

УДК 62-79

Анализ оборудования и методов контроля степени уплотнения асфальтобетонной смеси применяемых при строительстве дорог

Старков Андрей Валерьевич¹,
аспирант

andreystar2000@bk.ru
SPIN-код: 9870-9430

Савельев Андрей Геннадьевич¹
профессор кафедры, д-р техн. наук

prof.saveliev@yandex.ru

Пахомова Наталья Константиновна²,
консультант, канд. техн. наук, доцент

natagie@mail.ru

¹ Кафедра «Дорожно-строительные машины», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия

² Международная академия транспорта, Москва, Россия

Аннотация. *Качество вновь уложенной асфальтобетонной смеси во многом зависит от уплотнения, которое имеет значение для обеспечения долговечности и эксплуатационных характеристик дорожного покрытия. Нарушение технологии уплотнения, например, неправильная настройка рабочего органа асфальтоукладчика, погодные условия или температура асфальтобетонной смеси приводят к преждевременному образованию трещин, колеиности и других дефектов. Стандартные (традиционные) методы оценки степени уплотнения дорожного покрытия, такие как керны, ударники и другие, на практике требуют много времени и являются разрушающими. В данной статье проведен комплексный обзор традиционных и современных методов контроля степени уплотнения, а также применяемого для этих целей оборудования. Особое внимание уделено передовым неразрушающим технологиям измерения уплотнения и системам интеллектуального мониторинга в реальном времени.*

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, уплотнение, контроль, разрушающий метод, неразрушающий метод

Analysis of equipment and methods for controlling the degree of compaction of asphalt concrete mixture used in road construction

Starkov Andrey Valerevich¹,
Graduate Student

andreystar2000@bk.ru
SPIN-code: 9870-9430

Saveliev Andrey Gennadievich¹,
*Professor of the Department, Doctor
of Technical Sciences*

prof.saveliev@yandex.ru

Pahomova Natalya Konstantinovna²,
*Consultant, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor*

natagie@mail.ru

¹ Department of "Road Construction Machinery", Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

² International Academy of Transport, Moscow, Russia

Abstract. The quality of newly laid asphalt concrete mixtures depends largely on compaction, which is essential for the durability and performance of the pavement. Compaction failures, such as improper paver tool adjustment, weather conditions, or asphalt concrete temperature, lead to premature cracking, rutting, and other defects. Standard (traditional) methods for assessing pavement compaction, such as core tests, impact tests, and other methods, are time-consuming and destructive. This article provides a comprehensive review of traditional and modern compaction monitoring methods and the equipment used for these purposes. Particular attention is paid to advanced non-destructive compaction measurement technologies and intelligent real-time monitoring systems.

Keywords: asphalt concrete mixture, compaction, control, destructive method, non-destructive method

Введение. Строительство дорог — это сложный, объемный и многоэтапный процесс, в котором уплотнение асфальтобетонной смеси является одним из главных критериев качества. Цель уплотнения асфальтобетонной смеси — достижение такой плотности и структуры материала, которые обеспечат максимальное сопротивление нагрузкам от воздействия окружающей среды и транспорта, в противном случае результатом будет раннее появление колеи, волн, преждевременное разрушение и прочие дефекты. Контроль этого параметра эволюционировал от трудоемких и медленных методов к высокоскоростным и технологичным полевым решениям. Строительные компании стремятся не только констатировать факт достижения требуемых показателей, но и активно управлять процессом уплотнения, получая данные в режиме реального времени. Хотя уплотнение является одним из важнейших этапов строительства асфальтобетонных покрытий, эффективные технологии неразрушающего контроля уплотнения асфальтобетонной смеси в режиме реального времени до сих пор встречаются редко.

Методы. Традиционный (разрушающий) метод: отбор и испытания кернов. Асфальтобетонный керн — это извлеченный образец из уложенного асфальтобетонного покрытия с помощью керноотборника [1], показанного

на рис. 1. Суть данного метода заключается в извлечении горячего или тепло-го керна с помощью керноотборника спустя не менее чем через сутки после уплотнения. Контроль кернов и их лабораторные испытания проводятся по ГОСТ Р 58406, ГОСТ Р 58401, ГОСТ 9128, ГОСТ 31015. По данным стандартам оценивают качество укладки, а именно насколько правильно покрытие уплотнено, водонасыщение и т. д., фракционный состав определять по ним запрещено.



