

СКРЫТОЕ СТАНОВИТСЯ ЯВНЫМ

КЕРНЫ ДАЮТ ПОЛНУЮ ИНФОРМАЦИЮ О ТОМ, НАСКОЛЬКО ДОБРОСОВЕСТНО РАБОТАЛИ ДОРОЖНИКИ



Испытания кернов, отобранных из слоя асфальтобетона, – один из важных этапов работы по проверке качества материала дорожного полотна. О том, какие задачи следует решить сотрудникам лабораторий, изучающих взятые керновые пробы материалов, чтобы дать точную оценку главной составляющей долговечности дороги, качества и степени уплотнения асфальтобетонной смеси, рассказали руководитель группы исследования строительных материалов АО «ВАД» Денис Колесник и начальник центральной лаборатории АО «ВАД» Сергей Мантопкин.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ

Первое, что следует сделать с керном после его отбора из асфальтобетонного слоя и определения толщины, – измерить его плотность. Определение средней плотности – достаточно простой и быстрый метод испытания. Теперь мы называем ее объемной плотностью, но физический смысл от этого не поменялся. Это те же самые граммы на сантиметр в кубе. От объемной плотности зависит очень много. В первую очередь – качество уплотнения. А от уплотнения зависит 40–50% качества асфальтобетона в целом. Для полноценного изучения керна важно полностью, включая примечания, следовать стандартам ГОСТ Р 58406.1(2) и ГОСТ Р 58401.5. Так, в примечании к ГОСТ Р 58406.1(2) говорится следующее: «В спорных случаях допускается определять максимальную плотность смеси, полученной путем разогрева и смешивания кернов (вырубок), предварительно удалив опиленные зерна, при этом керны (вырубки) должны быть отобраны из одного места».

Это дополнительная возможность, которая позволяет более точно определить содержание воздушных пустот в спорном

случае в конкретном месте. Таким образом, у нас регламентируется последовательность действий: отбираем керны, определяем плотность, берем данные по максимальной плотности из лабораторных испытаний и определяем содержание воздушных пустот. Если в каком-либо случае эти данные отсутствуют, то берем для расчета максимальную плотность из рецепта. При получении спорного результата определяем максимальную плотность по кернам.

Еще одно примечание к ГОСТ Р 58406.1(2): «Не рекомендуется отбирать вырубки (керны) для приемки слоя по прошествии более 14 суток с момента открытия движения по участку в связи с возможным изменением параметров слоя (толщины, плотности, содержания воздушных пустот) от воздействия транспортных средств». Это также очень важное примечание, практика показывает: в процессе эксплуатации под движением транспорта свойства, объемные характеристики асфальтобетона изменяются, что вполне нормально. Особенно интенсивно изменения происходят на начальном этапе, сразу после открытия движения.

Рассмотрим дополнительные правила, рекомендации и некоторые нюансы,

которыми следует пользоваться при определении объемной плотности. Во-первых, минимальная толщина образца должна составлять 20 мм или двукратный максимальный номинальный размер заполнителя. Во-вторых, при больших пустотах, порах (выше 6–8%) вода выходит из образца после его извлечения из емкости. Отрицательный эффект будет не столь значительным, но в этом случае точность метода снизится. В-третьих, для оптимизации процесса определения плотности рекомендуется использовать двое весов параллельно с двухминутным интервалом, что ускорит процедуру взвешивания в 2 раза. И четвертое – сходимость и воспроизводимость зависит от содержания крупных частиц, зерен (более 11,2 мм). Чем больше крупных частиц в асфальтобетоне, тем больше может быть разница между результатами испытания кернов из одного места. Приемлемые максимальные значения для сходимости могут достигать 0,028 г/см³, а для воспроизводимости – 0,082 г/см³ по данным европейского стандарта EN12697.6. Это может служить ориентиром для контроля точности измерения и исключения ошибок при испытании.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ

Здесь следует привести цитату из ОДМ 218.4.036–2022: «Качество уплотнения асфальтобетонного слоя определяют по содержанию воздушных пустот в кернах (вырубках) в каждой точке. Значение максимальной плотности принимают по результатам приемо-сдаточных испытаний асфальтобетонной смеси для проверяемого участка. В случае отсутствия значения максимальной плотности по результатам приемо-сдаточных испытаний значение максимальной плотности принимают по утвержденному рецепту».

