

И.С. Бондарь¹, Ж.А. Алпыспаева², П.Т. Ахметова¹,
С.Б. Кыстаубаев³, П.Г. Хардигов⁴

¹Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,
Астана, Казахстан

³Satbayev university, Алматы, Казахстан

⁴ООО «Мосты и инженерные проекты», Санкт-Петербург, Россия
E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЁВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Аннотация. В статье рассмотрены лабораторный и производственный методы уплотнения прессованием (укаткой). Физико-механические свойства образцов, уплотненных секторным прессом, показали хорошую сходимость результатами производственного уплотнения асфальтобетонных покрытий дорожными катками - плотность (коэффициент уплотнения) асфальтобетонных смесей, полученная в лаборатории секторным прессом ниже плотности асфальтобетона укатанного дорожными катками, коэффициент длительной водостойчивости образцов показывает изменение гранулометрического состава асфальтобетонной смеси в процессе его уплотнения гидравлическим прессом.

Приведены общие понятия и положения, материалы для приготовления асфальтобетона, контроль качества уплотнения асфальтобетона, приведены характеристики используемых приборов и оборудования для выполнения работы, а также значения требуемого коэффициента уплотнения, полученные в лабораторных условиях.

Ключевые слова. Автомобильная дорога, асфальтобетонная смесь, асфальтобетон, коэффициента уплотнения.

Введение.

Из-за растущей автомобилизации на дорогах и городских улицах Казахстана актуальным становится вопрос качества автомобильных дорог. Для строительства и ремонта транспортной инфраструктуры ежегодно выделяются огромные экономические и финансовые ресурсы, применяются различные, в том числе и инновационные дорожные технологии, среди которых использование ЩМА, сероасфальтобетона, дополнительное армирование слоев дорожной одежды геосетками и многое другое. Однако каждую весну асфальтобетон «пестрит» трещинами, выбоинами и другими структурными дефектами.

В условиях существующей дорожной проблемы важной задачей является совершенствование организаций и технологий уплотнения покрытий городских дорог. Ключевым моментов в структуре модернизации технологических процессов устройства дорожного покрытия рассматривается проектирование организации уплотнения асфальтобетонных покрытий, которое заключается в оптимизации состава механизированного звена дорожных катков с учетом характеристик применяемой асфальтобетонной смеси, погодных условий (скорость ветра, температура воздуха) и времени производства работ, что в городских условиях существенно влияет на качество и продолжительность дорожных работ.

Качество уплотнения горячих асфальтобетонных смесей оценивается по среднему коэффициенту уплотнения материала (плотность) и его однородности (коэффициент

вариации уплотнения). Значения данных характеристик зависят от типа смеси, вида применяемой уплотняющей дорожной техники, режимов ее работы и др.

Материалы и методы.

1. Материалы для приготовления асфальтобетона

Битум. В настоящей работе был использован битум марки БНД 100/130, удовлетворяющий требованиям стандарта Казахстана СТ РК 1373-2013 [1]. Марка битума по Supergrave PG 64-40 [2]. Битум был произведен Павлодарским нефтехимическим заводом из сырой нефти Западной Сибири (Россия) способом прямого окисления.

Асфальтобетон. Горячий плотный асфальтобетон типа Б марки I по стандарту Казахстана СТ РК 1225-2013 [3] был приготовлен с использованием щебня фракций 5-10 мм (20 %), 10-15 мм (13 %), 15-20 мм (10 %) из Ново-Алексеевского карьера (Алматинская область), отсева дробления фракции 0-5 мм (50 %) из завода «Асфальтобетон-1» (г. Алматы) и активированного минерального порошка (7 %) из Кордайского карьера (Жамбылская область). Содержание битума марки БНД 100/130 в асфальтобетоне составляет 6 % по массе сухого минерального материала. Кривая гранулометрического состава минеральной части асфальтобетона показана на рисунке 1.

