



Об авторе:

Костельов М. П. В 1959 г. закончил Ленинградский политехнический институт (ныне Санкт-Петербургский технический университет). Работал одним из руководителей Угловского комбината по производству строительных материалов (Новгородская обл.)

С конца 1960 г. в течение 33 лет работал в Ленинградском филиале СоюздорНИИ, в том числе 22 года руководил лабораторией технологии и механизации дорожно-строительных работ. В 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию.

В 1994 г. переведен в Дорожный комитет Ленинградской области советником Председателя. В 1998 г. перешел на работу в фирму «Дорстройпроект» на должность главного технолога, а с 2003 г. трудится в такой же должности в фирме ЗАО «ВАД».

Является одним из инициаторов и научным редактором полезного для дорожников ежегодного издания каталога-справочника «Дорожная техника и технология», выпускаемого уже 9 лет.

Неутомимый популяризатор высокого дорожного качества, современных машин и новых технологий. Имеет более 300 публикаций научного и прикладного характера.



Об авторе:

Пахаренко Д. В. В 1996 г. закончил Сибирский автомобильно-дорожный институт (СибАДИ) в г. Омске. В период 1998–2001 гг. работал в лаборатории асфальтобетонных покрытий Омского филиала СоюздорНИИ, а в период 2001–2004 гг. трудился на дорожных объектах Тулы, Тамбова и Брянска в качестве главного технолога фирмы «Автострада».

С 2004 г. работает инженером-технологом в ЗАО «ВАД».

Имеет 6 научно-практических публикаций.

ВЕРОЯТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОМОЩНИКИ В ОЦЕНКЕ И ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Костельов М. П.,

к.т.н., главный технолог
ЗАО «ВАД» (г. Санкт-Петербург)

Пахаренко Д. В.,

инженер-технолог
ЗАО «ВАД» (г. Санкт-Петербург)

Одной из наиболее актуальных и болезненных проблем дорожной отрасли России является качество автомобильных дорог. Имеющийся сегодня уровень этого качества в большинстве своем не соответствует современным требованиям и представлениям, как правило, по таким показателям, как ровность покрытий, плотность и прочность отдельных конструктивных слоев, надежность, безопасность и сроки службы дороги в целом. Поэтому вопросы качества дорог постоянно на слуху и на устах политиков, экономистов, автомобилистов, дорожных специалистов и простых граждан.

Все недовольны общим состоянием наших дорог, все хотят заметного его улучшения. И многое в этом плане делается уже сегодня и, очевидно, будет делаться в ближайшем будущем, в том числе традиционным и известным путем использования новых более прочных материалов, увеличения толщин уклады-

в а е м ы х в до- рожную одежду слоев, применения более эффективных и прогрессивных технологий и машин.

Однако есть еще один довольно серьезный резерв в повышении общего качества автомобильных дорог за счет устройства дорожных конструкций с более однородными или равномерными показателями качества по плотности, прочности, толщине слоев, модулям упругости, ровности и т.п. Неоднородность конкретного качества — разброс измеренных значений показателя этого качества. Чем меньше этот разброс или чем выше однородность значений любого из этих показателей, тем лучше для дороги, тем она качественнее и тем дольше будет служить. Это показано и доказано в России и зарубежных странах целым рядом исследований и практических работ в различных отраслях строительства, в том числе в дорожной [1, 2, 3, 4].

Яблоки, к примеру, как покупатель оценивает и выбирает на рынке или в магазине? Если на витрине вперемежку находятся вместе крупные отборные, средних размеров и невзрачные мелкие, покупатель пойдет в другое место и найдет устраивающие его аналоги, пусть даже только средних размеров, но все как на подбор одинаковые. Так и при строительстве или капитальном ремонте дорог следует обеспечивать хотя бы минимально требуемое (среднее) качество, но везде одинаковое, т.е.





Рис. 1. Радиационный самопередвигающийся измеритель плотности асфальтобетона DOR-1000

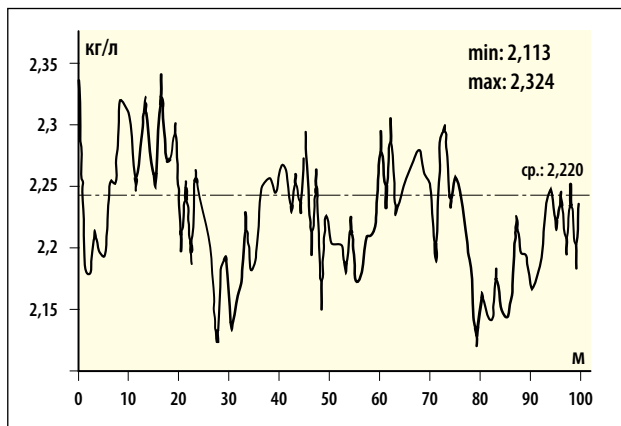


Рис. 2. Результат неравномерного уплотнения асфальтобетона, зафиксированного DOR-1000

с высокой степенью однородности. Ну, а если это качество окажется выше среднего, да еще с высокой однородностью... Об этом можно пока только мечтать и работать в этом направлении.

