



Костельов М. П.,
к. т. н, главный технолог



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

ОПЫТ ФИРМЫ «ВАД» ПО УСТРОЙСТВУ ПЛОТНЫХ, ПРОЧНЫХ И ЖЕСТКИХ ЩЕБЕНОЧНЫХ ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ

В современных условиях при оформлении контракта с подрядчиком на новое строительство или капитальный ремонт дорожного объекта заказчик требует определенного гарантийного срока эксплуатации этого объекта без дефектов и бесплатного (для заказчика) устранения последних за счет подрядчика, если таковые возникнут. Как правило, средний гарантийный срок сегодня не превышает 3–4 лет.

ЗАО «ВАД» на протяжении уже длительного времени дает такую гарантию на срок до 7 лет, хотя в реальной эксплуатации некоторые проспекты, улицы и площади, например, Санкт-Петербурга на-

чинают уже превышать этот гарантийный срок, в течение которого не было истрачено ни одного рубля на ремонты и устранение дефектов.

Особых секретов достигнутого успеха у фирмы «ВАД» нет. Все ее специалисты и рабочие следуют и стараются соблюдать требования и правила действующих ГОСТов и СНиПов, используют современные материалы, прогрессивные машины и установки, передовые технологии. Поэтому возводимые дорожные конструкции и отдельные их элементы (земляное полотно, подстилающие слои, щебеночные основания и асфальтобетонные покрытия) получаются плотными, прочными, устойчивыми и надежными. А можно еще добавить — очень ровными и красивыми.

Ранее, в выпусках каталога-справочника «Дорожная техника и технология» за предыдущие годы, уже освеща-

лись принципиальные подходы фирмы «ВАД» и отдельные детали и особенности технологии высококачественного устройства земляного полотна, подстилающего дренажного слоя и асфальтобетонного покрытия.

Настоящая публикация посвящена практическому опыту надлежащего устройства щебеночных оснований фирмой «ВАД» и собственному решению при этом ряда вопросов по технологии и средствам выполнения этого вида работ, а также актуальной для российской дорожной отрасли проблемы выбора и применения методов, критериев и средств контроля качества таких оснований.

Как известно, дорожное основание вместе с земляным полотно и подстилающим слоем служат своеобразной опорой или фундаментом для асфальтобетонного покрытия. Поэтому оно должно иметь вполне определенные значения прочностных и деформативных показателей с тем, чтобы, во-первых, величины возникающих прогибов дорожной одежды под транспортными нагрузками не превышали допустимых пределов и, во-вторых, чтобы эти прогибы были упругими, т. е. чтобы не происходило накопление остаточных деформаций в основании.

Дорожное основание в готовом виде (перед укладкой слоев асфальтобетонного покрытия) должно представлять собой в некотором смысле плиту определенной жесткости (модуля упругости) с высокой распределяющей способностью и достаточной прочностью на сжатие, сдвиг и растяжение при изгибе, чтобы при равномерной передаче усилий



от автотранспортных средств на нижележащие подстилающие слои и земляное полотно в последних тоже не возникало и не накапливалось остаточных деформаций.

В соответствии с эпюрой распределения давлений колес автомобиля по глубине дорожной конструкции модуль упругости E слоев всей конструкции должен возрастать снизу вверх, а их толщина — пропорционально уменьшаться.

Согласно нормативно-техническим стандартам, требованиям, правилам, указаниям и руководствам (ГОСТ 8267–93, ГОСТ 25607–94, СНиП 2.05.02–85, СНиП 3.06.03–85, ОДН 218.046-2001, «Руководство по строительству оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов» СоюздорНИИ, М., 1999) основания автомобильных дорог в России могут быть устроены из песчано-гравийной смеси (ПГС) природного состава, дробленого гравия, фракционированного щебня, щебеночно-песчаной смеси (ЩПС) оптимального гранулометрического состава, металлургического шлака, черного щебня, из ПГС или подходящего песка, укрепленных органическими или неорганическими вяжущими и т. п.

Но наиболее широко и часто дорожники стараются использовать для оснований местные ПГС и щебеночные материалы, как наиболее доступные, экономичные и технологичные. Это относится и к Северо-Западному региону России, где достаточно много разнообразных каменных материалов (известняк, гранит, базальт, долерит, габбро-диабаз и др.) и где в большинстве своем находятся дорожные объекты ЗАО «ВАД».

Довольно продолжительное время в отечественной дорожной отрасли преобладала технология устройства оснований из фракционированного щебня крупностью 70–120 (реже) или 40–70 мм (чаще) с расклинцовкой его щебнем меньших размеров — 5–10, 10–20 и 20–40 мм.

Несущая способность такого основания в значительной степени зависит от каче-

ства расклинцовки, поскольку с увеличением плотности щебня (снижением пустотности и пористости) в нем возрастает внутреннее трение и растет прочность заклинивания. Расклинцовка способствует не только снижению пустотности и пористости в верхней части щебеночного слоя, но и обеспечивает необходимый «распор» (предварительное сжатие) отдельных частиц щебня, который в некотором смысле подобен предварительному обжатию бетона за счет его напряжения при растяжении арматуры в железобетонном изделии.

В том и другом случае появляется возможность воспринимать некоторую долю растягивающих напряжений при изгибе слоя дорожного основания или железобетонного изделия (балка, плита). Жаль только, что расклинцовка в большей своей части охватывает приповерхностную зону щебеночного слоя, в то время как растяжение при изгибе возникает в нижней его части. Другими словами, метод расклинцовки с поверхности слоя снижает эффективность наиболее важной функциональной работы щебеночного основания как несущего слоя дорожной одежды.

Особенно, когда в такой технологии используется фракционированный щебень из прочных пород камня (марка по дробимости 1000 и более), уплотнение и заклинка которого происходят достаточно трудно и с очень высоким качеством. Об этом свидетельствует многолетний опыт как зарубежных, так и отечественных подрядчиков, в том числе и фирмы «ВАД».