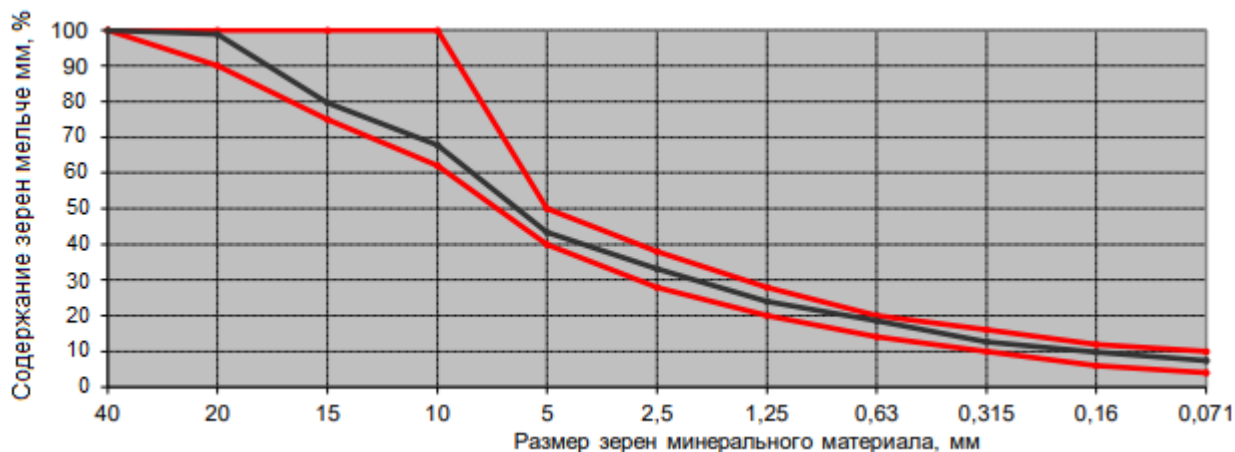


Рисунок 1- Кривая гранулометрического состава минеральной части асфальтобетона

Соблюдение технологии укладки и уплотнения асфальтобетонных смесей является основой качества асфальтобетона в основаниях и покрытиях автомобильных дорог и мостов. После уплотнения асфальтобетонной смеси покрытие приобретает необходимую плотность, прочность, водонепроницаемость и водоустойчивость [4].

2. Контроль качества уплотнения асфальтобетона

Контроль качества уплотнения асфальтобетонных слоев может выполняться как неразрушающими способами (с использованием радиоизотопных и ультразвуковых приборов), так и разрушающими способами (метод вырубков), которые и рассматриваются в настоящей работе.

Используемые приборы и оборудование: керноотборник, термощкаф, ложка или шпатель, гидравлический пресс, форма и два вкладыша, выжимное приспособление, штангенциркуль, виброплощадка, сосуд с водой, лабораторные весы класс точности 4-й для взвешивания вырубков-кернов (гидростатическость).

Качество уплотнения асфальтобетонного слоя определяется по показателям кернов (вырубков) в трех местах на 4000 м² покрытия. Для горячих асфальтобетонов вырубки-керны следует отбирать от края покрытия более 1 м через 1÷3 суток после того, как их уплотнят, а для холодных асфальтобетонов – через 15÷30 суток.

Коэффициент уплотнения $K_{упл}$ определяют по формуле (округляя до сотой доли):

$$K_{упл} = \frac{\rho_m}{\rho'_m}, \quad (1)$$

где ρ_m – осредненная плотность керна дорожной одежды (фактическая плотность), г/см³;
 ρ'_m – средняя плотность переформованного образца (стандартная плотность), г/см³[5].

Отбор вырубок-кернов слоев дорожной одежды осуществляется на выбранном участке автодороги с помощью керноотборника (рисунок 2): один по центру (ось дороги) и два по краям (1,0÷1,2 м от края проезжей части), размер вырубок-кернов 0,5 × 0,5 м.



Рисунок 2 - Внешний вид керноотборника KB-350
(сверлильная машина предназначена для отбора кернов диаметром до 354 мм из асфальтовых и бетонных покрытий)

Вырубки-керны высверливают на всю толщину асфальтобетонного покрытия (в лаборатории разделяют слои - верхний и нижний), масса вырубки-кернов, взятых с одного места, должна составлять: 1,0 кг – для песчаных смесей; 2,0 кг – для мелкозернистых смесей; 6,0 кг – для крупнозернистых смесей. Диаметр кернов должен быть не менее, мм: 50 – для проб из песчаного асфальтобетона; 70 – для проб из мелкозернистого асфальтобетона; 100 – для проб из крупнозернистого асфальтобетона [6].

Вырубки-керны, разделенные по слоям, переформовываются в образцы (рисунок 3) которые испытываются с целью определения фактического коэффициента уплотнения каждого конструктивного слоя смеси асфальтобетона в дорожной одежде.



Рисунок 3 - Внешний вид переформованных образцов

Перед началом испытаний, образцы необходимо высушивать в термошкафу при температуре не более 50°C в течение 1÷1,5 ч, затем следует охладить образцы при комнатной температуре около 30 минут, после чего произвести взвешивание образцов. Фактическую плотность асфальтобетонного покрытия определяют по формуле:

$$\rho_m = \frac{m}{V}, \quad (2)$$

где m – масса образца, г; V – объем образца, см³.