Используя максимальную плотность из рецепта, нужно понимать и помнить, что она может отличаться от реальной максимальной плотности асфальтобетонной смеси и результат расчета содержания воздушных пустот, возможно, будет содержать ошибку. Ниже будет приведен подробный пример, почему это может происходить. При определении максимальной плотности по кернам важна подготовка пробы, можно столкнуться с такой проблемой, когда нужно откинуть, убрать опиленные, оголенные зерна, при этом постараться сохранить средний состав, чтобы получить адекватный итоговый результат. Температура воды должна быть постоянной – простое требование, но его соблюдение сильно влияет на точность получаемых результатов.

СОДЕРЖАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПУСТОТ

От качества уплотнения, то есть от содержания воздушных пустот, зависит 40–50% качества асфальтобетона в целом. Содержание воздушных пустот напрямую зависит от плотности керна и максимальной плотности смеси. Поскольку максимальная плотность сильнее всего зависит от содержания битумного вяжущего в смеси, возникает закономерный вопрос, насколько может меняться содержание пустот в зависимости от допустимого изменения количества битума. Рассмотрим пример. В случае если не меняется зерновой состав, то максимальную плотность можно рассчитать по изменению содержания вяжущего и предыдущему значению максимальной плотности. Так, для смеси Sp-16 на диабазе с содержанием битумного вяжущего 4,4% и максимальной плотностью 2,750 г/см³ при допуске по количеству вяжущего плюс-минус 0,4% колебание в максимальной плотности будет составлять плюс-минус 0,025 г/см³. То есть за счет допустимого изменения содержания вяжущего мы можем получить изменение содержания воздушных пустот примерно плюс-минус 1%. И это без учета изменения плотности каменного материала и зернового состава, которое тоже может происходить в процессе производства асфальтобетонной смеси. Поэтому

очень важно ежедневно осуществлять измерение максимальной плотности асфальтобетонной смеси и следить за ее стабильностью, понимать, что влияет на ее изменение, и в случае необходимости принимать решения по микрокорректировкам на АБЗ. При расчете содержания воздушных пустот в кернах следует использовать актуальную максимальную плотность по данным лабораторного контроля, использование максимальной плотности из рецепта будет давать существенные неточности и приводить к погрешности измерения, это крайний случай, которым следует пользоваться только при отсутствии данных.

СПОРНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

Как можно избежать ошибки и что делать если вы получили сомнительный, спорный результат? В первую очередь – перепроверить объемную плотность керна и сделать повторное взвешивание тех же самых образцов.

Далее рекомендуется определить водонасыщение, чтобы на предварительном этапе понять, насколько сильно отличается водонасыщение от содержания воздушных пустот, и исключить возможность ошибки по максимальной плотности. При этом надо учитывать две вещи: водонасыщение должно быть меньше, чем содержание воздушных пустот, а разница между содержанием пустот и водонасыщением составляет примерно 1–1,5%. Но эта разница может значительно меняться в зависимости от крупности смеси и от НМРЗ. Чем крупнее смесь, тем меньше разница между содержанием пустот и водонасыщением. Это связано с открытыми взаимосвязанными порами, которых больше у крупных смесей. Так, у асфальтобетона Sp-32 разница между водонасыщением и пустотами достигает 0,5–1,0%, для смеси Sp-4, Sp-8 – увеличивается до 3–4%, иногда и более.

В таблице 1 и 2 приведены данные по взаимосвязи между водонасыщением и содержанием воздушных пустот, этим можно пользоваться только в качестве ориентира перед определением максимальной плотности по кернам.



Таблица 1. Ориентировочная взаимосвязь между содержанием воздушных пустот и водонасыщением

НМЗ	Водонасыщение, %	Содержание воздушных пустот, %
4	2,1	6
8	2,9	
11	3,5	
16	4,3	
22	4,8	
32	5,2	

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСТОТ В МИНЕРАЛЬНОМ ЗАПОЛНИТЕЛЕ

Пустоты в минеральном заполнителе (ПМЗ) не определяют в кернах, но иногда в этом есть необходимость. Для понимания можно воспользоваться формулой из европейского стандарта EN12697-8, который предлагает обратный расчет и может быть хорошим ориентиром в целом.

$$ПМЗ = V_a + B \times P_a / P_b$$

Где ПМЗ – содержание воздушных пустот в минеральном заполнителе, %;
 V_a – содержание воздушных пустот в асфальтобетонном образце, %;

B – содержание вяжущего в образце, в 100% смеси;

P_a – объемная плотность образца, г/см³;
 P_b – плотность битумного вяжущего, г/см³.

Формула отличается от расчета по ГОСТ Р 58401.3, но ею можно пользоваться для дополнительной проверки, в том числе и когда делается подбор состава асфальтобетонной смеси. К примеру, получены ПМЗ ниже требуемого значения стандарта. Используя данную формулу, можно подтвердить это значение или вычислить ошибку измерения плотностей, используемых в расчете.

