

УДК 625.089.11

ЛАБОРАТОРНОЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ УПЛОТНЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**В.П. Корюк, м.н.с., Я.В. Ильин, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет**

Аннотация. Выполнено сравнение методов лабораторного и производственного уплотнения на физико-механические свойства асфальтобетонов. Показано преимущество их уплотнения укаткой.

Ключевые слова: давление, укатка, уплотнение, асфальтобетон, вырубка.

ЛАБОРАТОРНЕ І ВИРОБНИЧЕ УЩІЛЬНЕННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

**В.П. Корюк, м.н.с., Я.В. Ільїн, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

Анотація. Виконано порівняння методів лабораторного і виробничого ущільнення на фізико-механічні властивості асфальтобетонів. Показано перевагу їх ущільнення укочуванням.

Ключові слова: тиск, укочування, ущільнення, асфальтобетон, вирубка.

LABORATORY AND PRODUCTION SEAL OF ASPHALT-CONCRETE MIXTURES

**V. Koriuk, Jr. Researcher, V. Ilyin, P. G.,
Kharkiv National Automobile and Highway University**

Abstract. A comparison of methods of laboratory and industrial compaction on physical and mechanical properties of asphalt concrete was made. The advantage of their compacting by rolling is shown.

Key words: pressure, rolling, compacting, asphaltic concrete, cutting down.

Введение

Долговечность асфальтобетонных покрытий зависит от выбора и соблюдения технологических режимов строительства и эксплуатации автомобильных дорог. Ключевым этапом является проектирование составов асфальтобетонных смесей, обеспечивающих работоспособность дороги в конкретных погодноклиматических и эксплуатационных условиях.

Анализ публикаций

Свойства асфальтобетона определяют как после его лабораторного, так и после производственного уплотнения [1–4]. Выбор ре-

жима уплотнения на дороге зависит от гранулометрического состава смеси, температур материала и окружающей среды, толщины и ширины уплотняемого слоя и подбора уплотняющей техники. Независимо от гранулометрического состава асфальтобетона, вида и технических характеристик асфальтоукладчиков и катков, основной задачей является качественное уплотнение асфальтобетонной смеси. Критерием качественного производственного уплотнения является приближение плотности материала покрытия к плотности образцов, полученных при уплотнении той же смеси в лабораторных условиях (предусмотренный стандартом [5] уровень 0,98–0,99 от плотности лаборатор-

ных образцов). Однако в работах [4, 6, 7] описывается факт получения коэффициента уплотнения (K_y) больше 1, что свидетельствует о большей плотности кернов или вырубков по сравнению с плотностью лабораторных образцов.

В работе [6] приводится анализ роста коэффициента уплотнения по мере улучшения технологии строительства и усовершенствования дорожной техники. Применение новой техники позволяет добиваться высоких значений K_y , достигающих до 1,01–1,02, а в некоторых случаях – и до 1,03, что свидетельствует о несовершенстве лабораторного метода уплотнения и потенциальной возможности возникновения более значительного деформирования асфальтобетонных смесей в покрытии, чем в лабораторной форме. Сравнительный анализ гранулометрии исходного состава смеси и результата экстрагирования асфальтобетона, уплотненного в лабораторных и производственных условиях, показал, что у образцов, уплотнённых в лаборатории, возросло содержание мелких фракций. При этом в кернах зерновой состав практически не отличался от исходного. Это свидетельствует о том, что принятый в настоящее время способ изготовления образцов не обеспечивает нужный уровень плотности асфальтобетонной смеси [4, 6].

Описанное в [7] уплотнение смеси в жестком металлическом стакане начинается с начальной усадки и незначительной переориентации частиц, вызванной действием вертикального усилия на зёрна щебня. Чем больше сжат материал, тем труднее происходит его переупаковка. При этом неравномерность распределения давления вызывает дробимость зерен и, как следствие, уменьшение плотности и увеличение водонасыщения образца [8].

Цель и постановка задачи

Сложившаяся ситуация привела к поиску более совершенных методов лабораторного уплотнения образцов. В качестве альтернативы прессованию давлением 30 и 40 МПа на протяжении 3 мин [1, 2], основанному на методе Дюрье [9], были предложены: ударный метод Маршалла [10]; вибропрессование при частоте 100 Гц и амплитуде 0,88 мм цилиндрических образцов в течение 3 минут с возрастающим до 1,65 МПа вертикальным дав-

лением [11]; вращательный метод [12] уплотнения цилиндрических образцов при наклоне формы $1,25^\circ$ и одновременном вертикальном воздействии, равном 0,6 МПа; укатка пневмоколесом [13] асфальтобетонных плит размерами 650×400 мм; секторный пресс, уплотняющий асфальтобетонные плиты размерами 450×500 мм путем перекачивания по поверхности смеси металлического ролика при ступенчатом увеличении нагрузки до 0,52 кН в течение 30–45 циклов [14].

