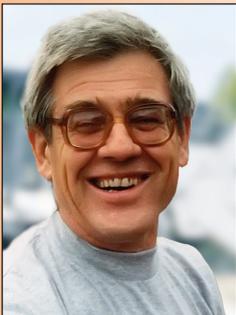


УПЛОТНЯЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДОРОЖНЫХ КАТКОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ



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.

Уплотнение дорожно-строительных материалов относится к одной из ключевых операций в дорожной отрасли. Порой её называют даже главной, потому что все материалы, из которых сложена дорога, доставляются на строительную площадку в рыхлом виде. И чтобы каждый из этих материалов должным образом служил и преждевременно не разрушался, его надлежит соответствующим образом упрочнить и придать ему деформативную устойчивость. Осуществляется это путем выполнения операции уплотнения определенными машинами и средствами по заранее разработанным технологиям и до требуемых нормативных показателей качества.

От качества уплотнения каждого из материалов зависит не только текущее состояние дороги в отдельных локальных местах (наличие трещин на покрытии, его шелушение и выкрашивание, выбоины, ямы и даже провалы), но и общий срок службы дороги в целом. По причине плохого эксплуатационного состояния дорог в России ежедневно гибнет в среднем около 15–20 человек, а вкуче с другими причинами страна теряет в сутки чуть ли не 100 своих граждан, т. е. каждый прожитый нами день в году можно или даже нужно объявлять траурным.

Более качественным уплотнением дорожных одежд (оснований и покрытий) можно не только в ряде случаев сохранить сотни или даже тысячи человеческих жизней, но и существенно увеличить срок службы дорог без ремонтов (до 8–10 лет вместо сегодняшних нормативных 3–4 лет), в 3–4 раза отдалить срок появления недопустимой пластической колеи на покрытиях, снизить эксплуатационные издержки на текущие их ремонты.

Дорожная практика многих передовых стран показывает, что нельзя экономить на операции уплотнения, особенно когда речь заходит о высококачественном уплот-

нении асфальтобетонных покрытий, наиболее нещадно и агрессивно подвергающихся воздействию транспортных средств и природных факторов (солнце, влага, мороз).

К сожалению, сегодняшнее состояние автомобильных дорог целого ряда стран мира, включая и Россию, нельзя признать удовлетворительным. Не менее 50% всех дефектов и разрушений покрытий на этих дорогах, в том числе и непродолжительный срок их службы, обусловлены недостаточным или попросту низким качеством уплотнения дорожно-строительных материалов. Это подтверждает мировая дорожная статистика.

Для решения этой серьезной проблемы в России необходимо ужесточить действующие нормы на качество уплотнения асфальтобетонных покрытий (наглядным примером могут служить благополучные США с практическими итогами выполнения программы SuperPave) и использовать, наряду с новыми наиболее прочными асфальтобетонными материалами (высокоплотные многощебенные смеси на полимербитумных — ПБВ и резинобитумных — РБВ вяжущих, ЩМА и др.), более эффективные технологии уплотнения и самые современные уплотняющие средства и машины.

Вдобавок к этому российской дорожной отрасли, её руководителям, ученым и практикам следует неотложно, не откладывая на потом или «в долгий ящик», решить наконец-то проблему высококачественного устройства щебеночных оснований на наших дорогах, для которых до сих пор нет ни обоснованных критериев оценки, ни узаконенных нормативных требований и показателей качества таких оснований, ни методов и приборов полевого его контроля.

Без разрешения этих задач и проблемы в целом по щебеночным основаниям, во многом теряют свою техническую, технологическую и экономическую эффективность и целесообразность поиски, разработ-

ка и внедрение новых битумных вяжущих, более прочных асфальтобетонных составов, самых современных технологий и средств уплотнения дорожных покрытий.

Говорят, что колесо и деньги — самые полезные и великие изобретения человека. Очевидно, деньги породила торговля, и теперь жить без денег практически невозможно, хотя счастье вовсе не в деньгах. Важно то, что деньги правят миром, а мир крутится вокруг денег точно так же, как и все дороги мира сегодня накручиваются на миллионы колес. И теперь без дорог и колес тоже никак не обойтись.

Идея применения дорожного катка для уплотнения сначала, скорее всего, грунта, а затем и других материалов на дороге возникла, очевидно, при использовании колес на боевых колесницах, вельможных каретах, хозяйственных повозках и телегах.

Деформирование поверхности полосы проезда по дороге колесом с одновременным упрочнением этой полосы натолкнуло сообразительного человека тех времен на мысль о возможном создании специального полезного орудия или инструмента для повышения прочности и улучшения ездовых качеств дороги. Со временем это орудие оформилось в виде известного теперь и довольно широко распространенного дорожного катка.

Скорее всего, так, или примерно так, и зародилась полезная и очень важная технологическая операция в дорожном строительстве, именуемая сегодня уплотнением.

За продолжительное время развития и совершенствования мирового дорожного дела человечество изобретало, создавало и использовало достаточно большое разнообразие прицепных и самоходных катков.

Кроме классического варианта катка с рабочим органом в виде гладкого вальца в дорожном деле многих стран мира можно было обнаружить катки кулачковые, ребристые, решетчатые, сегментные и даже с квадратными вальцами. А в Советском Союзе в свое время был разработан даже трамбующий каток, внутри вальца которого имелись поочередно падающие тяжелые трамбуемые плиты.

Очень плодотворной оказалась идея использовать в качестве рабочего органа дорожного катка автомобильную шину. Такие самоходные пневмоколесные катки до сих пор используются во многих странах на устройстве слоев дорожных одежд, хотя они имеют не очень высокую (ограниченную) уплотняющую способность.

Каждая из упомянутых разновидностей катков служила определенным целям и решала свои технологические задачи при выполнении операции уплотнения. Кулачковый валец имел более высокие контактные давления для уплотнения более прочных связных грунтов, решетчатый одновременно с уплотнением производил дробление прочных комковатых и мерзлых грунтов

и щебеночных материалов, сегментный уменьшал сдвиговую волну материала перед вальцом и увеличивал толщину слоя уплотнения, трамбующий каток улучшал качество и повышал слой уплотнения связных грунтов и т. п.

По характеру силового воздействия на уплотняемую поверхность дорожные катки могут быть *статическими* (пассивное воздействие силы веса рабочего органа — вальца либо пневмоколеса), *вибрационными*, а точнее *виброударными* (активно повторяющиеся циклы переменного динамического воздействия за счет центробежной силы вибровозбудителя вальца совместно с весовой его нагрузкой) и *осцилляторными* за счет совместного воздействия постоянной вертикальной силы сжатия, создаваемой силой веса вальца, и горизонтальной реверсивной силы сдвига, возникающей при крутильных или вращательных колебаниях вальца, периодически изменяющих своё направление, т. е. здесь уплотнение происходит по принци-

пу «реверсивный сдвиг + статическое сжатие», см. рис. 1 [1].

Дорожному строителю или эксплуатационнику чуть ли не каждодневно приходится подвергать уплотнению различные материалы (грунт, щебень, асфальт), да еще в разном состоянии (мелкий, крупный, влажный, сухой, горячий, холодный), что, естественно, отражается на показателях их прочностных и деформативных свойств и делает их отличными друг от друга. Поэтому одним из важнейших и принципиальных условий эффективности этой операции и требуемого конечного высокого качества материала является необходимость *регулирования* силового воздействия катка соответственно состоянию материала, т. е. с учетом его прочностных и деформативных показателей, которые к тому же в процессе уплотнения непрерывно изменяются.

Регулирование уплотняющих нагрузок у статических гладковальцовых катков всегда осуществлялось путем придания нужному образцу соответствующего общего его веса. Поэтому в статической технологии укатки поочередно использовались сначала легкие, затем средние и, наконец, тяжелые типы таких катков. Подобное трехстадийное и постепенное повышение уплотняющей нагрузки приводило к приличному качеству уплотнения материала.

К сожалению, попытки изменять весовую нагрузку одного и того же катка, а соответственно и силу его статического давления в процессе выполнения операции укатки, например, асфальтобетонной поверхности за счет так называемой вакуумной «присоски» (разрабатывалась в Ленинградском политехническом институте по аналогии с вакуумной балластировкой пневмоколесных аэродромных тягачей для буксировки тяжелых самолетов) не привели к положительному практическому итогу.

Единственный разумный и полезный прием регулирования статической уплотняющей нагрузки катка используют сейчас некоторые дорожники, в том числе фирмы «ВАД», когда выполняют заключительный этап уплотнения асфальтобетона статическим двухвальцовым катком CS142 фирмы Дупарас (используется после основной работы по уплотнению виброкатком). Вальцы CS142 можно заполнять водой, увеличивая вес катка с 10,8 т (воды 0%) до 11,9 т (50% воды) и до 13,0 т (100% воды). Такое заполнение удобно производить перед началом рабочей смены по устройству асфальтобетонного покрытия, причем количество воды для заливки зависит от типа укладываемой смеси и толщины её слоя. Это проверено многолетней практикой и не вызывает сомнений и возражений.

Возможность регулирования силового давления пневмоколесного катка на поверхность укатки не очень велика, и поэтому эффективность такой регулировки незначительна. Объясняется это особенностями конструкции шины, спецификой

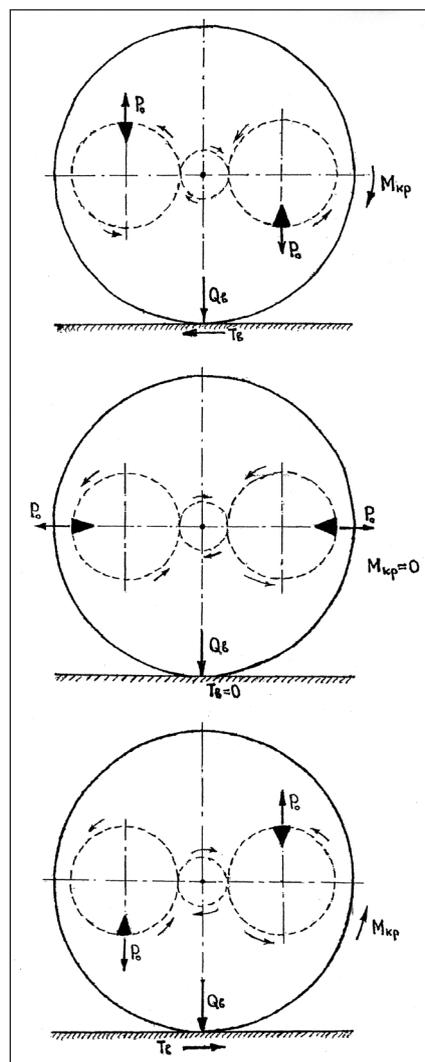


Рис. 1. Схема силового воздействия осцилляторно-го вальца дорожного катка на поверхность уплотнения материала



Асфальтовый каток BW 154 фирмы BOMAG (Fayat Group)

её деформирования и поведения под нагрузкой и ограниченной величиной этой нагрузки предельной грузоподъемностью шины.

И поэтому на ранее широко применяющихся грунтоуплотняющих пневмоколесных катках нагрузка на одно колесо, как правило, была в пределах 3–5 т, а на самоходных моделях, которые продолжают ещё использоваться на уплотнении материалов и слоев дорожных одежд, в том числе асфальтобетонных покрытий — от 1 до 3 т.

Многочисленными исследованиями автомобильных шин и самих дорожных пневмоколесных катков показано, что контактное давление шины на поверхность качения адекватно или близко давлению воздуха в ней. При увеличении или уменьшении общей нагрузки шина однозначно реагирует своим вертикальным смятием, повышая или снижая размер своей контактной площадки с поверхностью качения и практически мало изменяя само контактное давление.

Эксплуатируются современные самоходные модели пневмокатков в большинстве своем при среднем давлении воздуха в шинах (около 4–5 атм), хотя можно установить и максимальное его значение (примерно 7–8 атм, что является пределом для автомобильного пневмоколеса).

В своё время ряд зарубежных фирм и дорожных специалистов СССР (ученые Ленинградского филиала СоюздорНИИ в лице автора настоящей публикации и дорожники Латвии) предпринимали попытки создать для пневмокатка систему регулирования давления воздуха в его шинах с 3–4 до 7–8 атм, которая использовалась бы прямо во время выполнения операции укатки на рабочей площадке. Ничего путного из таких попыток не вышло по двум причинам.

Во-первых, процесс повышения давления воздуха в указанных пределах и сразу во всех шинах катка оказался довольно трудным и продолжительным, очень плохо вписывающимся в технологию выполнения уплотнения, особенно быстро остывающего слоя горячего асфальтобетона. Да к тому же ещё требующего установки на катке довольно мощного воздушно-компрессора.

