



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

Об авторе:

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 технологии», выпускаемого уже 10 лет.

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



**Пахаренко Д. В.,**  
инженер-технолог,  
(ЗАО «ВАД», г. Санкт-Петербург)

Об авторе

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 8 научно-практических публикаций.

## ИННОВАЦИИ ДЛЯ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ РАБОТ И ОБЪЕКТОВ ЗАО «ВАД»

Одной из давних и почти что извечных проблем или бед России являются дороги, причем как их количество (недостаточная сеть), так и низкое качество. Для решения первой задачи (количество) нужны государственные и частные инвестиции, а второй (качество) — главным образом инновации.

В словарях русского языка советских времен (1958–1960 гг.) найти можно только понятие «инвестиции», а термина «инновации» в них нет. Зато в английском словаре издания, к примеру, 1938 г. раскрывается смысл правильного употребления отсутствующего термина (innovation — нововведение, innovate — обновлять, делать нововведение, innovator — рационализатор, новатор). Раньше привычнее было слышать «научно-технические разработки, новинки», а теперь — «инновации».

В свое время качественную сторону всего, что выпускалось и возводилось в СССР на заводах, фабриках и стройках, инициатор и «отец» перестройки М. С. Горбачев надеялся поправить повсеместным внедрением так называемой госприемки. Вся страна готовилась к ней, в том числе и дорожники.

Помнится, что накануне введения этой самой госприемки в Министерстве автомобильных дорог РСФСР один из заместителей министра собрал даже специальное совещание главных инженеров всех краевых и областных Автодорогов, отвечающих по статусу за качество дорог, с приглашением некоторых ученых и специалистов. Среди последних был и один из соавторов настоящей публикации.

Обсуждался один вопрос — как подготовиться к госприемке, что нужно сделать, чтобы «не ударить в грязь лицом». После некоторых выступлений, дебатов и предложений нашелся один смельчак (кажется, тогдашний главный инженер Новосибирскавтодора), который призвал присутствующих, вместо разработки очередного плана организационных мер и указаний, просто строить, ремонтировать и содержать дороги в соответствии с нормами и требованиями действующих ГОСТов, СНиПов, инструкций, технических рекомендаций и других документов, что и должно обеспечить требуемое качество. На том это совещание и завершилось.

Действительно, чтобы качественно работать в дорожной отрасли и быть успешным, как отличник в школе, необходим не только контроль в виде, например, госприемки. Нужен системный подход к обеспечению качества, включающий 5

непрерывных и известных всем дорожникам условий:

1) наличие кондиционных в качественном отношении грунтов, материалов, изделий и конструкций (песок, щебень, минеральный порошок, битум, эмульсия, асфальтобетон, трубы, поребрики, столбики, барьерные ограждения и др.);

2) использование современных дорожных и общестроительных машин и установок;

3) применение наиболее эффективных технологических приемов выполнения отдельных операций и работ;

4) наличие современного уровня действующих стандартов, нормативов и требований к качеству с одновременным жестким и бескомпромиссным лабораторным и полевым контролем качества материалов и работ;

5) выполнение строительных или ремонтных дорожных работ профессионально подготовленными и технологически дисциплинированными кадрами рабочих и ИТР.

Следует особо отметить и обратить внимание на то, что даже минимально требуемые, не говоря уже о наивысших, показатели качества дороги будут всегда обеспечены только в случае соблюдения сразу всех 5 указанных условий. Сбой или невыполнение, даже частичное, хотя бы одного из них не позволит получить ожидаемые результаты качества.

В свое время специалисты ЗАО «ВАД» провели детальный творческий анализ уровня и состояния российских норм и требований к качеству материалов и работ, самих применяемых материалов, машин, технологий, методов и средств контроля. Этот анализ высветил целый «букет» конкретных отставаний, несовершенств, недоработок, упущений, противоречий и других недостатков, без устранения которых сегодня невозможно построить новую или капитально отремонтировать эксплуатируемую автомобильную дорогу самого высокого современного уровня качества, соответствующего, например, европейским аналогам. Даже при неукоснительном следовании и пунктуальном выполнении всех требований, правил и норм, изложенных в российских действующих ГОСТах, СНиПах, руководствах, пособиях и других нормативно-технических документах, разработанных по большей части около 20–25 лет назад и потому уже устаревших. Объясняется такая невозможность также накопленной за многие предыдущие годы и пока еще име-

щейся технологической и технической отсталостью нашей дорожной отрасли.

Для того, чтобы фирма с сокращенной аббревиатурой «ВАД» соответствовала и оправдывала в полной мере ее расшифровку (Высококачественные Автомобильные Дороги), требовалось не только выявить анализом упомянутые недостатки и упущения, но и непременно от них избавиться за счет выполнения 5 условий приведенного системного подхода к качеству каждого элемента дорожной конструкции (земляное полотно и песчаный подстилающий слой, основание и асфальтобетонное покрытие) с одновременным использованием целого ряда позаимствованных в других странах или разработанных собственными силами инноваций и усовершенствований.

Детальное рассмотрение всех внедренных и широко используемых в работе ЗАО «ВАД» конкретных технических, технологических и даже нормативных нововведений и изменений, направленных на заметное, а порой и существенно улучшение качественных показателей дорожных объектов, приводится ниже. Но предварительно хотелось бы акцентировать внимание читателя на принципиальных подходах руководства и специалистов ЗАО «ВАД» к выбору наиболее продуктивных и эффективных инноваций и усовершенствований.

Для этого необходимо, прежде всего, уточнить, что означает высокое качество строительства или капитального ремонта автомобильной дороги? Обобщающим критерием высокой оценки работ подрядчика может служить длительная ровность поверхности покрытия дороги, т.е. отсутствие остаточных деформаций или осадок любого элемента или слоя дорожной конструкции, которые возникают под воздействием многократно прикладываемых транспортных нагрузок и природных погодно-климатических факторов (вода, мороз, солнце и др.).

Какой бы красивой, ухоженной или даже «вылизанной» ни была дорога, она не может считаться качественной при появлении остаточных деформаций, просадок и других дефектов на ее покрытии, не говоря уже о разрушениях.

Длительная безосадочная эксплуатация дороги обеспечивается за счет прочности и устойчивости грунтов земляного полотна и песчаного подстилающего слоя (ППС), щебеночного основания и асфальтобетонных слоев покрытия. Реализуется же требуемая прочность и устойчивость, при прочих равных условиях, в основном за счет надлежащего (нормативного или даже выше) уплотнения указанных слоев и материалов.

Поэтому операцию уплотнения принято в дорожной отрасли относить к главной или ведущей, от которой и зависит дальнейшая эксплуатационная судьба автомобильной дороги. Поэтому в фирме «ВАД» этой операции, ее инновациям и особенностям выполнения уделено наибольшее внимание.

Что необходимо для реализации не только требуемого, но и наиболее высокого результата уплотнения? Сначала нужно «знать» и «уметь», а затем «хотеть» и «де-

лать» — таков принцип и практический подход специалистов фирмы.

**Земляное полотно и ППС.** Здесь особых проблем нет, и острых потребностей в каких-либо радикальных нововведениях и усовершенствованиях на российских дорожных объектах пока не требуется. За исключением, может быть, случаев использования для насыпей грунтов особых разновидностей (перевлажненные связные и пылеватые, однородные пески и другие типы) или устройства насыпей в зимнее время, на болотах и на слабых естественных основаниях.

Во всех этих специфических случаях российские дорожники, включая и фирмы «ВАД», знают, как грамотно поступать, используя наработки отечественных ученых и накопленный практический опыт.

К примеру, в Северо-Западном регионе, где по большей части находятся основные объекты ЗАО «ВАД», так же как и в Прибалтике, Поволжье, Республике Коми, Республике Беларусь и особенно в нефтегазоносных районах Западной Сибири, довольно широко и часто встречаются «каверзные» однородные пески, особенно добываемые из-под воды. Их недостаточная прочность на сжатие и сдвиг вместе с плохой уплотняемостью механизированными средствами порождает недостаточную, а порой и просто недопустимо низкую устойчивость любой насыпи из них — ее консолидация (самоосадка под воздействием собственного веса и транспорта) может происходить в течение нескольких лет с общей величиной этой осадки до 15–16% от высоты насыпи.

По этой причине, в частности, гидронамывные со дна Финского залива однородные пески следует признать нежелательными для серьезных дорожных объектов типа кольцевой автодороги (КАД)

Санкт-Петербурга. Невзирая даже на то, что на основе технологических исследований и практического опыта, ранее приобретенного в Западной Сибири, Белоруссии и Прибалтике, сегодня можно сносно решать задачи, чем и как уплотнять такие пески до минимально требуемых норм и каким путем обеспечивать более или менее приемлемую стабильность земляного полотна.

Вообще же действующие в России нормы уплотнения грунтов, несмотря на солидный уже срок с момента их разработки и утверждения, продолжают исправно выполнять функцию инструмента по обеспечению надлежащего качества (прочность и устойчивость) грунтового фундамента под дорожную одежду с отсутствием дефектов и разрушений этой одежды.

Хотя ранее они (нормы) неоднократно подвергались публичным нападкам с «обвинениями» в их либеральности и недостаточной жесткости. Эта либеральность, по мнению некоторых инициаторов таких нападков, являлась основной причиной наблюдавшихся на дорогах СССР деформаций, просадок и разрушений покрытий.

Специальные же и многочисленные обследования дорог с шурфованиями и измерениями показали, что, действительно, заметные неровности покрытия, превышающие допустимые пределы норм, и даже его разрушения могут возникать по вине земляного полотна, но только в том случае, когда плотность грунта оказывается ниже минимально требуемого уровня (ниже коэффициента уплотнения 0,95; рис. 1).