Масса образца определяется взвешиванием на весах. Объем образца - керна вычисляется по геометрическим формулам определения объема цилиндра. Объем образцов, полученных из вырубки и имеющих неправильную форму, находится способом гидростатического взвешивания. Сущность способа заключается в определении объема вытесненной воды при погружении в нее образца.

За результат определения среднего значения фактической плотности принимают округленное до второго десятичного знака среднеарифметическое значение результатов определения средней плотности трех образцов. Если расхождение между наибольшим наименьшим результатами параллельных определений превышает 0,03 г/см³, то проводят повторные испытания и вычисляют среднеарифметическое из шести значений [7].

Испытанные вырубки-керны можно использовать для переформовки новых образцов, с целью уточнения полученных данных.

Для определения стандартной плотности материала ρ'_m образцы цилиндрической формы изготавливают путем переформовки кернов или части вырубки, привезенных с места отбора на автомобильной дороге. Полученный материал, нагревают на песчаной бане в термошкафу до температуры 200°C, затем с помощью ложки (лопатки) перемешивают все в однородную асфальтобетонную смесь. Уплотнение образцов из полученной асфальтобетонной смеси, содержащей по массе щебня до 50 %, производят прессованием под давлением (40,0±0,5) МПа на гидравлическом прессе в специальной цилиндрической форме. Для изготовления образцов из горячей смеси асфальтобетона, формы и вкладыши необходимо разогреть до 90÷100°C, для образцов из холодных смесей формы как правило не подогревают. В цилиндрическую форму закладывают приготовленную асфальтобетонную смесь (в граммах) таблица 1.

Таблица 1 - Количество асфальтобетонной смеси на один образец

Размеры образца, мм		Ориентировочное количество смеси на образец, г
диаметр	высота	
50,5	50,5±1,0	220÷240
71,4	71,4±1,5	640÷670
101,0	101,0±2,0	1900÷2000

Смесь равномерно распределяют в форме штыкованием ножом или шпателем, вставляют верхний вкладыш и, прижимая им смесь, устанавливают форму со смесью на нижнюю платформу (плиту) прессы для уплотнения (рисунок 4), при этом нижний вкладыш должен выступать из формы на 1,5÷2,0 см.



Рисунок 4 - Уплотнение смеси на гидравлическом прессе

Верхнюю платформу (плиту) пресса подводят до соприкосновения с верхним вкладышем вручную, затем запускают электродвигатель гидравлического пресса. В течение $5 \div 10$ с нагрузку (давление) на уплотняемую асфальтобетонную смесь доводят до 40 МПа, выдерживают примерно 3 минуты, затем убирают давление. С помощью выжимного приспособления образец извлекают из формы, измеряют его геометрические характеристики штангенциркулем (высоту и диаметр, с погрешностью до 0,1 мм) (рисунок 5).



Рисунок 5 – Измерение высоты переформованного образца штангенциркулем

Если вдруг так вышло, что высота образца не соответствует приведенной в табл. 1, то необходимую массу асфальтобетонной смеси m' для формирования образца можно вычислить по следующей формуле:

$$m' = m_0 \frac{h}{h_0}, \quad (3)$$

где m_0 – масса сформованного образца, г; h – требуемая высота образца, мм; h_0 – высота сформованного образца, мм.

Кривые образцы бракуют, такие как с не параллельностью верхнего и нижнего оснований либо дефектами кромок, частичным не заполнением.

Сформованные образцы - цилиндры взвешивают и находят их объем для определения стандартной плотности:

$$\rho'_m = \frac{m'}{V'} . \quad (4)$$

Коэффициент уплотнения $K_{унл}$ вычисляют с точностью до второго десятичного знака методом округления по формуле (1).

Результаты.

3. Полученный результат.

Значение фактического коэффициента уплотнения сравнивается со значением требуемого и даётся заключение о степени уплотнения асфальтобетонного покрытия (таблица 2) [8, 9].

Таблица 2 – Нормативные и экспериментальные данные коэффициента уплотнения

№ п/п	Испытуемые образцы асфальтобетона	Требуемый коэффициента уплотнения	Фактический коэффициент уплотнения
1	холодные смеси	0,97-0,95	0,96-0,98
2	горячие смеси тип В	Более 0,98	0,98-0,99
3	горячие смеси тип А и Б	Более 0,99	1,00-1,04

Обсуждение.

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 водоустойчивости образцов свидетельствует об изменении гранулометрического состава смеси в процессе его уплотнения гидравлическим прессом. Физико-механические свойства образцов, уплотненных секторным прессом, показали хорошую сходимость результатами производственного уплотнения асфальтобетонных покрытий дорожными катками [10].