Значительно проще, легче и качественнее устраиваются дорожные основания из фракционированного щебня из менее прочных пород камня (марки 800 и ниже), который при укатке частично измельчается, заполняя пустоты и поры межзернового пространства, с одновременной более плотной и прочной притиркой плоскостей, граней и углов щебенки друг к другу. По существу, при уплотнении такого слоя основания происходит своеобразное частичное превра-

щение фракционированного щебня в ЩПС с лучшей фиксацией и закреплением неподвижного положения щебенки в слое. Это повышает модуль упругости материала и слоя на 25–35% по сравнению с заклиненным щебнем из высокопрочных пород камня.

Очевидно, отмеченное и побудило дорожных соседей из северных стран (Финляндия, Норвегия, Швеция), где преобладают щебеночные материалы из прочных каменных пород, отказаться от устройства оснований из фракционированного щебня с расклинцовкой и перейти на ЩПС оптимального гранулометрического состава. Последние, по мнению зарубежных специалистов, имеют ряд вполне определенных и очевидных преимуществ перед основаниями из фракционированного щебня:

- ЩПС несколько дешевле фракционированного щебня;
- технология устройства основания (укладка, планировка, укатка) проще;
- достигаемое высокое качество уплотнения ЩПС относится ко всей толщине слоя основания, а не только к его верхней части, как это имеет место у оснований из фракционированного щебня;
- ровность поверхности основания из ЩПС, как правило, заметно лучше, что немаловажно для последующей укладки асфальтобетонного покрытия.

В последнее время фирма «ВАД» тоже перешла на укладку в основания плотных ЩПС С4 (чаще) и С5 оптимального грансостава, приготавливаемых из долерита непосредственно в собственном карьере (Республика Карелия). Такие основания уложены в 2004–2005 гг. на целом ряде участков федеральных и территориальных дорожных объектов нового строительства и капитального ремонта — КАД Санкт-Петербурга, врезка Софийской ул. и Витебского пр. в КАД, М8 «Холмогоры» (Москва — Вологда — Архангельск), М18 «Кола» (Санкт-Петербург — Петрозаводск — Мурманск), А114 (Вологда — Новая Ладога) и др.



Рис. 1. Одновальцовый виброкаток СА302D (слева) и трехвальцовый статический каток CS141/142 (справа) фирмы Дупарас на устройстве щебеночного основания кольцевой автомобильной дороги (КАД) Санкт-Петербурга.

Толщины слоев этих оснований, как правило, были не менее 20–24 см, но и не превышали 45 см. Первые укладывались сразу одним слоем заданной толщины с запасом на уплотнение, вторые почти всегда укладывались и уплотнялись в два приема с примерно одинаковой толщиной в каждом из них.

Качество устройства этих оснований обеспечивалось правильным подбором уплотняющих средств, оптимальными режимами и количеством их работы в процессе выполнения операции укатки. В большинстве случаев на объектах «ВАДа» используется три типа катков, последовательно и поочередно выполняющих свою работу — грунтовой одновальцовый виброкаток, шарнирно-сочлененный с одноосным пневмоколесным тягачом, гладковальцовый виброкаток тандемного типа и, наконец, тяжелый гладковальцовый каток статического типа.

Каждый из них должен обладать вполне конкретной статической и динамической уплотняющей способностью, количественно

оцениваемой в фирме «ВАД» показателем или индексом контактных давлений вальца.

В частности, начальное уплотнение каждого слоя уложенной ЩПС поручается выполнять грунтовому одновальцовому виброкатку СА302D (рис. 1) фирмы Дупарас общим

весом 12,8 т с весом вибровальцового модуля 8,3 т (этот вес вместе с величиной центробежной вибросилы и геометрическими размерами вальца и определяет уплотняющую способность виброкатка), либо 3414 фирмы Hamt (рис. 2) общим весом 14,2 т, в том числе вес вибромодуля 8,2 т.

В парке уплотняющей техники ЗАО «ВАД» имеются как более тяжелые (СА602D, общий вес 18,6 т, вес вибромодуля 12,8 т), так и более легкие модели таких одновальцовых виброкатков (СА152D с весом 7,3 и 3,7 т или СА252D с весом 10 и 5,5 т). Однако именно СА302D и Hamt 3414 оказались наиболее подходящими и полезными на слоях ЩПС 20–25 см.

Основная цель работы виброкатка СА302D или Hamt 3414 состоит в некотором начальном подравнении еще рыхлого после укладки и планировки слоя ЩПС и предварительном его подуплотнении путем легкого обжатия (2 прохода без вибрации, затем 2–4 прохода по следу со слабой вибрацией на рабочей скорости не выше 2,5–3 км/ч) с последующим более интенсивным сближением крупных щебенки между собой за счет включения более сильного режима вибрации катка (6–8



Рис. 2. Одновальцовый виброкаток 3414 фирмы Hamt для уплотнения грунтов земляного полотна и щебеночных оснований.



Рис. 3. Этап уплотнения щебеночного основания КАД Санкт-Петербурга тандемным виброкатком HD130 фирмы Hamm.

проходов по следу на скорости около 3–3,5 км/ч).

Использование после этого самоходного тандемного виброкатка HD130 фирмы Hamm (рис. 3) общим весом 14,2 т с широкими (2140 мм) и большими по диаметру (1400 мм) вальцами, имеющего к тому же толстую обечайку вальцов и иные показатели контактных давлений и параметров вибрации (частота колебаний вальца выше, амплитуда меньше, чем у грунтовых виброкатков), способствует лучшему перемещению и упаковке более мелких фракций ЦПС и более качественному доуплотне-



Рис. 4. Самоходный статический каток с поднимающимся передним вальцом (США).

