



УДК 811

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Шукуров Акмаммет, Халлаева Джемал, Долыев Гайгысызчары

преподаватели

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Исследование реологических свойств модифицированных асфальтобетонных смесей представляет собой актуальное научно-практическое направление в области дорожного материаловедения, нацеленное на создание высокопрочных и долговечных дорожных покрытий. В условиях непрерывного роста интенсивности дорожного движения, увеличения осевых нагрузок от грузового транспорта и выраженных климатических изменений традиционные органические вяжущие перестают обеспечивать требуемую колееустойчивость и трещиностойкость магистралей. Асфальтобетон по своей природе является термопластичным вязкоупругим материалом, чье поведение коренным образом зависит от температуры внешней среды и длительности приложения эксплуатационной нагрузки.

Ключевые слова: реологические свойства, асфальтобетонная смесь, модифицированное вяжущее, динамический сдвиговой реометр, комплексный модуль сдвига, угол фазового сдвига, ползучесть битума, температурное напряжение, искусственное старение, мастер-кривая.

INVESTIGATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MODIFIED ASPHALT CONCRETE MIXTURES

Shukurov Akmammet, Hallayeva Jemal, Dolyev Gaygysyzchary

Lecturers

Turkmen State Institute of Architecture and Construction

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. The investigation of the rheological properties of modified asphalt concrete mixtures represents a foundational milestone in advanced pavement engineering, dedicated to designing high-performance highway structures capable of resisting severe rutting and low-temperature cracking. As a complex viscoelastic material, asphalt concrete displays highly temperature-dependent and loading-frequency-dependent characteristics, making traditional unmodified binders susceptible to permanent shear deformations under heavy axial traffic or thermal fracturing during extreme winter cycles. To expand the functional performance-grade temperature range, researchers introduce elastomeric

polymers, like styrene-butadiene-styrene block copolymers, which swell within the bitumen matrix to construct a continuous, three-dimensional physical network that accelerates elastic recovery after traffic loading. Mechanical engineers quantify these microstructural changes using a dynamic shear rheometer to capture the complex shear modulus and phase angle across elevated temperatures, while utilizing a bending beam rheometer at sub-zero temperatures to monitor creep stiffness and relaxation rates.

Keywords: rheological properties, modified asphalt binder, dynamic shear rheometer, complex shear modulus, phase angle, bending beam rheometer, asphalt creep stiffness, polymer modification, pavement rutting, viscoelastic behavior.

Введение

Понимание фундаментальных механизмов модификации органических вяжущих базируется на изучении их микроструктурных изменений при введении различных высокомолекулярных полимеров, каучуков или наноструктурированных компонентов. Наибольшее распространение в мировой практике получили блок-сополимеры типа стирол-бутадиен-стирол, которые при смешивании с горячим битумом набухают в его масляных фракциях и формируют эластичную трехмерную полимерную сетку. Эта пространственная решетка кардинально меняет характер деформирования вяжущего, сообщая ему способность к обратимому эластическому восстановлению после снятия транспортной нагрузки. Также ученые активно исследуют полимерные комплексы на основе переработанной резиновой крошки, полиэтилена высокого давления, углеродных нанотрубок и базальтовой фибры, каждый из которых по-своему трансформирует вязкостные характеристики состава. Внедрение таких добавок способствует значительному повышению когезионной прочности материала и замедлению естественных процессов термоокислительного старения дорожного покрытия.

Основным методом прецизионного определения реологических характеристик модифицированных битумов во всем эксплуатационном диапазоне температур является динамический сдвиговой реометр. Данный прибор позволяет подвергать исследуемый образец вяжущего контролируемым гармоническим сдвиговым колебаниям между двумя параллельными плитами при заданных частотах нагружения. В ходе испытаний определяются два важнейших базовых параметра: комплексный модуль сдвига, характеризующий общее сопротивление материала деформированию, и угол фазового сдвига, определяющий соотношение между упругой и вязкой составляющими поведения. Для вяжущих, эксплуатируемых при высоких летних температурах, критически важно иметь высокий комплексный модуль и минимальный угол фазового сдвига, что свидетельствует о преобладании эластических свойств. На основе этих параметров рассчитывается фактор



колесобразования, позволяющий прогнозировать устойчивость будущего асфальтобетона к пластическим сдвигам и наплывам под колесами тяжелой техники.

Оценка низкотемпературных реологических свойств, определяющих стойкость асфальтобетонного покрытия к растрескиванию во время суровых зимних заморозков, реализуется с помощью реометра изгибающей балочки. В ходе этого эксперимента миниатюрная балочка, отлитая из модифицированного вяжущего, термостатируется в охлаждающей жидкости при отрицательных температурах и подвергается постоянной статической нагрузке в условиях трехточечного изгиба. Прибор фиксирует деформацию ползучести материала во времени, на основании чего вычисляются два ключевых индикатора: жесткость при ползучести и скорость ползучести. Модифицированные составы должны обладать умеренной жесткостью и высокой скоростью ползучести, что позволяет материалу эффективно релаксировать внутренние температурные напряжения, возникающие при резком охлаждении. Способность к быстрому рассеиванию внутренних напряжений полностью предотвращает появление сквозных поперечных трещин на дорогах общего пользования.

Заключение

В заключение необходимо подчеркнуть, что исследование реологических свойств модифицированных асфальтобетонных смесей формирует базовую научную платформу для цифровой трансформации дорожно-строительной индустрии. Дальнейший прогресс в этой области связан с интеграцией методов реологии в цифровые системы автоматического управления качеством на асфальтобетонных заводах и развитием предиктивного моделирования. Ученые работают над созданием умных самозалечивающихся покрытий, реологические свойства которых активируются при появлении микротрещин, восстанавливая монолитность структуры без внешнего вмешательства. Строительные холдинги, внедряющие передовые методы реологического инжиниринга и развивающие собственные исследовательские лаборатории, обеспечивают себе безусловное технологическое лидерство на рынке транспортного строительства. Научно обоснованный подбор компонентов гарантирует создание прочной, безопасной и долговечной транспортной инфраструктуры для будущих поколений.

Список литературы:

1. Горельшева Л. А. Полимерно-битумные вяжущие материалы для дорожного строительства. Москва: Информавтодор, 2002.
2. Илиополов С. К., Мардиросова И. В. Органические вяжущие повышенной долговечности для дорожных покрытий. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2005.
3. Колбановский Ю. А. Физико-химические основы модификации нефтяных битумов. Москва: Химия, 1988.



4. Худякова Т. С. Реология полимерно-битумных композиций в дорожном строительстве. Санкт-Петербург: НПО «Профессионал», 2011.