В работе [4] проводилось испытание образцов, уплотненных разным методом при достижении условного K_y , равного 1. Образец считался максимально уплотненным, когда скорость прохождения ультразвука не увеличивалась. Нагрузка при уплотнении стандартного образца составила 200 кгс/см^2 с предварительным вибрированием в течение 3 мин. Режим уплотнения секторным прессом для достижения $K_y = 1$ составил 6 проходов с линейным давлением 30 кгс/см и 70 проходов с линейным давлением 50 кгс/см. При достижении максимальной уплотняемости (деформации) средняя плотность образцов составила $2,36 \text{ г/см}^3$ у стандартного и $2,42 \text{ г/см}^3$ у образца, уплотненного укаткой. Соответственно объемное водонасыщение и остаточная пористость у укатанных образцов на 1,1 % и 1,7 % ниже, чем у уплотненных давлением (0,58 % против 1,67 % и 2,0 % против 3,7 %) [4].

Приведенные исследования свидетельствуют о невозможности прогнозирования свойств асфальтобетона в покрытии, основываясь на свойствах образцов, уплотнённых в лаборатории стандартным методом. Особенно важным является то, что назначение оптимального количества вяжущего при проектировании составов смесей в лаборатории основывается на испытании образцов, уплотненных по стандартной методике.

Результаты экспериментальных данных

Для оценки оптимального содержания вяжущего в асфальтобетоне при разных методах уплотнения был выполнен эксперимент, в котором смеси с разным содержанием битума уплотнялись как давлением, так и укаткой. Уплотнение укаткой проводили секторным прессом, разработанным «НТУ-Дор'якість» [15]. Объектом исследования стал мелкозернистый асфальтобетон

типа «Б» с 40 % содержанием щебня и содержанием битума БНД 60/90, равным 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % и 6,0 %.

Режим уплотнения секторным прессом для смесей типа «Б» – 25 проходов линейным давлением 2,8 кгс/см + 25 проходов линейным давлением 8,4 кгс/см. Уплотнение давлением – 30 МПа в течение 3 мин (рис. 1 и 2). Из представленных зависимостей следует, что оптимальное количество битума в смеси, уплотненной давлением, составляет 5,5 %, что согласуется с результатами. В то время как оптимальное содержание битума при уплотнении секторным прессом на 0,5 % ниже, чем у образцов, уплотненных по стандартной методике – 5,0 % против 5,5 %.

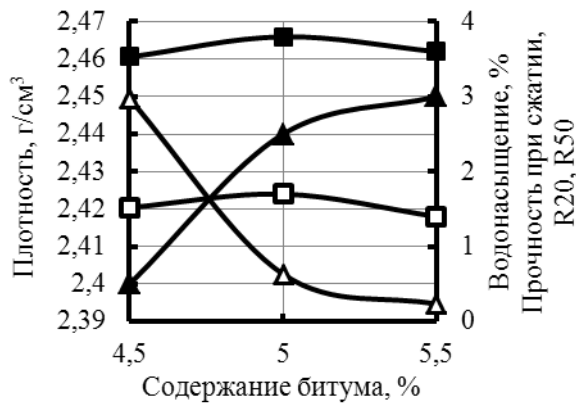


Рис. 1. Определение оптимального содержания битума при уплотнении секторным прессом: ▲ – плотность; △ – водонасыщение; ■ – прочность на сжатие R₂₀; □ – прочность на сжатие R₅₀

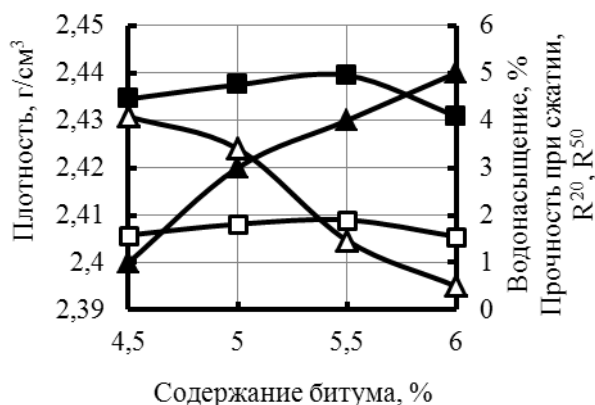


Рис. 2. Определение оптимального содержания битума при уплотнении секторным и гидравлическим прессом: ▲ – плотность; △ – водонасыщение; ■ – прочность на сжатие R₂₀; □ – прочность на сжатие R₅₀