И, во-вторых, и это, пожалуй, более важно, повышение давления воздуха в шине до 2 раз с примерно таким же ростом контактных давлений пневмокатка не соответствовало росту прочностных показателей самого уплотняемого материала от его рыхлого до плотного состояния (у грунтов этот рост прочности доходит до 3 раз, а у асфальтобетона он составляет даже 4–5 раз). Другими словами, особого технологического смысла и выгоды в такой новинке не было.

Более широкими возможностями регулирования силовых нагрузок и воздействий на уплотняемый материал обладают современные виброкатки. Помимо динамических режимов уплотнения каждый виброкаток имеет чисто статический режим, зависящий от геометрических размеров валцов катка и весовой их нагрузки. Чаще всего такой режим используется для предварительной (перед включением основного вибрационного) подкатки еще рыхлого и слабого материала.

Для реализации соответствующего вибродинамического нагружения рабочий валец катка с помощью вибровозбудителя вовлекается в колебательные периодические перемещения с определенной амплитудой и частотой, которые совместно с массой вальца порождают центробежную силу. Определенная часть этой центробежной силы вместе с весовой нагрузкой катка, приходящейся на валец, и создают об-

щее динамическое воздействие на уплотняемую поверхность.

Регулирование этого общего динамического воздействия достаточно несложно осуществлять за счет изменения центробежной силы, придавая колебаниям вальца различные значения амплитуды и частоты.

Достаточно долгое время дорожники пользуются виброкатками с одним вибрационным рабочим режимом (как правило, малогабаритные, так называемые, тротуарные модели) и с двумя режимами (у большинства более крупных ранее выпускавшихся и сегодня ещё эксплуатируемых тандемных моделей), один из которых можно причислить к слабым вибровоздействиям (малая центробежная сила, меньшая амплитуда и более высокая частота), а другой — к сильным вибронегруженным (центробежная сила больше в 1,5–2 раза, амплитуда тоже в 1,5–2 раза выше при меньшей частоте колебаний).

Схема виброкатка с двумя динамическими режимами воздействия, предложенная в своё время фирмой Дунарас (Швеция, Lars Forssblad [2]), оказалась очень популярной и довольно живучей среди разработчиков виброкатков. Объясняется это, видимо, простотой смены и реализации этих режимов путем обычного реверса вращения дебалансного вала вибровозбудителя вальца. Хотя в функционально-технологическом плане только два виброрежима не могут удовлетворить потребностей дорожников, стремящихся сегодня к более высокому качеству укатки своих материалов.

Появившиеся за последние годы новые изобретения и разработка на их основе устройств для более широкого регулирования амплитуд и частот колебаний валцов позволили создавать на виброкатке 3,5,8 и даже 16 рабочих режимов.

Фирма «Дорстройпроект» (г. Санкт-Петербург), в которой автор настоящей публикации работал главным технологом, приобрела у фирмы Ingersoll-Rand (США) виброкаток DD90HF (вес 9,85 т), который как раз и имел 16 вибрационных режимов работы.

Длительная работа с этим катком показала, что наличие 16 виброрежимов следует признать явным «перебором» фирмы из-за очень мелкого шага изменения значений амплитуды, частоты колебаний и центробежной силы и поэтому возникающих трудностей с выбором режима вибрационной работы катка. Как в дебрях густого леса можно заблудиться, так и мастер на рабочей площадке с машинистом катка без конкретных и точных технологических ориентиров и указаний вынуждены были путаться и все время решать «ребус»,

где, когда и как использовать тот или иной режим из 16 имеющихся.

Очевидно, разумно и оптимально иметь на виброкатке 3–5 различных, но рациональных режимов вибрационного уплотнения с учетом реальной потребности дорожной практики. А это зависит от типов и толщин слоев уплотняемых виброкатком материалов.

В этом плане напрашивается некоторая аналогия, например, с забивкой гвоздей разной толщины и длины. Настоящий мастер — профессионал не станет забивать мелкие (тонкие и короткие) обувные гвозди крупным и тяжелым молотком или использовать этот молоток вместо увесистой кувалды для «пришивки» ж. д. рельса к деревянной шпале.

У хорошего мастера на каждый такой случай есть отдельный оптимальный инструмент. Правда, для дорожника такой подход экономически не годится. Он не может и не должен иметь многочисленный парк уплотняющих средств, каждое из которых предназначено или пригодно лишь для конкретного материала или слоя. Ему целесообразнее и выгоднее обладать минимумом таких средств, но универсальных и с набором различных вибрационных режимов уплотнения на отдельном виброкатке, каждый из которых соответствовал бы упомянутому молоточку, молотку или кувалде.

История появления, развития и совершенствования уплотняющих виброкатков очень поучительна с точки зрения сегодняшних знаний и накопленного опыта их применения в дорожном деле. Технические документы и рекламные проспекты на один из первых крупных серийно изготовленных самоходных виброкатков тандемного типа весом 10 т (фирма Дунарас, 60-е годы прошлого столетия) утверждали, что создано универсальное уплотняющее средство, способное все подряд и наиболее эффективно уплотнять: грунты земляного полотна, материалы щебеночных оснований и асфальтобетонные дорожные покрытия.

Причем, в этих документах и проспектах указывалось, что путем регулирования всего лишь количества проходов виброкатка можно обеспечить требуемое уплотнение достаточно разных толщин укатываемых слоев, значения которых сегодня вызывают по меньшей мере улыбку и удивление.

В 1960 г. на выставке строительных и дорожных машин в Ганновере (ФРГ) довольно известная теперь и успешная немецкая фирма *Womag* демонстрировала новые оригинальные виброкатки *BW65* (вес около 500 кг), *BW75* (700 кг) и *BW90* (1300 кг) с ручным управлением пешего оператора. Они были интересны и привлекали внимание своей конструкцией (сдвоенные вальцы) и принципом синхронизированных механическим путем вертикально-направленных колебаний вальцов, за счет чего поочеред-

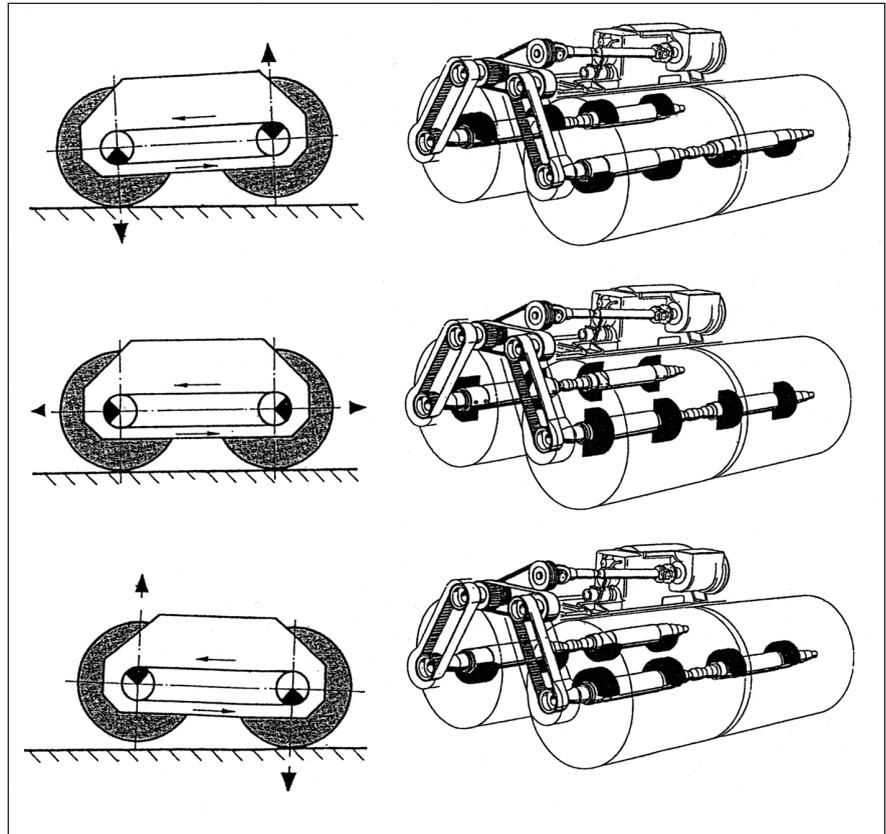


Рис. 2. Схема виброкатка фирмы *Womag* (Германия) оригинальной конструкции (сдвоенные вальцы с синхронным вращением дебалансных валов вибровозбудителя)

но и создавалось силовое воздействие на уплотняемую поверхность (рис. 2).

Позже (1967–1968 гг.) появился крупный (вес 7,13 т) самоходный двухосный виброкаток *BW200* подобной конструкции с четырьмя вальцами и центростремительной силой 8 т в каждом из них.

Фирма *Womag* в своих проспектах утверждала, что *BW200*, как «мастер на все руки», достойным образом справится с уплотнением слоя 80–120 см песка и гравия, 40–60 см суглинка, 40–50 см щебня, ПГС, шлака и с любым слоем до 25–30 см горячей асфальтобетонной смеси и черного щебня.

В доказательство такой эффективности *BW200* фирма приводила результаты своих опытов, в которых слой 21 см горячего крупнозернистого асфальтобетона каток успешно уплотнял до степени от 100 до 106,5% по Маршаллу при минимальной норме 97%.

Специалисты *Womag*, очевидно, в те времена ошибочно полагали, а некоторые дорожники и разработчики уплотняющей техники ряда других фирм и стран до сих пор продолжают полагать, что если виброкаток по своим силовым воздействиям способен уплотнить горячий асфальтобетон слоем 21 см, то ему под силу справиться и с уплотнением, допустим, слоя 5–6 см или, например, 8–10 см.

В мае 1988 г. в Ленинграде (Приморское шоссе) были проведены испытания *BW200*

на уплотнении нижних и верхних слоёв дорожного асфальтобетонного покрытия толщиной 5–7 см. По результатам этих испытаний, в которых принимал участие и автор излагаемого материала, каток *BW200* был забракован для выполнения такого рода работ.

Другими словами, предположение о широких уплотняющих способностях и возможностях виброкатков с высокими значениями силовых воздействий не подтвердилось, т. е. оказалось ошибочным. И приходится только сожалеть, что такая концепция ещё живет и продолжает чуть ли не преваляроваться среди дорожных и машиностроительных специалистов многих фирм, причастных к созданию или использованию дорожных виброкатков.

С течением времени и накоплением практического опыта всё многообразие существовавших и создаваемых виброкатков постепенно разделилось на две группы, каждая из которых имела и имеет свои параметры, конструктивно-технологические особенности и конкретную область практического использования.

Одна из них (одновальцовые прицепные и самоходные с шарнирно-сочлененным соединением вальца с одноосным пневмоколесным тягачом-толкатком) предназначена для уплотнения грунтов земляного полотна и песчаного подстилающего слоя (ППС) с возможностью привлечения катков этой группы к работам

по уплотнению щебеночных или иного типа оснований.

Другая (по большей части самоходные двухвальцовые танделы) — для укатки материалов и слоев дорожных одежд (оснований и покрытий). К сожалению, в этой другой группе соседствуют виброкатки с разными функционально-технологическими параметрами, которые в одних случаях лучше подходят для уплотнения различных асфальтобетонных слоев и составов, а в других — малопригодны для асфальтобетона, но более всего полезны на укатке слоев оснований из щебня, ЩПС, ПГС, шлака и других материалов, укрепленных цементом, известью, битумной эмульсией и вспененным битумом.

Очевидно, этим и можно объяснить наметившуюся в последнее время и уже проявившую себя в практическом плане тенденцию явного разделения моделей танделных виброкатков по функционально-технологическому признаку тоже на две группы — для устройства асфальтобетонных покрытий с менее агрессивными

или более умеренными нагрузками катков и для уплотнения оснований с более сильными воздействиями катков и более толстыми слоями уплотнения.

Конструктивно танделные катки этих двух новых групп почти не отличаются друг от друга, у них даже общий вес может быть одинаковым. А вот все другие функциональные параметры (амплитуда и частоты колебаний вальцов, центробежные силы и соответствующие оптимальные слои уплотнения) могут различаться заметно.

Показательным в этом плане может быть недавний выпуск фирмой Дунарас целого ряда новых виброкатков последнего четвертого поколения, каждый из которых исполнен в двух вариантах.

В одном варианте все семь новых моделей разного веса и габаритов с индексом ЕС в своем обозначении (очевидно Европейский Союз) имеют почти одинаковую уплотняющую способность на укатке многощебенистой мелкозернистой плотной смеси, соответствующую проработке оптимального слоя в среднем 5 см в ре-

жиме слабой вибрации и около 9 см в режиме сильной вибрации (оценка уплотняющей способности выполнена по методике фирмы «ВАД»).