нию приповерхностной зоны слоя, которая после CA302D или Hamm 3414 оказывается несколько менее плотной, чем низ или середина слоя. Этот каток тоже должен совершить не менее 6–8 проходов по следу на рабочей скорости не более 3,5–4 км/ч.

Последним в общей операции уплотнения ЦПС или фракционированного щебня обязательно должен использоваться тяжелый гладковальцовый каток статического типа с контактными давлениями вальцов, превышающими такие показатели предыдущих виброкатков.

Основное его назначение — выполнить окончательное доуплотнение слоя основания и, главное, создать в материале так называемую «расклинцовку» или «распор» за счет силового сближения (сдавливания) и притирки щебенки на контактах, что повышает жесткость слоя основания и модуль его упругости. Для этого каток должен более медленно (скорость не более 2,5–3 км/ч) совершить не менее 12–14 проходов по следу.

Фирма «ВАД» в качестве тяжелой статической модели использует двухосный трехвальцовый каток CS141/142 (рис. 1) фирмы Дунарас с полным водяным балластом в вальцах (вес 13 т, без балласта — 10,8 т). Высокую его эффективность на подобных работах подтверждает двухлетний опыт применения.

В итоге, для устройства плотного, прочного и достаточно жесткого слоя щебеночного основания все три перечисленных типа катков обязаны сделать не менее 30–35 проходов по одному следу, но лучше еще больше.

Вообще же для уплотнения щебеночных оснований могут быть использованы катки иных типов и других фирм (Bomag, Caterpillar, Ingersoll-Rand, Ammann, Vibromax, Stavostroj, Marini и др.). Их только следует подбирать по изложенному выше принципу, что позволит достигать желаемого итогового качества уплотнения.

Примером разумного подхода к укатке щебня может служить своеобразный американский гладковальцовый каток



Рис. 5. Ребристый одновальцовый виброкаток (США).

(рис. 4), у которого дополнительный спереди валец может укатывать основание вместе с двумя другими (основными) тогда, когда слой щебня еще рыхлый и слабый, вследствие чего контактные давления катка должны быть незначительными. Для частично уже уплотненного слоя требуются более высокие давления, и поэтому дополнительный валец поднимается гидроцилиндром, превращаясь в балластный пригруз основных вальцов катка.

В дорожной практике устройства щебеночных оснований в США, видимо, можно также встретить и так называемый ребристый каток (рис. 5), который одновременно с уплотнением щебня производит и некоторое его дробление-измельчение, что способствует повышению плотности и лучшей расклинцовке слоя основания.

Подобным положительным эффектом обладает и решетчатый каток (рис. 6), выпущенный в свое время в Канаде, США и СССР и достаточно полезно работавший на автодорожных и железнодорожных объектах Ленинградской, Мурманской и Амурской (БАМ) областей, в республиках Армения, Карелия, Латвия и Якутия.

Использование вибрационных или статических кулачковых катков, а также их самоходных пневмошинных «собратьев» на укатке основных слоев щебеночного основания малоэффективно и потому нецелесообразно. У первых сравнительно длинные кулачки (100–130 мм) чрезмерно рыхлят слой щебня, особенно когда он еще слабый. У вторых максимальное контактное давление шин незначительно

(не более 6–7 кгс/см²), чтобы продуктивно деформировать (уплотнить) щебень, особенно предварительно уже подуплотненный. К тому же пневмошины таких катков могут получить «ранения» острыми углами и гранями крупных щебенков.

Но пневмоколесные катки достаточно полезны на заключительной стадии устройства основания, когда посредством подсыпок тонких слоев из отсевов дробления или фрезерной асфальтобетонной крошки поверхность основания окончательно выводится под требуемые вертикальные отметки, выравнивается, и на ней ликвидируются локальные загропненные места. Укатку таких тонких слоев из мелкозернистых материалов можно и нужно выполнять как раз пневмошинными катками. Именно так и поступает фирма «ВАД».

Помимо надлежашего подбора соответствующих уплотняющих средств и назначения эффективной технологии их работы крайне важно также правильно оценивать несущую способность щебеночного основания как в процессе его устройства (управление качеством), так и по его завершении (перед укладкой асфальтобетонного покрытия). Без такого контроля возможны серьезные ошибки в принятии правильных технических и организационных решений или, в конечном итоге, может вообще возникнуть опасность получить малопрочную и быстро разрушаемую дорожную одежду, что полезно проиллюстрировать двумя практически примерами.

Один из них касается участков очень грузонапряженных в Санкт-Петербурге пр. Славы и Ивановской ул., на которых фирма «ВАД» в свое время выполняла обновление асфальтобетонного покрытия. Перед ремонтом оно имело значительную колеиность, трещины, небольшие выбоины и другие дефекты.

По истечении 1,5–2 лет на отдельных участках обновленного покрытия вновь появилась колея глубиной 15–23 мм. Заказчик всю вину за это возло-

жил на фирму «ВАД» и потребовал в соответствии с гарантийными обязательствами устранить обнаруженный дефект, что и было сделано.

А между тем, специальные обследования с инструментальными замерами и отбором кернов асфальтобетона из покрытия вне колеи и в самой колее показали, что по вине асфальтобетона возникло только 19% глубины колеи, а в остальных 81% виновата недостаточная несущая способность нижележащих слоев щебеночного основания, подстилающего дреназирующего песка и, может быть, земляного полотна, которыми фирма «ВАД» не занималась по условиям контракта, т. е. они остались прежними и уже, видимо, не выдерживали возросшего потока автомобильного транспорта по интенсивности и грузоподъемности.

Очевидно, использование для слоев покрытия даже асфальтобетона на полимербитумном вяжущем (ПБВ) или щебнемастичного асфальтобетона (ЩМА) вряд ли смогло бы кардинально повысить несущую способность дорожной одежды в целом и предотвратить появление колеи, если щебеночное основание и подстилающий слой слабые. Последнее можно было инструментально обнаружить еще на стадии планирования, подготовки или выполнения ремонтных работ.

