

УДК 691.16:625.089.11

ДРОБИМОСТЬ МИНЕРАЛЬНОЙ И АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ ЛАБОРАТОРНОМ УПЛОТНЕНИИ СЕКТОРНЫМ ПРЕССОМ

В.П. Корюк, аспирант, ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрено влияние методов лабораторного уплотнения на дробление щебня в асфальтобетонных смесях. Показано преимущество их уплотнения укаткой.

Ключевые слова: прессование, укатка, уплотнение, асфальтобетон, щебень, дробимость.

ПОДРІБНЮВАНІСТЬ МІНЕРАЛЬНОЇ Й АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ СУМІШІ ПРИ ЛАБОРАТОРНОМУ УЩІЛЬНЕННІ СЕКТОРНИМ ПРЕСОМ

В.П. Корюк, аспірант, ХНАДУ

Анотація. Розглянуто вплив методів лабораторного ущільнення на роздрібнення щебеню в асфальтобетонних сумішах. Показано перевагу їх ущільнення укоченням.

Ключові слова: пресування, укочення, ущільнення, асфальтобетон, щебінь, подрібнюваність.

BREAKABILITY OF MINERAL AND ASPHALT MIXES DURING LABORATORY COMPACTION BY SECTOR PRESS

V. Koruk, postgraduate, KhNAHU

Abstract. The influence of laboratory compaction methods on the breakability of asphalt mixes is considered. The advantage of compaction by rolling is shown.

Key words: pressing, rolling, compaction, asphalt, break stone, breakability.

Введение

Процесс укатки асфальтобетона – завершающий и очень важный этап в формировании структуры искусственного монолитного материала, получаемого в результате уплотнения асфальтобетонной смеси, приготовленной путем тщательного перемешивания при определенных технологических режимах, отдозированных в соответствии с расчетом минеральных составляющих и битума [1]. В результате вытеснения свободного битума в межзерновое пространство происходит сближение частиц и образуется плотная и прочная структура асфальтобетона [2, 3]. Недоуплотненный асфальтобетон, как утверждается в [4, 5], начинает жизнь со множества дефектов, снижающих работоспособность покрытия из-за слабого сцепления частиц материала и большого объема пор. Под дей-

ствием природно-климатических факторов и эксплуатационных нагрузок частицы такого покрытия выкрашиваются, приводя со временем к образованию других дефектов [4, 5].

Анализ публикаций

В процессе укладки и уплотнения асфальтобетонных смесей существует возможность влиять на долговечность, регулируя их технологические параметры и режимы. Для обеспечения хорошего уплотнения рекомендуется начинать катку непосредственно за асфальтоукладчиком, при максимально высокой температуре смеси и низкой скорости [2]. При высокой температуре смесь имеет низкое сопротивление перемещению зерен в момент уплотнения, что снижает дробимость в покрытии [6]. Это соответствует главной цели уплотнения – предупреждению измене-

ния состава смеси и достижению проектной плотности смеси и асфальтобетона.

В работах [7, 8] показана существенная разница между показателями остаточной пористости объемного водонасыщения, плотности и прочности образцов, заформованных в лаборатории, и вырубок. Это вызывает необходимость разработки эффективного, адаптированного к производству лабораторного метода уплотнения асфальтобетонной смеси. С этой целью в мире используется несколько методов. В некоторых штатах США применяют уплотнение по Маршаллу, которое представляет собой трамбование асфальтобетонной смеси в цилиндрической обойме грузом с массой, зависящей от типа смеси, вида работ и количества ударов [9]. Недостаток такого уплотнения состоит в том, что процесс трамбования не соответствует работе дорожных катков, а устойчивость по Маршаллу не позволяет оценить прочность асфальтобетона на сдвиг и изгиб. В США и Европе применяют вращательный уплотнитель асфальтобетона, в большей степени моделирующий физику и механику деформирования смеси за счет вращения цилиндрической формы под углом 1° и одновременного приложения вертикального давления, равного 0,6 МПа [10].

В странах бывшего СНГ лабораторные образцы уплотняют статической нагрузкой 40 МПа или совмещением вибрирования и давления (20 МПа) в течение 3 минут в случае многощебенистых смесей [11, 12]. При постепенном нагружении, после некоторой начальной осадки смеси в металлической лабораторной форме, крупные частицы, не огибая друг друга, прекращают движение, в результате чего уплотнение ухудшается [13], а опасность дробимости щебня растет.