Как-то известная в Европе и России финская фирма Lemminkäinen продемонстрировала группе российских дорожников на одном из своих объектов устройство асфальтобетонного покрытия и контроль качества его уплотнения самопередвигающимся дистанционно управляемым устройством (прибором) DOR 1000 с радиационным измерителем (рис. 1). Результаты контроля плотности на полосе длиной 100 м (рис. 2) оказались удручающими из-за большого их разброса, т.е. крайне неоднородными. И было совершенно очевидно, что в локальных местах этой полосы покрытия с низкой плотностью асфальтобетона довольно скоро

начнут появляться различного вида и характера деформации и разрушения в виде просадок, шелушений, выкрашиваний, выбоин и, может быть, даже ям.

Американская фирма Roadtec целым комплексом специальных исследований выявила причины возникающей неоднородности плотности и, соответственно, прочности асфальтобетонного покрытия. Виновниками такой неоднородности оказались два вида сегрегации асфальтобетонной смеси — гранулометрическая и температурная, возникающие при ее транспортировке с АБЗ, выгрузке и при укладке в покрытие.

Эти данные послужили фирме Roadtec основанием для существенных и в чем-то даже, может быть, революционных корректировок технологии устройства дорожных покрытий из горячих асфальтобетонных смесей. Между самосвалом с горячей смесью и укладчиком дополнительно используется специально разработанная и мощная машина Shuttle Buggy 2500 (рис. 3), названная перегрузчиком смеси.

Эта вспомогательная машина призвана функционально не только устранять обнаруженные сегрегации смеси, но и бесконтактно загружать ее в укладчик, что заметно повышает также ровность устраиваемых покрытий, т.е. обеспечивает более высокую однородность покрытия по показателям качества уплотнения и ровности.

Фирма ЗАО «ВАД» первой не только в России, но и вообще в Европе стала использовать перегрузчики Shuttle Buggy 2500 и американскую усовершенствованную технологию. Практический опыт 12-летнего строительства и капитального ремонта дорог с более однородными показателями их качества позволил ЗАО «ВАД» поднять гарантийный срок бездефектной эксплуатации покрытий до 7 лет, т.е. достичь уровня американской практики гарантийных сроков.

А между тем, главные и дополнительные дорожные технические документы России (ГОСТы, СНиПы, Инструкции, Руководства и др.) не нацеливают и не поощряют дорожных подрядчиков на внедрение и исполь-

зование подобных новинок, способствующих повышению качества автомобильных дорог за счет большей однородности отдельных наиболее важных показателей этого качества.

К сожалению, в этих документах требований и норм на однородность показателей качества фактически нет, если не считать общего указания по устройству земляного полотна (п. 4.80 [5] — однородность грунта следует контролировать визуально) и вполне современного, но, видимо, пока единственного требования по вероятностно-статистической обработке и оценке однородности состава асфальтобетонной смеси [6]. Об однородности других показателей качества нет никаких упоминаний и указаний. Вполне возможно — по причине «солидного» возраста некоторых из упомянутых документов (23 – 25 лет).

Целый же ряд отечественных исследовательских и практических работ показал актуальность этой проблемы и целесообразность или даже необходимость обратить особое внимание на ее решение, которое поможет заметным образом улучшить однородность качества устройства земляного полотна, щебеночного основания и асфальтобетонного покрытия, а соответственно и повысить долговечность автомобильной дороги в целом.

Зарубежные специалисты утверждают, что только за счет улучшения однородности дорожной одежды, например, по одному показателю упругого прогиба (снижение коэффициента вариации с $0,40 \pm 0,50$ до $0,10 \pm 0,20$) можно добиться увеличения срока ее службы в 2,5 – 3 раза. Так почему бы дорожной отрасли России не использовать такой резерв?

Так как на любой контролируемый показатель качества автомобильной дороги оказывает влияние довольно большое количество различных факторов, обстоятельств и условий, то фиксируемые его значения несут, как правило, случайный или веро-

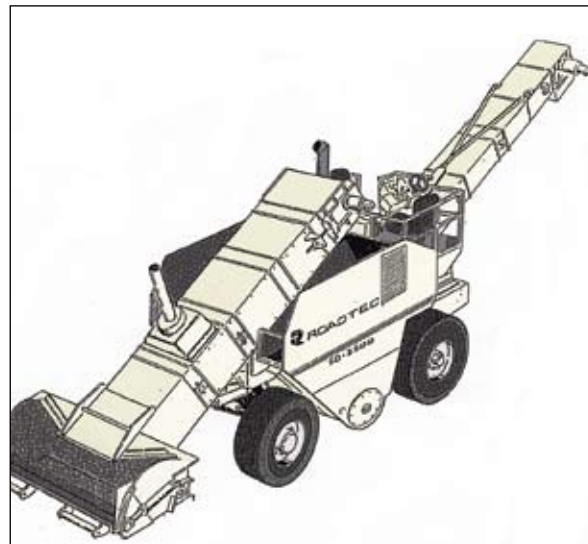


Рис. 3. Перегрузчик асфальтобетонной смеси Shuttle Buggy SB-2500 американской фирмы Roadtec