Второй пример относится непосредственно к плохо устроенному щебеночному основанию на отдельных участках строившегося обхода одного из городов, расположенного на автомобильной дороге «Россия» (Москва — Санкт-Петербург). По инструментальным замерам состояния щебеночного основания, поверх которого уже укладывался асфальтобетон, динамический модуль его деформации редко был чуть больше 50 МПа, а в отдельных местах не дотягивал и до 45 МПа. Было совершенно очевидно, что асфальтобетонное покрытие на таком слабом основании не сможет долго прослужить.

Так оно и случилось. Практически уже через год экс-



Пневмоколесные катки достаточно полезны на заключительной стадии устройства основания.

плуатации на этом покрытии стали появляться серьезные дефекты в виде трещин, выбоин, просадок и ям, особенно на выходе обхода на основной ход автодороги «Россия» в сторону Москвы.

И таких примеров по федеральной и территориальной сети автомобильных дорог можно было бы привести достаточное количество, чтобы сделать вывод о том, что в российской дорожной отрасли, как и прежде, продолжают устраивать щебеночные основания слабыми, с недостаточной несущей способностью. Хотя соответствующих материалов, технологий, машин и дорожных специалистов, способных и желающих качественно вы-

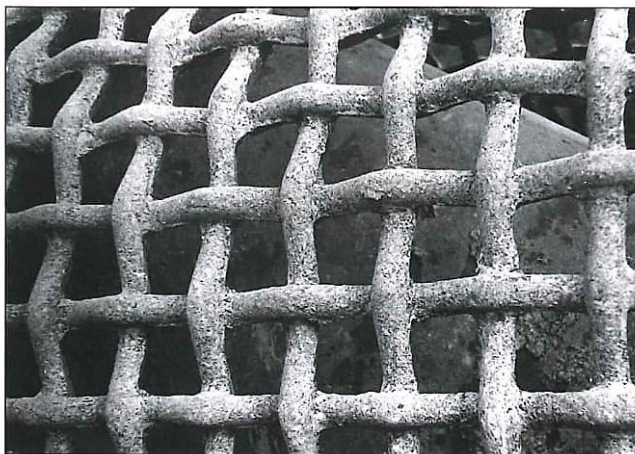


Рис. 6. Фрагмент вальца решетчатого катка, выпускавшегося дорожниками Латвии.



Рис. 7. Малогабаритная установка динамического нагружения (УДН) для измерения модуля деформации на поверхности щебеночного основания.

полнять этот вид работ, в России в достатке.

Нет только обоснованных и узаконенных методов, критериев, норм и полевых инструментов или приборов для количественной оценки качества устраиваемых щебеночных оснований. И сложилась парадоксальная ситуация в российской дорожной

действительности — для контроля качества укладки и уплотнения грунтов земляного полотна, подстилающих слоев и асфальтобетонных покрытий все перечисленное есть, а для щебеночных оснований нет. Какая-то странная дискриминация, вызывающая порой удивление и профессиональный стыд при виде, как в 21 веке контролеры-резиденты инженерного сопровождения строительства некоторых крупных дорожных объектов, в числе которых и кольцевая автомобильная дорога (КАД) Санкт-Петербурга, оценивают готовность щебеночного основания путем подбрасывания под валец катящегося катка отдельных щебенки. При этом никто и никак не учитывает, что щебенка может быть мелкой или крупной, из слабого или прочного камня, дорожный каток тоже может быть легким или тяжелым, а раздавливание щебенки вовсе не свидетельствует о достаточности несущей способности основания и ее соответствии проектному значению.

Ряд подрядных дорожных организаций Санкт-Петербурга, в числе которых фирмы «Дорстройпроект», «ВАД» и другие, Карелии, Татарстана, Кузбасса, Западной Сибири и других регионов и мест взялись самостоятельно, без участия соответствующих руководящих центральных органов, ответственных за научно-технический прогресс в дорожной отрасли, решить эту проблему путем покупки за границей и использования переносных малогабаритных и достаточно удобных установок динамического нагружения (УДН), которые измеряют эквивалентный динамический модуль деформации на поверхности щебеночного слоя с вовлечением, возможно, части подстилающего слоя из дренирующего песка или даже земляного полотна (рис. 7). При диаметре жесткого штампа УДН 300 мм зона его действия достигает глубины примерно 50 см.

Принцип работы и конструкция УДН были разработаны специалистами ряда социалистических стран, входивших

в ранее существовавший Совет Экономической Взаимопомощи (СЭВ), на базе ГОСТ СЭВ 5497–86. Сегодня данный прибор-установка выпускается некоторыми фирмами в ФРГ и успешно применяется дорожниками Германии, Швеции, Финляндии, Норвегии и других стран, а теперь и России.

Судя по записи динамических перемещений штампа УДН (рис. 8), возникающая его и поверхности щебеночного основания осадка является полной или суммарной, состоящей из упругой и остаточной частей. Поэтому рассчитываемый микропроцессором УДН модуль по полной осадке является динамическим модулем деформации E_{od} .

Выделить же по записи перемещений штампа точную величину упругой или остаточной деформации поверхности тестируемого основания не представляется возможным ввиду наличия упругой динамической отдачи основания и дополнительных за счет этого обратных перемещений штампа. Подобная картина наблюдается у трамбующей плиты, сбрасываемой на уплотняемый грунт земляного полотна, и имеет место даже у вальца виброкатка, уплотняющего грунт или асфальтобетон, реальная амплитуда колебаний которого за счет упругой отдачи материала возрастает до 2–2,5 раз по сравнению с номинальной амплитудой.