Одновременно в другом исполнении выпущены тоже семь аналогичных по весу и размерам виброкатков (без индекса ЕС), но с другими вибрационными параметрами, обеспечивающими всем семи моделям более высокую уплотняющую способность (на той же многощебенистой асфальтобетонной смеси оптимальный слой проработки составит в среднем 8 см при слабой вибрации и около 11–12 см на сильном режиме вибрации; при укатке оснований из щебня, ЩПС и ПГС толщина слоя проработки возрастет в 1,5–2 раза).

Другие зарубежные фирмы (Vomag, Caterpillar, Sakai и др.) стали тоже постепенно переводить некоторые свои модели танделных виброкатков на более щадящие и подходящие для асфальтобетонных смесей и слоев параметры и режимы вибродинамического уплотнения.

И что характерно и даже удивительно, большая часть таких новых режимов и параметров, как будто по всеобщему уговору между фирмами, стали соответствовать оптимальным слоям уплотнения, например, многощебенистого асфальтобетона в среднем около 4,5–5,5 см (слабая вибрация) и 9–10 см (сильная вибрация). Случайно ли это?

Несколько иной физико-механический принцип деформирования (переупаковки) дорожных материалов лежит в основе так называемого осцилляторного способа уплотнения и функциональной работы соответствующих осцилляторных катков, выпускаемых сейчас единственной фирмой Hamm (ФРГ).

Толчком к появлению этого оригинального метода силового воздействия на уплотняемый материал послужило научное сообщение на Парижской международной



Танделные катки фирмы НАММ обеспечивают высокое уплотнение и отличаются хорошим обзором, очень комфортны в работе, просты в управлении и удобны для технического обслуживания.



конференции по уплотнению (1980 г.) о том, что в Англии при деформировании образцов мелкого щебня одновременно действующими горизонтальным и вертикальным усилиями обнаружено существенное увеличение (до 5–6 раз) общей деформации образца, если горизонтальное усилие сделать реверсивным с циклическим изменением направления его действия (см. рис. 1).

Очевидно, реверсивные (поочередные) горизонтальные смещения частиц материала предоставляют последним несколько большую свободу и возможность с помощью вертикальной силы веса вальца перемещаться и лучше переупаковываться, увеличивая свою плотность.

Как тут не вспомнить известный и уже внедренный во многих странах мира гираторный лабораторный прибор, в котором уплотнение горячей асфальтобетонной смеси давлением всего лишь 6 кгс/см^2 обеспечивает гораздо лучший результат по плотности, чем при вертикальном статическом давлении прессы 400 кгс/см^2 на смесь в жестком неподвижном стакане (форме).

Изучением нового осцилляторного метода уплотнения, действующего по принципу «реверсивный сдвиг + статическое сжатие», занимались почти одновременно в Германии, Японии, СССР и в фирме Geodynamic (Швейцария), которая, опередив всех своих конкурентов, первой его запатентовала и вскоре уступила лицензионные права на использование этого способа фирме Hampt.

К сожалению, имеющиеся сегодня образцы осцилляторных катков требуют дальнейшего конструктивного усовершенствования с назначением более эффективных функционально-технологических параметров.

Детальные причины низкой эффективности осцилляторного катка по сегодняшней версии проанализированы и названы в публикации [1]. Фактически для мировой дорожной практики ещё не создан настоящий осцилляторный каток, осуществляющий своё уплотняющее воздействие по сравнительно новому и не получившему пока должной реализации принципу «реверсивный сдвиг + статическое сжатие».

Думается, что оба динамических способа уплотнения (вибрационный или виброударный и осцилляторный) не следует рассматривать как альтернативные, взаимоисключающие друг друга. Наоборот, оба они могут мирно сосуществовать, дополняя друг друга. Каждый из них способен иметь свою достойную область или нишу полезного использования. Точно также не следует полностью отказываться от ис-

пользования старого метода уплотнения статическими катками.

Что же сегодня можно наблюдать в реальной российской дорожной практике уплотнения строительных материалов, чем руководствуются и как используют российские дорожники наличные статические и вибрационные катки? И в первую очередь на уплотнении горячих асфальтобетонных смесей, укладываемых в дорожные покрытия.

Имеющиеся в дорожной отрасли самоходные пневмоколесные катки достаточно популярны и даже любимы за их простоту, неприхотливость и надежность в работе. Правда, используют их дорожники, как правило, всегда и повсюду без особого разбора, т.е. где надо и где не надо, с пользой и без пользы. Дело в том, что во многих случаях вольно или невольно в среде практикующих дорожников бытуют неверные представления или даже заблуждения относительно уплотняющих способностей и возможностей пневмокатка. Особенно когда он крупный по размерам и имеет большой вес.

По тем контактным давлениям, которыми пневмоколеса нагружают и уплотняют асфальтобетонную смесь, а они не превышают $6\text{--}8 \text{ кгс/см}^2$, этот пневмокаток адекватен или равнозначен легкому гладковальцовому катку. Поэтому пневмокаток не способен по уплотняющей своей эффективности конкурировать с гладковальцовыми средними и тяжелыми катками, создающими контактные давления сжатия до $15\text{--}25 \text{ кгс/см}^2$.

По этой причине пневмокаток не может самостоятельно (в одиночку) обеспечить полное и, главное, высокое качество уплотнения асфальтобетона, особенно жесткого и прочного многощелебистого. Даже при общем «солидном» его весе с балластом, достигающим $24\text{--}27 \text{ т}$ (по 3 т на каждую из $8\text{--}9$ шин на катке, без балласта весовая нагрузка на одиночную шину в большинстве

случаев составляет не более $1,0\text{--}1,5 \text{ т}$), ему требуется помощь в виде хотя бы гладковальцового статического катка.

Все это свидетельствует о том, что пневмокатки нужно рассматривать и квалифицировать как средство легкого нагружения и уплотнения с соответствующим полезным их использованием в целом ряде конкретных случаев. Во-первых, на укатке тонких слоев мелкозернистых смесей, для которых давления шин $6\text{--}8 \text{ кгс/см}^2$ могут оказаться вполне подходящими. Во-вторых, для предварительной подкатки обычных горячих смесей слоями $6\text{--}10 \text{ см}$ и даже более, но в теплое время года, когда есть резерв времени по остыванию слоя смеси. В-третьих, для выполнения так называемых «санитарных» функций, связанных с окончательной отделкой покрытия и устранением мелких шероховатостей и огрехов на его поверхности после завершения основного этапа укатки гладковальцовыми катками.

Хороши пневмокатки ещё и тем, что могут вести укатку на повышенных рабочих скоростях (до $8\text{--}10 \text{ км/ч}$) и что способны без дополнительных грузоперевозок самостоятельно и быстро перемещаться с объекта на объект на транспортной скорости до $20\text{--}25 \text{ км/ч}$.

Но, к сожалению, в неблагоприятных погодных-температурных условиях устройства покрытий, когда горячий слой смеси остывает быстро, включать пневмокаток в отряд уплотняющих средств нецелесообразно и даже вредно.

В таких условиях часть короткого технологического времени, отведенного на общую укатку покрытия, каток израсходует, а серьезной добавки в общую копилку требуемого качества уплотнения асфальтобетона не внесет. Более того, следующий за ним, к примеру, виброкаток не сможет должным образом уплотнить уже подостывшую смесь. Это давно известный факт.



Пневмокатки нужно рассматривать и квалифицировать как средство легкого нагружения и уплотнения с соответствующим полезным их использованием в целом ряде конкретных случаев.

И тем не менее, на объекте, где ведутся асфальтобетонные работы при любых погодных условиях (жарко, холодно, морозно), целесообразно всегда иметь хотя бы один дежурный или запасной пневмокоток, который может понадобиться для оперативного устранения внезапно появившихся поперечных поверхностных трещин (глубина в пределах 2–3 мм), возникающих по различного рода причинам при работе гладковальцовых статических и вибрационных катков. И только пневмокоток за счет особой механики контактного взаимодействия шины с поверхностью укатки («месящее» воздействие) способен устранить («залить») возникший дефект. Это один из главных плюсов пневмокотка, находящегося в запасе «на боевом дежурстве».

Появление в свое время вибрационных катков вызвало сенсационный всплеск эмоций, научно-технических и экономических надежд и ожиданий на существенный технологический прорыв и усовершенствование операции уплотнения именно горячего асфальтобетона, столь сильно зависящей от погоды и продолжительности её выполнения.

В последующем всё это в полной мере оправдалось, и сегодня виброкаток стал основным средством уплотнения всех дорожно-строительных материалов — грунт, щебень, асфальтобетон, жесткий цементобетон, укрепленные цементом и битумом грунты и материалы.

Если иметь в виду только устройство дорожных покрытий из горячих асфальтобетонных смесей, то один виброкаток с надлежаще подобранными и регулируемые в требуемых пределах параметрами силовых уплотняющих воздействий на слой смеси способен заменить три уже упоминавшихся катка из статической технологии укатки, сделав при этом не более 10–12 проходов вместо 20–24 статических, т.е. вибрационная укатка оказывается практически в два раза производительнее. И это фактически послужило первичной основой для разработки в фирме «ВАД» скоростной технологии качественного устройства и уплотнения покрытий из горячих смесей в неблагоприятных погодных условиях (при температурах воздуха ниже +5 и вплоть до –10 °С).

К сожалению, в реальной практике устройства дорожных покрытий на российских объектах иногда, а в ряде мест и нередко, приходится наблюдать достаточно «пеструю» технологическую картину укатки асфальтобетона. Здесь можно обнаружить и слишком легкие и очень тяжелые катки, использование достаточно слабых режимов вибрации на толстых слоях прочных и жестких смесей или, наоборот, очень сильных вибровоздействий на достаточно тонких слоях или слабых пластичных смесях, укатку чрезмерно горячей или почти уже остывшей смеси и тому подобные отклонения и пробелы.

При таком технологическом хаосе и неразберихе в пору беспокоиться не столько

о высоком конечном качестве уплотнения асфальтобетона, а скорее о том, чтобы избежать появления во время процесса укатки недопустимых дефектов и преждевременных разрушений ещё горячей смеси по причинам, которые в свое время были скрупулезно собраны, изучены и обобщены (табл. 1).

Правда, зачастую полной катастрофы или очень серьезных разрушений и крупных дефектов на укатываемом покрытии не наблюдается лишь потому, что даже при плохом подборе катков и неправильной укатке горячая смесь постепенно снижает свою температуру и за счет этого частично упрочняется. В итоге покрытие внешне может показаться укатанным, но качество такой укатки в лучшем случае будет соответствовать минимуму требуемых норм.

Среди множества причин отмеченной «пестрой» технологической неразберихи или даже порой «хаоса», существенно снижающих качество уплотнения асфальтобетона, есть одна довольно принципиальная, связанная с несовершенством самих дорожных катков, а точнее с несоответствием их функционально-технологических параметров тем типам материалов и слоев, для которых они предназначены.

Главный упрек большинству отечественных и зарубежных фирм, создающих и использующих современные и прекрасные в конструктивном и дизайнерском плане виброкатки, состоит в том, что, во-первых, они не всегда толком и точно знают, какие же функциональные параметры должны быть у катка при его использовании на укатке того или иного конкретного типа и состояния дорожного материала, да ещё укладываемого в дорожные слои различной толщины. Во-вторых, эти функциональные силовые параметры никак не связаны или ещё плохо увязаны с основными свойствами уплотняемого материала — показателями прочности и деформативности. Поэтому дорожные катки продолжают по-прежнему создаваться и использоваться по большей части простейшим методом проб и ошибок, т.е. без соответствующей серьезной теоретической базы.

Аналогичная ситуация сегодня сложилась, например, с гидромолотами, навешиваемыми на гидравлические экскаваторы. Они используются на разрушении прочных стен, фундаментов, опор и других элементов жилых, промышленных, транспортных и гидротехнических сооружений, отслуживших свой век и подлежащих сносу.

Оборудование это сравнительно молодое (всего 40 лет), но выпущено его уже несколько сотен тысяч штук.

Отсутствие научно обоснованной методологии оценки и сравнения эффективности гидромолотов разных конструкций

и моделей не только затрудняет пользователей возможность делать правильный выбор этого оборудования, но и обрекает слышать определенную порцию «рекламной лапши на уши» в том смысле, что недобросовестные конкуренты представляют свои гидромолоты с параметрами, обеспечиваемыми им к. п. д. свыше 100%.

Специалисты серьезных и успешных фирм полагают, что порядок здесь можно навести только путем увязки основных параметров силового воздействия гидромолота с прочностными показателями разрушенного материала [3].

Очень схожая картина была до недавнего времени и с дорожными катками, предназначенными, правда, не разрушать прочные конструкции, а упрочнять (уплотнять) рыхлые дорожные материалы.