Рис. 1. Отбор керна из асфальтобетонного покрытия GOLZ KB200 «НИИ ЛАДОР»

Положительными сторонами данного метода являются высокая достоверность полученных данных, надежность, всесторонний анализ керна (гранулометрический состав, водонасыщение, испытания по Маршаллу и на сжатие, анализ пористости), а также данный метод является официально утвержденным и регламентированным в национальных стандартах. Его результат имеют юридическую силу и принимаются в качестве неоспоримого доказательства при приемке работ или споров между подрядчиком и заказчиком.

Однако метод не лишен недостатков. Наиболее значимым недостатком является разрушение целостности только что уложенного дорожного покрытия. Место отбора керна может являться потенциальным очагом будущих дефектов. Вторым недостатком является низкая оперативность и высокая трудоемкость. Процесс отбора и испытания многоэтапный. За это время асфальтобетонное покрытие успевает полностью остыть и становится невозможным внесение корректировок в процесс укладки. Третьим нюансом метода является точечный (выборочный) характер контроля. Т. е. полученные данные будут только для конкретного места отбора керна, площадь которого ничтожно мала, по сравнению со всей площадью уложенного дорожного покрытия, когда как недостатки покрытия в нескольких сантиметрах от места отбора остаются невыявленными. Четвертым нюансом является ограниченная экономическая эффективность (дорогостоящее оборудование, оплата труда сотрудников, услуги лаборатории). Наиболее существенным недостатком в рамках данной статьи является то, что метод не предоставляет данных

для оперативной корректировки режимов основного этапа уплотнения (количество проходов катка, скорость, амплитуда, вибрация) во время работы, не говоря уже об предуплотнении асфальтобетонной смеси асфальтоукладчиком. Несмотря на новые технологии, данный метод остается эталонным и обязательной процедурой для окончательной приемки объектов.

Еще одним примером разрушающего метода является ударный принцип. Например, такое оборудование как динамический плотномер RGK ДПУ (ДПА), показанный на рис. 2.



Рис. 2. Динамический плотномер RGK ДПУ

Метод с данным оборудованием предназначен для определения степени уплотнения горячих песчаных и мелкозернистых асфальтобетонных смесей в процессе их уплотнения и после остывания (до 3 дней) после окончания работ. Данный прибор рекомендуется к применению для покрытия с содержанием щебня не более 40 %. Отличительной особенностью данного прибора является возможность определять и контролировать качество уплотнения других видов покрытий (грунт, сыпучие материалы и т. д.), согласно СП 78.13330.2012. Суть замера степени уплотнения заключается в поднятии цилиндрической гири до ручки ограничителя, после чего отпустить. Данные действия повторяются до срабатывания затвора или до полного погружения конуса в поверхность. После чего по графику определяется значение коэффициента уплотнения K_u (рис. 3).

Положительными сторонами данного метода и оборудования являются мобильность, надежность, простота в использовании, сертификация и малая цена. Недостатками являются меньшая точность относительно метода отбора кернов, ограниченный спектр доступных материалов для отбора замеров, нет возможности отслеживания в режиме реального времени из-за высокой температуры покрытия, после замера остается канавка, которая требует заплатки и является потенциальным дефектом покрытия в будущем. Похожее оборудование есть у ГРИН-ТЕХ под названием Импульс-1д и Упор-1.

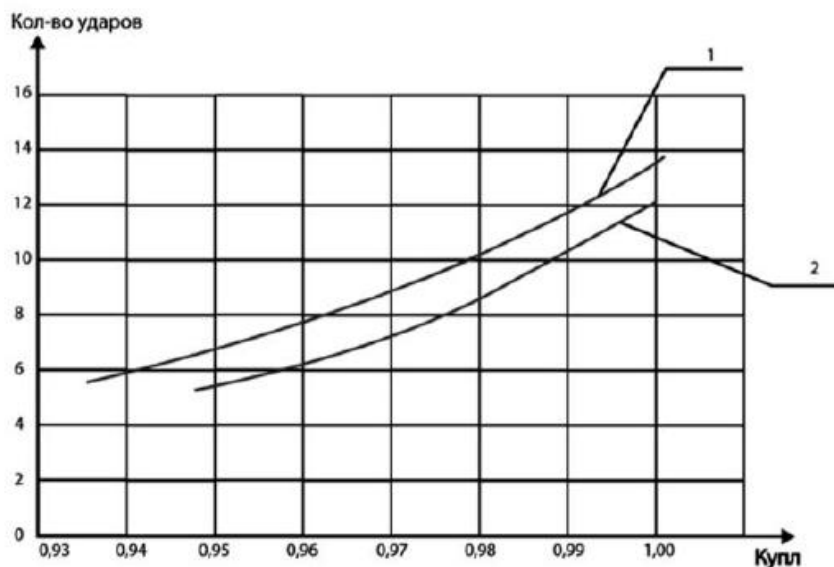


Рис. 3. Определение K_u для песчаного асфальтобетона типа «Г» и мелкозернистого асфальтобетона типа «В» при температуре от 50 до 60 °С

Современные неразрушающие методы контроля. Данные методы получили широкое распространение из-за оперативного контроля в процессе укладки асфальтобетонной смеси и не только [2]. Они позволяют получать результаты мгновенно и оперативно корректировать режимы уплотнения.