Сравнение наших норм с зарубежными аналогами показывает, что в основе своей они по уровню близки последним. За исключением некоторого различия, которое касается только верхнего

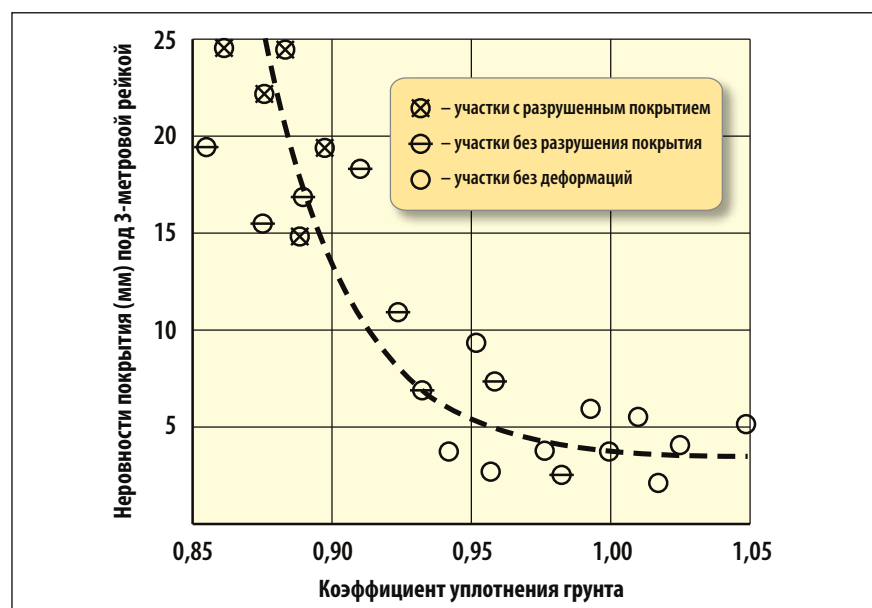


Рис. 1 Влияние качества уплотнения земляного полотна на состоянии покрытия обследованных дорог (ровность, деформации, разрушения)



Рис. 2. Установка ударного нагружения (УДН) малогабаритная переносная для измерения динамического модуля деформации грунта и щебня

небольшого по толщине слоя земляного полотна, находящегося непосредственно под дорожной одеждой (зарубежные нормы здесь чуть выше). Правда, довольно обоснованными поправками и уточнениями выявленное различие было в свое время устранено [1]. К примеру, отечественную норму минимального коэффициента уплотнения грунта в верхнем слое (40 см) земляного полотна для дорог первой и второй технических категорий во II и III дорожно-климатических зонах повысили до 1,0, а для дорог более низких категорий в тех же зонах — до 0,98. К сожалению, эти уточнения и изменения остались пока в виде обычных технических рекомендаций без официального их принятия и утверждения для обязательного соблюдения.

Таким образом, корректировать и ужесточать ныне действующие российские нормы плотности грунтов не было и нет необходимости и целесообразности. Правда, было бы полезно и оправданно дополнить их одной новинкой последнего времени из зарубежной дорожной практики. В частности, в Германии и других странах качество готовых автодорожных и железнодорожных насыпей проверяют по двум показателям или критериям. Во-первых, по плотности и влажности грунта, как это делается во всем мире, в том числе и в России, и, во-вторых, по моду-

лю деформации или упругости, измеряемому довольно простой и удобной, малогабаритной и переносной установкой динамического нагружения, или сокращенно УДН (рис. 2).

Если грунт насыпи уплотнен до необходимых нормативных показателей, а модуль деформации или упругости не соответствует требуемым значениям, он должен быть заменен.

С наличием подобных критериев и норм в России в земляное полотно, к примеру, КАД Санкт-Петербурга или какой-либо другой ответственной дороги гидронамывной одноразмерный песок, очевидно, не попал бы. Не попали бы и другие слабые и некондиционные грунты.

При сегодняшнем многообразии и доступности грунтоуплотняющей техники возможностей реализовывать высокое качество земляного полотна по требуемым нормам уплотнения грунтов у дорожников России вполне достаточно. По большей части эта техника в виде самоходных шарнирно-сочлененных гладковальцовых или кулачковых виброкатков довольно успешно и эффективно справляется со своими функциональными обязанностями.

Затруднения могут возникать только с правильным выбором нужного образца такого катка при его покупке или при на-

значении нужной технологии его использования на конкретном объекте.

Та гамма наиболее часто используемых в дорожном деле типов и разновидностей местных грунтов, производственные и технологические особенности устройства земляного полотна, толщины отсыпаемых слоев и места выполнения операции уплотнения позволяют подрядчикам иметь в своем парке не очень широкий набор таких катков разного габарита и веса. Во всяком случае, чтобы соответствовать основным типам и видам грунтов и работ, достаточны шарнирно-сочлененные модели виброкатков с весом вибровальцового модуля от 5÷6 до 10÷12 т (это главный параметр такого катка, адекватный общему весу прицепного виброкатка). Более крупные и тяжелые образцы с весом вибровальцового модуля до 16–17 т могут понадобиться на устройстве земляного полотна из скально-крупнообломочных грунтов, при прохождении дороги через глубокие болота, во время отсыпки насыпей зимой или из связных грунтов. Более мелкие и легкие грунтоуплотняющие виброкатки нужны для стесненных, неудобных и с небольшими слоями и объемами мест и работ (вес вибромодуля в пределах 2–4 т).

В фирме «ВАД», к примеру, парк грунтоуплотняющих виброкатков с гладкими и кулачковыми (для связных грунтов) вальцами состоит из разных по весу и габаритам моделей, приобретенных в основном у шведской фирмы Дунарас и немецкой Hamn — CA152D (вес вибромодуля 3,7 т), Hamn 3410 (5,7 т), CA252D (6 т), Hamn 3412 (6,7 т), CA302D (8,1 т), Hamn 3414 (8,2 т) и CA602D (12,7 т).

Их эффективное использование на объекте осуществляется в соответствии со специально разработанными практическими рекомендациями по рациональным толщинам отсыпаемых слоев основных разновидностей и типов грунтов для каждого типоразмера катка с указаниями по технологии выполнения операции уплотнения (рабочая скорость, количество проходов). Эти рекомендации доступны всем дорожникам России, так как фирмой «ВАД» они опубликованы [2, 3].

Для обеспечения высокого качества земляного полотна не менее важными, чем грунтоуплотняющие машины, технологии и нормы уплотнения грунтов, являются средства (приборы) и методы контроля этого качества.

Помимо давно ставшего традиционным метода контроля путем отбора из насыпи проб грунта кольцом с последующей их обработкой в лаборатории (высушивание, стандартное уплотнение, определение оптимальной влажности и коэффициента уплотнения), в фирме «ВАД» для этих целей широко используется разрешенный в 90% случаев косвенный метод динами-

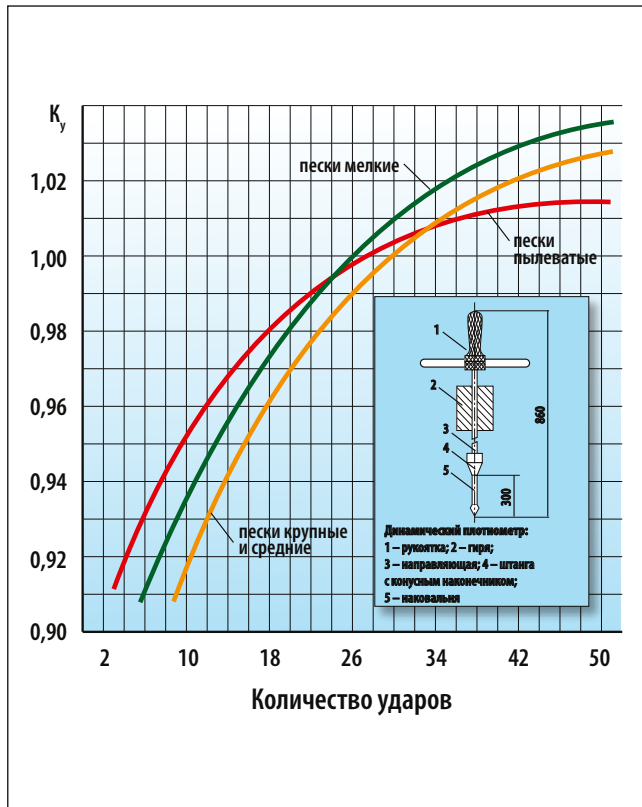


Рис. 3. Динамический плотнотомер-пенетрометр типа Д-51А или ДПУ-Кондор с тарировочным графиком

ческой пенетрации (рис. 3), позволяющий хотя и менее точно, но зато более просто и оперативно контролировать качество.

Кроме того, большинство современных грунтоуплотняющих виброткатков разных стран и фирм сегодня оснащаются специальными измерительными системами с указателями или индикаторами контролируемого качества уплотнения грунта или щебня в относительных безразмерных единицах.

Впервые такое измерительное устройство, принципиальная схема которого показана на рис. 4, было разработано специалистами шведских фирм Дупарас и Гео-Дунамис. По сути своей работы, оно с помощью указателя (индикатора) в кабине катка информирует машиниста об изменениях (рост или стабилизация при отсутствии роста) упругой реакции в виде отдачи уплотняемого материала, которая выражается в большем или меньшем подскоке вибрирующего вальца катка после каждого его удара по поверхности материала.

С повышением плотности, прочности и жесткости упругая отдача материала непрерывно возрастает, пропорционально растут и показания прибора (индикатора). Но с прекращением увеличения плотности и жесткости упругая отдача поверхности, к примеру, грунта стабилизируется или даже несколько сни-

жается, что также фиксирует индикатор в кабине.

С другой стороны, различные типы грунтов и материалов, да еще с учетом их состояния (рыхлый, плотный, влажный, сухой), не могут обладать одинаковыми упругими свойствами (упругой отдачей) и, соответственно, одинаковыми показаниями индикатора плотности. Поэтому ниже даются примерные для ряда грунтов показания индикаторов плотности (в условных единицах), которые соответствуют коэффициентам уплотнения от 0,95 (меньшие значения) до 0,98 (большие):

- скально-крупнообломочные, гравийно-галечниковые и другие материалы с камнями — от 60 до 100;
- гравийно-песчаные и щебеночно-песчаные смеси, песок крупный и средний — от 30 до 60;
- мелкие пески, в том числе с примесью пыли — от 20÷25 до 40÷50;
- пылеватые и глинистые грунты — от 12÷15 до 25÷30.

Многолетняя практика использования в ЗАО «ВАД» таких измерительных устройств на виброткатках подтверждает их полезность и определенную эффективность, что, однако, не исключает необходимости выполнения инженерно-лабораторной службой полевых и лабораторных тестов плотности и влажности грунта кольцевым способом. Они являются всего лишь помощниками машиниста катка в выявлении слабых или плохо уплотненных мест земляного полотна для дополнительной их укатки и в определении мо-

мента завершения работ по уплотнению. Это должно способствовать повышению однородности уплотнения и общего качества возводимых насыпей при одновременном рациональном использовании самого катка.

**Щебеночные и иного типа основания.** Здесь проблем с качеством в дорожном хозяйстве России, как иногда говорят, «хоть отбавляй». Причин много, но главная из них — отсутствие современных научно обоснованных критериев оценки и норм качественного устройства таких оснований, отсутствие методов и средств (приборов, установок) контроля, а, следовательно, и невозможность управлять процессом устройства и обеспечения надлежащего качества основания.

Поэтому уже длительное время на советских, а затем и российских дорожных объектах кто как умеет или считает для себя приемлемым, так и устраивает щебеночные основания. И они по большей части оказываются слабыми, просадочными и служащими источником и причиной быстро возникающих неровностей, а то и просто разрушений покрытия.