Отдельно следует отметить, что оригинальная, применяемая непосредственно в США система Superpave уделяет слишком много внимания абсорбции битумного вяжущего, что связано с особенностью каменных материалов. У нас доминируют плотные горные породы, редко абсорбция превышает 0,5%, и ее определение по объемной плотности с достижением поверхностно-сухого состояния только вводит дополнительную погрешность. Поэтому, можно считать,

Таблица 2. Ориентировочная взаимосвязь между водонасыщением и содержанием воздушных пустот

НМЗ	Водонасыщение, %	Содержание воздушных пустот, %
4	5	9,2
8		8
11		7
16		6,5
22		6,2
32		5,9

что формула, которая рассчитывает объем пустот в минеральном заполнителе через сумму объемов, вполне применима для нашего региона.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ КЕРНОВ

Объемные характеристики асфальтобетона позволяют нам проводить контроль качества и оценивать стабильность асфальтобетона. Рассмотрим, что следует делать, когда возникает необходимость проверить физико-механические свойства асфальтобетона, а также необходима проверка непосредственно свойств уложенного покрытия, а именно кернах.

Для чего необходима оценка физико-механических свойств асфальтобетона в покрытии? Во-первых, для определения фактических свойств асфальтобетона, во-вторых, для сравнительных и исследовательских целей.

Результаты могут отличаться от испытания асфальтобетонной смеси и зависят от многих факторов, но в основном это качество уплотнения, содержание воздушных пустот, время, затраченное на технологический процесс, и состав асфальтобетонной смеси.



Рис. 1. Отрицательный результат испытания асфальтобетона на устойчивость к колееобразованию в воде с металлическим колесом (отсутствует адгезия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛЕЕУСТОЙЧИВОСТИ ПО КЕРНАМ

Первое, что можно сделать, – это испытание на колееустойчивость кернах диаметром 150 мм в соответствии с новым стандартом ГОСТ Р 58406.3. Для испытания необходимы четыре керна диаметром 150 мм, дисковая пила, специальное обжимное устройство для установки образцов. В целом это хороший метод, способ оценить колееустойчивость в конкретном месте. Недостаток – большой объем вырезанного покрытия и требуемое количество 150-миллиметровых кернах на испытание. Наши рекомендации – проводить испытание на колееустойчивость в воде с металлическим колесом. Таким образом вы проверите не только устойчивость к колееобразованию, но и стойкость к воздействию воды, адгезионную составляющую, что исключает образование таких дефектов, как шелушение и выкрашивание. На рисунке 1 приведены отрицательные примеры испытания асфальтобетона на устойчивость к колееобразованию в воде.

Как видно по фотографиям после испытания, при отсутствии адгезии у асфальтобетона под воздействием движения металлического колеса и воды с каменного материала стирается, уходит битумная пленка, происходит разрушение образцов. Если рассмотреть классическую кривую колееобразования (рис. 2), то она разбивается на три стадии, первая – стадия доуплотнения, которая проходит обычно за 1000–2000 циклов. Затем идет вторая стадия – линейной ползучести, накопления остаточных деформаций. По этой линейной части кривой обычно оценивается скорость образования пластической колеи. Третий этап – стадия разрушения образцов, процесс резкого

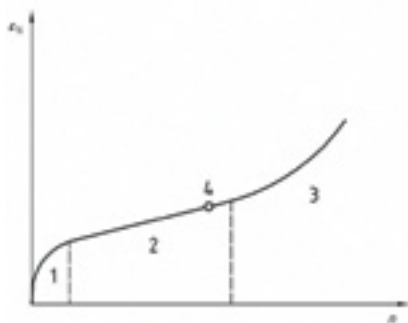


Рис. 2. Кривая колееобразования (1 – стадия доуплотнения, 2 – линейная ползучесть (пластика), 3 – стадия разрушения, 4 – точка перехода)

увеличения и накопления деформаций, зачастую это адгезионные разрушения при испытании в воде. Наше мнение, что в процессе проведения лабораторных испытаний у любых видов и типов асфальтобетонных не должно наступать третьего этапа, стадии разрушения.

ПОЛЗУЧЕСТЬ ПРИ ТРЕХОСНОМ ЦИКЛИЧЕСКОМ СЖАТИИ

Для оценки пакета из двух слоев мы применяем методику испытания по определению скорости ползучести кернов из асфальтобетона при трехосном циклическом сжатии при 10 тысячах циклов нагружения. Это методика EN12697-25. Здесь уже можно испытать керн толщиной 11 см и диаметром 100 мм. Обычно мы проводим испытание сразу двух слоев, верхнего слоя покрытия и нижнего слоя покрытия, без их разделения.