Редкий в России метод контроля — гамма-денситометры для асфальтобетона. Данный принцип основан на рассеивании или просвечивании гамма-лучей через асфальт, что позволяет определить его плотность. Преимуществом является быстрота, неразрушающий характер, возможность многократных измерений на объекте. Недостатками является неэкологичность, ограниченно малая глубина измерения, требуется калибровка и влияние поверхности и температуры на конечный результат. На какой стадии находится на данный момент проект в России — неизвестно, однако в зарубежье активно применяется ядерный датчик CPN MC-3.

Наиболее современный метод и оборудование — георадар. Георадар позволяет непрерывно проводить оценку качества уплотнения асфальтобетонного покрытия путем измерения диэлектрической проницаемости дорожного покрытия [3] (рис. 4).

Зарубежные исследования показали, что измерения диэлектрической проницаемости асфальтобетонного покрытия обратно пропорциональны содержанию воздушных пустот в смеси. Однако ранее для калибровки измеренной диэлектрической проницаемости в соответствии с плотностью дорожного покрытия требовались полевые керны. Учеными из Миннесоты были достигнуты методы, которые позволили исключить калибровку георадара с полевыми кернами, что показало перспективность внедрения оценки уплотнения асфальта на основе диэлектрических материалов без необходимости разрушающей калибровки полевых кернов. Так, например, компания Wirtgen на своих катках HAMM внедрила данный георадар (и не только его,

но и виброотклик вальцов) для контроля плотности в реальном времени с возможностью корректировки параметров уплотнения (рис. 5).

Стоит упомянуть переносные измерители плотности ПАБ-1 (рис. 6, а) и ПА-МГ4 (рис. 6, б).



Рис. 4. Измерение степени уплотнения георадаром



Рис. 5. Измерение степени уплотнения георадаром на катке НАММ



а



б

Рис. 6. а — измерение степени уплотнения переносным плотномером ПАБ-1;
б — измерение степени уплотнения переносным плотномером ПА-МГ4

Показанные переносные плотномеры работают на основе электромагнитного метода измерений, т. е. на основе диэлектрических свойств асфальтобетона. Приборы безопасны, так как отсутствуют радиоактивные и ударные элементы. Плюсами приведенного оборудования являются возможность снимать данные об уплотнении в реальном времени, высокая точность, неразрушающий метод, сертификация, а также контроль по всей площади уплотнения. Недостатками являются ценовой сегмент данного оборудования и его недоступность

Заключение и выводы. Проведенный аналитический обзор демонстрирует эволюцию методов контроля уплотнения асфальтобетона в сторону автоматизации и повышения оперативности. Если отбор кернов продолжает быть независимым пунктом для финального подтверждения качества, то основная часть обеспечения качества ложится на современные неразрушающие методы.

Переносные плотномеры стали неотъемлемой частью инструментария производителей работ и лабораторий, позволяя в режиме близкому к реальному времени, оценивать ситуацию на объекте. Но настоящим прорывом стало появление систем, интегрированных в катки, которые переводят контроль качества уплотнения в активный инструмент управления, обеспечивая качество и экономию времени и ресурсов.

Стоит отметить, что все текущие методики и оборудование, проводят замеры после уплотнения катками и на уже застывшем дорожном полотне, но никто не задумывается о контроле степени уплотнения в реальном времени на асфальтоукладчике.

Список источников

- [1] Бондарь И., Алпыспаева Ж., Ахметова П. и др. Контроль качества уплотнения асфальтобетонных слоев дорожной одежды. *Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева*, 2024, № 3 (132), с. 52–60.
<https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-132-3-52-60>
- [2] Носов И.С., Носов С.В. Приборы неразрушающего контроля плотности асфальтобетонных смесей в дорожном строительстве. *Строительство и архитектура. Тенденции развития современной науки. Науч. конф. студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета: матер.* Липецк, Липецкий гос. техн. ун-т, 2018, с. 123–125.
- [3] Klyuev R.V., Morozov V.V., Shcherbakov S.Y. Geomonitoring and Geomechanical Support for Underground Mining. *Geosciences*, 2019, vol. 9, no. 7, art. no. 280.
<https://doi.org/10.3390/geosciences9070280>