Все это в значительной степени не соответствует современным общепризнанным представлениям о достаточно важной и ответственной роли щебеночного основания в обеспечении прочности и долговечности всей дорожной одежды.

А ведь даже в прошлые далекие времена из истории России, когда впервые появились и ширились дороги с использованием камня (щебеночные шоссе по шведскому опыту и образцу в противовес первоначальному грунтовому с тесаными бревнами), технологиям и качеству строительства уделялось подобающее внимание со стороны дорожных органов управления. Так, Министерство путей сообщения царской России в одном из технических документов 1912 г., адресован-

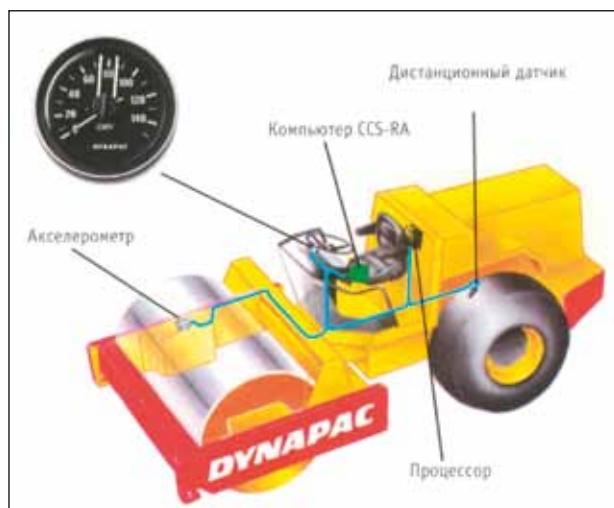


Рис. 4. Система контроля качества уплотнения на катке Дупарас (Швеция)

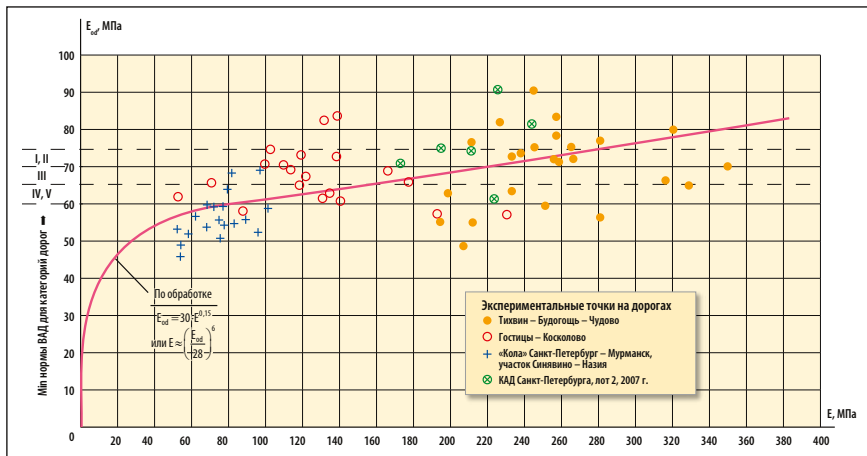


Рис. 5. Экспериментальная взаимосвязь динамического модуля деформации по УДН ( $E_{од}$ ) со статическим модулем упругости щебеночного основания по прогнбомуру ( $E$ )

ных дорожникам с целью повысить качество и осовременить технологию строительства, рекомендовал: «Укатка щебеночной одежды должна производиться до полного ее уплотнения, до тех пор пока брошенная под каток щебенка 1,5 дюйма будет им раздавлена, а не вдавлена в щебеночную одежду».

Поразительное сходство и близость по сути смысла и даже некоторым деталям с текстом п. 7.36 действующего сейчас (почти 100 лет спустя) российского СНиПа [4]: «Качество уплотнения щебеночных, гравийных и шлаковых оснований и покрытий следует проверять путем контрольного прохода катка массой 10–13 т по всей длине контролируемого участка, после которого на основании не должно оставаться следа и возникать волны перед вальцом, а положенная под валец щебенка должна раздавливаться».

Был когда-то в царской России, затем в СССР, а теперь, возможно, где-то и в новой России продолжает использоваться еще один незамысловатый и, если угодно, даже экзотический прием оценки качества устройства щебеночного слоя на дороге с помощью лома — его следует воткнуть в щебень и отпустить, если самостоятельно стоит, значит хорошо, а если падает, значит плохо укатан.

Все эти «старости» живучи, очевидно, по причине отсутствия новых современных методов и приборов контроля. Были бы они у дорожников, про лом и раздавленную щебенку давно бы забыли.

Конечно, дальше нельзя было мириться с таким положением дел в устройстве щебеночных оснований. Необходимо было что-то предпринимать в поисках решения проблемы, чтобы не только избавиться от таких «старостей», но и найти пути существенного улучшения качества этих оснований. Начались поиски современных приборов и устройств еще в фирме «Дорстройпроект» и продолжились

в ЗАО «ВАД» с приобретения в Германии уже упомянутой малогабаритной переносной УДН.

Первые ее практические опробования подтвердили возможность обнаруживать разницу в качестве устройства щебеночного основания через значения динамического модуля деформации, фиксируемого УДН. Однако получаемые результаты не с чем было сравнивать, так как еще отсутствовали нормы на уплотнение щебня.

Этот пробел был устранен посредством одновременного измерения в одних и тех же точках на дороге модулей упругости щебеночных оснований разной степени готовности под укладку асфальтобетонного покрытия, т. е. разного состояния основания по плотности и жесткости, и динамических модулей деформации с помощью УДН. Модули упругости фиксировались учеными СоюздорНИИ (филиал в Санкт-Петербурге) в соответствии с Инструкцией ВСН 46–83 [5].

В итоге была выявлена приемлемая для практических нужд корреляционная связь между значениями этих двух модулей (рис. 5). Затем на основе наблюдений в течение 3–4 лет за позитивным поведением в эксплуатации дорожных одежд с устроенными щебеночными основаниями, а также с учетом тех расчетных значений эквивалентных модулей упругости на поверхности щебеночного основания, которые даются проектировщиками для каждого объекта, были установлены минимально необходимые значения (нормы) динамических модулей деформации  $E_{од}$  по УДН для дорог различных категорий. Эти нормы показаны на графике уже упомянутого рис. 5.

При разработке норм и обосновании возможности их контроля в полевых условиях с помощью УДН учитывались три обстоятельства. Во-первых, что в Европе дорожные основания с динамическим моду-

лем деформации 45 МПа и менее считаются слабыми и устройство на них слоев асфальтобетонного покрытия не допускается.

Во-вторых, применение малогабаритной переносной УДН для контроля качества щебеночных оснований имеет ряд преимуществ перед более громоздкими и тяжелыми устройствами для измерения модулей упругости. По одному из них измерение  $E_{од}$  в одной точке с помощью УДН занимает не более 2–3 мин, а модуля упругости  $E$  — около 40–50 мин.

К тому же, конструкция и применение УДН были одобрены и санкционированы в свое время ГОСТ СЭВ 5497–86 и решениями ряда стран, входивших в Совет Экономической Взаимопомощи (СЭВ). Данная установка теперь выпускается в Германии и успешно используется в дорожных делах Европы и Америки.

И, в-третьих, разработанные нормы не претендуют на всеобщий охват дорожных подрядчиков и заказчиков или всеобъемлющее их распространение. Они разрабатывались исключительно для нужд и объектов ЗАО «ВАД» с целью устраивать более прочные и надежные основания российских дорог. И если целый ряд подрядчиков Санкт-Петербурга и других мест уже последовали примеру ЗАО «ВАД», то это их решение. Фирма может только приветствовать такой шаг и готова оказать помощь в виде консультаций и советов по внедрению этой инновации.

Вообще разработку и внедрение норм и средств контроля качества можно считать первой и достаточно важной инновацией по щебеночным основаниям, но не единственной. Другая новинка фирмы в этой области, способствующая улучшению качества дорожных оснований, связана с заменой традиционно используемого в основаниях фракционированного щебня, укладываемого по способу заклинки, на щебеночно-песчаные смеси (ЩПС) оптимального гранулометрического состава С-4 и С-6 по ГОСТ 25607–94.

Не секрет, что устройство добротного основания из щебня путем его заклинки относится к сложным, трудоемким и достаточно затратным технологическим процессам, особенно при использовании трудноуплотняемого щебня из прочных пород камня [6].

Несущая способность такого основания в значительной степени зависит от качества расклиновки, поскольку с увеличением плотности щебня посредством снижения пустотности и пористости в нем возрастает внутреннее трение и повышается прочность заклинки, или распора щебенки. К сожалению, глубина такой расклиновки составляет всего треть или, в лучшем случае, половину уложенного слоя. Остальная, нижняя, его часть остается в рыхлом и нерасклинованном виде, что и снижает общее функциональное состояние основания.



Рис. 6. Мобильная смесительная установка КМА-200 фирмы Wirtgen



Более приемлемыми материалами для дорожных оснований, по мнению многих зарубежных и отечественных специалистов, являются упомянутые ЩПС, составы которых ЗАО «ВАД» готовит непосредственно в карьере из высокопрочных гранитных или габбро-долеритовых пород камня марки по прочности 1200 и 1400 соответственно.

Из практики применения ЩПС выявлены основные их преимущества и достоинства перед фракционированным щебнем: ЩПС дешевле, технология устройства основания проще, качество уплотнения уложенного слоя основания в целом лучше.

Третья новинка из арсенала внедренных в ЗАО «ВАД» при устройстве дорожных оснований связана с использованием холодной фрезерной асфальтобетонной крошки (гранулята) в виде дополнительных выравнивающих подсыпок слоем от 2–3 до 4–5 см на поверхность основания

из ЩПС. В отдельных случаях такие подсыпки слоем до 6–7 см выполнялись даже укладчиком. Интенсивная последующая их укатка сначала обычными дорожными катками, а затем построечным и транзитным транспортом приводила к повышению общего динамического модуля деформации  $E_{od}$  по УДН до 105–125 МПа (рост на 30÷40%).

Однако есть и другие, более серьезные, случаи использования асфальтобетонной крошки в дорожных основаниях. В частности, на автомобильной дороге М8 «Холмогоры» (Москва — Архангельск) ЗАО «ВАД» предстояло в 2008 г. выполнить капитальный ремонт участка 25 км в районе г. Вельска.

Особенности состояния дороги IV категории на этом участке и конструкции ее дорожной одежды были в том, что чрезмерно изношенное и дефектное асфальтобетонное покрытие из нескольких слоев песчаной смеси общей толщиной 15–20 см покоилось на основании из ПГС толщиной 20–30 см, т.е. основание и покрытие не имели вообще так нужного для будущей дорожной одежды щебня.