ятностный характер. Поэтому первичное представление об уровне достигнутого качества дает среднеарифметическое значение \bar{X} этого показателя, вычисляемого по n измерениям в одной совокупности выборки по известной и простой формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1)$$

где X_i — величина показателя качества (коэффициент уплотнения, толщина слоя, модуль упругости, ровность и т.п.) в отдельном измерении или испытании (тесте).

Однако одного значения \bar{X} мало для правильной оценки качества. Оно не дает необходимой информации о разбросе или рассеянии измеренных значений X_i от среднего. Для этого вычисляют так называемую дисперсию

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}, \quad (2)$$

а затем и среднеквадратичное или стандартное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Относительным мерилем или характеристикой однородности полученных результатов измерений качества чаще всего (так общепринято) употребляется коэффициент вариации C_v , вычисляемый по зависимости

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}} \quad (4)$$

Чем больше величина коэффициента вариации, тем более неоднородным является

качественная характеристика, тем больше (шире) разброс полученных результатов измерений X_i от среднеарифметического \bar{X} и тем хуже качество, даже если среднее значение \bar{X} близко к норме. И, наоборот, при снижении значений C_v , однородность показателя качества лучше и выше само качество.

Наглядным примером в этом плане может служить качество уплотнения асфальтобетона, отраженное на графике рис. 2. Коэффициент вариации плотности здесь составляет 0,147, что в 2–2,5 раза хуже средних показателей по целому ряду дорожных объектов России (см. далее таблицу) и примерно в 7–8 раз хуже средних данных C_v на объектах ЗАО «ВАД», где устройство покрытий выполнялось с участием перегрузчиков Shuttle Buggy 2500.

Таким образом, для правильной и объективной оценки зафиксированного измерения какого-либо показателя качества необходимо использовать два критерия — среднеарифметическое значение \bar{X} измеряемой величины и коэффициент вариации (разброса) C_v . При одном, однако, непременном условии, что количество тестов n будет не меньше минимального необходимого (расчетного по теории вероятности и математической статистике) количества измерений n_p , а места таких измерений или отбора проб выбираются не произвольно, как это чаще всего и делается на практике, а по несложному способу случайных чисел (устраняется некорректность).

Расчет n_p можно произвести по формуле

$$n_p = \left(\frac{d C_v}{\Delta} \right)^2, \quad (5)$$

где d — коэффициент достоверности (или надежности) зависит от вероятности, при которой гарантируется данная точность (его значения табулированы в зависимости от категории дороги);

Δ — показатель точности измерения параметра ($\Delta=0,010 \div 0,020$ — плотность грунта и асфальтобетона; 0,050 — влажность, водонасыщение; 0,100 — модули упругости слоев дорожной конструкции; 0,080 — толщина слоев дорожной одежды; 0,200 — ровность под 3-метровой рейкой и т.д.).

Далее в обобщающей таблице приведены расчетные значения n_p для различных показателей качества автомобильных дорог I-II и III-IV категорий.

Оценка качества автомобильной дороги и ее конструктивных элементов и материалов по какому-либо показателю (плотность или коэффициент уплотнения, влажность или водонасыщение, пористость, прочность, толщина слоев, ровность и т.п.) производится простым сравнением зафиксированных измерений или вычислением значений \bar{X} и C_v с требуемыми показателями этого качества по нормативным и проектным документам (ГОСТ, СНиП, проект).

К сожалению, многие из этих требований и норм даны без каких-либо полагающихся по теории вероятности и математической статистике допусков и отклонений, что порой порождает разное (двойное) их толкование и применение на практике заказчиком и подрядчиком (каждый сам себе «конституционный суд»), допускающих иногда оценку качества сравнением значений \bar{X} с нормативным требованием. Но большинство дорожников правильно трактует норму как минимально (или максимально) допустимую границу показателя качества, ниже (или выше) которой текущих его значений X_i не должно быть. Это вполне логично и работает в интересах повышения качества и долговечности автомобильной дороги.