Однако научный поиск решения проблемы более качественного и эффективного уплотнения дорожно-строительных материалов в классической постановке их силового деформирования и результаты теоретических и экспериментальных исследований за последние полтора десятка лет, включая семилетний период творческой работы в ЗАО «ВАД», позволили сломать и обновить прежние достаточно долго существовавшие стереотипы и подходы к технологии и средствам уплотнения.

Новизна таких подходов и полученных решений состоит в принципиально ином взгляде на процесс и результат взаимодействия рабочего органа дорожного катка и уплотняемого материала, основанном на взаимном учете создаваемых вальцом или шиной катка контактных давлений и деформативно-прочностных свойств материала.

Научная и прикладная стороны этой работы, в том числе и результаты практического опыта использования его итогов на объектах ЗАО «ВАД», достаточно подробно с комментариями, разъяснениями, аргументами и фактами неоднократно публиковались [4–10] и поэтому здесь не приводятся.

В табл. 2 лишь приведено ещё одно очередное и притом свежее (2009 г., федеральная автомобильная дорога М20, участок Санкт-Петербург — Псков) практическое подтверждение высокого качества и эффективности уплотнения горячей асфальтобетонной смеси в соответствии с новыми технологическими подходами и решениями.

Ровность покрытия на обходе г. Луги в Ленинградской обл. (новое строительство) по среднему значению международного индекса IRI 0,89÷0,93 мм/м (89÷93 см/км) соответствует оценке «отлично» по нормам Международной Дорожной Федерации (IRF). Измерение индекса IRI выполнено НПО «Регион Северо-Запад» на 11 км обхода г. Луги.

К изложенному необходимо добавить, что разработанная теория и ее прикладная сторона позволили решить и прояснить ряд следующих задач и вопросов:

Таблица 1.

| Низкая плотность смеси после завершения укатки, в т.ч. в локальн. местах | Налипание смеси на валец | Глубокие продольные следы катка на покрытии | Сдвигая волна перед вальцом катка | Поперечные трещины на поверхности после укатки | Слабое предварительное уплотнение смеси укладчиком | Слабая или нулевая коррекция выглаживающей плиты | Бугор или впадина на стыке | «Жирные» пятна на покрытии | Следы от выглаживающей плиты | Неоднородный (закупоренный) вид поверхности покрытия | Неровная (волнистая) поверхность покрытия | Разрывы поверхности покрытия после укладчика | Дефект укладки или уплотнения асфальтобетонной смеси | Причины появления дефекта |
|--|--------------------------|---|-----------------------------------|--|--|--|----------------------------|----------------------------|------------------------------|--|---|--|---|---------------------------|
| + | | + | + | + | | | | + | | + | + | + | Плохой состав смеси по битуму или заполнителю | |
| + | | | | | + | | + | | | | | + | Низкая температура укладываемой смеси | |
| | + | + | + | + | | | | | | | | | Смесь слишком горячая | |
| | | | | | | + | + | | | | + | + | Большая неравномерность температуры по объему смеси | |
| | | | | | | | | + | | | | + | Избыток влаги в горячей смеси | |
| + | | | | | | | | + | | + | + | + | Расслоение смеси (Сегрегация) | |
| + | | + | | + | + | | | | | | + | + | Плохая подготовка основания (слабое, неровное, мусор) | |
| | | | | | + | + | | | | + | | + | Неверно выбрана толщина слоя (меньше 2 фракций) | |
| | | | | | | | + | | | + | + | | Плохое перемешивание смеси на АБЗ | |
| | | | | | | + | | | | + | + | + | Износ, коробление или плохой крепеж подошвы плиты | |
| | | | | | | | | | | | | + | Плохой прогрев выглаживающей плиты | |
| | | | | | + | + | | | | + | | + | Чрезмерно высокая скорость укладчика | |
| | | | | | | | | | | | + | + | Неправильная подача смеси в шнековую камеру | |
| | | | | | | | | | + | | + | | Неверное взаимодействие самосвала с укладчиком | |
| | | | | | | | | | | + | | | Долгое ожидание очередного самосвала со смесью | |
| | | | | | | | | | | + | | | Полная выгрузка бункера укладчика перед загрузкой | |
| | | | | | | | + | | + | | | | Неверная регулировка рабочего положения плиты | |
| | | | | | | | | | + | | | | Неправильный монтаж уширителей выглажив. плиты | |
| | | | | | | | + | | | | | | Неверное стартовое положение выглажив. плиты | |
| | | | | | | | + | | | | + | | Плохой настрой автом. или частая ручная коррекция толщины | |
| | | | | | | | + | | | | | | Короткие стартовые колодки под выглажив. плитой | |
| | | | | | | | + | | | | | | Неправильное перекрытие стыка соседних полос | |
| | | | | | + | + | | | | | | | Гидроцилиндры плиты не переведены в плавающее положение | |
| | | | | | + | | | | | | | | Низкая частота ударов трамб. бруса и колебания плиты | |
| | | | | | | | | | | | + | | Резкое торможение или быстрый реверс хода катка | |
| | | | | | | | | | | | + | | Частота колебаний вальца виброкатка ниже 40 Гц | |
| | | | | | | | + | | | | | | Неверное (поперек) выполнение укатки стыка | |
| | | + | | + | | | | | | | | | Переуплотнение смеси (укатка плотной и остывшей смеси) | |
| | | + | + | | | | | | | | | | Низкое предварительное уплотнение смеси | |
| | | | + | | | | | | | | | | Тяжелый каток, «забежал» вперед | |
| | | | + | | | | | | | | | | Неверное положение ведущего вальца к укладчику | |
| | | + | | | | | | | | | | | Неверно выбрано место катка в процессе укатки | |
| + | | | | | | | | | | | | | Плохое смачивание или слишком холодный валец и шина | |
| + | | | | | | | | | | | | | Плохой подбор катков или неверная их расстановка | |
| + | | | | | | | | | | | | | Нарушения технологии выполнения укатки по 4 параметрам | |
| + | | | | | | | | | | | | | Неизменена технология укладки и укатки с ухудш. погоды | |

- более или менее достоверно определять те общие силы воздействия статического или вибрационного катка, которые он прикладывает к поверхности материала и за счет которых и происходит уплотнение; величина таких сил статического катка зависит только от его весовых показателей, а на величину вибродинамических воздействий влияют не только параметры катка, но и деформативная податливость (жесткость) самого уплотняемого материала;
- находить те удельные давления вальца катка, которые возникают на контактной площадке с материалом;
- установить степень взаимного влияния и дать аналитическую связь (математическое выражение, формулу) между кон-

Таблица 2. Вероятностно-статистическая обработка данных по качеству устройства ЗАО «ВАД» в 2009 г. верхних слоев асфальтобетонного покрытия на федеральной дороге М20

| Наименование показателей качества устройства асфальтобетонных покрытий на 62 км федеральной дороги М20 (Псковское шоссе) | Кол-во мест | Коэффициент уплотнения | | | | Всего | Значения показателей | |
|---|-------------|------------------------|-----|------|------|-------|-------------------------|--------------------------------|
| | | 0,99 | 1,0 | 1,01 | 1,02 | | K_p, W | C_v^n, C_v^w |
| Общие средневзвешенные показатели качества и количества мест контроля по всем объектам и участкам М20, в т.ч. 21 км нового обхода г. Луги и 8 уч. ремонта | | 28 | 87 | 91 | 132 | 338 | $K_p=1,01$ $W=2,2\%$ | $C_v^n=0,010$ $C_v^w=0,479$ |
| | % | 8 | 26 | 27 | 39 | 100% | | |

Примечание: Коэффициент вариации C_v характеризует разброс показателя качества асфальтобетона в покрытии (коэффициент уплотнения либо водонасыщения) от среднего значения, т.е. дает представление об однородности (равномерности) распределения этого качества по площади устроенного покрытия. Чем выше среднее значение показателя качества и меньше его разброс, тем лучше покрытие и тем оно дольше будет служить без дефектов и разрушений.

тактными давлениями и деформативно-прочностными свойствами уплотняемого материала;

- выявить существенное влияние толщины слоя материала на требуемые параметры катков для его эффективного уплотнения (деформирования); прежде игнорирование такого влияния негативно отражалось на качестве уплотнения материала;
- ввести важное понятие оптимального слоя уплотнения любого типа и состояния материала применительно к данному конкретному катку;
- предложить и обосновать универсальный критерий оценки уплотняющей способности (индекс контактных давлений) статического или вибрационного катка любого размера или веса, да еще и работающего на любой стадии или фазе выполнения операции укатки (начало, середина, конец);
- анализировать и оценивать уплотняющую способность и эффективность имеющих в эксплуатации, в продаже или находящихся в процессе создания моделей любых гладковальцовых статических и вибрационных катков;
- обнаружить технологические и конструктивные недостатки (упущения) современных катков вибрационного типа, ухудшающие качество укатки материала [8];
- разработать передовые технологии высококачественного, а для неблагоприятных погодных условий (температура воздуха до -10°C) и высокоскоростного уплотнения горячих асфальтобетонных смесей.

Все это вместе взятое используется в ЗАО «ВАД» в виде практической инженерно-технологической методики подбора наиболее подходящих (полезных) типов и моделей катков и назначения эффективной технологии устройства (укладка +уплотнение) дорожных оснований и покрытий из горячих асфальтобетонных смесей в конкретных погодных и производственных условиях.

Сам подбор катка или катков выполняется по двум показателям или критериям:

- а) уплотняющей способности с учетом намеченного к укладке типа материала, его состояния и толщины слоя;
- б) технологической пригодности для работы за укладчиком, задающим определенную производительность укладки смеси; производительность операции укатки должна быть выше производительности укладчика примерно на 10–20%.

Очень важно сделать правильный выбор катка по его уплотняющей способности или по его индексу контактных давлений (p_k), который должен соответствовать требуемому индексу для конкретного типа и толщины слоя уплотняемого материала.

Индексы статических ($p_{k\text{ст}}$) и динамических ($p_{k\text{д}}$) контактных давлений катка можно определить достаточно просто по техни-

ческим параметрам из его паспорта. Сложнее было установить требуемые значения индексов контактных давлений для уплотняемых материалов.

Для этого требовалось не только выполнить ряд экспериментальных тестов, но и собрать и обобщить многочисленные сведения по исследованию и определению прочностных (сжатие $R_{\text{сж}}$, растяжение при изгибе $R_{\text{риз}}$, сдвиг $R_{\text{сдв}}$) и деформативных свойств (модуль деформации E_0), в частности, многощелебистых плотных мелкозернистых горячих асфальтовых смесей, наиболее широко и часто используемых в мире для устройства дорожных покрытий.

В упомянутой методологии ЗАО «ВАД» все эти данные представлены в виде соответствующих графических зависимостей, по которым легко установить, какому состоянию и толщине слоя многощелебистого асфальтобетона отвечает найденное значение индекса p_k интересующего катка. Можно решать и обратную задачу.

К сожалению, термин «индекс контактных давлений» плохо воспринимается и ощущается при сравнении катков практикующими дорожниками. Поэтому найденную по методике ЗАО «ВАД» уплотняющую способность катка лучше выражать или представлять в виде оптимальной толщины высококачественно прорабатываемого им слоя, что понятнее и приемлемее для рядового дорожника, чем значения индексов контактных давлений.

Специально для дорожников России в приложении к настоящей публикации дана таблица со 122 моделями виброкатков, выпускавшихся ранее (очевидно, есть еще в дорожных хозяйствах) и сейчас выпускаемых 13 известными в мире фирмами. Наряду с основными параметрами для каждого катка приведены 4 значения уплотняющей его способности в виде оптимальной толщины лучше всего уплотняемого слоя — в статике на предварительной подкатке, в начальной, средней и конечной фазах вибрационной укатки асфальтобетона.

Любой дорожник, очевидно, сможет найти свой виброкаток в указанной таблице и более осмысленно и правильно распорядиться им для самого эффективного и высококачественного уплотнения многощелебистого мелкозернистого плотного асфальтобетона. Таблицей можно также воспользоваться как справочным пособием для правильного приобретения новых образцов виброкатков.

Необходимо, правда, обратить внимание дорожников на три важных обстоятельства при пользовании этой таблицей, два из которых связаны с выявленными недостатками современных виброкатков, заметно снижающими качество укатки асфальтобетона.

Во-первых, качество укатки горячей асфальтобетонной смеси в покрытии начинает формироваться с первого же прохода ви-

брокатка сразу за укладчиком. Как правило, первые проходы изначально выполняются в статическом режиме (без вибрации), т. е. производится 2–3 проходами так называемая статическая прикатка или подкатка еще рыхлой и малопрочной смеси.