Модуль упругости на поверхности щебеночного основания можно достоверно получить при соответствующем статическом его нагружении либо жестким штампом (рис. 9), либо колесом нагруженного автомобиля, но только на ветви разгрузки материала, путем медленного ступенчатого понижения нагрузки и регистрации упругой деформации поверхности щебеночного основания.

Ввиду отсутствия в дорожной отрасли России нормативных показателей качества устройства щебеночных оснований, в том числе по значениям модулей упругости, сначала фирма Дорстройпроект совместно с Санкт-Петербургом

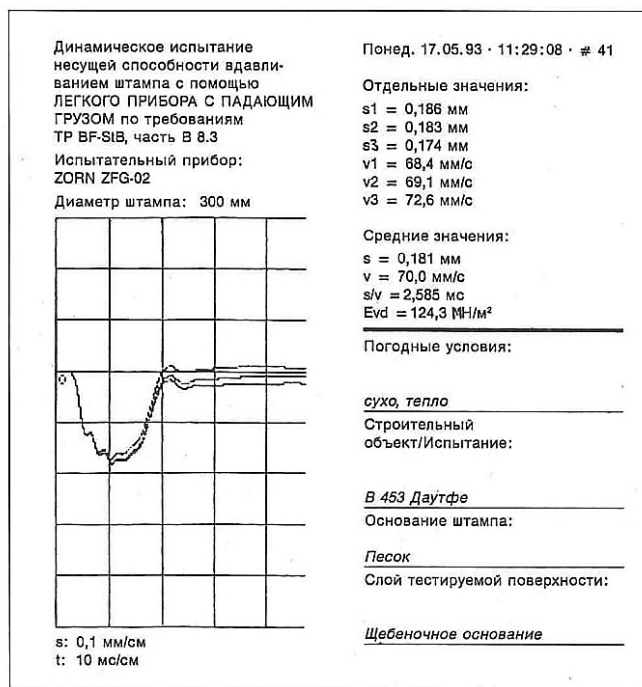


Рис. 8. Пример одной из записей на ленте микропроцессора УДН результатов измерений и расчетов динамического модуля деформации.

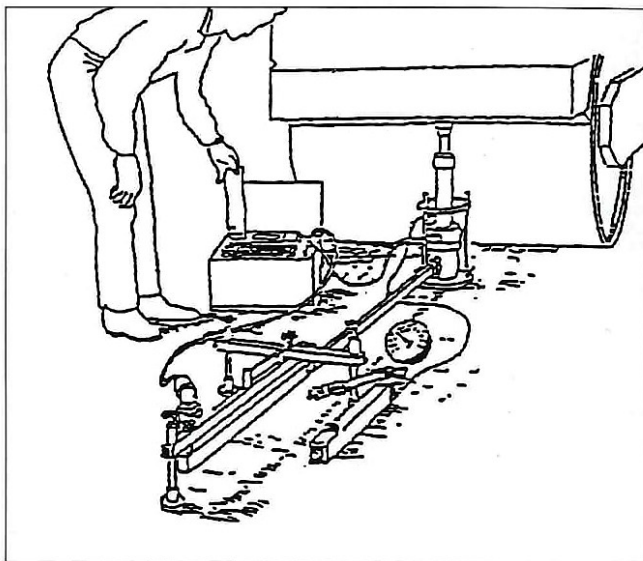


Рис. 9. Схема испытания щебеночного основания жестким штампом с одним индикатором и гидроцилиндром передачи весового усилия дорожной машины.

ским филиалом СоюздорНИИ, а затем и фирма ВАД предприняли усилия по установлению корреляционной взаимосвязи между динамическим модулем деформации E_{od} по УДН и модулем упругости E по прогибомеру под колесами груженого автосамосвала. Такая взаимосвязь была установлена (рис. 10) и дала возможность на основе практических наблюдений и зарубежных нормативных аналогов обосновать ориентировочные требования минимально необходимых пока-

зателей динамического модуля деформации E_{od} щебеночного основания по УДН:

- автомобильные дороги I и II категории — не менее 65–70 МН/м²;
- автомобильные дороги III категории — не менее 65 МН/м²;
- автомобильные дороги остальных категорий — не менее 60 МН/м².

Приведенные и измеренные на реальных основаниях динамические модули деформации E_{od} по УДН с помощью графика или соответствующей ему аналитической зависимости (см. рис. 10) переводятся в модули упругости E на поверхности основания, и они должны быть не меньше того расчетного значения модуля упругости, который заложен в проект данного конкретного объекта для поверхности основания.

Не следует при этом только путать его с приводимыми в нормативных документах (ГОСТ, СНиП, ОДН, Руководство) значениями расчетных модулей упругости материалов, предназначенных для устройства оснований определенных слоями. Этими нормативными модулями пользуются проектировщики для варьирования типами материалов и толщинами их слоев при выборе, конструировании и расчете дорожной одежды в це-

лом и отдельных ее составляющих слоев, в том числе щебеночного основания.

В отличие от России, в нормативных дорожных документах которой указываются расчетные значения модулей упругости только материалов для щебеночных оснований (для ЩПС оптимального грансостава С4 из трудноуплотняемого щебня $E=230$ МПа или МН/м², а для С5 — $E=220$ МПа), в Финляндии, к примеру, действуют нормы на значения статических и динамических модулей упругости уже готового слоя щебеночного основания, причем дифференцированы эти нормы в зависимости от класса или категории дороги и типа асфальтобетона в покрытии. При покрытиях из обычных плотных асфальтобетонных смесей средние значения статических модулей упругости щебеночных оснований должны быть не ниже 210 МН/м² (наименьшее единичное значение не менее 160 МН/м²) на дорогах 1 и 2 класса и 195 МН/м² (наименьшее единичное значение не ниже 145 МН/м²) на дорогах остальных четырех (3–6) классов. Аналогично дифференцированы и параллельно приводимые нормативные значения динамических модулей упругости, которые на 12–15% больше статических.