В работе Стефановича А.Е. сказано, «что особенностью статического разрушения от разрушения ударом является факт концентрации энергии в точках контакта щебенки между собой и рабочими органами (форма, пресс, валец)» [14]. Этот факт описан в работе [6]. При осмотре образцов, уплотненных давлением 30 МПа, обнаружено разрушение зерен щебня, в основном в зоне его контакта с формой. Приведенные в табл. 1 данные [13] свидетельствуют о том, что самым эффективным лабораторным методом при проектировании состава асфальтобетонной смеси

является вращательный пресс. В этом случае относительно большое дробление зерен щебня (10,6 %) отвечает смеси с 65 % щебня.

Таблица 1 Влияние лабораторного метода уплотнения на дробимость щебня в асфальтобетоне [13]

Метод уплотнения лабораторного образца	Дробление щебня (%) при его содержании в асфальтобетоне:			
	20 %	35 %	50 %	65 %
Давление при сжатии: 30 МПа 40 МПа 50 МПа	2,1 4,0 4,9	10,6 10,8 —	15,5 16,8 —	25 — —
Комбинированный: вибрация 3 мин и сжатие под давлением 20 МПа	—	3,7	8,5	10,0
Трамбование по Маршаллу с обеих сторон образца по 50 ударов	1,1	1,7	5,8	8,1
Вращательное уплотнение на гиратором 20 оборотов	1,8	3,0	4,3	10,6

Цель и постановка задачи

Стремление к изучению механизма уплотнения и формирования плотности многокомпонентного материала на основе органических вяжущих привело к разработке и появлению новых методов уплотнения асфальтобетона, приближенных к производственным условиям. Кроме рассмотренных выше методов, в США, Франции и Германии используют укатку смесей колесом, возвратно-поступательно воздействующим на смесь, засыпанную в прямоугольную форму 300×350 мм, которая устанавливается на подвижной тележке. Радиус рабочего катка обеспечивает возможность перемещения сектора от края до края формы, одновременно на смесь передают вертикальное давление, что хорошо воспроизводит работу дорожного катка при уплотнении черных слоев дорожных одежд [15, 16].

Подобными прессами в Украине оснащены лаборатории НТУ, ФПГ «Альтком» и ХНАДУ. На кафедре ТДСМ ХНАДУ выполняются исследовательские работы с использованием секторного пресса, разработанного предприятием НТЦ «Дорякість». Принцип действия пресса заключается в укатке асфальтобетонных плит размерами сторон 230×160 мм высотой не более 90 мм. Методика уплотнения смесей предусматривает следующие операции: в смазанную, нагретую до технологической температуры форму засыпают предварительно взвешенную смесь и устанавливают ее на подвижную тележку, после чего при помощи винтовой передачи опускают уплотняющий металлический сектор, нагруженный металлическими плитами, массой 20 кг каждая. По завершению заданного числа проходов уплотняющий сектор поднимают, образец оставляют для остывания до температуры окружающей среды. В результате такой укатки образуется асфальтобетонная плита, которую распиливают на 9 образцов кубовидной формы со стороны ребра, равной 50 мм. Образцы испытывают в соответствии с целями эксперимента.

Стабильность зернового состава минерального остова является одним из главных условий выбора лабораторного метода уплотнения асфальтобетонных смесей. Как следует из табл. 1, при статическом давлении имеет место максимальное дробление зерен щебня. В то же время оно практически отсутствует при уплотнении по Маршаллу и вращательным прессом.

Результаты экспериментальных данных

Дробимость зерен щебня при лабораторной укатке секторным прессом практически не изучена. В связи с этим в данной работе изучена дробимость при укатке секторным прессом щебня марки типа А, состоящей из: 5 % щебня марки М 1000 фракции 10–20 мм; 45 % щебня 5–10 мм; 40 % отсева и 10 % минерального порошка.

Минеральные составляющие перемешивали в течение 3 мин, затем с высоты 5–6 см засыпали до половины в форму секторного пресса, штыковали 10–12 раз по всей площади формы, затем форму заполняли до верха смесью и разглаживали её шпателем.

Смесь каменных материалов уплотняли заданным количеством проходов и линейных

давлений секторного пресса. Линейное давление определяли как отношение массы, действующей на секторный каток, к его длине. Содержимое формы рассеивали на контрольных ситах 5 и 10 мм. Остатки на ситах взвешивали и сравнивали с исходной массой. Дробимость определяли по формуле, приведенной в [17]. Результаты испытаний приведены на рис. 1.

$$Др = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100;$$

где m – исходная масса щебня, г; m_1 – масса остатка на контрольном сите с размером отверстий 5 мм, г.