И очень важно, чтобы в этот момент статические контактные давления вальцов виброкатка соответствовали прочностным и деформативным показателям смеси, зависящим от ее типа, толщины уложенного слоя и состояния по плотности и температуре. Или в крайнем случае, если полного соответствия не обеспечить, то чтобы контактные давления хотя бы не перегружали и не разрушали слой уплотняемой смеси, что может иметь место, когда, например, каток обладает силовыми (весовыми) параметрами для статического высококачественного уплотнения оптимального слоя 7 или 8 см, а его «заставили» начать укатку слоя 5 см. Налицо явный перегруз слоя 5 см с ущербом для качества его уплотнения и ровности будущего покрытия.

Среди 108 моделей виброкатков весом с 6,5–7 до почти 15–17 т, включенных в таблицу приложения, всего 22% моделей имеют оптимальную толщину уплотняемого слоя в статике ($h'_{\text{он}}$) в пределах 4–5,5 см, у 63% $h'_{\text{он}}=6–7,5$ см и у 15% $h'_{\text{он}}=8–10$ см. Дорожнику надобно на это обращать свое внимание.

В фирме ЗАО «ВАД» эту проблему обнаружили давно и решили ее путем использования в необходимых случаях на статической подкатке пневмоколесного самоходного катка. Фирма Dynarac сегодня тоже рекомендует своим клиентам в подобных случаях использовать сразу за укладчиком (впереди основного катка) небольшой гладковальцовый тандемный каток весом около 4 тонн с оптимальным слоем статического уплотнения около 2,5 ±3 см (рис 3).

Но еще большее внимание дорожника следует обратить на перегрузку уплотняемого слоя горячей и еще малопрочной смеси вибрационными воздействиями катка, особенно на начальном этапе или фазе (вблизи асфальтоукладчика).

Такой перегруз обусловлен тем, что при включении вибрации каток сразу развивает все 100% номинального значения центробежной силы вальца, хотя здесь по прочностному и деформативному состоянию горячей и еще слабой смеси требуется гораздо меньшая сила.

Об этом свидетельствуют существенные различия в значениях оптимальных толщин уплотняемых слоев асфальтобетона создаваемыми силами на начальной и конечной фазах виброукатки, представленных в таблице приложения. Это различие в среднем по всем каткам таблицы составляет 1,4 раза, а у отдельных моделей оно доходит до 1,6–1,7 раза.

Для наглядного подтверждения наличия такой серьезной проблемы и актуальности ее решения можно приве-

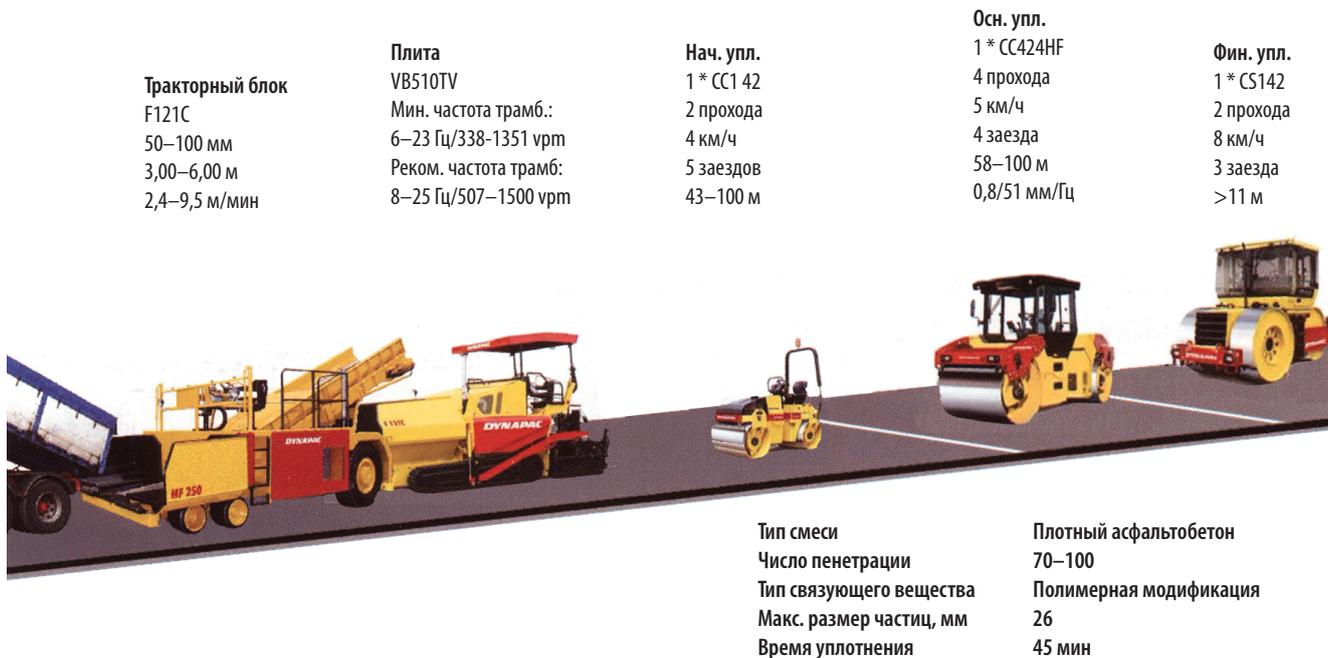


Рис. 3. Технологический отряд машин по укладке и уплотнению асфальтобетонного дорожного покрытия (подразделение дорожно-строительной техники Дунарас компании Atlas Copco, Sweden)

сти два практических примера с виброкатками HD 75 фирмы Hamt и СС222HF фирмы Дунарас, которые уже давно и успешно используются на объектах ЗАО «ВАД». Их параметры и уплотняющая способность приведены в таблице приложения.

Виброкаток HD75. Его общая (итоговая) уплотняющая способность на многослойном асфальтобетоне при слабом режиме вибрации (центробежная сила $P_0=6,3$ тс) составляет 5 см. На начальной вибрационной фазе укатки этой смеси в горячем и малопрочном виде (вблизи укладчика)

толщина оптимального прорабатываемого слоя катком с $P_0=6,3$ тс составляет 7,5 см. Значит, такой режим для слоя 5 см будет излишним и за счет перегрузки введущим к появлению возможных дефектов или даже разрушений. Чтобы этого не случилось на начальном этапе виброуплотнения горячего и слабого слоя 5 см, центробежную силу следует снизить до 3,5 тс, что составляет 55% от 6,3 тс, т.е. целесообразное понижение силы должно составить почти 2 раза на начальной фазе вибрационной укатки.

Виброкаток СС 222HF. Итоговая оптимальная толщина слоя уплотнения такой же многослойной мелкозернистой асфальтовой смеси этим катком на слабом режиме вибрации ($P_0=4,4$ тс) тоже составляет 5 см. Виброкаток с такой центробежной силой способен проработать горячую и еще рыхлую смесь слоем 8 см. И чтобы на горячем и рыхлом слое 5 см не было его перегрузок и не возникало дефектов, центробежную силу катка на этом этапе нужно снизить до 1,6 тс (37% от 4,4 тс). В этом случае слой 5 см не будет испытывать почти трехкрат-

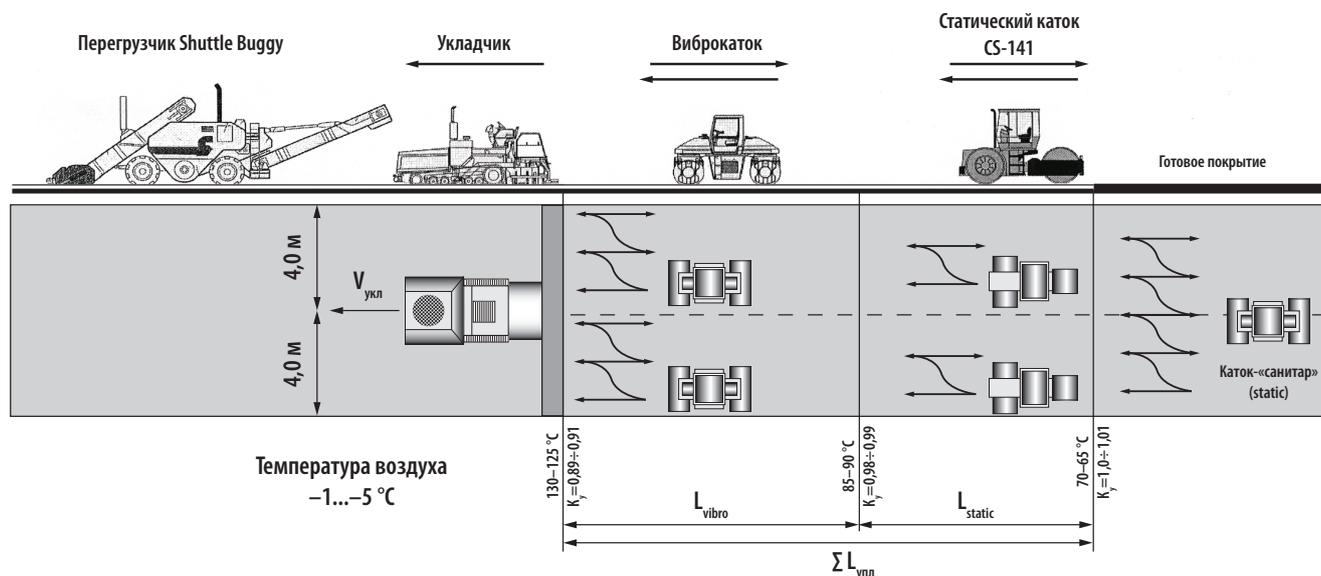


Рис. 4. Технологическая схема укладки нижнего слоя покрытия толщиной 7 см при отрицательных температурах воздуха (до -5°C)

Таблица 3

| № п/п | Гранулометрический тип асфальтобетонной смеси | Тип, марка вяжущего | Отношение показателей прочности (R) и деформативности (E _o) | | Оптимальный слой укатки одним и тем же катком (в относительных единицах) | Параметры катков для уплотнения одинаковых слоев смесей, т. е. h _{он1} =h _{он1} | |
|-------|---|---|---|---------------------------------|--|---|----------------------------------|
| | | | R _f /R ₁ | E _o /E _{o1} | | h _{он1} /h _{он1} | p _{к1} /p _{к1} |
| 1 | Плотные многощелебистые мелкозернистые типов А и Б | БНД 60/90, 90/130, БДУ 70/100, БДУС 70/100 | 1,0 | 1,0 | 1,0 h _{он1} | 1,0 | 1,0 |
| 2 | Плотные многощелебистые крупнозернистые типов А и Б | - | 1,12–1,16 | 1,30 | h _{он2} =0,88 h _{он1} | 1,05 | 1,07 |
| 3 | Плотные малощелебистые и песчаные (из отсевов дробления) типов В и Г | - | 0,70–0,75 | 0,50–0,55 | h _{он3} =1,35 h _{он1} | 0,86 | 0,80 |
| 4 | Щебнемастичные смеси (ЩМАС) для верхних слоев покрытий (укатка только static) | - | ~1,0 | ~1,0 | h _{он4} ≅h _{он1} | 1,0 | 1,0 |
| 5 | Пористые крупнозернистые для нижних слоев покрытий и а / б верху дорожных оснований | - | 0,65–0,70 | 0,45–0,50 | h _{он5} =1,5h _{он1} | 0,87 | 0,81 |
| 6 | Плотные многощелебистые м/з типов А, Б и ЩМАС для верхних слоев покрытий дорог I и II категорий | Полимербитумное (ПБВ) с 2,5–3% полимера СБС | 1,40–1,60 | 2,20 | h _{он6} =0,65h _{он1} | 1,15 | 1,24 |

ную силовую перегрузку от центробежной силы. Однако, снизив P_o на этом этапе и в этом месте до 1,6 тс, не следует забывать, что по мере удаления от укладчика центробежную силу надобно постепенно повышать так, чтобы к концу рабочей захватки она оказалась равной 4,4 тс.

Очевидно, этот недостаток, как и другие упущения виброткатков, могут и, вероятно, должны устранить фирмы, их создающие. А пока практикующие дорожники могут воспользоваться давнишним опытом ЗАО «ВАД», совпадающим с сегодняшними рекомендациями своим клиентам фирмы Дупарас.

Для исправления возможных дефектов или недоуплотнений асфальтобетона нужно вслед за виброткатком, выполнившим основную свою работу по укатке, сразу запускать тяжелый статический гладковальцовый каток типа CS142 с регулируемыми контактными давлениями в соответствии с типом асфальтобетонной смеси и толщиной уложенного в покрытие слоя (рис. 3 и 4).