Значения статических модулей упругости самих материалов для устройства оснований тоже даются в Финляндии, но только в качестве справочных или рекомендуемых. Для хорошо дробленного крупного гравия и щебня, легко и качественно уплотняемых, статический модуль упругости принимают 280 МН/м², просто для гравия рядового, в том числе частично дробленного — 200 МН/м², а для песка крупного и среднего — всего 100 МН/м².

Из приведенных сравнительных данных вытекает, что предлагаемые ориентировочные значения минимально необходимых для щебеночных оснований российских дорог динамических модулей деформации по УДН и соответствующие им средние значения статических модулей упругости (для дорог I и II категории — не менее 220 МН/м², для дорог III кате-

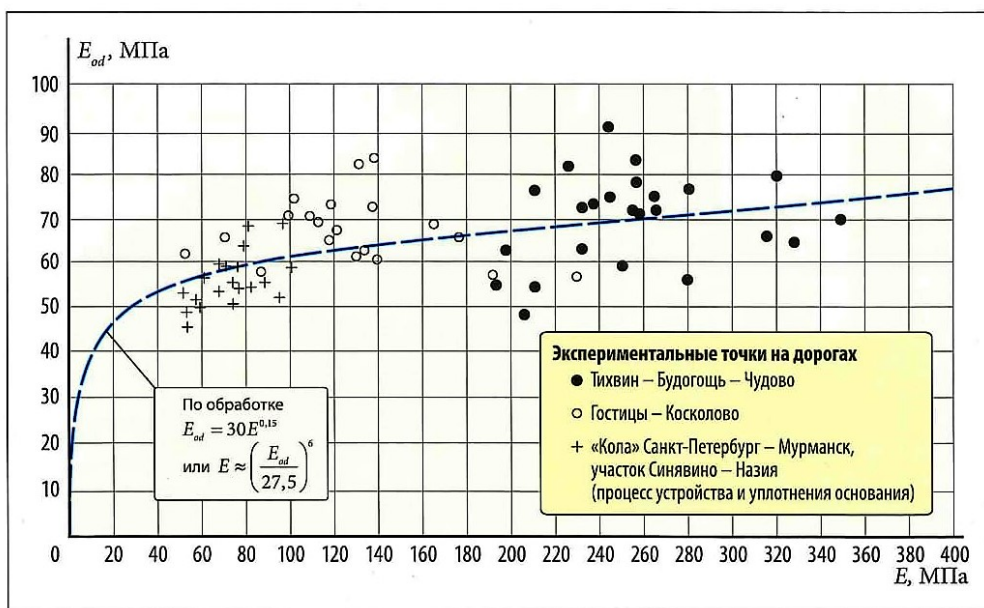


Рис. 10. Экспериментальная взаимосвязь динамического модуля деформации E_{od} по УДН ZFG OY со статическим модулем упругости E щебеночного основания по прогибомеру под колесом автомобиля.

гории — не менее 175 МН/м² и для дорог IV и V категорий — не ниже 110–120 МН/м²) вполне созвучны и близки дорожным нормам Финляндии, за исключением только дорог низших категорий.

Думается, что начатую работу по внедрению УДН малогабаритного типа путем одновременного и параллельного измерения $E_{од}$ и E на реальных дорожных объектах целесообразно дальше продолжать, причем желательно с подключением научных сил отрасли. И по мере накопления экспериментальных данных, в том числе по мониторингу службы щебеночных оснований, можно будет откорректировать и дополнить предложенные нормативные ориентиры по качеству устройства щебеночных оснований.

Кстати, эти нормативные ориентиры позволили сделать работу некоторых уплотняющих средств на объектах фирмы «ВАД» более осмысленной и эффективной. В частности, на используемых на щебеночных основаниях одновальцовых шарнирно-сочлененных виброкатках СА302D Дупарас и Natm 3414 установлены системы контроля относительно качества уплотнения грунтов и щебеночных оснований. Более детально смысл, суть и принцип работы таких систем освещены в каталоге-справочнике «Дорожная техника и технология» за 2001 год.

Фирма «ВАД» производила одновременное измерение динамического модуля деформации щебеночного основания $E_{од}$ по УДН и фиксацию показаний приборов на виброкатках. Установленные соотношения между ними (рис. 11) и ориентировочные нормы позволяли машинисту виброкатка выявлять еще слабые места и участки основания, на которых работа по уплотнению должна быть продолжена и усилена. Окончательная оценка качества устройства основания производилась с помощью УДН после завершения работы всех катков.

В таблице приведены результаты контроля и показатели качества устройства щебеночных оснований на целом ряде дорожных объектов фирмы «ВАД»,

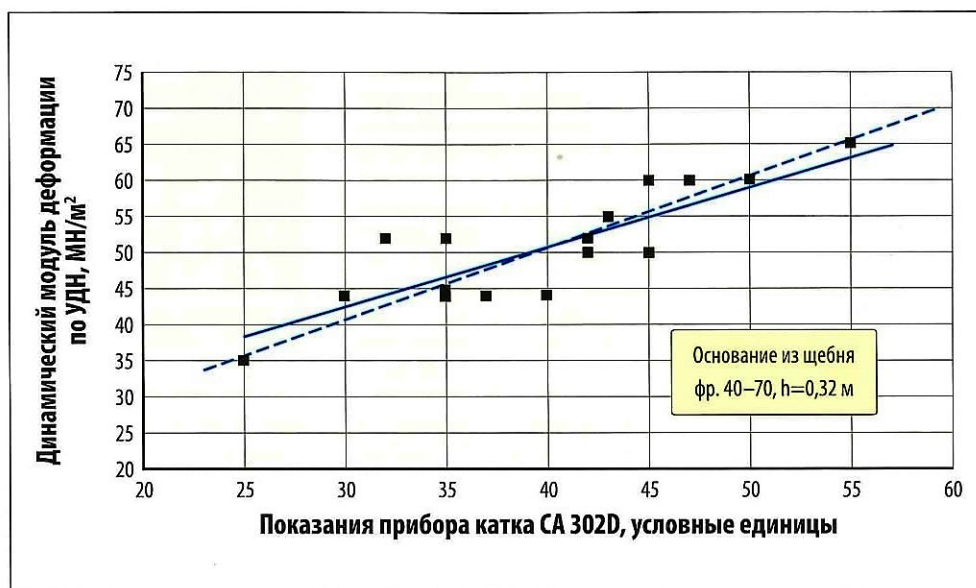


Рис. 11. График для контроля качества уплотнения щебеночного основания по показаниям прибора виброкатка СА302D фирмы Дупарас