В таком случае в соответствии с зависимостями

$$N_n = \bar{X} - \sigma \frac{t_p}{\sqrt{n}} = \bar{X} (1 - C_v \delta_x) \quad (6)$$

$$N_g = \bar{X} + \sigma \frac{t_p}{\sqrt{n}} = \bar{X} (1 + C_v \delta_x) \quad (7)$$

где N_n , N_g — нижняя (в трактовке «не менее») и верхняя («не более») нормы качества по СНиП и ГОСТ;

C_v — коэффициент вариации (разброса) показателя качества (например, среднее значение этого коэффициента вариации для степени уплотнения асфальтобетона по кернам из покрытия на объектах ЗАО «ВАД» составляет 0,022, на объектах других подрядчиков России — 0,060–0,080, а для переформованных образцов в лаборатории — 0,020);

$\delta_x = \frac{t_p}{\sqrt{n}}$ — табулированный вероятностно-статистический коэффициент, равный 0,3866–0,4100 для вероятности 95% и 0,2939–0,3143 для 90% при количестве контролируемых кернов или точек измерений 18–20 и одностороннем ограничении нормы,

дорожник вправе установить для себя (и может быть, для заказчика) рабочее или, если угодно, нормативное среднеарифметическое значение $[\bar{X}]$, с которым и должны сравниваться полученные в контрольных измерениях \bar{X} .

Например, действующая норма коэффициента уплотнения щебенистых асфальтобетонов «не ниже 0,99» в соответствии с расчетом по (6) и с учетом правил округления дает, например, для фирмы ЗАО «ВАД» практическое $[\bar{X}] \geq 1,0$, а для малоцебенистых и песчаных смесей — $[\bar{X}] \geq 0,99$ при нормативном не «ниже 0,98».

Такой вполне законный (все, что выше 0,99 или 0,98, не запрещено нормативами) подход к оценке качества в течение уже ряда лет практикуется в фирме «ВАД». Каждый ее производитель асфальтобетонных работ знает и понимает, что если он на своем объекте обеспечит среднеарифметическое значение коэффициента уплотнения $\bar{X} \geq [\bar{X}] \geq 1,0$ или 0,99, то нормативное требование ГОСТ и СНиП всегда или во всех текущих значениях X_i будет выполнено. Доказательство этого из практики строительства ЗАО «ВАД» кольцевой автодороги Санкт-Петербурга (лот 2 юго-западного полукольца) показано на графике рис. 4.

Если на устройстве асфальтобетонных покрытий какой-то из дорожников работает неумело (плохо) и неряшливо, т.е. с более значительным разбросом показателя качества уплотнения от среднего и его коэффициент вариации по плотности ядер в 2,5 раза хуже (больше), чем, к примеру, в ЗАО «ВАД», и составляет около 0,050, значение $[\bar{X}]$ возрастает до 1,01 вместо выше уже приведенной 1,0 ($C_v = 0,020 \div 0,022$) для щебенистых смесей и до 1,0 вместо 0,99 для малоцебенистых и песчаных смесей. С уменьшением C_v значения $[\bar{X}]$ будут тоже понижаться и в идеале ($C_v = 0$) совпадут со значениями нормы N_n .

Нужно заметить, что имеющиеся по публикациям значения C_v по многим показателям качества автомобильных дорог остаются пока на уровне исследовательского лю-

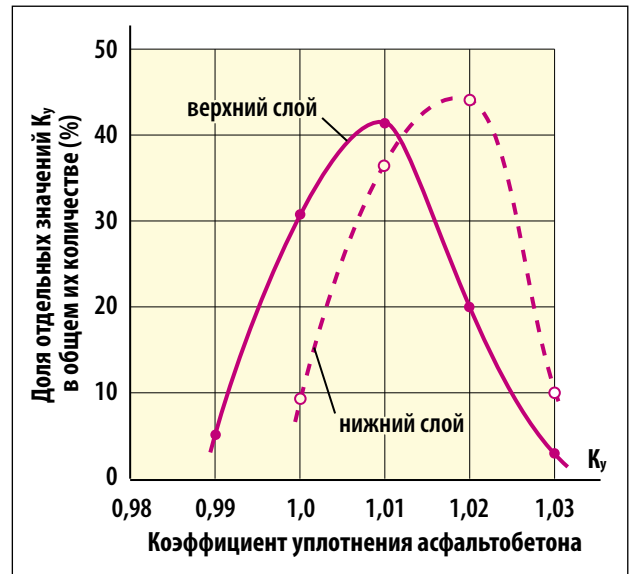


Рис. 4. Распределение отдельных значений K_γ асфальтобетона в общем их количестве из верхнего ($\bar{X}=1,01$) и нижнего ($\bar{X}=1,02$) слоев покрытия КАД Санкт-Петербурга (лот 2 юго-западного полукольца)

Таблица Результаты вероятностно-статистической обработки данных контроля и оценки некоторых дорожных объектов ЗАО «ВАД» по наиболее важным показателям качества