Слабое или даже с минимальной нормой уплотнение, как правило, сводит на нет все технологические приемы, направленные на повышение качества и свойства асфальтобетона. Низкокачественное уплотнение покрытия ведет к сокращению срока его службы и к росту затрат на его ремонты. По многочисленным исследованиям установлено, что увеличение коэффициента уплотнения щебеночного асфальтобетона сверх минимальной нормы на 0,01 влечет за собой или устойчиво обеспечивает [5] рост прочности на сжатие при +50 °С и +20 °С в среднем соответственно на 9 и 13 %; рост прочности на растяжение при изгибе на 8,5 %; повышение предельной деформации растяжения при изгибе на 21 - 22 %; снижение оптимального содержания битума до 0,5% из реального его расхода; рост сдвиговой и усталостной прочности примерно в 1,3 - 1,5 раза [11].

Заключение.

Все типы смесей укладывались на участки дорог общего назначения III технической категории в Алматинской области. Фактический коэффициент уплотнения находился в допустимом нормами диапазоне, отклонение составило не более 3 %.

Если фактический коэффициент уплотнения ниже требуемого – анализируются причины, вызвавшие недоуплотнение слоя: температура уплотнения ниже значений критической (привести значения критической температура для данного состава); недостаточное количество проходов катка (привести рекомендуемое количество проходов); недостаточная масса катка и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] СТ РК 1373-2013 «Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия». – Астана, 2013. – 42 с.
- [2] Superpave series No. 1. Performance graded asphalt binder specification and testing. Asphalt Institute, Lexington, Kentucky, USA. 2003.
- [3] СТ РК 1225-2013 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия». – Астана, 2013. – 64 с.
- [4] ГОСТ 9128-09/Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М., 1997. – 20 с.
- [5] СНиП РК 3.03-09-2006 / Автомобильные дороги / Астана. – 2006. – 112 с.
- [6] ГОСТ 12801-98 / Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытания. – М., 1999. – 54 с.
- [7] И.С. Бондарь, М.Я. Квашнин, А.Ш. Айымбетов. Оценка прочности грунта в основании земляного полотна автомобильных дорог / Вестник КазАТК № 4 (115), 2020, С. 26-31.
- [8] И.С. Бондарь, Ж.Д. Мадиев. Оценка состояния дорожных одежд при динамическом воздействии / Сборник материалов XIX ежегодной Республиканской научной студенческой конференции. Часть I. КазГАСА, – 2019-с. 417-421.
- [9] И.С. Бондарь, М.Я. Квашнин, Е.Г. Кан. Методика упрочнения нежестких дорожных одежд / Материалы I Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика». - Алматы: АЛиТ, 2021. – Том 2, С. 181-183.
- [10] В.П. Корюк, Я.В. Ильин. Лабораторное и производственное уплотнение асфальтобетонных смесей. Вестник ХНАДУ, вып. 79. – 2017. С. 138-142.
- [11] М.С. Стороженко. Совершенствование технологии уплотнения асфальтобетонных покрытий с целью повышения прочности и долговечности. Вестник ХНАДУ, вып. 36. – 2007. С. 101-103.

REFERENCES*

- [1] ST RK 1373-2013 «Bitumy i bitumnye vjazhushhie. Bitumy neftjanye dorozhnye vjazkie. Tehnicheskie uslovija». – Astana, 2013. – 42 s.
- [2] Superpave series No. 1. Performance graded asphalt binder specification and testing. Asphalt Institute, Lexington, Kentucky, USA. 2003.
- [3] ST RK 1225-2013 «Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, ajerodromnye i asfal'tobeton. Tehnicheskie uslovija». – Astana, 2013. – 64 s.
- [4] GOST 9128-09/Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, ajerodromnye i asfal'tobeton. Tehnicheskie uslovija. – M., 1997. – 20 s.
- [5] SNiP RK 3.03-09-2006 / Avtomobil'nye dorogi / Astana. – 2006. – 112 s.

[6] GOST 12801-98 / Materialy na osnove organicheskikh vjazhushhih dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytaniya. – M., 1999. – 54 s.

[7] I.S. Bondar', M.Ja. Kvashnin, A.Sh. Ajymbetov. Ocenka prochnosti grunta v osnovanii zemljanogo polotna avtomobil'nyh dorog / Vestnik KazATK № 4 (115), 2020, S. 26-31.