И, наконец, о третьем обещанном важном обстоятельстве практического свойства, связанном с использованием данных таблицы приложения. Все показатели по уплотняющей способности виброткат-

ков из таблицы определены по инженерно-технологической методике ЗАО «ВАД», но для одной многощелебистой мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси (среднее для типов А и Б), которую можно считать базовой или основной. Или, если угодно, той печкой, от которой «можно плясать качеством».

Но на практике зачастую возникает потребность устраивать и уплотнять покрытия из смесей других гранулометрических типов и составов, да еще на иных видах вяжущего, что обуславливает повышение или снижение их прочности и податливости (деформативности) по сравнению с базовой смесью.

В таких случаях находить оптимальные параметры требуемых статических или вибрационных катков можно по теоретическим зависимостям ЗАО «ВАД» через отношения прочностных и деформативных показателей базовой и другой асфальтобетонной смеси [10].

Так в свое время фирма ЗАО «ВАД», не имея практического опыта устройства и уплотнения покрытий из ЩМАС и многощелебистых смесей типа А на ПБВ, нашла нужные функционально-технологические параметры наиболее подходящих и эффек-

тивных катков и с успехом и при высоком качестве выполнила первые, а затем и последующие контрактные обязательства на целом ряде объектов Санкт-Петербурга и Северо-Запада РФ.

В помощь дорожникам России в ЗАО «ВАД» составлена таблица 3, которая позволит без особого труда и сложностей осуществлять переход от катков для многощелебистых плотных асфальтобетонных смесей к каткам с параметрами для других типов и составов смесей, обозначенных в таблице. Это должно помочь в реализации более высокого качества уплотнения асфальтобетонных оснований и покрытий.

Литература

1. Костельов М. П. «Умные» виброткатки для дорожников? (обзор с оценкой новинок последнего времени). Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)», 2006, с. 30–44.
2. Форссблад Л. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований. Пер с англ. под редакцией Костельова М. П. — М., Транспорт 1987, 188 с.
3. Измеряя производительность (к вопросу о выборе гидромолота). Ж. «Строительная техника и технологии (СТТ)» 2009, № 2 (62), с. 52–55.
4. Костельов М. П. Уплотнению асфальтобетона требуется обновленное поколение дорожных катков. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)», 2003, с. 12–22.
5. Костельов М. П., Пахаренко Д. В., Инновации для высокого качества работ и объектов ЗАО «ВАД». Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)», 2009, с. 20–36.
6. Костельов М. П., Перевалов В. П. Новая усовершенствованная технология устойчиво обеспечивает высокое качество уплотнения асфальтобетона. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)», 2005, с. 120–132.
7. Костельов М. П. Зачем уплотнять асфальтобетон выше минимальной нормы? Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)», 2005, с. 133–138.
8. Костельов М. П. Функциональные достоинства и недостатки виброткатков для уплотнения асфальтобетона. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)», 2009 с. 42–52.
9. Костельов М. П., Пахаренко Д. В. Вероятностно-статистические помощники в оценке и повышении качества автомобильных дорог. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)», 2008, с. 82–88.
10. Костельов М. П., Пахаренко Д. В. Чем и как уплотнять асфальтобетон в покрытиях при смене его типа, состояния и толщины слоя. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)», 2007, с. 70–85.

Приложение к статье М. П. Костельова

**УПЛОТНЯЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОНКРЕТНЫХ ВИБРОКАТКОВ РАЗНЫХ ФИРМ И СТРАН
(АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ ГОРЯЧАЯ МНОГОЩЕБЕНИСТАЯ МЕЛКОЗЕРНИСТАЯ)**

| Модель виброкатка фирмы | Паспортные параметры катка | | | | | Оптимальный слой уплотнения ($h_{оп}$, см) многощебеннистого асфальтобетона | | | | Общий итог, $h_{оп}$, см |
|---|----------------------------|-----------|-------------------------|-------|------------|--|-----------------|---------------|---------------|---------------------------------|
| | Q | В×Д | A_{∞} | f | P_0 | статика (под- катка) | вибрация | | | |
| | т | мм | мм | Гц | тс | | начало | середина | конец | |
| Атманн, Германия–Швейцария–Чехия | | | | | | | | | | |
| AV40-2 | 3,90 | 1300×740 | 0,30 | 59/67 | 3,0/3,8 | 2,5-3,0 | 4,5/5,5 | 3,5/4,5 | 3-3,5/4,0 | 3-3,5/4-4,5 |
| AV70-2 | 6,90 | 1450×1150 | 0,30/0,66 | 50/35 | 4,5/4,7 | 4,5-5,0 | 6,5-7/7,0 | 5,0/5-5,5 | 4-4,5/4,5 | 4,5/5,0 |
| AV70X | 7,10 | 1450×1150 | 0,30/0,62 | 63/48 | 8,0/8,7 | 5,0 | 11,0/12,0 | 9,0/10,0 | 8,5/9,0 | 8,5-9/9,5 |
| AV85-2 | 8,63 | 1680×1220 | 0,26/0,66 | 50/42 | 5,0/9,0 | 6,0 | 7,0/11,0 | 5,0/9,0 | 4-4,5/8,0 | 4,5/8,5 |
| AV95-2 | 9,50 | 1680×1220 | 0,26/0,66 | 50/42 | 5,0/9,0 | 6,5 | 8,0/12,0 | 5,5-6/9,5-10 | 4,5-5/8,5-9 | 5-5,5/9,5 |
| AV110X | 10,30 | 1700×1300 | 1,35/0,70 | 55/45 | 8,5/11,2 | 7,0 | 10,0/14,0 | 7,5/11,5 | 6,5/10,5 | 7,0/11,0 |
| AV115-2 | 11,30 | 1700×1300 | 0,30/0,66 | 50/42 | 7,1/10,8 | 8,0 | 11,0/14,5 | 8,0/11,5-12 | 6,5-7/10,5-11 | 7,0/11,0 |
| Вотаг, Германия | | | | | | | | | | |
| BW138AD | 4,20 | 1380×810 | 0,50 | 46/32 | 3,9/5,1 | 2,5 | 5,0/6,5 | 4,0/5,5 | 3,5/5,0 | 3,5-4/5-5,5 |
| BW141AD-4 | 8,30 | 1500×1220 | 0,34/0,71 | 60/40 | 7,6/7,1 | 6,0 | 11,0/10,5 | 8,5-9/8-8,5 | 8,0/7-7,5 | 8,5/7,5-8 |
| BW141AD-4AM | 8,70 | 1500×1220 | 0,34/0,71 | 45/45 | 4,3/9,1 | 7,0 | 8,5/14,0 | 6,0/11,5 | 5,0/10,5 | 5,5/11,0 |
| BW151AD-4 | 8,70 | 1680×1220 | 0,31/0,66 | 60/45 | 7,6/7,1 | 5,5 | 9,5/9,0 | 7,5/7,0 | 6,5/6,0 | 7,0/6-6,5 |
| BW151AD-4AM | 9,25 | 1680×1220 | 0,31/0,66 | 45/45 | 4,3/9,1 | 6,5-7,0 | 7,5/12,5 | 5-5,5/10,0 | 4,0-4,5/9,0 | 4,5-5/9,5 |
| BW154AD-4 | 9,80 | 1680×1220 | 0,23/0,49 | 60/45 | 7,6/9,1 | 6,5-7,0 | 10,5-11/12,5 | 8,5/10,0 | 7,5/9,0 | 8,0/9,5 |
| BW154AD-4AM | 9,80 | 1680×1220 | 0,23/0,49 | 45/45 | 4,3/9,1 | 7,0 | 7,5-8/12,5 | 5,5/10,5 | 4,5/9,0 | 5,0/9,5 |
| BW161AD-4 | 10,30 | 1680×1220 | 0,39/0,91 | 50/40 | 8,6/12,9 | 7,5 | 12,5/>15 | 9,5-10/15 | 9,0/14 | 9,5/14,5 |
| BW161ADH-4 | 10,90 | 1680×1220 | 0,39/0,91 | 50/40 | 8,6/12,9 | 8,5 | 13,5/>15 | 10,5/>15 | 9-9,5/14,5 | 9,5-10/15 |
| BW174AD-2 | 9,80 | 1680×1220 | 0,23/0,48 | 60/45 | 7,6/9,1 | 6,5-7,0 | 10,5-11/12,5 | 8,5/10,0 | 7,5/9,0 | 8,0/9,5 |
| BW174AD-2AM | 9,80 | 1680×1220 | 0,23/0,48 | 45/45 | 4,3/9,1 | 6,5-8,0 | 7,5/12,5 | 5-5,5/10,0 | 4-4,5/9,0 | 4,5-5/9,5 |
| BW174AD | 9,76 | 1680×1220 | 0,19/0,44 | 60/45 | 6,2/8,1 | 6,5-9,0 | 9-9,5/11,5 | 7,0/9,0 | 5,5-6/7,5-8 | 6,0/8,0 |
| BW174AD-AM | 9,96 | 1680×1220 | 0,18/0,44 | 45/45 | 3,5/8,2 | 7,0 | 7,0/11,5-12 | 4,5-5/9,0 | 4,0/8,0 | 4,5/8,5 |
| BW184AD-2 | 13,20 | 1800×1400 | 0,26/0,65 | 55/42 | 10,1/14,7 | 9,0 | 14,5/>15 | 11,5/>15 | 10,0/15 | 10,5-11/15-16 |
| BW184AD-2AM | 13,40 | 1800×1400 | 0,26 | 60 | 12 | 9,5-10 | >15 | 13,5 | 12-12,5 | 13,0 |
| BW190AD-4 | 11,20 | 2000×1220 | 0,36/0,85 | 50/40 | 8,6/12,9 | 6,0 | 9,5-10/14,0 | 7,5/11,5 | 6,5/10,5 | 7,0/11,0 |
| BW190AD-4AM | 11,60 | 2000×1220 | 0,36/0,85 | 50/40 | 8,6/12,9 | 7,0 | 10,5/14,5 | 8,0/12,0 | 7,0/11,0 | 7,5/11,5 |
| BW202AD-4 | 11,50 | 2135×1220 | 0,35/0,81 | 50/40 | 8,6/12,9 | 6,0 | 9,5/12,5-13 | 7,0/10,5 | 6,0/9,5 | 6,5/10,5 |
| BW203AD-4 | 13,00 | 2135×1236 | 0,30/0,70 | 50/40 | 8,6/12,9 | 7-7,5 | 10-10,5/14,0 | 7,5-8/11,5 | 6,5/10,5 | 7,0/11,0 |
| BW203AD-4AM | 13,40 | 2135×1236 | 0,30/0,70 | 50/40 | 8,6/12,9 | 8,5 | 11-11,5/15,0 | 8-8,5/12,0 | 7,0/11,0 | 7,5/11,5 |
| Caterpillar, США | | | | | | | | | | |
| CB334EXW | 4,15 | 1400×800 | 0,37 | 68 | 3,7 | 2,5 | 4,5-5 | 3,5-4 | 3,5 | 3,5-4 |
| CB434D | 7,60 | 1500×1100 | 0,25...0,69 (5 знач) | 53/70 | 3,9...7,8 | 6-6,5 | 7,5/12,0 | 5,0/9,5-10 | 4,5/8,5 | 5,0/9,0 |
| CB534D | 10,50 | 1700×1300 | 0,50...1,05 (5 знач) | 42/63 | 4,6...11,3 | 8,0 | 8,5/15-15,5 | 6,0/12,5 | 4,5-5/11,5 | 5,0/12,0 |
| CB544 | 10,70 | 1700×1300 | 0,33/0,58 | 50 | 5,0...8,8 | 7,5 | 8,5-9/12,5 | 6-6,5/10,0 | 5,0/9-8,5 | 5,5/9,0 |
| CB534DXW | 11,30 | 2000×1300 | 0,38...0,97 (5 знач) | 42/63 | 4,6...11,3 | 6,0 | 6,5/11,5 | 4,5/9,5 | 3,5/8,5 | 4,0/9,0 |
| CB634D | 12,80 | 2130×1300 | 0,38/1,04 | 44 | 5,9/16,2 | 7,0 | 8,0/>15 | 5,5/13,5 | 4,5/13,0 | 5,0/13-13,5 |
| Дупарас, Швеция | | | | | | | | | | |
| CC142 | 3,90 | 1300×802 | 0,50 | 52 | 3,3 | 2,5 | 4,5 | 3,5 | 3-3,5 | 3,5 |
| CC211 | 7,20 | 1450×1040 | 0,35/0,70 | 49/47 | 3,6/6,7 | 5,5-6 | 7,0/10,5 | 4,5-5/8,0 | 4-4,5/7,5 | 4,5/8,0 |
| CG223HF | 7,50 | 1450×1120 | 0,20/0,70 | 67/54 | 3,9/8,9 | 6,0 | 7,0/13-13,5 | 5,0/10,5-11 | 4-4,5/10,5 | 4,5/10,5 |
| CC222HF | 7,70 | 1450×1120 | 0,20/0,70 | 67/54 | 4,4/8,9 | 6,0 | 8,0/12,0 | 5,5/9,5 | 4,5/8,5 | 5,0/9,0 |
| CC232HF | 8,40 | 1450×1120 | 0,20/0,50 | 71/51 | 6,8/8,9 | 7,5 | 12,0/13,5 | 9-9,5/10,5 | 8,5/9,5 | 9,0/10,0 |
| CG233HF | 8,20 | 1450×1120 | 0,20/0,50 | 67/54 | 3,9/8,9 | 7,0 | 8,0/14,5 | 5,5/11,5 | 4,5/11,0 | 5,0/11,0 |
| CG333HF | 8,60 | 1680×1120 | 0,20/0,50 | 71/54 | 6,0/8,2 | 5,5 | 8,5/10,5-11 | 6,0/8,5 | 5,5-6/7-7,5 | 6,0/8,0 |
| CC322 | 8,10 | 1680×1120 | 0,30/0,50 | 51/51 | 3,9/8,9 | 5,0 | 6,0/11,0 | 4,5/8,5 | 3,5/7,5-8 | 4,0/8,0 |
| CC422 | 10,40 | 1680×1300 | 0,40/0,80 | 51/51 | 7,0/13,8 | 7-7,5 | 10,5/>15 | 8,0/15,0 | 7,5/14,5 | 7,5/15,0 |
| CC422HF | 10,40 | 1680×1300 | 0,30/0,70 | 63/50 | 7,4/11,6 | 7-7,5 | 10,5-11/15-15,5 | 8-8,5/12-12,5 | 7-7,5/12,0 | 8,0/12,0 |