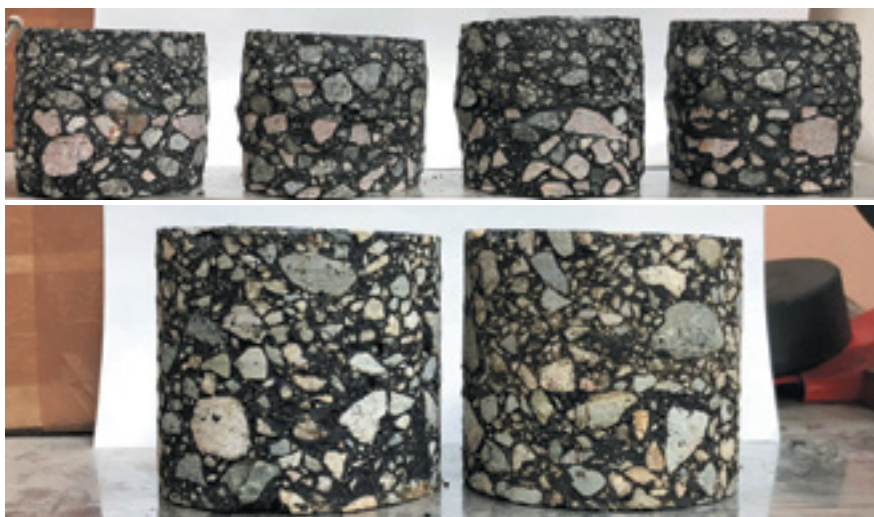


Рис. 3. Керны после испытания на трехосное циклическое сжатие. Сверху асфальтобетон по ГОСТ 9128 м/з и к/з плотный тип А, снизу керны Sp-25/ Sp-37 с трассы «Таврида». Данное испытание позволяет оценить устойчивость нижнего и верхнего слоя к колееобразованию.

Методика испытания позволяет понять, как ведут себя оба слоя асфальтобетона при положительных температурах при циклическом нагружении. По результатам испытания определяется скорость ползучести, относительная деформация за один цикл нагружения на линейном участке кривой. Чем выше скорость ползучести, тем больше склонность асфальтобетона к колееобразованию.

На рисунке 3 приведен пример сравнения пакета слоев асфальтобетона по старому ГОСТ 9128 и асфальтобетона по новым стандартам с трассы «Таврида», где проводили оценку колееустойчивости, в том числе по этой методике, по двум слоям НСП и ВСО. Дорога длительное время находилась под движением по двум слоям без верхнего слоя покрытия, поэтому здесь было важно обеспечить высокую стойкость к колееобразованию, даже для слоя основания. По рисунку 3 видно, что разница по устойчивости к колееобразованию при трехосном циклическом сжатии в пользу кернов по новому стандарту очевидна и не требует дополнительных комментариев.

Сдвиговые деформации распространяются на глубину 10–11 см, таким образом при замене одного только верхнего слоя и при испытании двухслойного керна мы зачастую видим картину, что нижний, старый слой деформируется под воздействием нагрузки, в то время как верхний слой остается практически неповрежденным. Еще одна тенденция, выявленная при испытании кернов, – это



Рис. 4. Характерный выпор («юбка») в месте соприкосновения старого фрезерованного слоя и свежеуложенного асфальтобетона

деформация в месте соприкосновения старого фрезерованного слоя и свежего покрытия, в этом месте образуется характерный выпор (рисунок 4). Есть предположение, что фреза при работе частично разрушает поверхность старого асфальтобетона, и это становится слабым местом с микроразрушениями, по которому впоследствии идет накопление деформации от проезжающего транспорта. В целом можно сказать, что это очень полезная методика испытания, позволяющая решить ряд задач, которой мы пользуемся уже более 10 лет и провели свыше 1000 различных испытаний.

Последнее, на что хотелось обратить внимание, – по кернам, помимо устойчивости к колееобразованию, можно определять износостойкость, водостойкость-морозостойкость, что очень актуально для наших регионов. Также у нас был опыт определения трещиностойкости по кернам, отобранным из асфальтобетонного покрытия. Сейчас готовят стандарт на определение сцепления слоев. Испытание кернов из асфальтобетона позволяет нам не только определить качество уплотнения слоя, но и может помочь оценить физико-механические свойства слоя – колееустойчивость, водостойкость-морозостойкость, трещиностойкость, абразивный износ. Это еще не полностью раскрытый потенциал, который необходимо развивать и использовать для решения актуальных задач с целью повышения долговечности асфальтобетона в слоях дорожной одежды.

Подготовил Леонид Григорьев