Контролируемый параметр качества	Обобщенные средние значения по ряду дорожных объектов СССР и России [1, 2, 3, 4]		Вероятностно-статистические показатели качества объектов									
			2007, КАД Санкт-Петербурга, 14 км юго-западного полукольца, ЛОТ2 (от Пулковского до Таллинского шоссе)			2006, а/д «Кола» Санкт-Петербург-Мурманск, участок км 150-км 180 в Ленинградской обл.			2007, а/д «Холмогоры» Москва-Архангельск, участки км 328-км 448 в Вологодской и Ярославской обл.			
			I категория			III категория			III категория			
C_v	$n_p^{1)}$	\bar{X}	C_v	n	\bar{X}	C_v	n	\bar{X}	C_v	n		
Модуль упругости щебеночного основания (% от проект. значения)	0,270-0,310	$\frac{40}{28}$	140,0	0,111	251	-	-	-	123 ²⁾	0,155	48	
Толщина слоя асфальтобетона (% от проектного значения):	0,200-0,280	$\frac{36}{26}$	- верх покрытия	108,0	0,109	268	96,0	0,104	90	100,0	0,169	39
- низ покрытия			104,3	0,122	212	98,3	0,170	153	101,8	0,191	87	
- верх основания			103,8	0,113	148	-	-	-	-	-	-	
Коэффициент уплотнения асфальтобетона:	0,060-0,080	$\frac{18}{12}$	- верх покрытия	1,01	0,009	268	0,99	0,013	90	1,0	0,011	90
- низ покрытия			1,02	0,060	228	1,0	0,009	153	1,02	0,012	82	
- верх основания			1,03	0,013	152	-	-	-	-	-	-	
Водонасыщение асфальтобетона в покрытии (%):	0,300-0,380	$\frac{18}{12}$	- плотного	1,6	0,464	400	2,5	0,468	243	2,1	0,432	158
- пористого			3,0	0,407	144	-	-	-	-	-	-	
Модуль упругости на покрытие (% от проектного значения)	0,200-0,260	$\frac{28}{20}$	-	-	-	145,4	0,074	29	111,0	0,187	67	
Ровность покрытия по IRI, мм/м (м/км)	0,800 ³⁾	$\frac{64}{45}$	1,02	0,137	400	1,25	0,165	60	-	-	-	

Примечание:

- 1) – минимально необходимое (расчетное по статистике) количество тестовых значений в выборке для дорог I-II (числитель) и III-IV (знаменатель) категорий;
- 2) – новое строительство обхода города Вологды и участков а/д «Холмогоры» на обходе г. Данилов;
- 3) – под 3-метровой рейкой.



Рис. 5. Малогабаритная установка динамического нагружения (УДН) для измерения модуля деформации на поверхности щебеночного основания и земляного полотна

значения C_v тех дорожных подрядчиков, качественные показатели которых вызывают профессиональное одобрение.

В приводимой таблице даны результаты вероятностно-статистической обработки результатов и оценки качества трех федеральных дорожных объектов ЗАО «ВАД», находящихся в Санкт-Петербурге (КАД-кольцевая автомобильная дорога), Ленинградской области («Кола», Санкт-Петербург — Мурманск) и в Вологодской и Ярославской областях («Холмогоры», Москва — Архангельск). Контроль и оценка выполнены по наиболее важным показателям качества строительства и капитального ремонта дорог, которыми в конечном итоге и опре-

Поэтому фирма «ВАД» для решения этой проблемы в локальном масштабе (для нужд самой фирмы) использовала компактную и достаточно удобную в полевых условиях малогабаритную установку динамического нагружения (УДН из ФРГ, рис. 5). И приняла в качестве главного критерия при оценке качества устройства щебеночного основания измеренный УДН его динамический модуль деформации E_{od} . Затем экспериментальным путем была установлена корреляционная (тарировочная) взаимосвязь между этим модулем E_{od} и статическим модулем упругости E по прогибому (рис. 6).

Таким образом, появилась возможность через измеренный на стройке модуль E_{od} находить модуль упругости щебеночного основания и сравнивать его с нормативным, а вернее, с требуемым расчетным модулем по проекту на конкретный объект. Опыт эксплуатации целого ряда таких объектов ЗАО «ВАД» в течение последних 3–4 лет полностью оправдал такой подход и принятое решение относительно норм и технологии высококачественного устройства щебеночных оснований. Дефектов в виде неровностей покрытия, просадок, а тем более каких-либо разрушений по вине щебеночных оснований до сих пор не обнаружено.

Достаточно показательным в этом плане является устройство щебеночных оснований из ЩПС слоем 43 см на строительстве КАД Санкт-Петербурга. На лоте 4.1 восточного полукольца один из подрядчиков перед устройством асфальтобетонных слоев фирмой «ВАД» подготовил щебеночное основание с низким качеством его уплотнения ($E_{od} \leq 55-60$ МПа).