выполненного за последние 2–3 года. Причем, на всех этих и других объектах специалисты и рабочие фирмы придерживались и старались достичь собственно разработанных нормативных значений $E_{од}$ по УДН.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что, во-первых, нормативные $E_{од}$ везде достигнуты с использованием имеющихся уплотняющих средств, а на ряде объектов даже превышены, т. е. эти минимальные модули вполне доступны для реализации на практике.

И, во-вторых, высокая плотность, прочность и жесткость устроенных щебеночных оснований дают уверенность фирме «ВАД» в надежности и бездефектной работе дорожной одежды в течение всего выдаваемого гарантийного срока. К примеру, на некоторых отремонтированных участках дорог М18 «Кола» и А114 обеспечены модули упругости на поверхности щебеночных оснований, близкие или равные проектным модулям упругости на поверхности асфальтобетонного покрытия (258 МПа для А114).

В приведенной таблице обращают на себя внимание также два важных факта. Первый относится к участкам автомобильных дорог М8 «Холмогоры», М18 «Кола» и А114, ремонт которых производился без прекращения движения транзитного транспорта. И поэтому

он вынужденно пропускаться по вновь устроенному щебеночному основанию, что давало определенный положительный эффект в повышении на 10–15%, а в некоторых случаях и на 20%, модулей упругости E и деформации $E_{од}$. Такую дополнительную работу транзитного и построенного транспорта следует организовывать всегда, когда для этого есть предпосылки и условия.

Второй факт связан с использованием холодной фрезерной асфальтобетонной крошки для окончательного выравнивания поверхности устраиваемого щебеночного основания и доведения его высотного положения до проектных отметок. Когда выполняемые подсыпки такой крошки не превышают 3–4 см, возражений у заказчика и проектировщика не возникает. Но когда подобные локальные подсыпки больше в 2–2,5 раза, заказчик и проектировщик протестуют, аргументируя последнее возможным снижением несущей способности щебеночного основания в целом.

Подобный случай произошел с фирмой «ВАД» в 2004 г. на одном из участков капитально ремонтируемой автодороги А114 Вологда — Новая Ладога (км 350 — км 380), на котором для локального повышения высотной отмет-

ки и лучшего выравнивания поверхности основания вынужденно был использован слой фрезерной асфальтобетонной крошки толщиной до 7–8 см. По требованию заказчика в этом локальном месте алмазной пилой были аккурратно вырезаны два квадрата размером в плане 305×305–310×310 мм из уже уложенного нижнего слоя асфальтобетонного покрытия толщиной 7 см. Через образовавшиеся проемы в нижнем слое покрытия с помощью немецкой УДН (диаметр штампа 300 мм) были измерены динамические модули деформации E_{od} щебеночного основания с верхним слоем из крошки.

Их значения (113 и 141 МПа) вполне удовлетворили заказчика. Более того, у последнего не было уже сомнений

в 2005 г., когда на продолжении ремонта той же дороги А114 (км 380 — км 405) в местах полной замены дорожной одежды фирма «ВАД» поверх основного слоя основания из ЩПС асфальтоукладчиком устраивала выравнивающий слой из крошки толщиной 6–7 см. Контроль несущей способности такого, в некотором роде комбинированного основания показал достаточно высокий E_{od} по УДН, в среднем равный 105 МПа (min 88, max 127 МПа на 21 точке измерений).

Вообще следует отметить, что при капитальном ремонте загородных дорог (по технологии удаления старого дефектного асфальтобетонного покрытия холодными фрезами с последующей укладкой новых его слоев) образуют-

ся горы указанной крошки объемом до нескольких тысяч куб. м, а в крупных городах ее может быть еще больше. И довольно часто такой ценный материал с содержанием битума расходует нерационально или даже бесхозно (для укрепления обочин, на устройстве пешеходных дорожек в парках, на садовых и дачных участках и т. п.).

В сегодняшней дорожной практике ремонтных работ многих стран получила распространение так называемая технология холодного ресайклинга, когда материал изношенного асфальтобетонного покрытия и слабого щебеночного основания с помощью крупной и мощной холодной фрезы прямо на дороге превращается в кондици-