Это обстоятельство делало проблематичным использование технологии холодного рециклинга, получившей

известность и распространение по всему миру на подобного рода ремонтных работах. К тому же приобретение довольно крупной и дорогой машины (ресайклера) для реализации этой технологии могло быть оправданным только при ее гарантированной ежегодной загрузке объемом ремонта не менее 20–25 км в течение нескольких лет подряд, чтобы затраты на нее окупались. На это трудно и рискованно было надеяться, о чем свидетельствует опыт эксплуатации в России нескольких ресайклеров фирм Caterpillar, Bomag и Wirtgen. Были и другие, в том числе организационные причины, чтобы отказаться от этой технологии.

Фирмой «ВАД» взамен была предложена и применена другая технология капитального ремонта, в соответствии с которой асфальтобетонная крошка после снятия песчаного покрытия холодными фрезами направлялась на установленную прямо на дороге новую смесительную установку КМА 200 передвижного типа (рис. 6), разработанную немецкой фирмой Wirtgen.

На этой установке 60% крошки дополнялись 40% гранитного щебня фракции 20–40 мм и укреплялись 2,5% вспененного битума марки БНД 60/90. Укладка такой смеси слоем до 13 см в будущее основание дороги выполнялась обычным укладчиком по струне (рис. 7), а ее уплотнение производилось дорожными катками статического и вибрационного типа.

Поверх основания, устроенного из такого укрепленного материала, укладывался



Рис. 7. Укладка в дорожное основание укрепленной асфальтобетонной крошки асфальтоукладчиком по струне



**Рис. 8.** Самоходная машина RB-500 фирмы RMI (США) с рабочим органом виброрезонансного разрушения монолитного цементобетонного старого покрытия

сначала нижний слой покрытия толщиной 7 см из крупнозернистого пористого асфальтобетона, а затем верхний слой 5 см из мелкозернистой плотной смеси типа Б.

Одно из достоинств установки КМА 200 состоит в возможности оперативной ее переброски к любым временным складам крошки, размещаемым вдоль ремонтируемой дороги на расстоянии всего нескольких километров друг от друга. Это, в отличие от известных стационарных смесительных установок такого назначения, базирующихся, как правило, в карьерах или на территориях АБЗ и потому существенно удаленных от объекта ремонта, позволяет значительно сократить транспортные издержки, что делает эту технологию более рентабельной. Причем, быстро перемещаемая всего лишь одним автотягачом трейлерного типа, установка КМА 200 может быть готова к работе уже через 1,5–2 часа после прибытия на отведенную площадку.

Вторым ее достоинством в сравнении, например, с ресайклером следует признать более качественное приготовление укрепленной смеси (более однородная по прочностным свойствам) за счет лучшего перемешивания исходных материалов с вяжущим в мешалке принудительного действия. Кроме вспененного битума в качестве вяжущего в этой установке можно использовать битумную эмульсию с возможными добавками определенных доз цемента. Производительность ее (200 т/ч) вполне соизмерима с производительностью современного АБЗ.

Средние значения статических модулей упругости на поверхности нового основа-

ния, измеренные собственной специально приобретенной в Германии стандартной установкой, оказались равными 172 МПа (по проекту 138 МПа), а на поверхности уже готового покрытия отремонтированной дороги по измерениям МАДИ были в диапазоне 270÷400 МПа при проектном значении 212 МПа.

Все это вместе взятое свидетельствует об успешном практическом освоении фирмой «ВАД» новой технологии устройства прочных, жестких и надежных дорожных оснований с использованием асфальтобетонной фрезерной крошки из изношенных и дефектных покрытий ремонтируемых дорог, укрепляемой щебнем и битумом в немецкой передвижной смесительной установке КМА 200.

Иногда ЗАО «ВАД» приходится искать решения и других схожих технологических задач по основаниям порой в не совсем типичных для нашего времени и большинства российских дорог ситуациях и условиях. В частности, на некоторых капитально ремонтируемых участках федеральных автомобильных дорог М8 (Москва — Архангельск) и А114 (Вологда — Новая Ладога) в Вологодской обл. остались прежние покрытия из монолитного цементобетона.

За десятилетия своей эксплуатации они не только сильно поизносились и разрушились, но и многократно подверглись ежегодной санации и вынужденному текущему ремонту путем перекрытия тонкослойным асфальтобетоном на локальных пятнах и картах.

Совершенно очевидно, что наиболее экономически выгодным, привлекательным

и эффективным методом капитального ремонта таких участков окажется тот, в котором находящийся на дороге цементобетон будет использован для создания современного качественного основания с последующей укладкой новых слоев асфальтобетонного покрытия.

Путь устройства такого основания один — превратить монолитный цементобетон в дискретный щебеночный материал посредством разрушения и дробления толстой и прочной плиты прямо на дороге. Для этого можно задействовать один из известных в мире способов или приемов, в том числе способ виброрезонансного разрушения, осуществляемого американской самоходной машиной RB-500 фирмы RMI (рис. 8). Эта машина уже показала свою пригодность и эффективность на подобного рода работах на некоторых российских, белорусских и украинских автодорожных и аэродромных объектах [7].

Экспериментальная проверка технологии разрушения монолитной цементобетонной плиты указанной машиной и возможности использования образующегося крупнокускового материала для добротного дорожного основания проводилась на двух участках общим протяжением около 350 погонных метров автодороги М8 вблизи г. Грязовец (км 417– км 437).

Цементобетонная плита толщиной до 20–22 см была разрушена за несколько параллельных в продольном направлении проходов RB-500 (а это и было основной целью работы этой машины) на фрагменты образовавшихся кусков от 0–10 до 70 мм (верх плиты) и от 70–80 до 250–300 мм (низ плиты).

Одновременные измерения модулей упругости в нескольких, но одних и тех же местах поверхности разрушенной плиты, выполнялись РосдорНИИ и фирмой «ВАД». Их значения оказались в пределах 123–178 МПа (средний модуль упругости 151 МПа).

Попытка немного подровнять и подуплотнить поверхность основания из вновь образованного дискретного материала парой проходов одновальцового грунтового виброролката, шарнирно-сочлененного с пневмоколесным одноосным тягачом-толкателем, приводила к снижению модуля упругости до 103–117 МПа (в среднем до 109 МПа). Очевидно, за счет разуплотнения материала.

После выравнивания поверхности разрушенной цементобетонной плиты с одновременной коррекцией продольного профиля дороги слоем 18–22 см смеси асфальтобетонной крошки со щебнем и устройства нижнего слоя покрытия толщиной 8 см из крупнозернистого пористого асфальтобетона статический модуль упругости на поверхности последнего имел вполне подходящие и приемлемые для дорожной одежды значения в пределах от 186 до 283 МПа (в среднем 235 МПа без верхнего слоя покрытия).

В итоге, заказчиком (управление федеральной автодороги «Холмогоры»), про-

ективировщиком (Московское отделение ИркутскгипродорНИИ), подрядчиком (фирма ЗАО «ВАД»), наукой (РосдорНИИ) и владельцем машины RB-500 (московская фирма «Би Эй Ви») признано, что эксперимент вполне удался. В соответствии с ним технология превращения монолитной цементобетонной плиты в дискретное основание путем ее виброрезонансного расчленения на крупные и мелкие фракции щебня может быть конкурентоспособной инновацией при выборе метода капитального ремонта автодорог с подобными старыми цементобетонными покрытиями.

Вопрос о средствах и технологических приемах качественного уплотнения дорожных оснований решается в фирме «ВАД» с помощью обычных статических и вибрационных гладковальцовых и пневмошинных катков, применяемых на устройстве как земляного полотна, так и слоев асфальтобетонного покрытия. Но не первых попавшихся «под руку» или случайных, а осознанно подбираемых для конкретных типов материалов (фракционированный щебень, ЩПС, ПГС, асфальтобетонная крошка, цементопесок и др.), их состояния по прочности и толщине укладываемых в основание слоев. При этом специалисты фирмы стараются придерживаться некоторых эффективных правил и условий выполнения этой операции.

Во-первых, крайне важно и необходимо соблюдать принцип адекватности (пропорциональности) статической или вибрационной нагрузки катка типу и состоянию материала (рыхлый или плотный, крупно- или мелкозернистый, связный или дискретный), а также толщине слоя (тонкий выравнивающий, средний или все 43 см ЩПС как, например, на КАДе Санкт-Петербурга).

Нелогично, неадекватно и, главное, вредно использовать на укатке, к примеру, 18–20-сантиметрового слоя ЩПС или ПГС тяжелый одновальцовый грунтовый виброкаток с весом вибророльцового модуля 13–15 т, который способен на сильном режиме вибрации прорабатывать уплотнением земляное полотно из подобных материалов слоем 100 см или даже более. Для 18–20 см вполне подходящим может оказаться каток с вибромодулем в пределах 5–6 т, а для слоя 25–30 см — не более 8–10 т.

Тонкие выравнивающие слои, например, из асфальтобетонной крошки или других мелкозернистых материалов лучше всего уплотнять самоходными пневмокотками.

Во-вторых, всю процедуру операции уплотнения основания следует условно разделить на три этапа или фазы — предварительная (статическая или со слабой вибрацией подкатка рыхлого слоя основания), основная (наибольшая осадка слоя) и заключительная (окончательная доукатка основания с образованием зацементления или распора между крупными частицами материала и с отделкой поверхности при обязательном использовании самоходных ста-

тических катков тяжелого типа). При этом должно производиться поэтапное и постепенное повышение уплотняющих силовых воздействий катка или катков при переходе от предыдущей фазы к последующей. Такое повышение может осуществляться либо за счет смены статического катка на более тяжелый тип, либо за счет усиления режима вибрации у одного и того же виброкатка.

В-третьих, рабочая скорость каждого катка должна быть минимально возможной, но в то же время разумно оптимальной (не менее 2–2,5, но и не более 3,5–4,0 км/ч, т. е. должна быть на уровне скорости пешехода), а общее количество проходов катков по одному следу основания на всех трех фазах уплотнения следует назначать не менее 20–24 (чем больше, тем лучше).

И, наконец, в-четвертых, укатка материала основания не будет эффективной, если фракционированный щебень, ЩПС или ПГС многократно и умеренно обильно, но не чрезмерно, не увлажнять водой, причем именно во время выполнения укатки. Полив водой поверхности основания, выполненный заранее и впрок, менее эффек-

тивен. Увлажнение сухой асфальтобетонной крошки тоже обязательно, но не столь обильное и многократное.