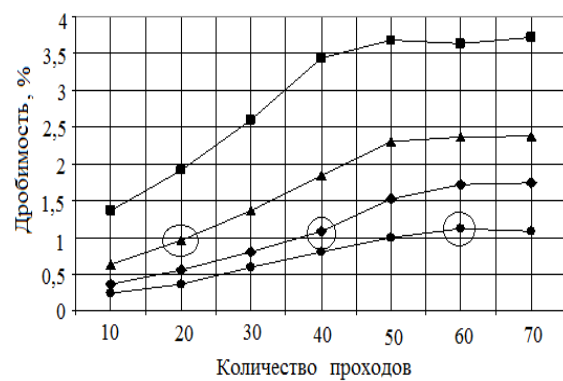


Рис. 1. Зависимость дробимости от количества проходов и линейного давления:

- – 5,6 кг/см; ◆ – 8,4 кг/см;
- ▲ – 11,3 кг/см; ■ – 14,0 кг/см

Приведенные на рис. 1 зависимости свидетельствуют прежде всего о том, что дробимость минеральных зерен в диапазоне принятых давлений и количестве проходов очень низка. При самом неблагоприятном сочетании (14,0 кг/см и 70 проходов) дробимость равна 3,7 %. Увеличение давления при 70 проходах от 5,6 кг/см до 14,0 кг/см приводит к росту дробимости в 3,4 раза, а увеличение количества проходов от 10 до 70 при давлении 14,0 кг/см увеличивает дробление в 2,7 раза. Таким образом, более опасным в отношении дробимости минеральных зерен является линейное давление.

Для комбинаций – 5,60 кг/см и 60 проходов, 8,4 кг/см и 40 проходов, 11,3 кг/см и 20 проходов – наблюдается одинаковый уровень дробления. Уровень дробления 1,75 % достигается для комбинации: 8,4 кг/см и 60 проходов; 11,3 кг/см и 37 проходов; 14 кг/см и 17 проходов (рис. 1). В то же время ступенчатое

уплотнение по 50 проходов с серией давлений: 5,6; 8,4; 11,3 и 14 кг/см повысило дробимость до 5 %.

Из работы [6] следует, что дробимость щебня в результате лабораторного давления прессованием выше, чем при уплотнении катками в покрытии. Сопоставление результатов уплотнения исходной смеси секторным прессом и прессованием (рис. 1 и табл. 2) в режиме 30 МПа за 3 мин показывает, что дробление при прессовании почти в 8 раз выше (29/3,7), чем при укатке сектором с линейным давлением 14,0 кг/см при 70 проходах сектора.

Переход от сухой смеси к смеси каменных материалов с битумом изменяет уровень дробимости зерен щебня. Для оценки влияния содержания битума на дробимость щебня был проведен эксперимент, в котором смеси с 50 % щебня без битума и с битумом марки БНД 60/90 уплотняли в стандартной цилиндрической форме в течение 3 мин под давлением 30 МПа, после чего проверяли ее гранулометрический состав экстрагированием (табл. 2). Из приведенных данных следу-

ет, что увеличение вяжущего от 4,5 до 6,0 % способствует снижению дробимости щебня на 9 %.

Таблица 2 Влияние содержания вяжущего на дробимость каменного материала при уплотнении давлением 30 МПа

Содержание вяжущего, %	0	4,5	5,0	5,5	6,0
Дробимость, %	29	26	25	23	20

Для установления уровня дробимости в асфальтобетонной смеси с малым содержанием щебня был проведен эксперимент со смесью типа «В». Асфальтобетонную смесь уплотняли на секторном прессе нагрузкой 8,4 кг/см и 50 проходами и стандартным давлением 40 МПа в течение 3 мин.

Результаты, приведенные в табл. 3, показывают, что при понижении содержания щебня в смеси до 30 % практически исключается дробимость как при прессовании давлением 40 МПа, так и при укатке секторным прессом.

Таблица 3 Зерновой состав минеральной части асфальтобетонной смеси типа «В» до и после уплотнения

Вид уплотнения	Полные остатки в % на ситах с размерами отверстий сит в мм									Битум, %
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,31	0,14	0,071	<0,071	
Исходный состав	9,6	21,0	10,0	12,3	10,0	10,2	8,9	9,6	8,4	7,6
Секторный пресс	10,1	22,7	11,5	12,6	9,8	8,7	6,5	8,7	9,4	7,6
Прессование 40 МПа	10,4	20,5	12,4	12,3	9,4	8,8	7,6	8,3	10,3	7,6

Выводы

Литературный анализ и лабораторные экспериментальные данные показали, что наибольшая дробимость щебня соответствует стандартному уплотнению асфальтобетона прессованием. Особенно это проявляется на многощебенистых смесях.