| Модель виброкатка фирмы | Паспортные параметры катка | | | | | Оптимальный слой уплотнения (h _{опт} , см) многощебеннистого асфальтобетона | | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-------|----------------|---|-------------|------------|---------------|---------------------------------------|
| | Q | В×Д | Δ∞ | f | P ₀ | статика (под- катка) | вибрация | | | Общий итог, h _{опт} см |
| | т | мм | мм | Гц | тс | | начало | середина | конец | |
| CC522 | 11,85 | 1950×1400 | 0,30/0,70 | 51/51 | 7,0/13,8 | 6,5 | 8,5/14-14,5 | 6,0/11,5 | 5,5/11,0 | 5,5-6/11-11,5 |
| CC522HF | 11,85 | 1950×1400 | 0,20/0,60 | 63/50 | 7,4/11,6 | 6,5 | 9,0/12,5 | 6-6,5/9,5 | 5,5/9-9,5 | 6,0/9,5 |
| CC622 | 12,60 | 2130×1400 | 0,30/0,60 | 51/51 | 7,0/13,8 | 6,0-6,5 | 7,5-8/13,0 | 5,5/10,5 | 4,5-5/9,5 | 5,0/10,0 |
| CC622HF | 12,60 | 2130×1400 | 0,20/0,60 | 63/51 | 7,7/13,8 | 6,0-6,5 | 8,5/13,0 | 5,5-6/10,5 | 5-5,5/10-10,5 | 5,5/10,5 |
| CC722 | 16,80 | 2130×1527 | 0,40/0,70 | 48/48 | 10,2/21,5 | 10,0 | 13,5/>15 | 9,5/>15 | 8,5/>15 | 9,0/>15 |
| CC224HF | 7,70 | 1500×1150 | 0,30/0,70 | 67/50 | 6,7/8,8 | 5,5 | 10,5/12,0 | 8,0/10,5 | 6,5/9,5 | 7,0/10,0 |
| CC224HF-EC | 7,70 | ->- | 0,20/0,70 | 61/50 | 3,8/8,4 | 5,5 | 6,5/12,0 | 4,5-5/10,0 | 4,0/8,5-9 | 4,5/9,0 |
| CC234HF | 8,10 | ->- | 0,30/0,50 | 67/50 | 7,8/8,3 | 6,0 | 12,0/12,5 | 9,5/10,0 | 8,5/9,0 | 9,0/9,5 |
| CC234HF-EC | 8,10 | ->- | 0,20/0,50 | 61/50 | 4,9/8,2 | 6,0 | 8-8,5/12,0 | 6-6,5/10,0 | 5-5,5/9,0 | 5,5-6/9,5 |
| CC324HF | 8,15 | 1730×1150 | 0,30/0,70 | 67/50 | 7,5/10,1 | 4,5 | 8,5/11-11,5 | 7,0/9,5-10 | 6,0/8,5 | 6,5/9,0 |
| CC324HF-EC | 8,15 | ->- | 0,20/0,70 | 61/50 | 4,3/8,8 | 4,5 | 5,5/10 | 4-4,5/8,0 | 3,5/7,5 | 4,0/7,5 |
| CC334HF | 8,60 | ->- | 0,30/0,50 | 67/50 | 9,2/8,9 | 5,0 | 11,0/10,5 | 9,0/8,0 | 8,0/7,5 | 8,5/8,0 |
| CC334HF-EC | 8,60 | ->- | 0,20/0,50 | 61/50 | 5,5/8,9 | 5,0 | 7,5/10,5 | 5,0/8,0 | 4,5/7,5 | 5,0/8,0 |
| CC424HC-EC | 10,50 | 1730×1300 | 0,20/0,80 | 62/43 | 5,4/9,9 | 7,0 | 8,5/13,0 | 6,0/10,0 | 5,0/9,0 | 5,5/9,5 |
| CC424HF | 10,50 | 1730×1300 | 0,30/0,80 | 67/51 | 9,3/14,2 | 7,0 | 12,5/>15 | 9,5/14,5 | 8,5/14,0 | 9,0/14,0 |
| CC524HF-EC | 11,60 | 1950×1300 | 0,20/0,80 | 62/43 | 5,6/10,7 | 7,0 | 8,0/12,0 | 5,5/9,5 | 4,5/8,5 | 5,0/9,0 |
| CC524HF | 11,60 | 1950×1300 | 0,30/0,80 | 67/51 | 10,1/15,7 | 7,0 | 11,5-12/>15 | 9,0/14,0 | 8,0/13,5 | 8,5/13,5-14 |
| CC624HF-EC | 12,60 | 2130×1300 | 0,20/0,80 | 62/43 | 6,1/11,6 | 6,5-7,0 | 8,0/12,0 | 5,5/9-9,5 | 4,5/8-8,5 | 5,0/9,0 |
| CC624HF | 12,6 | 2130×1300 | 0,30/0,80 | 67/51 | 10,8/16,9 | 6,5-7,0 | 11,5/>15 | 8,5/13,5 | 7,5/13,0 | 8,0/13,0 |

Hammer, Германия

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|---------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| HD13VV | 3,68 | 1300×900 | 0,32/0,52 | 61/61 | 4,0/6,5 | 2,0 | 4,5/7,5-8 | 3,5-4/6,5 | 3-3,5/6-6,5 | 3,5/6,5 |
| HD14VV | 4,20 | 1380×898 | 0,35/0,55 | 62/62 | 4,6/7,3 | 2,0-2,5 | 5,0/9,5 | 4,5/7,5 | 4,0/7-7,5 | 4-4,5/7,5 |
| HD70 | 7,27 | 1500×1140 | 0,35/0,62 | 58/48 | 6,3/7,8 | 5,0 | 8,5-9/10,5 | 6,5/8,0 | 5,5-6/7,0 | 6,0/7,5 |
| HD75 | 7,68 | 1680×1140 | 0,33/0,61 | 58/48 | 6,3/7,8 | 4,5 | 7,5/9,0 | 5,5-6/6,5 | 4,5-5/6,0 | 5,0/6-6,5 |
| DV70VV | 7,87 | 1500×1140 | 0,42/0,61 | 50/42 | 6,3/6,4 | 6,0 | 9,5/9,5 | 7,0/7,0 | 6,9-6,5/6,5 | 6,5/6,5-7 |
| HD75.4ASC | 8,03 | 1680×1140 | 0,36/0,52 | 50/42 | 6,3/6,4 | 5,0 | 7,5-8/8,0 | 5,5-6/5,5-6 | 5,0/5,0 | 5,5/5,5 |
| HD90 | 9,19 | 1680×1200 | 0,36/0,65 | 50/42 | 6,0/7,7 | 6,0 | 8,5/10-10,5 | 6,0/7,5 | 5,0/6,5 | 5,5/7,0 |
| DV90VV | 9,58 | 1680×1200 | 0,41/0,62 | 55/42 | 9,6/8,6 | 6,5-7,0 | 13,0/12,0 | 10,5/9,5 | 9,5/8-8,5 | 10,0/8,5 |
| HD90.4ASC | 9,82 | 1680×1200 | 0,39/0,61 | 50/42 | 8,4/9,0 | 7,0 | 12,0/12,5 | 9,5/10,0 | 8-8,5/9,0 | 8,5/9,5 |
| HD110 | 10,54 | 1680×1200 | 0,47/0,81 | 50/42 | 9,7/11,7 | 8,0 | 14-14,5/16-17 | 11,5/14 | 10,5/13 | 11,0/13,5 |
| HD120 | 12,28 | 1980×1400 | 0,46/0,87 | 50/42 | 13,9/18,6 | 6,5-7,0 | 14,5/>15 | 11,0/>15 | 10,5/15 | 10,5-11/>15 |
| HD+120VV | 12,77 | 1980×1400 | 0,44/0,82 | 50/40 | 12,6/15,2 | 7,0-7,5 | 15/>15 | 11/13,5 | 10/12,5 | 10,5/13,0 |
| HD+140VV | 13,39 | 2140×1400 | 0,41/0,77 | 50/40 | 12,6/15,2 | 7,0 | 12,5/14,5 | 10,0/12,5 | 9,0/11,0 | 9,5/12,0 |
| HD130 | 13,82 | 2140×1400 | 0,41/0,81 | 50/42 | 14,2/19,8 | 7,0-7,5 | 14,0/>15 | 11,0/>15 | 10,0/>15 | 10,5/>15 |

Huras, США

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|---------|-----------|-----------------|--------------|-------------|
| C754B | 4,19 | 1380×810 | 0,40 | 54/60 | 4,4/5,4 | 2,0-2,5 | 5,5-6/7,0 | 4,5/6,0 | 4-4,5/5,5 | 4-4,5/5,5-6 |
| C760C | 6,81 | 1500×925 | 0,33/0,66 | 1,25 | 4,5/5,6 | 5,0-5,5 | 8,0/9-9,5 | 5,5-6/7,0 | 5,0/6,0 | 5,5/6,5 |
| C766C | 9,35 | 1676×1219 | 0,51/0,76 | 63/57 | 12,5/14,9 | 6,5-7,0 | >15/>15 | 14/>15 | 13/>15 | 13,5/>15 |
| C778B | 10,67 | 1981×1219 | 0,51/0,76 | 63/57 | 13,8/16,8 | 6,0 | 15,0/>15 | 12,5/15,5 | 11,5/15 | 12,5/>15 |
| C784 | 12,02 | 2134×1372 | 0,43/0,71 | 67/57 | 15,7/18,7 | 6,5-7,0 | 15,0/>15 | 12,5-13,0/>15,0 | 12,0/14,5-15 | 12,5/15,0 |

JCB-Vibromax, Англия

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|-----------|-----------|-------|----------|---------|-----------|-------------|-------------|-----------|
| VMT400 | 3,98 | 1400×800 | 0,51 | 55 | 5,2 | 2,0-2,5 | 6,5 | 5,0 | 4,5-5 | 5,0 |
| VMT480 | 4,77 | 1300×800 | 0,33/0,56 | 55/50 | 3,2/5,4 | 4,0 | 6,0/9,0 | 4,5/7,5 | 3,5-4/6,5 | 4,0/7,0 |
| VMT500 | 4,85 | 1400×800 | 0,33/0,56 | 55/50 | 3,4/5,8 | 3,5 | 5,5/8,5 | 4,0/6,5 | 3,5/6-6,5 | 3,5-4/6,5 |
| VMT760 | 7,6 | 1400×1100 | 0,90 | 33,3 | 4,64 | 6,5 | 9,0 | 6,5 | 5,5 | 6,0 |
| VMT780S | 7,6 | 1400×1100 | 0,40 | 50 | 4,4 | 6,5 | 8,5 | 6,0-6,5 | 5-5,5 | 5,5-6 |
| VMT850 | 8,5 | 1675×1200 | 0,23/1,1 | 50/33 | 3,4/7,3 | 5,5 | 5,5-6/9,5 | 4,0/7,0-7,5 | 3-3,5/6-6,5 | 3,5/6,5 |
| VMT850H | 10,6 | 1675×1200 | 0,40/1,0 | 42/33 | 6,6/11,9 | 8,0 | 11,0/>15 | 8-8,5/14,0 | 7,0/13-13,5 | 7,5/13,5 |
| VMT920 | 9,05 | 1600×1200 | 0,65 | 33 | 5,6 | 7,0 | 9,0 | 6,5 | 5,5 | 6,0 |
| VMT950S | 9,15 | 1600×1200 | 0,26/0,65 | 50/33 | 5,0/5,6 | 7,0 | 8,5/9,0 | 6-6,5/6,5 | 5,0/5,5 | 5,5-6/6,0 |