Долгие дебаты и препирательства относительно повышения этого качества не дали нужных результатов и вынудили ЗАО «ВАД» проделать эту работу собственными силами,

обеспечив $E_{od} \leq 70-75$ МПа. И теперь это один из немногих участков восточного полукольца КАД с наиболее высокой ровностью покрытия.

На новом юго-западном полукольце КАД (лот 2, объект ЗАО «ВАД» 2006 – 2007 гг.) перед укладкой асфальтобетонных слоев на каждом из подготовленных участков в обязательном порядке с помощью УДН выполнялся текущий контроль состояния щебеночного основания. Всего таких участков было около 30, но в таблице приведены результаты измерений и оценки качества по 11 таким участкам, на которых среднеарифметическое значение динамическо-

бюпитства и до сих пор не использовались при разработке официальных требований и нормативных значений коэффициентов вариации. Очевидно, работа по нормированию C_v еще впереди, за исключением только уже имеющихся норм оценки однородности составов горячих асфальтобетонных смесей по коэффициенту вариации их предела прочности на сжатие при температуре 50 °C ($C_v^R \leq 0,160 \div 0,200$), а холодных смесей — по коэффициенту вариации их водонасыщения ($C_v^W \leq 0,15$) [6]. По другим же не менее важным показателям качества пока сегодня нет норм, поэтому рационально и справедливо ориентироваться на средние

деляются прочностью, устойчивость, ровность и долговечность отдельных конструктивных элементов и дороги в целом.

К этой группе наиболее важных следует всегда относить показатели качества устройства щебеночных оснований, которые почему-то оказались «изгоями» в наших ГОСТах и СНИПах, так как в них практически нет ничего по критериям, нормам, методам и средствам контроля качества. Это одно из самых существенных и длительно не решаемых на официальном уровне упущений российской дорожной отрасли, отрицательно отражающихся на качестве автомобильных дорог.

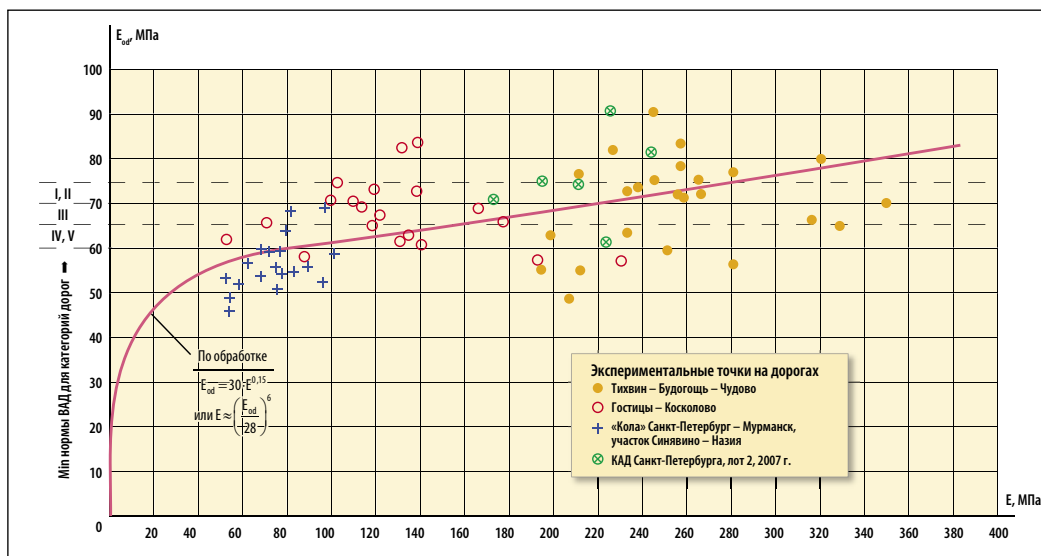


Рис. 6. Экспериментальная взаимосвязь динамического модуля деформации по УДН (E_{od}) со статическим модулем упругости щебеночного основания по прогибому (E)



го модуля деформации оказалось равным 77 МПа (min 70, max 89), что соответствует среднему модулю упругости основания около 290–300 МПа. Это примерно в 1,4 раза выше проектного значения, причем однородность щебеночного основания по показателю модуля упругости оказалась тоже вполне приемлемой (средний коэффициент вариации по всем участкам равен 0,111 при его изменениях в пределах 0,059–0,138).

Значения модулей упругости и коэффициентов их вариации на поверхности асфальтобетонного покрытия готовой дороги после капитального ремонта или завершения нового строительства тоже достаточно красноречиво могут поведать об общем качестве выполненных работ.

В таблице представлены такие данные по участкам двух схожих дорог III категории с очень близкими конструктивными параметрами. После завершения капитального ремонта измерения модулей упругости выполнены специализированными лабораториями МАДИ (автодорога «Холмогоры») и НПО «Регион Северо-Запад» из Санкт-Петербурга (автодорога «Кола»).