№№ п/п	Год выполнения работ	Наименование автомобильной дороги	Участок выполнения работ	Материал основания	Уплотняющие средства	Средний динамический модуль деформации E_{od} , МН/м ² *	Средний модуль упругости на поверхности основания E_r , МН/м ²
1	2003	Территориальная Пряжа-Лемитти (Карелия)	км 113 – км 132	щебеночно-песчаные смеси (ЩПС) С5 и С6	дорожные катки – 3 типа	69	250
2	2004	Территориальная Пряжа-Лемитти (Карелия)	км 132 – км 145	ЩПС С4	катки + построечный транспорт	71	270–295
3	2003	Федеральная М18 «Кола» (СПб-Петрозаводск-Мурманск)	км 313 – км 333 (Карелия)	Щебень фр. 40-70 с расклинцовкой	катки + построечный транспорт	65	180–210
4	2005	Федеральная М18 «Кола» (СПб-Петрозаводск-Мурманск)	км 338 – км 354 (Карелия)	ЩПС С4	дорожные катки	70	260–270
5	2005	Федеральная А114 (Вологда-Новая Ладога)	км 380 – км 405 вблизи г. Пикалево Ленинградская обл.	а) ЩПС С4	катки	88	440**
				б) ЩПС С4	катки + построечный и транзитный транспорт	96	520**
				в) ЩПС С4 + 6–7 см фрезерной крошки (выравнивание)	катки + построечный и транзитный транспорт	105	610**
6	2005	Федеральная М8 «Холмогоры» (Москва-Вологда-Архангельск)	6 км, п. Пречистое, Ярославская обл.	А) ЩПС С4 + 3–4 см фрезерной крошки	катки + транспорт транзитный и построечный	87	430**
				Б) 8-10 см черного щебня фр. 40-70	катки	162 (через 3 часа после укладки)	1180**
7	2005	Территориальная Вологда-Вытегра-Медвежьегорск	12 км, п. Октябрьский Вологодской обл.	щебень фр. 40-70 с расклинцовкой	катки + построечный транспорт	72	280–320
8	2005	Федеральная кольцевая автомобильная дорога (КАД) г. Санкт-Петербурга	а) ГК863-ГК888	везде ЩПС С4	везде 3 типа дорожных катков	74	300–380
			б) ГК824-ГК846			70–71	260–295
			в) ГК790-ГК800			67	210–230
9	2005	Врезка Софийской ул. в КАД Санкт-Петербурга	Между Софийской ул. и Южной ТЭЦ	ЩПС С4	3 типа дорожных катков	68	230–240
10	2005	Подъездная дорога на промплощадку будущего автозавода фирмы Тойота (Япония)	≈ 1 км от КАД мимо Южной ТЭЦ	ЩПС С4	3 типа дорожных катков	67	210–230

* Динамический модуль деформации основания E_{od} измерен переносной УДН (Германия).

** Модуль упругости на поверхности основания E_r вычислен по эмпирической формуле Салля А.О. (эксперт филиала СоюздорНИИ, г. Санкт-Петербург) $E_r = 10E_{od} - 440$ (МПа), остальные значения модулей упругости найдены по графику рис. 10.

Таблица. Качество устройства щебеночных оснований на объектах ЗАО «ВАД» в 2003–2005 гг.



Рис. 12. Смесительная установка КМА 200 фирмы Wirtgen для приготовления холодной смеси из фрезерной асфальтобетонной крошки и вяжущих добавок при устройстве дорожного основания.

онный, прочный и достаточно жесткий слой дорожной одежды путем измельчения лежащего до глубины 40–45 см материала, ввода в него небольших порций укрепляющих добавок цемента и битумной эмульсии или вспененного битума, перемешивания этих материалов и добавок с завершающей их раскладкой в виде слоя основания. Более детально эта технология освещена в выпуске каталога-справочника «Дорожная техника и технология» за 2004 г.

До появления такой технологии и холодных ресайклеров укрепление песков, ПГС и щебеночных материалов осуществлялось и продолжает осуществляться в стационарных смесительных установках, у которых помимо известного недостатка (материал с дороги, склада или карьера нужно доставлять к этой установке, а затем возвращать на дорогу, что связано со значительными транспортными затратами) есть одно достаточно важное достоинство — качество перемешивания укрепляемого материала, а соответственно и его прочностные свойства заметно лучше и выше, чем после холодного ресайклера на дороге.

Дорожникам России есть определенный технологический и экономический смысл обратить внимание на новую разработку фирмы Wirtgen, которая демонстрировалась в работе на собственной московской выставке фирмы весной 2005 г.

Речь идет о передвижной смесительной установке КМА 200 (рис. 12), в которой воплощен один из вариантов технологии повышения несущей способности дорожных одежд, занимающий промежуточное положение между стационарными смесительными установками и холодным ресайклером. Установка специально разработана для использования в этой технологии фрезерной асфальтобетонной крошки взамен щебеночных материалов или в комбинации с ними.

В высокопроизводительной мешалке принудительного действия (200 т/ч) этой установки такая крошка тоже укрепляется небольшими дозами цемента и битумной эмульсии или вспененного битума, а при необходимости и просто добавками щебня. Затем она асфальтоукладчиком распределяется в основание ровным слоем (до 20–30 см) с уплотнением обычными самоходными пневмошинными и гладковальцовыми катками статического или вибрационного типа.

Можно отметить следующие достоинства этой технологии и смесительного агрегата КМА 200:

- качество укрепления материала основания заметно лучше, чем после холодного ресайклера;
- высокая мобильность и оперативность переброски с объекта на объект одним трейлерным тягачом (рис. 13) и практически немедленная готовность к работе;

- достаточно хорошая технологическая гибкость и эффективность применения, в том числе на участках небольшого протяжения и объема, включая новое строительство;
- ощутимая экономия на транспортных перевозках материала по сравнению со стационарными смесительными установками (КМА 200 сама один раз прибывает на дорогу к крошке);
- несущая способность основания из укрепленной фрезерной крошки, как правило, оказывается не ниже, а в ряде случаев даже выше, чем у щебеночных оснований, что особенно ценно и привлекательно для регионов и мест с дефицитом добротных каменных материалов.

Если коротко резюмировать изложение, то можно отметить, что первичной основой высококачественного устройства щебеночных оснований, равно, как и земляного полотна, подстилающих слоев или асфальтобетонных покрытий, является операция их уплотнения, обеспечивающая необходимые прочность, устойчивость, надежность и достаточно продолжительные бездефектные сроки эксплуатации дороги в целом, в том числе гарантийные. В этом собственно, помимо всего прочего, и состоит главный секрет успехов фирмы «ВАД».



Рис. 13. Оперативная мобильность установки КМА 200 обеспечивается всего одним автотягачом.