Контроль качества уплотнения дорожных оснований в фирме «ВАД» осуществляется дважды: сначала операционный измерительными системами, смонтированными на работающих на основаниях грунтовых одновальцовых виброкотках фирм Дупарас и Намм, о которых сообщалось в разделе об уплотнении грунтов земляного полотна (см. рис. 4), а затем перед устройством слоев асфальтобетонного покрытия инженерно-лабораторной службой выполняется окончательный, или приемочный, контроль с помощью УДН. Машинисты виброкотков при этом ориентируются на нормативные значения динамических модулей деформации основания по УДН. Но ввиду различий в конструкциях и настройке измерительных систем и самих виброкотков фирм Дупарас и Намм машинисты должны учитывать различие между показаниями индикаторов своих виброкотков и фиксируемыми модулями по УДН (рис. 9).

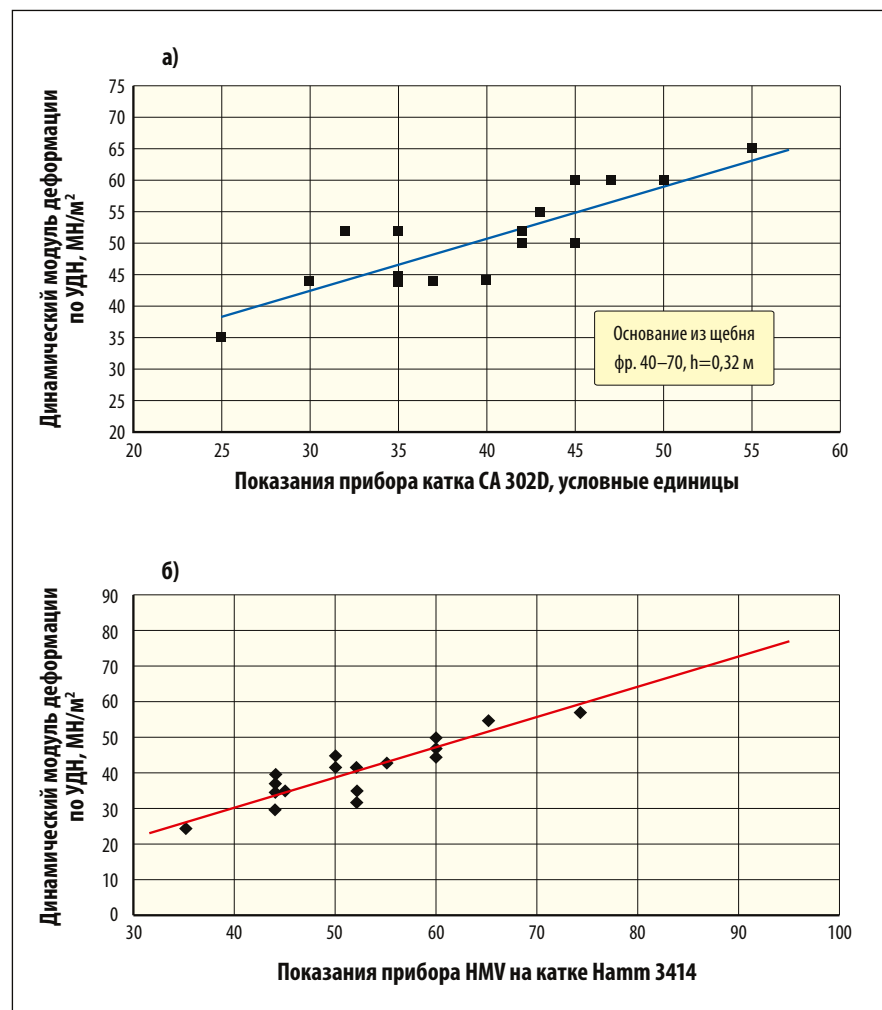


Рис. 9. График для контроля качества уплотнения щебеночного основания по показаниям прибора виброкатка СА302D фирмы Дупарас (а) и Намм 3414 (б)



**Асфальтобетонные покрытия.** В нашей стране еще не забыты те времена, когда характерной чертой эксплуатационного состояния многих дорог была не просто недостаточная, а порой чрезмерно низкая долговечность асфальтобетонных покрытий. Уже года через 2–3, а в некоторых случаях и раньше, на дорогах появлялись сначала отдельные, а в скором времени и многочисленные дефекты и разрушения — трещины, просадки, выбоины и ямы.

Теперь-то большинству дорожников известны основные причины такого неудовлетворительного положения с дорогами — низкосортный, по большей части песчаный асфальтобетон на битумах сомнительного качества и недостаточное его уплотнение. К примеру, в Ленинграде в те годы в отдельных дорожных трестах фиксировалось до 30–35% кернов из покрытий с коэффициентом уплотнения ниже требуемой нормы.

И только после внедрения для верхних слоев покрытий многощелевистых асфальтобетонных смесей, приготовленных из кубовидного щебня габброидных пород камня на ухтинском улучшенном битуме и уплотняемых современными виброкатками по прогрессивной ударно-вибрационной технологии, ситуация с дорогами в Ленинграде, а затем и в Санкт-Петербурге стала заметно выправляться.

Однако вопрос дальнейшего повышения их качества в целом и, в частности, асфальтобетонных покрытий продолжал быть ак-

туальным и остается быть таковым и сегодня. И дорожникам ЗАО «ВАД», как и всей России тоже, предстояло его решать, находя слабые звенья и места для инноваций в сложной и взаимосвязанной цепочке системного подхода к качеству «материалы — машины — технологии — нормы и контроль — кадры».

Одной из наиболее существенных и значимых инноваций по асфальтобетонным покрытиям, освоенной внедрением ЗАО «ВАД» более десяти лет назад, причем впервые не только в России, но и в Европе, стала американская технология устройства таких покрытий с участием дополнительной крупной машины — перегружчика Shuttle Buggy фирмы Roadtec (рис. 10).

Специалистами этой фирмы были выявлены и изучены две причины, на которые ранее не обращали должного внимания, возможно появления на покрытиях дефектных мест или даже преждевременных разрушений асфальтобетона. Обе обусловлены гранулометрической и температурной сегрегацией горячей смеси, возникающей при ее погрузке в автосамосвалы на АБЗ, перевозке к месту укладки и выгрузке в бункер укладчика. Особенно сильно такие сегрегации проявляют себя в случаях использования многощелевистых смесей, ставших преобладающими на устройстве верхних слоев покрытия.

Расслоение смеси в покрытии на локальных местах с более крупным или более мелким щебнем, да еще с разной ее температу-

рой, является препятствием для реализации не только равномерного (однородного по площади), но и минимально требуемого уплотнения по действующим нормам качества.

Фирма Roadtec для устранения этих причин предложила поистине революционное решение, сравнимое по значимости, может быть, с появлением в 30-е годы прошлого столетия плавающего рабочего органа (выглаживающей плиты) на укладчике. В технологический отряд машин по устройству асфальтобетонных покрытий была добавлена тяжелая и мощная машина, названная перегружчиком смеси. Она располагается между самосвалом и укладчиком и своим запатентованным перемешивающим устройством если не полностью устраняет, то во всяком случае сводит к минимуму указанные сегрегации, что заметным образом повышает качество и однородность уплотнения покрытия и, как следствие, его долговечность.

Кроме того, такой перегружчик загружает бункер укладчика смесью бесконтактно, что, в свою очередь, ведет к улучшению ровности покрытия.

За довольно продолжительное время практического использования Shuttle Buggy в ЗАО «ВАД» были выявлены и другие положительные его стороны:

- наличие такого перегружателя позволяет осуществлять подачу горячей асфальтобетонной смеси скоростными автосамосвалами фирмы Volvo с хорошим брезентовым укрытием кузовов на расстояние до 150–160 км или делать вынужденные по погодным условиям (обильный и продолжительный дождь) перерывы до 2–3 часов в разгрузке самосвалов и укладке смеси в покрытие; и в обоих таких случаях после пропуска смеси через перегружатель ее температура в покрытии сразу за укладчиком всегда была достаточно равномерной и не ниже 120–125 °С;
- фирма «ВАД» освоила и использует технологию качественного устройства дорожных покрытий из горячего асфальтобетона в неблагоприятных погодных условиях (пониженные температуры воздуха вплоть до –10 °С), что тоже является заслуживающей внимания инновацией; такую технологию можно реализовать только при высокой скорости укладчика (не менее 5–6 м/мин) с интенсивной подачей смеси в его бункер, что без одновременного использования двух перегружателей, поочередно работающих на один укладчик, организовать практически очень сложно или даже невозможно.

И хотя рассматриваемую технологию Shuttle Buggy трудно уже относить к «свежим» новинкам фирмы «ВАД», но не упомянуть о ней с уважением и благодарностью нельзя. Она достойна этого уважения и внимания. Точно так же, как и достойна более широкого использования другими дорожниками (сегодня в России работает не более трех-четыре десятков таких машин, а в одной фирме «ВАД» их 8 шт.).

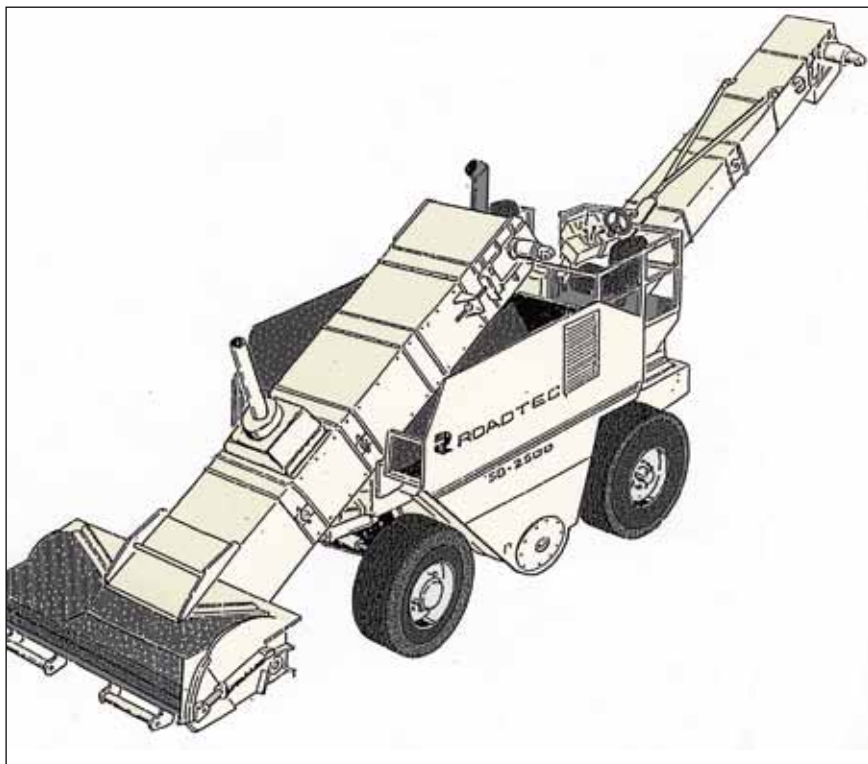


Рис. 10. Перегружчик асфальтобетонной смеси Shuttle Buggy SB-2500 американской фирмы Roadtec

Однако какой бы полезной и эффективной ни была технология Shuttle Buggy, она сама по себе не может решить других аспектов и задач проблемы высококачественного устройства дорожных покрытий. Одной из таких других актуальных задач для России является совершенствование технологии и функциональное улучшение средств уплотнения горячих асфальтобетонных смесей в покрытиях. И это невзирая на то, что российские дорожники, как и дорожники других стран, уже повсеместно используют современную ударно-вибрационную технологию укатки асфальтобетона и имеют доступ к выбору и приобретению любого образца из огромного количества виброкатков разного типоразмера и веса множества фирм и стран.