На автодороге «Холмогоры» значения модуля упругости оказались с довольно заметным разбросом — в одних точках измерений он был около 330–350 МПа, в других — всего лишь 170–200 МПа, хотя среднеарифметическая его величина 274 МПа оказалась выше требуемого модуля по проекту 247 МПа. Правда, коэффициент вариации при этом оказался равным 0,184.

В чем причина такого разброса? Ведь покрытие укладывалось по всему ремонтируемому участку из одного и того же асфальтобетона, толщина его слоев составляла 100–102% от проектной, а качество уплотнения асфальтобетона было

высоким и однородным (степень уплотнения 1,0–1,02 с коэффициентом вариации 0,010–0,012).

Скорее всего, неоднородность значений модуля упругости возникла из-за различного состояния по прочности нижележащих слоев дорожной конструкции — земляное полотно, песчаный подстилающий слой, щебеночное основание. Этими словами фирма «ВАД» по контракту не занималась. Были, правда, небольшие участки и места, где производилось спрямление трассы или замена дорожной одежды, т.е. фактически на этих участках и местах велось новое строительство. Измеренный здесь модуль упругости имел стабильные значения в пределах 263–271 МПа.

Отремонтированный же участок автодороги «Кола», судя по данным таблицы, имеет толщину асфальтобетонных слоев, чуть не дотягивающую до проектной, коэффициент уплотнения асфальтобетона несколько хуже, чем на участках «Холмогор». Казалось бы, модули упругости на «Коле» должны быть ниже и с большим разбросом. А фактически оказалось все наоборот — значения модулей на «Коле» были в диапазоне 330–420 МПа, а их среднеарифметическая величина составила 381 МПа (с коэффициентом вариации 0,074) при требуемых по проекту 262 МПа, т.е. коэффициент запаса прочности составил 1,45. Это вполне приличные результаты по прочности дорожной одежды за счет, очевидно, лучшего и, вполне возможно, более однородного состояния по плотности и прочности щебеночного основания, песчаного подстилающего слоя и земляного полотна.

Из этих двух примеров следует, что принципиальные подходы и практику капитального ремонта наших изношенных дорог

следует разворачивать в сторону усиления не только покрытия, но и слоев дорожной одежды, расположенных ниже асфальтобетонного покрытия. Особенно слоев щебеночного основания.

Теперь об однородности такого показателя качества автомобильной дороги, как ровность покрытия. Дорожные специалисты давно уже отнесли ровность к универсальному или интегральному (суммарному) показателю общего качества устройства и состояния автомобильной дороги. Всякие огрехи, недочеты и упущения по качеству любого из элементов или слоев дорожной конструкции в конечном итоге отражаются на состоянии покрытия. И в этом плане кажется вполне справедливой притча — скажи мне, какая ровность покрытия была на твоей дороге в момент ее сдачи в эксплуатацию и через 1–2 года, и я скажу, какой ты подрядчик (хороший, средний, плохой).

В России до недавнего времени измерение ровности производилось приборами ТХК-2 (толчкомер) и ПКРС, установленными на разные автомобили (Волга, УАЗ, Газель и др.) с отличающимися динамическими (колебательными) характеристиками своих подвесок колес. Результаты измерения ровности этими приборами поэтому имели разные значения, их сложно было сопоставить между собой, нужно было находить коэффициенты перехода от одних результатов к другим. Возникли затруднения в определении уровня ровности наших дорог относительно зарубежной практики. Да и нормы качества по этому показателю были отдельными (свои для каждого прибора и автомобиля).

Теперь кажется, дорожная отрасль России окончательно переходит на измерение ровности по международным стандартам. Мировое дорожное сообщество давно уже выработало и использует единые методы, критерии и нормы контроля и оценок ровности по индексу IRI, согласно которому существует шесть международных нормативных значений IRI (мм/м) и оценок ровности покрытия:

- $IRI < 1,0$ с оценкой «отлично»
- $1,0 \leq IRI < 1,5$ с оценкой «очень хорошо»
- $1,5 \leq IRI < 2,5$ с оценкой «хорошо»
- $2,5 \leq IRI < 3,5$ с оценкой «средне»
- $3,5 \leq IRI < 4,5$ с оценкой «удовлетворительно»
- $4,5 \geq IRI$ с оценкой «плохо»

Каждая страна по своему усмотрению и желанию выбирает подходящий для нее норматив и оценку и утверждает их в качестве национального стандарта или нормы. К примеру, соседняя Финляндия приняла для своих дорог такие нормативы — верхние слои покрытий должны иметь $IRI \leq 1,4 \div 1,6$ мм/м (оценка «очень хорошо» и «хорошо»), а нижние слои — $IRI \leq 1,7 \div 1,9$ мм/м (оценка «хорошо»). Какие нормы бу-



дут в России, покажет, видимо, ближайшее будущее.

