, 1970. – 160 с.
2. Королев И.В. Дорожно-строительные материалы: учебник для автомобильных дорог и техникумов / И.В. Королев, В.Н. Финашин, Л.А. Феднер. – М.: Транспорт, 1988. – 304 с.
3. Королев И.В. Дорожный теплый асфальтобетон / И.В. Королев. – К.: Вища школа, 1977. – 155 с.
4. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцев, Н.В. Горельшев, А.М. Богуславский и др. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
5. Шестаков В.Н. Оценка теплофизической надежности технологии строительства асфальтобетонных покрытий / В.Н. Шестаков // Труды СибАДИ. – 1998. – Вып. 2, ч. 1. – С. 112–119.
6. Котлярский Э.В. Контактные взаимодействия при формировании асфальтобетонных смесей в процессе уплотнения / Э.В. Котлярский // Труды Союздорнии. – 1988. – С. 65–69.
7. Апарцев А.З. Уплотнение и укладка дорожных материалов. Теория и практика компании Дунарас / Апарцев А.З., Брахно А.А., Костельов М.П. – С.Пб.: Тест-Принт, 1995. – 462 с.
8. Костельов М.П. Рациональные режимы уплотнения асфальтобетонной смеси / М.П. Костельов, Т.Н. Сергеева, Л.М. Посадский // Автомобильные дороги. – 1980. – №6. – С. 20–22.
9. Золотарев В. А. Особенности устройства асфальтобетонных покрытий во Франции / В.А. Золотарев // Автомобильные дороги. – 1969. – №3. – С. 30–31.
10. Костелёв М.П. Повышение прлотности асфальтобетона / М.П. Костелёв, И.В. Филипов, Т.Н. Сергеева и др. // Автомобильные дороги. – 1984. – №12. – С. 7–9.
11. Раковский Э.И. Опыт устройства асфальтобетонного покрытия с шероховатой поверхностью / Э.И. Раковский // Сборник трудов Союздорнии, 1962. – С. 329–334.
12. Багдасаров С.М. Повышается качество уплотнения / С.М. Багдасаров, С.А. Варганов, К.А. Гиоев и др. // Автомобильные дороги. – 1983. – №12. – С. 5–7.
13. Королев И.В. Асфальтобетонные покрытия / И.В. Королев, В.А. Золотарев, В.А. Ступивцев. – Донецк: Донбасс, 1970. – 161 с.
14. Гезенцев Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцев, Н.В. Горельшев, А.М. Богуславский и др. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
15. Костелёв М.П. Зачем уплотнять асфальтобетон выше минимальной нормы? / М.П. Костелёв. – К.: Дорожная техника, 2005. – С. 133–138.
16. Автомобильные дороги: ДБН В.2.3-4-2000. – К.: Госстрой Украины, 2000. – 120 с.
17. Лобзова К.Я. Уплотнение асфальтьбетона и битумо-минеральных смесей / К.Я. Лобзова // Сборник трудов Союздорнии, 1962. – С. 267–289.
18. Линейцева Л.И. Влияние реверсирования катков на ровность уплотняемых асфальтобетонных покрытий / Л. И. Ли-

- нейцева, Н.Я. Хархута // Автомобильные дороги. – 1985. – №10. – С. 10–11.
19. Золотарев В.А. Особенности устройства асфальтобетонных покрытий во Франции // Автомобильные дороги. – 1969. – №3. – С. 30–31.
20. Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний: ГОСТ 12801-84. – Введен 01.01.1984. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 33 с.
21. Костелёв М.П. Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов / М.П. Костелёв, Ю.Л. Куканов, И.С. Левина и др. // Автомобильные дороги. – 1991. – № 6. – С. 13–15.
22. Радовский Б.С. Методы проектирования состава асфальтобетонных смесей в США / Б.С. Радовский // Дорожная техника–2006. – 2006. – С. 68–71.
23. Арсеньев А.А. Строительство автомобильных дорог / А.А. Арсеньев В.А. Бочин, Н.Н. Иванов. – М.: Научно-техническое издательство автотранспортной литературы, 1955. – 183 с.
24. Стефанович А.Е. Показатели долговечности щебня в несущих слоях жестких дорожных одежд: автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук: 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» / А.Е. Стефанович. – К., 1967. – 23 с.
25. EN 12697-33-2004 Bituminous mixtures. – Test methods for hot mix asphalt. – Part 33: specimen prepared by roller compactor. – 2004.
26. Duriez M. Arrambide J. Nouveaux traitements de matériaux de constructions. – Paris 1964. – Dunod. – Т.3 – 1543 p.
27. Мозговой В.В. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеи / В.В. Мозговой, А.Н. Онищенко // Дорожная техника–2010. – 2010. – С. 114–128.
28. Montepara A. Laboratory compaction of asphalt mixtures: The use of a slab heavy compactor // Montepara A. Rastelli S. Rota V. 5th International conference bituminous mixtures and pavements Thessaloniki, Greece, 1-3 June 2011. 1383 – 1392 p.
29. СОУ 45.02-00018112-020:2009. Асфальтобетон дорожний. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій. – К.: Держстандарт України, 2009. – 13 с.
30. Золотарев В.А. Использование укатки для лабораторного уплотнения асфальтобетонных смесей / В.А. Золотарев, В.П. Корюк, П.С. Контратьев // Автошляховик України. – 2013. – № 4. – С. 22–28.
31. Рокас С. Статистические методы обработки результатов испытаний: учебное пособие / С. Рокас. – Вильнюс: Редакционно-издательский совет Минвуза Литовской ССР, 1977. – 92 с.
32. Корюк В.П. Дробимость минеральной и асфальтобетонной смеси при лабораторном уплотнении секторным прессом / В.П. Корюк // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 63. – С. 51–55.
33. Голованенко С.Л. Дорожные покрытия из обработанных грунтов / С.Л. Голованенко. – М.: Автотрансиздат, 1959. – 126 с.
34. Бабков В.Ф. Проходимость колесных машин по грунту / В.Ф. Бабков, А.К. Бируля, В.М. Сиденко. – М.: Автотрансиздат, 1959. – 182 с.
35. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-119-2011. – Чинний від 2003-07-01. – К.: Державний стандарт України, 2003. – 44 с.

Рецензент: В.А. Золотарев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 18 апреля 2014 г.