Таким образом, при проектировании составов и назначении оптимального содержания вяжущего, основанного на результатах установленного стандартом водонасыщения и максимальной прочности образцов, уплотненных давлением, может наблюдаться разница в свойствах асфальтобетона, уплотненного в лаборатории и в покрытии. Проверкой этому стали сертификационные испытания асфальтобетонных вырубок, выполненные в рамках проведения хозяйственных работ в ХНАДУ на кафедре дорожно-строительных материалов и химии. Вырубки были отобраны в Харьковской и Луганской областях. Из плит асфальтобетонных вырубок вырезали образцы кубовидной формы с размерами ребра 50 ± 1 мм. Испытания проводили для определения средней плотности, объемного водонасыщения, прочности образцов на сжатие на первые и 15-е сутки для определения коэффициента длительной водоустойчивости. Режим лабораторного уплотнения устанавливается по результатам определения гранулометрического состава смеси методом экстрагирования. В зависимости от процентного содержания щебня назначается уплотняющее давление для изготовления стандартных образцов – цилиндров и режим укатки смеси секторным прессом (линейное давление и количество проходов).

Результаты исследования свидетельствуют о том, что в большинстве случаев плотность образцов из вырубок выше плотности образцов, уплотненных давлением (10 из 13 объектов). Подтверждением высокой плотности образцов из вырубок, по сравнению с плотностью прессованных образцов в лаборатории, является низкое значение объемного водонасыщения у 10 из 13 объектов (рис. 3).

Соответственно коэффициент длительной водоустойчивости образцов, уплотненных гидравлическим прессом, ниже, чем образцов, уплотненных дорожными катками, в среднем на 0,4, а коэффициент уплотнения выше единицы, что подтверждается работами [4, 6, 7].

Сравнивая значения плотностей производственной и лабораторной укатки, можно отметить, что плотность образцов из вырубок ниже или равна плотности образцов, укатанных секторным прессом. Так, из 13 вырубок 8 объектов показали меньшую плотность и высокое водонасыщение по сравнению с ре-

зультатами испытаний образцов, уплотненных секторным прессом; результаты по 4 объектам совпали с результатами физико-механических свойств лабораторной и производственной укатки.

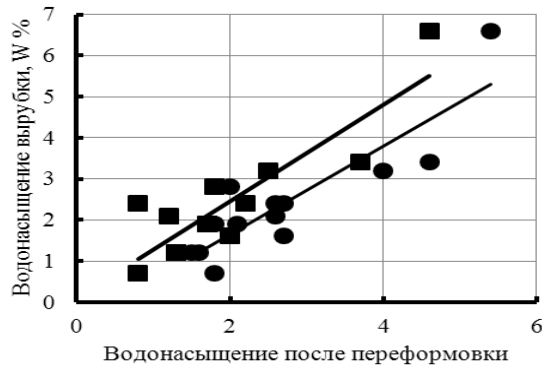


Рис. 3. Результаты водонасыщения образцов из вырубкой и переформованных ■ – укаткой и ● – давлением

Характерной особенностью статического метода уплотнения является высокая прочность образцов на сжатие при температуре 20 и 50 °С. Однако полученная в результате испытания прочность образцов из вырубкой во всех случаях показала меньшую прочность по сравнению с лабораторным прессованием (рис. 4).

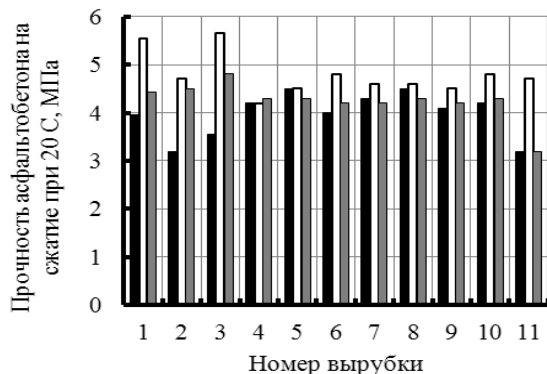


Рис. 4. Результаты прочности образцов на сжатие при 20 °С из вырубкой – ■ и переформованных давлением – □ и укаткой – ■

В то же время прочность образцов, укатанных секторным прессом и дорожным катком, в 70 % случаев одинакова, а в 30 % прочность образцов, укатанных секторным прессом, незначительно выше, чем прочность образцов из вырубкой. Возможно, разность результатов прочности образцов связана с механизмом взаимодействия оборудования с материалом в процессе его уплотнения. При

прессовании давлением зерна, попадая в зажатое положение, не в состоянии ориентироваться таким образом, чтобы создать плотную структуру. Так, вместо плотной, сплошной упаковки, создается точечный контакт со множеством пор, в которые по мере увеличения давления проникает свободный битум, а в зонах точечного контакта образуется высокоструктурированная прочная система. Таким образом, при сжатии образца нагрузка передается не только через пленки вяжущего, а непосредственно через прочную коагуляционно-контактную связь, что объясняет высокую прочность лабораторных образцов [8, 11].