Дробимость при укатке многощебенистой минеральной смеси линейным давлением 14 кг/см и 70 проходами секторного пресса составила 3,7 %. Уплотнение прессованием под давлением 30 МПа показало, что дробимость зерен щебня при введении в смесь 6 % битума снижается на 9 %. В малощебенистой асфальтобетонной смеси типа «В» дробление щебня не обнаруживается ни при уплотнении прессованием, ни укаткой.

Результаты выполненной работы свидетельствуют о необходимости отказа от лабораторного метода уплотнения давлением и замены его методом, в большей степени отвечающим условиям производства.

Литература

1. Рыбьев И.А. Асфальтовые бетоны: учебное пособие строительных ВУЗов / И.А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 1969. – 399 с.
2. Шестаков В.Н. Оценка теплофизической надежности технологии строительства асфальтобетонных покрытий. Ч. 1. / В.Н. Шестаков. – Омск: Изд-во СибАДИ, 1998. – 184 с.
3. Волков М.И. Дорожно-строительные материалы / М.И. Волков, И.М. Борщ,

- И.В. Королев. – М.: Транспорт, 1965. – 518 с.
4. Лобзова К.Я. Уплотнение асфальтобетона и битумо-минеральных смесей / К.Я. Лобзова // Сборник трудов Союздорнии, 1962. – С. 267–289.
 5. Королев И.В. Исследование асфальтового бетона, применяемого в теплом состоянии / И.В. Королев // Сборник трудов Союздорнии, 1962. – С. 300–311.
 6. Лобзова К.Я. Дробимость щебня при уплотнении асфальтобетонных покрытий / К.Я. Лобзова, Н.В. Горельшев // Автомобильные дороги. – 1969. – Вып. 2. – С. 18–19.
 7. Кузмичев В.Т. Гидрофобизация местных минеральных порошков для асфальтобетона. / В.Т. Кузмичев // Сборник трудов Союздорнии, 1962. – С. 317–324.
 8. Раковский Э.И. Опыт устройства асфальтобетонного покрытия с шероховатой поверхностью / Э.И. Раковский // Сборник трудов Союздорнии, 1962. – С. 329–335.
 9. Радовский Б.С. Методы проектирования состава асфальтобетонных смесей в США / Б.С. Радовский // Дорожная техника, 2006. – С. 62–71.
 10. Moutier F. Utilisation et possibilites de la presse a cisaillement giratoire. Bitumes et enrobes bitumineux / F. Moutier // LCPC. – 1977. – Numero special V. – P. 173–180.
 11. Смесі асфальтобетонні дорожні та аеродромні, дегтебетонні дорожні, асфальтобетон і дегтебетон. Методи испытаний: ГОСТ 12801-84. Действителен от 1985-01-01. – М. Государственный комитет СССР, 1985. – 33 с. – (Государственный стандарт ССР).
 12. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-119-2011. Чинний від 2003-07-01. – К.: Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), Національний транспортний університет (НТУ) і Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна (ДерждорНДІ), 2003. – 44 с. (Державний стандарт України).
 13. Костельов М.П. Зачем уплотнять асфальтобетон выше минимальной нормы? / М.П. Костельов. – К.: Дорожная техника, 2005. – С. 133–138.
 14. Стефанович А.Е. Показатели долговечности щебня в несущих слоях нежестких 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.
 15. Sviertz D. Asphalt Mixture Compaction and Aggregate Analysis Techniques / D. Sviertz, M. Enad, H. Bahia. – Madison: University of Wisconsin, 2010. – 97 p.
 16. Bituminous Mixtures – Test Methods for Hot Mix Asphalt. – Part 33: Specimen Prepared by Roller Compactor: EN 12697-33. Current 01.01.2011. – European Committee for Standardization, 2007. – 15 p.
 17. Щебені і гравій из плотних горних порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних испытаний: ДСТУ Б В.2.7-71-98. Чинний від 1999-01-01. – К.: Государственный комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины, 1999. – 84 с. – (Національний стандарт України).
- Рецензент: В.А. Золотарев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
- Статья поступила в редакцию 20 ноября 2013 г.
-