Lebrero, Испания

| | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-----------|-----------|-------|---------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| VTA80 | 8,00 | 1450×1040 | 0,29/0,90 | 50/33 | 3,5/4,8 | 7,5 | 8,5/9,5 | 5,5-6/7,0 | 4,5/6,0 | 5,0/6,5 |
| VTA90 | 9,50 | 1650×1200 | 0,29/0,92 | 50/33 | 4,3/6,1 | 7,0 | 7,5/9,5 | 5,5/7,0 | 4,5/6,0 | 5,0/6,5 |
| VTA100 | 11,00 | 1800×1250 | 0,33/0,78 | 50/33 | 6,7/7,0 | 7,5 | 10,0/10,0 | 7,5/7,5 | 6-6,5/6,5 | 6,5-7/7,0 |

Marini, Италия

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|----------|-----------|----|---------|-----|-----------|-------------|-----------|-----------|
| 40VS2 | 4,55 | 1300×950 | 0,33/0,62 | 47 | 1,9/3,5 | 3,0 | 3,5/4,5-5 | 2,5/3,5-4,0 | 2,0/3-3,5 | 2-2,5/3,5 |
|-------|------|----------|-----------|----|---------|-----|-----------|-------------|-----------|-----------|

| Модель виброкатка фирмы | Паспортные параметры катка | | | | | Оптимальный слой уплотнения ($h_{оп, см}$) многощебенистого асфальтобетона | | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|----|----------------|---|------------|-------------|-----------|-----------------------------|
| | Q | В×Д | A∞ | f | P ₀ | статика (под- катка) | вибрация | | | Общий итог, $h_{оп, см}$ |
| | т | мм | мм | Гц | тс | | начало | середина | конец | |
| 60VS2 | 6,6 | 1400×1100 | 0,45/0,74 | 50 | 4,0/7,0 | 5,0 | 6,5/10,0 | 4,5-5/8,0 | 4-4,5/7,5 | 4,5/7,5-8 |
| 81VS2 | 8,3 | 1400×1100 | 0,45/0,74 | 50 | 4,0/7,0 | 8,0 | 9-9,5/13,5 | 6,5/10-10,5 | 5-5,5/9,0 | 5,5/9,5 |
| 100VS2 | 10,1 | 1750×1300 | 0,43/0,75 | 50 | 6,3/12,1 | 6,5 | 9,0/15,0 | 6,5/12,5 | 5,5/11,5 | 6,0/12,0 |

Раскат, Россия

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|-----------|-----------|-------|----------|-------|-----------|-----------|-----------|---------|
| ДУ82 | 3,5 | 1300X800 | 0,48 | 64 | 3,26 | 1,5-2 | 4,0 | 3,0 | 2,5-3 | 3,0 |
| ДУ47Б | 7,5 | 1400X1200 | 0,50 | 41 | 6,42 | 9,0 | 12,5 | 10-10,5 | 8,5 | 9,0 |
| ДУ96 | 7,2 | 1500X1070 | 0,30/0,54 | 50/40 | 4,5/5,8 | 5,0 | 7-7,5/8,5 | 5,5/6-6,5 | 4,5/5,5-6 | 5,0/6,0 |
| ДУ98 | 11,5 | 1700X1200 | 0,30/0,60 | 50/40 | 6,3/7,65 | 9,0 | 12,0/13,0 | 9,0/10,0 | 7,5/8,5 | 8,0/9,0 |

Sakai, Япония

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|-----------|-----------|-------|---------------|-------|-----------|-------------|------------|------------|
| SW502 | 4,1 | 1300×800 | 0,33 | 55,00 | 2,90 | 3,0 | 4,5 | 4,0 | 3,0 | 3,5 |
| SW652 | 7,1 | 1480×1070 | 0,30/0,60 | 50/67 | 3,6;6,5;7,2 | 5,5 | 6,5/10,5 | 4,5/8,5 | 3,5-4/7,5 | 4,0/8,0 |
| SW800 | 10,4 | 1700×1300 | 0,33/0,56 | 42/67 | 4,7;8,0;12,3 | 7-7,5 | 8-8,5/>15 | 5,5-6/13,0 | 4,5/12,5 | 5-5,5/12,5 |
| SW850 | 12,5 | 2000×1400 | 0,33/0,56 | 42/67 | 5,9;9,9;15,0 | 7,0 | 7,5/>15 | 5,5-6/13,0 | 4,5-5/12,0 | 5,0/12,5 |
| SW900 | 13,0 | 2130×1400 | 0,36/0,61 | 42/67 | 6,9;11,7;17,6 | 6,5-7 | 8,5/>15 | 6,0/14-14,5 | 5,0/13,5 | 5,5/14,0 |

VOLVO, Швеция (прежде J-R, США)

| | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-----------|----------------------|------------------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| DD38HF | 3,8 | 1375×740 | 0,33 | 70 | 3,7 | 2,50 | 5,0 | 4,0 | 3,5 | 3,5-4 |
| DD70 | 6,8 | 1448×1046 | 0,27...0,54 (8 знач) | 55 | 4,08-8,16 | 4,5-5 | 7,0/12,0 | 5,0/10,0 | 4,5/9,0 | 4,5-5/9,5 |
| DD85-1 | 8,75 | 1680×1220 | 0,36/0,69 | 50/40 | 6,83/8,36 | 5-5,5 | 8,5-9/10,0 | 6,5/8,0 | 5,5-6/7-7,5 | 6,0/7,5 |
| DD95 Alexander | 9,45 | 1680×1220 | 0,23/0,44 | 50/40 | 4,56/5,81 | 6-6,5 | 7,5/8,5 | 5-5,5/6,5 | 4,5/5,5 | 5,0/6,0 |
| DD95-1 | 9,65 | 1680×1220 | 0,34/0,64 | 50/40 | 6,83/8,63 | 6,5 | 9,5-10/11,5 | 7,5/9,0 | 6,5-7/8,0 | 7,0/8,5 |
| DD90HF | 9,85 | 1676×1220 | 0,46...0,64 (8 знач) | 47,5/63,3 | 7,3...12,7 (0,46 мм) | 7,5 | 11,0/>15 | 8,5/14,5 | 7,5/14 | 8,0/14-14,5 |
| DD90 | 9,9 | 1676×1220 | 0,41...1,02 (8 знач) | 41,7/30,8 | 4,8...11,8 (41,7 Гц) | 7,5 | 8,5-9/>15 | 6-6,5/13,5 | 5,0/12,5-13 | 5,5-6/13,0 |
| DD112HF | 12,37 | 2000×1400 | 0,32/0,80 | 50/70 | 7,6...15,0 (0,32 мм) | 7-7,5 | 9,5/>15 | 7,0/13,0 | 6,0/12,5 | 6,5/12,5-13 |
| DD118HFA | 12,37 | 2000×1440 | 0,32...0,80 (8 знач) | 50...70 (автовывбор под А) | 7,66...15,0 (0,32 мм) | 7-7,5 | 9,5/>15 | 7,0/13,0 | 6,0/12,5 | 6,5/12,5-13 |
| DD132HF | 13,75 | 2135×1400 | 0,36/0,88 | 45/66,7 | 7,6/16,7 (0,36 мм) | 8,0 | 9,5/>15 | 7,0/14-14,5 | 5,5-6/13-13,5 | 6,0/13,5-14 |
| DD138HFA | 13,75 | 2135×1400 | 0,36...0,90 (8 знач) | 45...66,7 (автовывбор под А) | 7,6...16,7 (0,36 мм) | 8,0 | 9,5/>15 | 7,0/14-14,5 | 5,5-6/13-13,5 | 6,0/13,5-14 |
| DD158HFA | 15,33 | 2135×1500 | 0,43...0,89 (8 знач) | 42...57 (автовывбор под А) | 9,5...17,4 (0,43 мм) | 9,0 | 12,0/>15 | 9,0/15,0 | 7,5/14,5 | 8,0/14,5-15 |

Xuzhou (XCMG), Китай

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|-----------|-----------|-------|------------|-----|-------------|-------------|----------|-------------|
| YZC7 | 7,16 | 1450×1040 | 0,35/0,71 | 48 | 3,57/7,24 | 6,0 | 7,0/11,5 | 5,0/9,5 | 4,0/8,5 | 4,5/8,5-9 |
| YZC10 | 10,0 | 1680×1220 | 0,40/0,80 | 48 | 6,12/12,24 | 7,0 | 9,5/>15 | 7,0/13,5-14 | 6,0/13,0 | 6,5/13,5 |
| YZC12 | 12,0 | 2135×1250 | 0,40/0,80 | 48/45 | 8,16/14,28 | 6,0 | 9,0/14,0 | 6,5-7/11,5 | 5,5/11,0 | 6,0/11-11,5 |
| YZC12-2 | 12,5 | 2135×1250 | 0,37/0,75 | 50/42 | 8,66/13,25 | 7,0 | 9,5-10/14,0 | 7,5/11,5 | 6,5/10,5 | 7,0/11,0 |

Примечание:

1. Значения параметров виброкатков и оптимальные толщины слоев уплотнения асфальтобетона в числителе соответствуют слабой вибрации, в знаменателе — сильной;

2. Оптимальные толщины слоев найдены для следующих фаз (этапов уплотнения):

- статика (подкатка сразу за укладчиком), смесь с $T=135-130^{\circ}C$, $K_{\gamma}=0,90 \div 0,91$;
- начало виброукатки при $T=115 \div 110^{\circ}C$ и $K_{\gamma} \approx 0,93$;
- середина виброуплотнения при $T=105 \div 100^{\circ}C$ и $K_{\gamma} \approx 0,96 \div 0,97$ (начало фазы);
- конечная фаза виброукатки при $T=95-90^{\circ}C$ и $K_{\gamma} \approx 0,98 \div 0,99$ (начало);

3. Указанные в таблице значения оптимальных толщин слоев высококачественного уплотнения определены для многощебенистых плотных смесей типов А и Б на битумах БНД 90/130 и 60/90. При использовании любого виброкатка на уплотнении менее прочных и более

податливых малощебенистых и песчаных смесей (типа В и Г) их оптимальные толщины слоев надлежит увеличить примерно в 1,25–1,35 раза по сравнению с оптимальными толщинами из таблицы, либо следует использовать более легкий виброкаток и с меньшей силой вибровоздействия, если оптимальная толщина слоя должна остаться табличной.

4. При потребности уплотнять щебенистую смесь на полимербитумном вяжущем (ПБВ), повышающем прочность смеси и асфальтобетона на сжатие и сдвиг в 1,3–1,4 раза (добавка в битум полимера СБС около 2–2,5%) или до 1,6–1,7 раза (СБС 3–3,5%), оптимальная толщина слоя укатки одним и тем же катком должна быть снижена примерно в те же самые 1,3–1,4 или 1,6–1,7 раза по сравнению с многощебенистой смесью на битуме БНД без полимера. Либо, при неизменной полщине слоя укатки, надлежит использовать более тяжелый виброкаток (в 1,10–1,12 или в 1,26–1,30 раза) и с большей (то-

же в 1,10–1,12 или в 1,26–1,30 раза) центробежной силой вибровозбудителя вальца катка.

5. Для укатки плотных многощебенистых смесей типов А и Б в покрытиях мостов и путепроводов, а также для уплотнения щебне-мастичных асфальтобетонных смесей на любых дорогах, мостах и путепроводах должна использоваться только статическая технология уплотнения (применение вибрации запрещено или не рекомендовано). Для этой технологии необходимы три разных гладковальцовых катка (легкий, средний и тяжелый), весовые параметры каждого из которых следует подбирать по индексу потребных контактных давлений в соответствии с толщиной уплотняемого слоя в покрытии. Общее количество проходов всех трех катков по одному укатываемому следу должно быть не менее 22–24 при соблюдении рациональных температурных интервалов укатки, а рабочую их скорость следует поддерживать в пределах 3,0–4,0 км/ч (уровень среднего пешехода).