И одна из задач проблемы как раз и состоит в правильном подборе нужного катка при его покупке или при использовании в конкретных условиях на каком-то объекте со своим типом смеси, вяжущего, толщиной слоя укатки, погодными условиями, технологическими режимами работы виброкатка и др. По этой причине итоговый результат качества укатки виброкатком нередко оказывается низким, а то и попросту плохим (ниже минимально требуемой нормы), если выбран не тот его образец по уплотняющей способности. Действующие до сих пор критерии и принципы оценки уплотняющей эффективности статического катка (общий вес или удельное линейное давление его валцов) не только приблизительны, но и совершенно непригодны для виброкатка из-за неопределенности развиваемых силовых воздействий вибрирующим валцом и неумения их находить. Поэтому нужны были новые научно обоснованные принципы и критерии, базирующиеся прежде всего на классическом сравнении возникающих под валцом контактных давлений и деформаций с прочностными и деформативными свойствами уплотняемого асфальтобетона.

Специалистами ЗАО «ВАД» решен ряд теоретических и экспериментальных задач по определению как общей силы воздействия вибровалца, так и контактных давлений и осадок под жестким статическим или вибрирующим валцом. Разработан обобщенный критерий оценки уплотняющей эффективности (способ-

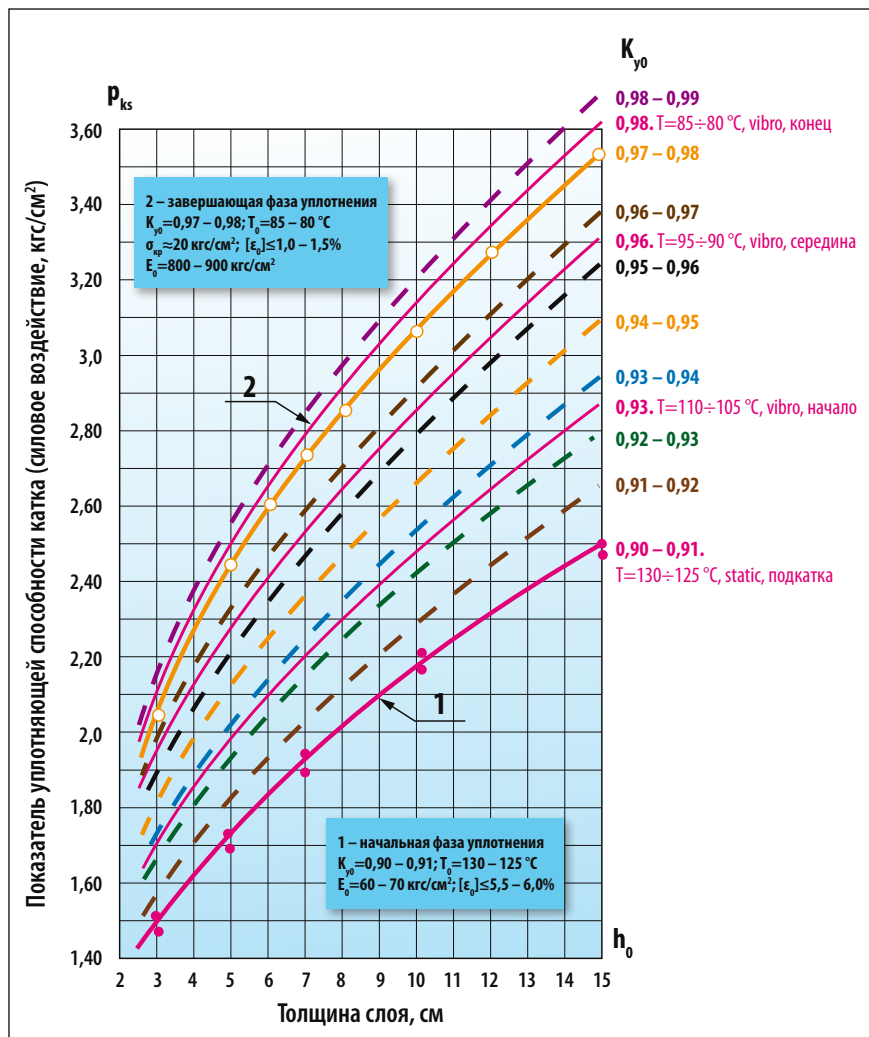


Рис. 11. Оптимальные значения индекса контактных давлений статического гладковальцового катка в зависимости от толщины слоя и плотности щебенитого асфальтобетона типов А и Б

ности) обоих типов катков в виде индекса (показателя) их контактных давлений, учитывающего состояние асфальтобетона по плотности и температуре (они определяют его прочность и деформативность), а также толщину укатываемого слоя (рис. 11).

В практическом плане для каждого из имеющихся в парке ЗАО «ВАД» катков

в соответствии с его индексом установлена оптимальная толщина наиболее качественно уплотняемого слоя, например, многослойного плотного типа асфальтобетона (табл. 1) для любого из режимов его работы (статика, слабая или сильная вибрация). Если реальный слой смеси уплотняемого покрытия близок или в точности

Таблица 1 Уплотняющая способность тандемных виброкатков из парка ЗАО «ВАД» на разных этапах укатки асфальтобетонных смесей типов А и Б

Этап или стадия уплотнения виброкатком	Толщина (см) оптимального слоя уплотнения виброкатком мелкозернистого щебенитого (типов А и Б) плотного асфальтобетона											
	HD75		CC222HF		CC232HF		CC422		DV8.42		HD130	
	слабая	сильная	слабая	сильная	слабая	сильная	слабая	сильная	слабая	сильная	слабая	сильная
Статика (подкатка)	4,5		6,0÷6,5		7,5		7,0÷7,5		6,5		7,5÷8,0	
Начало вибрации	7,0	8,5	8,0	12,0	12	13,5	10,5	>15	11,5	12,5	14,5	>15
Середина вибрации	5,0	6,5	5,5	9,5	9÷9,5	10,5	8,0	>15	9,0	9,5	11,5	>15
Конец вибрации	4,5÷5	6÷6,5	4,5	8,5	8,5	9,5	7,5	14,5	8,5	9,0	11,0	>15
Итоговый результат	5,0	6,5	5,0	9,0	8,5÷9	10,0	7,5	14,5	9,0	9,5	11÷11,5	>15,0

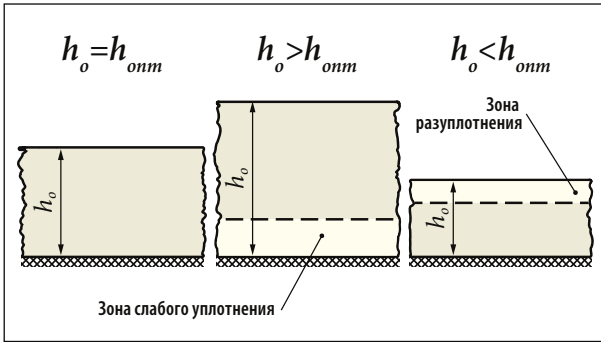


Рис. 12. Схема возможных результатов уплотнения асфальтобетона при несопадении толщин оптимального и реального слоев:  
 $h_{opt}$  – оптимальный слой уплотнения;  $h_o$  – реальный слой

соответствует оптимальной толщине проработки катка, качество укатки покрытия всегда будет наилучшим и без возможных поверхностных дефектов (трещины, сдвиги, неровности). Чем больше разница между толщинами слоев уплотняемого в покрытии и оптимального для катка, тем хуже будет качество укатки (рис. 12). Причем, в одних случаях (реальный слой более толстый) будет наблюдаться недоуплотнение асфальтобетона, особенно в нижней части слоя (требуемые давления катка «не достанут» этого низа), а в других (уплотняемый слой тоньше оптимального) — возникнет опасность перегрузки поверхности асфальтобетона катком с риском появления не только упомянутых поверхностных дефектов, но и снижения общего качества укатки слоя из-за разрушения структуры асфальтобетона (эффект переуплотнения).

Новые подходы в принципах и критериях позволили выявить и осмыслить все плюсы и минусы ударно-вибрационной технологии уплотнения асфальтобетона, в том числе и самих виброкатков. В частности, из-за неравнозначных или неадекватных силовых воздействий виброкатка на уплотняемый слой асфальтобетонной смеси на разных стадиях, этапах или зонах

его укатки (чрезмерные в начальной и не всегда достаточные на заключительной — см. табл. 1, в которой оптимальные толщины слоев катка существенно различаются по этапам) асфальтобетон в конечном своем состоянии может заметно потерять в плотности и прочности.

Поправить обнаруженный недостаток виброкатков можно и нужно, но это дело их разработчиков и производителей. Фирма же «ВАД» для исключения возможного снижения качества

уплотнения покрытий добавила к работающему виброкатку тяжелый статический каток с силовыми параметрами, соответствующими прочности и деформативности асфальтобетона на заключительном этапе его укатки. Эта добавка нужна также для получения более однородного уплотнения.

Теперь прежняя ударно-вибрационная технология стала обновленной и более прогрессивной ударно-вибро-статической, и для ее реализации в состав звена катков за укладчиком обязательно должны входить два разных их типа — вибрационный и тяжелый статический (рис. 13). Причем, последний не только доуплотняет слой асфальтобетона, нивелируя огрехи виброкатка, но и способствует получению более однородного по плотности и прочности покрытия, осуществляя одновременно силовой тренинг асфальтобетона с формированием более прочной (на 20–25%) его структуры. Специалистам известно, что такая структура у асфальтобетона возникает после первых месяцев нагружения покрытия колесами тяжелого транспорта.