[8] I.S. Bondar', Zh.D. Madiev. Ocenka sostojaniya dorozhnyh odezhd pri dinamicheskom vozdejstvii / Sbornik materialov XIX ezhegodnoj Respublikanskoj nauchnoj studencheskoj konferencii. Chast' I. KazGASA, – 2019-s. 417-421.

[9] I.S. Bondar', M.Ja. Kvashnin, E.G. Kan. Metodika uprochnenija nezhestkih dorozhnyh odezhd / Materialy I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacionnye tehnologii na transporte: obrazovanie, nauka, praktika». - Almaty: ALiT, 2021. – Tom 2, S. 181-183.

[10] V.P. Korjuk, Ja.V. П'ин. Laboratornoe i proizvodstvennoe uplotnenie asfal'tobetonnyh smesej. Vestnik HNADU, vyp. 79. – 2017. S. 138-142.

[11] M.S. Storozhenko. Sovershenstvovanie tehnologii uplotnenija asfal'tobetonnyh pokrytij s cel'ju povyshenija prochnosti i dolgovechnosti. Vestnik HNADU, vyp. 36. – 2007. S. 101-103.

Иван Бондарь, PhD, ассистент профессор, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, ivan_sergeevich_08@mail.ru

Жұлдыз Алпыспаева, докторант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан, zhuldyz_91-91@mail.ru

Патам Ахметова, т.ғ.к., Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, patam67@mail.ru

Сәкен Қыстаубаев, докторант, лекторы, Satbayev university, Алматы, Қазақстан, k_saken_06@mail.ru

Павел Хардигов, сот-құрылыс сарапшысы, «Көпірлер және инженерлік жобалар» ЖШҚ көпірлерді диагностикалау бөлімінің басшысы, Санкт-Петербург, Ресей, lgnktsm@mail.ru

ЖОЛ КИІМІНІҢ АСФАЛЬТБЕТОН ҚАБАТТАРЫН ТЫҒЫЗДАУ САПАСЫН БАҚЫЛАУ

Аңдатпа. Мақалада престоу (орпу) арқылы тығыздаудың зертханалық және өндірістік әдістері қарастырылған. Секторлық пресспен тығыздалған үлгілердің физика-механикалық қасиеттері жол роликтерімен асфальтбетон жабындарын өндірістік тығыздау нәтижелерімен жақсы жинақталғандығын көрсетті - жол роликтерімен оралған асфальтбетон тығыздығынан төмен секторлық пресспен зертханада алынған асфальтбетон қоспаларының тығыздығы (тығыздау коэффициенті), үлгілердің ұзақ су төзімділік коэффициенті гранулометриялық құрамның өзгеруін көрсетеді асфальтбетон қоспасын гидравликалық пресспен тығыздау процесінде.

Жалпы ұғымдар мен ережелер, асфальтбетонды дайындауға арналған материалдар, асфальтбетонды тығыздау сапасын бақылау, жұмысты орындау үшін қолданылатын аспаптар мен жабдықтардың сипаттамалары, сондай-ақ зертханалық жағдайда алынған қажетті тығыздау коэффициентінің мәндері келтірілген.

Түйінді сөздер. Автомобиль жолы, асфальтбетон қоспасы, асфальтбетон, тығыздау коэффициенті.

Ivan Bondar, PhD, assistant professor, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, ivan_sergeevich_08@mail.ru

Zhuldyz Alpyspaeva, doctoral student, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, zhuldyz_91-91@mail.ru

Patam Akhmetova, candidate of technical sciences, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, patam67@mail.ru

Saken Kystaubayev, doctoral student, lecturer, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, k_saken_06@mail.ru.

Pavel Hardikov, forensic construction expert, Head of the Bridge Diagnostics Department of «Bridges and Engineering Projects» LLC, St. Petersburg, Russia, lgnktsm@mail.ru

QUALITY CONTROL OF COMPACTION OF ASPHALT CONCRETE LAYERS OF PAVEMENT

Abstract. Laboratory and production methods of compaction by pressing (rolling) are considered in the article. Physical and mechanical properties of samples compacted by sector press showed good convergence with the results of production compaction of asphalt concrete pavements by road rollers - the density (compaction factor) of asphalt concrete mixtures obtained in the laboratory by sector press is lower than the density of asphalt concrete rolled by road rollers, the coefficient of long-term water resistance of samples shows the change of granulometric composition of asphalt concrete mixture in the process of its compaction by hydraulic press.

General concepts and provisions, materials for asphalt concrete preparation, quality control of asphalt concrete compaction are given, characteristics of used instruments and equipment for work performance are given, as well as values of the required compaction coefficient obtained in laboratory conditions.

Keywords. Highway, asphalt concrete mixture, asphalt concrete, compaction factor.