А пока можно констатировать, что фирма «ВАД», всегда стремившаяся к реализации достаточно хороших и устойчивых показателей ровности покрытий своих объектов (в пределах 10–20 см/км по ТХК-2), на тех «свежих» объектах, которые показаны в таблице и на которых измерения ровности производились уже по IRI (выполнено НПО «Регион Северо-Запад»), подтвердила ранее завоеванную репутацию подрядчика высококачественных автомобильных дорог и в полной мере оправдывает расшифровку своего сокращенного названия.

Среднеарифметическое значение ровности покрытия на лоте 2 КАД Санкт-Петербурга составило 1,02 мм/м (оценка «очень хорошо»), что чуть-чуть не дотянуло до оценки «отлично». Несколько хуже (IRI=1,25 мм/м), но все равно тоже с оценкой «очень хорошо» оказалось среднее значение ровности покрытия на участке автодороги «Кола».

Важно также то, что однородность этих показателей качества на обоих объектах (коэффициенты вариации 0,137 и 0,165) представляется вполне приемлемой, по крайней мере, в сравнении с однородностью показателя ровности под 3-метровой рейкой (коэффициент вариации 0,800). Хотя при отсутствии в России нормативных значений коэффициентов вариации для показателя ровности такая оценка однород-

ности кому-то может показаться субъективной.

В дорожной отрасли любой страны среди множества важных и нужных показателей качества можно выделить два основополагающих (в какой-то мере, может, даже фундаментальных или главных среди важных) показателя общего качества дороги — плотность материалов и слоев, из которых она устроена или сложена (грунт, щебень, асфальтобетон) и ровность покрытия, от которых зависят или с которыми связаны в той или иной степени другие показатели качества. Многие из этих других обеспечиваются как бы автоматически при достижении требуемых физико-механических или технических (плотность) и функциональных (ровность) показателей дороги. Поэтому крайне важно, чтобы дорожник освоил азы, а затем и «высшую математику» практической реализации высших показателей качества уплотнения и ровности покрытия. После этого он может считать себя состоявшимся профессионалом (профессор — однокоренное понятие).

При анализе возможностей улучшения однородности свойств и качеств автомобильной дороги в целом и отдельных ее материалов и слоев зарубежные и отечественные специалисты-профессионалы пришли к заключению, что одним из наиболее эффективных путей в достижении подобной цели является усиленное уплотнение этих слоев и материалов. Особенно действенным и заметным является по-

добное уплотнение щебня и асфальтобетона. В частности, считается не только полезным, но и необходимым доуплотнять асфальтобетон почти до степени 1,02 или 102% [3]. Так практически сейчас в США и Канаде устраняют неоднородность уплотнения покрытий.

Обусловлено это тем, что главными причинами неоднородности свойств и показателей качества готового асфальтобетонного покрытия в 50% случаев является слабое и неравномерное его уплотнение, в 30% — неудачный подбор гранулометрического состава асфальтобетонной смеси и в 20% — виновником считается щебень и недоброкачественное его покрытие битумом в мешалке на АБЗ. Не случайно же коэффициенты вариации степени уплотнения кернов ($C_v=0,060\div 0,080$) и отформованных в лаборатории образцов ($C_v=0,020$) так сильно различаются (3–4 раза).

Фирма «ВАД» добилась своих успехов, помимо всего прочего, во многом благодаря грамотно и эффективно налаженной технологии уплотнения грунтов земляного полотна, щебеночных оснований и слоев асфальтобетонных покрытий, стараясь при этом обеспечивать и высокие показатели ровности дороги. Об этом свидетельствуют приведенные в таблице результаты оценки и анализа качества по наиболее важным его показателям.

Тем дорожникам, которые действительно озабочены пока еще недостаточным качеством российских дорог и желают поднять его до современного уровня хотя бы на своих объектах, целесообразно взять себе в помощники нехитрые и не очень сложные для практики вероятностно-статистические методы контроля, обработки, анализа и оценки этого качества.

Список литературы

1. Рокас С. Ю., Римкевичус А. Рекомендации по применению вероятностно-статистических методов в приемочном контроле асфальтобетонных покрытий. Вильнюсский инженерно-строительный институт, 1976, 27 с.
2. Рокас С. Ю. Статистический контроль качества в дорожном строительстве. Транспорт, М., 1977, 152 с.
3. Семенов В. А. Качество и однородность автомобильных дорог. Транспорт, М., 1989, 125 с.
4. Семенов В. А., Мекуришвили Д. Г. Опыт применения статистических методов контроля качества в строительстве и ремонте автомобильных дорог. Транспорт, М., 1988, 47 с.
5. СНиП 3.06.03–85. Организация, производство и приемка работ. Автомобильные дороги. Стройиздат, М., 1986, 111 с.
6. ГОСТ 9128–97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. М., 1998, 17 с.