Раньше приходилось с тревогой и надеждой ожидать, «будет или не будет» требуемое качество уплотнения асфальтобетона, даже при использовании современ-

ных виброкатков. Теперь в ЗАО «ВАД» знают, что не только минимально необходимые показатели плотности, но и более высокое однородное качество уплотнения будет всегда обеспечено, если применяется и соблюдается новая передовая технология укатки [8].

Еще один аспект обеспечения надлежащего качества асфальтобетона нужно было решать ЗАО «ВАД» при устройстве покрытий на мостах и путепроводах, где применение вибрации для уплотнения запрещено, хотя минимальные показатели качества укатки должны быть такими же, как при использовании вибрации.

В соответствии с потребными индексами контактных давлений катков для предварительной, основной и заключительной стадий статического уплотнения (см. график на рис. 11) ЗАО «ВАД» подбирает необходимые для этих стадий легкий, средний и тяжелые катки из числа имеющихся в парке уплотняющей техники и решает эту задачу необходимой работой всех трех катков (общее количество проходов этих катков должно быть не менее 20–24).

Результаты уплотнения асфальтобетона таких отрядам катков при соблюдении рациональных температур смеси свидетельствуют (рис. 14), что можно избежать нежелательного недоуплотнения покрытия и преждевременного его разрушения, столь характерного для многих мостов и путепроводов России.

Такой же подход использовался и при статической укатке покрытий из щебнемастичного асфальтобетона (ЩМА), устроенных ЗАО «ВАД» в 2008 г. на целом ряде объектов в Санкт-Петербурге (Невский пр., Смольная наб., ул. Хо Ши Мина, лоты 4 восточного полукольца и 2 юго-западного полукольца КАД) и на автодороге М8 «Холмогоры» в Вологодской обл. (участок км 510 — км 530).

Еще одна инновация довольно принципиального характера для устройства асфальтобетонных покрытий разработана и широко внедрена в повседневную практику фирмы. Речь идет об особом способе уплотнения довольно быстро и часто разрушаемого

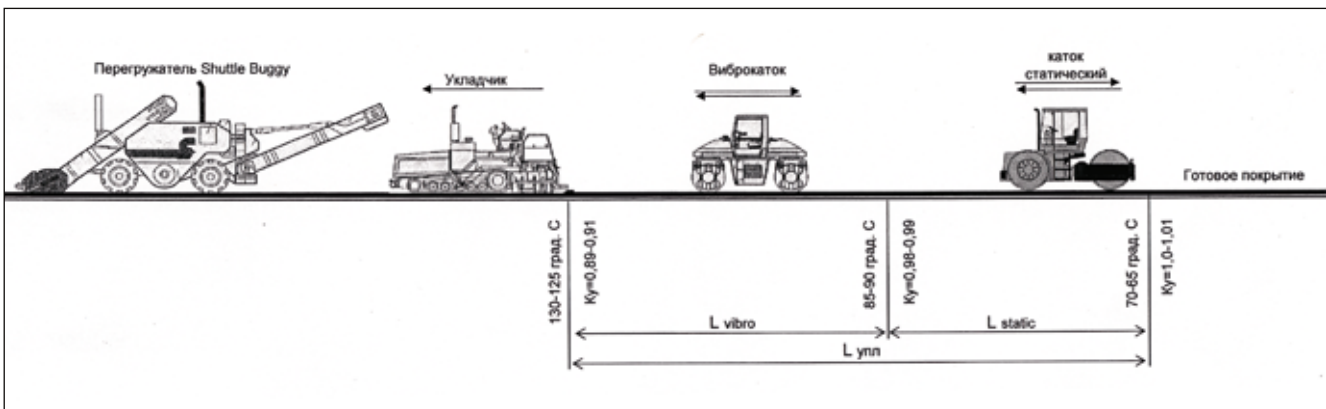


Рис. 13. Технологическая схема укладки и уплотнения асфальтобетонного покрытия на объекте ЗАО «ВАД»

шовного соединения на поперечном и продольном стыке холодных и горячих полос укладки покрытия. Раньше заказчики всегда требовали исключить на ответственных объектах появление таких швов, особенно более протяженных продольных, за счет использования широкозахватных укладчиков или выполнения устройства покрытия параллельно работающими укладчиками со сдвигом 10–30 м по принципу «горячая полоса по горячему шву».

В 1998 г. при капитальном ремонте покрытия Невского пр. Санкт-Петербурга ЗАО «ВАД» вел укладку покрытия на все почти 27–28 м ширины проезжей части проспекта, используя сразу работающими укладчиками, в том числе гусеничный Vögele 2500 Super с шириной укладки 16 м. Но такая схема работы не всегда возможна. И прежде всего при капитальном ремонте загородных дорог, когда нет возможности убрать проходящий транспорт на обездненные пути. В таких случаях укладка нового покрытия ведется на половине проезжей части дороги, и здесь устройство прочного и надежного шовного соединения двух полос покрытия является крайне актуальным и необходимым.

Специалисты ЗАО «ВАД» разобрались в причинах более быстрого разрушения шовных соединений и предложили специальную технологию их уплотнения отдельно выделенным катком по схеме, показанной на рис. 15. Весной и осенью эта технология дополняется малогабаритным газовым разогревателем холодной крошки шва фирмы Abacus (Германия).

Опыт эксплуатации в последние 5–6 лет дорог с устройством продольных и поперечных швов по этой технологии подтвердил правильность и надежность разработанной инновации. Поэтому капитальный ремонт покрытия того же Невского проспекта в 2008 г. уже выполнялся по схеме укладки асфальтобетона не на всей его проезжей части, а только на половине (рис. 16), что упростило технологию и облегчило организацию выполнения работ.

Как уже отмечалось, ровность покрытия дороги является тем своеобразным зеркалом, в котором отражается совокупность качественных показателей всех выполненных работ, включая саму укладку в покрытие асфальтобетонных слоев.

Конечно, высокая ровность не возникает сама по себе. Она готовится еще до устройства покрытия — ведется соответствующая подготовка прочного, жесткого и ровного основания, идет отладка укладчика и режимов его работы, настраивается длинномерная бесконтактная лыжа с ультразвуковыми датчиками фирмы Moba (Германия) для поддержания ровности укладываемого слоя покрытия, подбираются нужные статические и вибрационные катки и их рабочие режимы укатки так, чтобы не только обеспечить высокое качество уплотнения, но и по возможности исключить или снизить чрезмерную раскатку горячей смеси, ее сдвиги и волны накатки. И, конечно же, предусматривается обязательное участие в укладке перегружателя Shuttle Buggy.

Другими словами, ровность покрытия — это тоже своеобразная комплексная инновация ЗАО «ВАД», включающая соблюде-

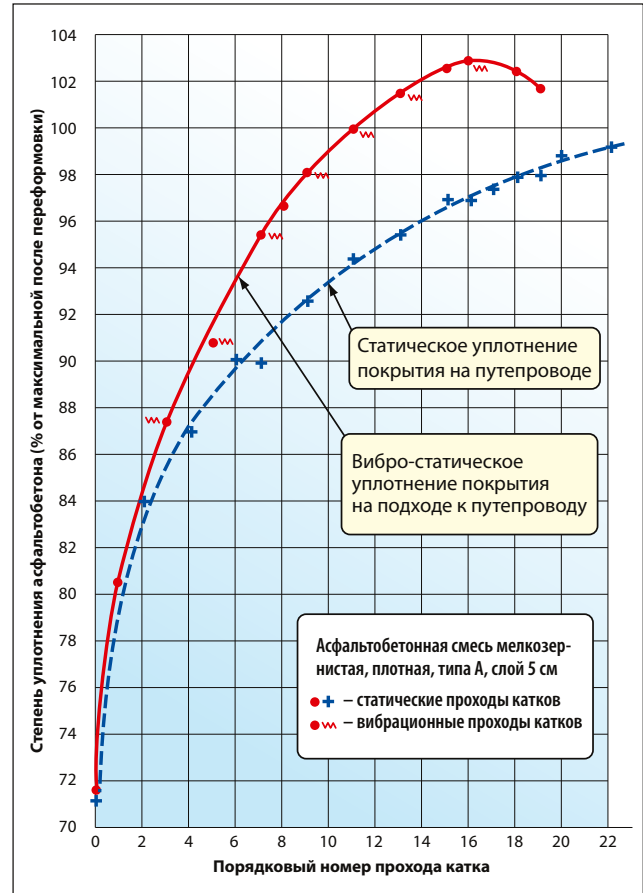


Рис. 14. Динамика нарастания степени уплотнения верхнего слоя покрытия на обычной дороге и на путепроводе после проходов укладчиков и катков (в отряде укладки три разных катка)

ние и выполнение целого ряда или набора определенных мер и технологических правил, условий и настроек, без которых не получить высокой ровности.

Из тех принятых международной дорожной федерацией (IRF) шести оценок ровности покрытия дорог (отлично, очень хорошо, хорошо, средне, удовлетворительно, плохо), каждой из которых

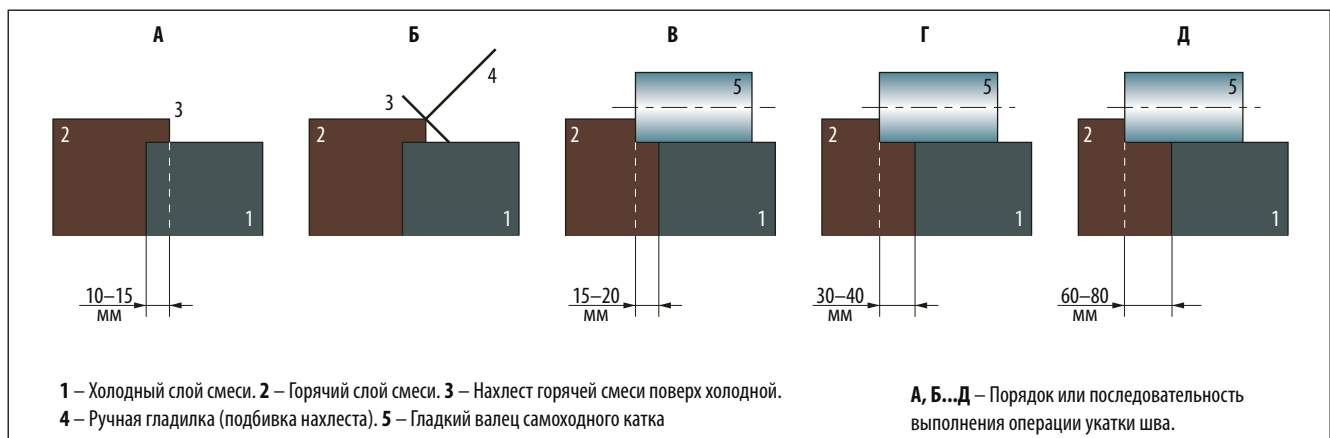


Рис. 15. технологическая схема уплотнения шва на стыке горячего и холодного асфальтобетона отдельно выделенным катком



Рис. 16. Капитальный ремонт покрытия Невского пр. Санкт-Петербурга в 2008 году с укладкой асфальтобетона на половине его проезжей части

соответствует свой показатель или индекс (IRI) измеренной неровности (мм/м или м/км), на объектах фирмы «ВАД» 2008 г. превалируют только оценки «отлично» и «очень хорошо».