В процессе уплотнения дорожными катками или секторным прессом происходит относительно свободное перемещение частиц, при котором создается плотная упаковка с равномерно распределенным в материале вяжущим. В таком случае давление на зерна смеси распространяется равномерно, что снижает дробимость минеральной части. Для определения сохранности гранулометрических составов методом экстрагирования было выполнено сравнение асфальтобетонной смеси после ее уплотнения в производственных и лабораторных условиях.

Результаты, подтверждающие отсутствие дробимости щебня при укатке асфальтобетонной смеси, также приведены в [16]. При сравнении гранулометрических составов смесей после уплотнения катком и гидравлическим прессом была установлена разница, которая свидетельствует о присутствии в смеси дробленных зерен щебня после уплотнения давлением.

Выводы

Усовершенствование технических характеристик дорожных катков и технологических процессов укладки и уплотнения асфальтобетонных смесей ведет к увеличению качества дорожных покрытий, что не всегда соответствует качеству асфальтобетона, уплотненного в лаборатории.

Исследования в области лабораторных методов уплотнения асфальтобетонных смесей привели к разработке и созданию нового оборудования и методов уплотнения, способных моделировать производственное уплотнение дорожными катками. Назначение

оптимального содержания вяжущего при проектировании асфальтобетонных смесей может несколько отличаться от требуемого содержания, при котором бы достигались максимальная прочность, минимальное водонасыщение, высокая устойчивость к агрессивным средам и колееобразованию асфальтобетонного покрытия.

Анализ производственного и лабораторных методов уплотнения прессованием и укаткой показал, что максимально близкие значения физико-механических свойств можно достичь при уплотнении асфальтобетонных смесей секторным прессом. Высокие значения коэффициента уплотнения свидетельствуют о том, что плотность, полученная в лаборатории, ниже полученной при уплотнении дорожными катками. В то время как низкий коэффициент длительной водостойчивости образцов свидетельствует об изменении гранулометрического состава смеси в процессе его уплотнения гидравлическим прессом. Физико-механические свойства образцов, уплотненных секторным прессом, показали хорошую сходимость с результатами производственного уплотнения асфальтобетонных покрытий дорожными катками.

Литература

1. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-119-2011. – Чинний від 2003-07-01. – К.: Мінрегіонбуд, 2012. – 44 с. (Державний стандарт України).
2. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань: ДСТУ Б В.2.7-319-2016. – Чинний від 2017-04-01. – К.: Мінрегіонбуд, 2017. – 116 с. (Державний стандарт України).
3. 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.
4. Нефедова Е.Ф. Методика уплотнения образцов битумоминеральных смесей / Е.Ф. Нефедова, Е.И. Завадский // Автомобильные дороги. – 1975. – Ж12. – С. 18–19.
5. Автомобильные дороги: ДБН В.2.3-4-2015. – К.: Госстрой Украины, 2015. – 120 с.
6. Костельов М.П. Зачем уплотняют асфальтобетон выше минимальной нормы? / М.П. Костельов // Дорожная техника, 2005. – С. 133–138 с.
7. Лобзова К.Я. Дробимость щебня при уплотнении асфальтобетонных покрытий / К.Я. Лобзова, Н.В. Горельшев // Автомобильные дороги. – 1969. – С. 18–19.
8. Костельов М.П. Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов / М.П. Костельов, Ю.Л. Куканов, И.С. Левина, В. В. Гурьянов, В.П. Яковлев // Автомобильные дороги. – 1991. – № 6. – С. 13–15.
9. Duriez M. Nouveaux traite de materiaux de constructions / M. Duriez, J. Arrambide. – Paris: Dunod, 1964. – Т. 3. – 1543 p.
10. ASTM. ASTM D 6926 Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens using Marshall Apparatus. Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing Materials, 2004.
11. Nguyen Dac Chi Barbe B. Utilisation de vibrocompresion pour le compactage en laboratoire des eprouvettes d'enrobes bitumineux/ B. Nguyen Dac Chi Barbe, M. Huet // Bull. Labo. P. et Ch. – 1986. – 142. – P. 119–124.
12. Moutier F. Utilisation et possibilites de la presse a cisaillement giratoire // Bitumes et enrobes bitumineux / F. Moutier. – 1977. – Numero special V. – P. 173–180.
13. EN 12697-33-2004 Bituminous mixtures. – Test methods for hot mix asphalt. – Part 33: specimen prepared by roller compactor. – 2004.
14. EN 12697-33: Bituminous Mixtures – Test Methods for Hot Mix Asphalt. – Part 33: Specimen Prepared by Roller Compactor. European Committee for Standardization, 2007. – 26 p.
15. Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій: СОУ 45.02-00018112-020:2009. – К.: УКРАВТОДОР, 2009. – 13 с.
16. 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.

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