В частности, отремонтированное покрытие Невского пр. Санкт-Петербурга (укладывался асфальтобетон на ПБВ60 и ЩМА15) по независимым измерениям микропрофиля поверхности гиросистемой на базе акселерометров и гироскопов передвижной лаборатории НПО «Регион Северо-Запад» получило оценку «очень хорошо» (достичь лучшего качества по ровности помешало наличие множества подземных колодцев и люков).

Такую же оценку заслужили покрытия на пр. Луначарского (от пр. Руставели до Выборгского шоссе) и пр. Просвещения, на Дворцовой и Кутузовской набережных «северной столицы» России, покрытие из ЩМА15 на Смольнинской набережной и лоте 4 восточного полукольца КАД Санкт-Петербурга.

Еще ранее (2007 г.) на «очень хорошо» была оценена ровность нижнего и верхнего слоев покрытий на КАД (лоты 2, 3, 4.1 и 5 восточного полукольца и почти все 13 км лота 2 юго-западного полукольца от Пулковского до Таллинского шоссе), на федеральной дороге «Кола» Санкт-

Петербург — Петрозаводск — Мурманск (участки км 150-км 180 и км 180-км 215). При этом следует заметить, что большинство оценок «очень хорошо» было близко к оценке «отлично». Поэтому вполне закономерно и логично, что покрытия целого ряда других объектов были сработаны на «отлично».

К таким объектам 2003–2007 годов можно отнести Верхнее Приморское шоссе под Санкт-Петербургом (участок Комарово — Зеленогорск), федеральную автодорогу А114 Вологда — Новая Ладога (участки Сомино — Пикалево и Пикалево — Дыми), КАД Санкт-Петербурга (ПК 470 — ПК 485 на лоте 2 юго-западного полукольца) и ряд других.

Но специалисты и рабочие фирмы могут по праву испытывать особое профессиональное удовлетворение за высокую ровность капитально отремонтированного в 2008 г. асфальтобетонного покрытия ВПП одного из аэродромов под Санкт-Петербургом. Асфальтобетон этой довольно широкой и протяженной полосы уложен с коэффициентом уплотнения от 1,0 до 1,02, а поверхность покрытия имеет неровности в пределах 0,93÷0,96 мм/м, что полностью соответствует оценке «отлично».

Есть некоторые основания полагать, что в России найдется не так уж много аэ-

родромов с такой ровностью ВПП, которую заказчик признал эталонной. Но любопытно не только это, важно знать, как и за счет чего получено или чем была обеспечена отличная ровность. Предпосылками и условиями для этого послужили:

- высокая ровность нижнего слоя ВПП, устроенного тоже ЗАО «ВАД»;
- отсутствие на объекте различных колодцев, люков, труб, поребриков;
- использование нового крупногабаритного гусеничного укладчика Volvo 9820 (ранее типа «Титан» фирмы IR-ABG) с двойным трамбующим брусом и бесконтактной ультразвуковой лыжей;
- бесконтактная и непрерывная загрузка асфальтобетонной смеси в бункер укладчика двумя перегружателями Shuttle Buggy;
- практически безостановочная работа укладчика почти на постоянной скорости;
- для уплотнения верхнего слоя толщиной 7–8 см на ширине полосы укладки 8 м помимо стандартно необходимых и достаточных вибрационных СС 422 (2 шт.) и тяжелых статических катков СС142 (2 шт.) использовались еще два более легких виброкатка HD 75, которые в статическом режиме сразу за укладчиком вели предварительное подуплотнение слоя с тем, чтобы его осадка под следующим виброкатком СС 422 не была значитель-

ной с возможным появлением нежелательных сдвигов, волн, накатов и бугров, ухудшающих ровность.

И все-таки, фирменным знаком или эталоном качества и визитной карточкой ЗАО «ВАД» остается ровность покрытия автодороги «Кола» на двух участках ее капитального ремонта в 2003–2004 гг. (км 110 — км 132 и км 132 — км 150), на которых специализированная лаборатория МАДИ зафиксировала IRI в пределах 0,69–0,77 мм/м. И столь же стабильной и отличной эта ровность пока оставалась и в 2008 г.

Относительно уровня действующих сейчас российских норм на качество уплотнения асфальтобетонных покрытий, оказывающих одно из решающих влияний на общее состояние наших автомобильных дорог, а также относительно методов и средств лабораторного и полевого контроля этого качества у специалистов ЗАО «ВАД» есть некоторые вполне определенные суждения, замечания и пожелания.

Главное — минимально требуемые значения коэффициентов уплотнения 0,99 (для асфальтобетона из плотных смесей А и Б) и 0,98 (из плотных смесей типов В, Г и Д) способны и дальше исправно выполнять свое предназначение по обеспечению минимальных показателей прочности и устойчивости покрытий. С этой точки зрения нет никакой надобности или потребности в их пересмотре или корректировке. Однако при условии двух принципиальных дополнений.

Во-первых, независимо от нашего желания или взоров к небесам тестируемые по отбуренным асфальтобетонным кернам результаты качества уплотнения покрытия бывают, как правило, с определенным разбросом: в одних случаях довольно солидным, в других — поменьше. Это вероятностно-статистические закономерности срабатывают для случайной совокупности выборки кернов [9].

И характеризует такой разброс степень однородности тестируемого качества (в частности, плотности асфальтобетона). Чем меньше разброс, тем выше однородность качества и тем лучше для покрытия, т.е. оно качественнее и может бездефектно дольше служить.

Оценивается однородность любого качества (плотность, прочность, модуль упругости, ровность и др.) коэффициентом вариации (или разброса) показателя этого качества. Зарубежные и отечественные специалисты не без оснований утверждают, а опыт фирмы «ВАД» это подтверждает, что за счет повышения однородности дорожной одежды по одному только показателю упругого прогиба (снижение коэффициента вариации в 2–3 раза) можно добиться увеличения срока ее службы до 1,5–2 раз. В ЗАО «ВАД» гарантия бездефектной службы покрытий доходит до 7–8 лет.

Разве это не резерв для повышения общего состояния российских дорог? Причем, эта инновация не требует специальных или существенных финансовых затрат. Поэтому действующие нормативы на качество уплотнения асфальтобетонных покрытий целесообразно дополнить нормативными значениями коэффициента вариации, что обеспечит большую их однородность и повышенную долговечность.

Во-вторых, методология и приборы лабораторного формования асфальтобетонных образцов или переформовки кернов и вырубков из покрытия, используемые при подборе составов смесей и для определения качества уплотнения покрытий (коэффициентов уплотнения), должны быть заменены на новую методику и современный гирационно-вращательный прибор, широко теперь применяемые во многих странах взамен метода и прибора Маршалла.

Использование в лабораторной практике отечественной дорожной отрасли в течение более полувека статического пресса, а для многощелебистых смесей еще и с добавкой вибростолы, настолько далеко от реальной физики и механики процесса деформирования асфальтобетона колесами транспорта и вальцами катка в покрытии, что подобранные составы смеси порой очень сложно и трудно уплотнить на дороге. А ввиду того, что пониженные значения плотности переформованных в лаборатории образцов используются в знаменателе при определении коэффициентов уплотнения кернов из покрытия, значения последних получаются завышенными и очень часто соответствующими нормам (сами себя обманываем).

В фирме «ВАД», всегда стремящейся к высококачественному уплотнению асфальтобетона, коэффициенты его уплотнения, очевидно, по этой причине достигают не совсем понятных или даже чуть ли не фантастических значений: у пористых смесей до 1,03–1,05, а у плотных до 1,02–1,03. Конечно же, здесь нужно навести порядок.

Кроме традиционного последовательного отбуривания кернов с лабораторной их обработкой и переформовкой, никаких других полевых методов и приборов, и прежде всего оперативных и достоверных, на российских дорожных объектах пока еще не появилось. Правда, в последнее время в зарубежных странах вместо радиометрических приборов фирмы Troxler стали использоваться несколько новых разработок полевых устройств электромагнитного принципа действия.

Одну из таких новинок той же фирмы Troxler (прибор Pave Tracker Plus 2701-B) приобрело ЗАО «ВАД» и уже в течение почти трех лет использует в качестве инструмента оперативного управления технологией выполнения операции уплотнения по принципу «лучше-хуже». Специалисты

фирмы «ВАД» полагают, и не без оснований, что текущий или операционный контроль качества устройства асфальтобетонных покрытий можно с успехом осуществлять также путем или посредством соблюдения наперед заданной технологии его укладки (если технология соблюдается, то и качество уплотнения будет обеспечено).

Изложенный опыт фирмы «Высококачественные Автомобильные Дороги» (ЗАО «ВАД») свидетельствует, что наведение должного порядка даже в одном отдельно взятом подрядном подразделении в нормировании качества и его реализации посредством внедрения инновационных материалов, машин, технологий и средств контроля ведет к существенному улучшению эксплуатационного состояния российских дорог с повышением общей их долговечности, в том числе и гарантийных сроков до международных норм (7÷8 лет). И этот опыт может служить наглядным практическим примером не только для других подрядчиков, но и для дорожной отрасли в целом.

## Литература

1. Васильев Ю.М., Костельов М.П. Методические рекомендации по уточнению норм плотности грунтов насыпей автомобильных дорог в различных региональных условиях. СоюздорНИИ, М., 1988, 20 с.
2. Костельов М.П. Возможности и эффективность уплотнения виброкатками грунтов различного типа и состояния. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии». 2004, с. 72–82.
3. Костельов М.П. Опять о качестве и эффективности уплотнения различных грунтов современными виброкатками. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии», 2008, с. 12–19.
4. СНиП 3.06.03–85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. ЦИТП, 1986, 112 с.
5. ВСН 46–83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Транспорт. М., 1985.
6. Руководство по строительству оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов. СоюздорНИИ, М., 1999, 89 с.
7. Мозговой В.В., Мерзликин А.Е. и др. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии». 2007, с. 126–139.
8. Костельов М.П., Перевалов В.П. Новая усовершенствованная технология устойчиво обеспечивает высокое качество уплотнения асфальтобетона. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии», 2005, с. 120–132.
9. Костельов М.П., Пахаренко Д.В. Вероятностно-статистические помощники в оценке и повышении качества автомобильных дорог. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии», 2008, с. 82–88.