

ЗАЧЕМ УПЛОТНЯТЬ АСФАЛЬТОБЕТОН ВЫШЕ МИНИМАЛЬНОЙ НОРМЫ?

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

В прежние годы советские, а затем и российские дорожные подрядчики постоянно были озабочены проблемой обеспечения минимально требуемого нормативного коэффициента уплотнения (K_y) асфальтобетона в покрытии дороги. По действующему СНиП 3.06.03–85 степень или коэффициент уплотнения, выражаемый в России в долях 1,0, а в других странах в долях 100%, должен быть не ниже 0,99 или 99% для асфальтобетона из плотных смесей типов А и Б и 0,98 или 98% из плотных смесей типов В, Г и Д, а также для пористых и высокопористых асфальтобетонов, от объемного веса переформованных и уплотненных в лаборатории образцов. Такой объемный вес принимался за 1,0 или 100%.

Отмеченная озабоченность была обусловлена известной и всеми признаваемой технологической отсталостью отечественной дорожной от-

расли, несовершенством собственной уплотняющей техники, невозможностью приобрести зарубежные, более эффективные дорожные катки.

В табл. 1 приведены те модели отечественных и зарубежных катков, которые были доступны большинству дорожников и которые использовались ими практически повсеместно в те годы на устройстве асфальтобетонных покрытий. Анализ их уплотняющей способности по современному критерию индекса контактных давлений и технологических возможностей качественно уплотнять асфальтобетон показывает их явную ущербность в функциональном плане.

И, конечно же, ожидать от такой техники более высокого качества уплотнения, чем минимально требуемое, было бы, по меньшей мере, наивно и несерьезно. Доказательств этому можно привести достаточно много. Стоит лишь указать, что по резуль-

татам двух массовых независимых обследований дорог в европейской части СССР, проведенных СоюздорНИИ, ГипродорНИИ и МАДИ в 60–70-е годы прошедшего столетия, средний срок службы их покрытий составлял примерно две трети от срока службы зарубежных дорог, а в Сибири он вообще часто не превышал 50–55%.

Из-за значительного недоуплотнения покрытий, т. е. наличия фактического брака, доходящего в 80-е годы 20 века до 25–30% даже в таком технически передовом и развитом центре, как Ленинград (табл. 2), они достаточно быстро разрушались, требуя частых и существенных затрат на свои ремонты.

Сегодня в дорожной отрасли России уже другие времена, сами дорожники становятся другими, более опытными и современными в технологическом плане. Их оснащение эффективной техникой, в том числе уплотняющей,

Индекс контактных давлений (показатель уплотняющей способности катка)*	Положение вальца на катке	Тип и модель статического и вибрационного катка					
		ДУ-50, статика, 2×3, 6 т	ДУ-47Б, вибрация, 2×2, 6 т	ДУ-48Б, статика, 2×3, 9 т	Т-12 (ГДР), вибрация, 2×2, 12,4 т	ДУ-49Б, статич., 3×3	
						без балласта 11 т	с балластом 18 т
статика, P_{ks} , кгс/см ²	передний	1,69 (слой 5 см)**	1,74 (5–6 см)	2,11 (9 см)	1,57 (3,5–4 см)	1,19	1,92
	средний	—	—	—	—	1,50	2,17
	задний	2,23 (слой 10 см)**	1,99 (7–8 см)	1,84 (6–7 см)	2,35 (12 см)	2,49 (5–6 см)***	3,22 (11–12 см)***
вибрация, P_{kd} , кгс/см ²	задний	—	после статика 2,61 (7–8 см)	—	после статика 2,77 (10 см)	—	—

* Индекс контактных давлений является обобщенной функционально-технологической характеристикой катка, учитывающей весовую нагрузку или общую динамическую силу при вибрации и размеры (ширина, диаметр) каждого вальца.

** Оптимальный слой уплотнения щебеннистого асфальтобетона для указанного индекса контактных давлений.

*** На завершающей стадии уплотнения, для которой и создавался ДУ-49Б.

Таблица 1.

постепенно приближается к оснащению зарубежных коллег, они осваивают передовые технологические приемы выполнения асфальтобетонных работ. И главное, свое право на очередной объект они должны завоевывать в конкурентной борьбе, предусматривающей особое отношение к качеству работ и материалов.

Поэтому реализация минимально требуемого K_y асфальтобетона для многих подрядчиков стала не просто трудным обязательством, а фактически даже заурядным делом. Ряд из них добивается хороших, а иногда и очень высоких результатов по качеству уплотнения асфальтобетонных покрытий.

И, тем не менее, даже среди успешных в этом плане подрядчиков порой возникают сомнения и суждения о том, что раз СНиП формально требует K_y не ниже установленной планки, так зачем стремиться реально перекрывать эту планку, тем более, что логика конкурсных торгов поощряет снижение стоимости контрактных работ и нередко в ущерб их качеству. Объект ведь все равно примет в эксплуатацию, если соблюдены хотя бы минимальные требования СНиП.

Такого сорта дорожники продолжают мыслить и руководствоваться в своей практической деятельности прежними устремлениями и заботами — достичь минимально требуемого качества и все. Хотя имеющиеся потенциальные возможности современных технологий и машин (укладчики, катки) позволяют добиваться значительно более высоких показателей уплотнения асфальтобетона в покры-

тии, доходящих до 1,01–1,02 (101–102%), а в некоторых случаях и до 1,03 (103%).

Правда, у тех же дорожников появляются вопросы, а иногда и возражения против таких высоких значений коэффициента уплотнения. Мол, что это за показатель, превышающий 100%, и нужно ли, а может быть и вредно, достигать такой высокой плотности?

Очевидно, все эти вопросы, сомнения и возражения требуют определенного их обоснования и некоторых пояснений. Хотя они давно, неоднократно и профессионально уже освещались российскими практиками и учеными, в том числе такими крупными специалистами в области асфальтобетонной технологии, как Н. Н. Иванов, Н. В. Горелышев, И. В. Королев, Л. Б. Гезенцев и другие, внесшие существенный и неоценимый вклад в становление и развитие дорожной отрасли.

Высокие значения K_y , превышающие 1,0 или 100%, свидетельствуют, во-первых, о совершенстве российского метода и средств уплотнения переформованного образца асфальтобетона в лаборатории, во-вторых, об имеющемся запасе или о потенциальных возможностях самого асфальтобетона деформироваться в покрытии более значительно, чем в лабораторной форме (жестком стакане), и, в-третьих, о высокой эффективности используемых сегодня технологических приемов и современных уплотняющих средств в виде разных типов катков.

К сожалению, российские дорожники до сих пор (уже примерно 50 лет, если не больше) для переформовки и для подбора состава ас-

фальтобетона в лаборатории используют обычный, правда, легко доступный гидравлический пресс и жесткий металлический стакан (форму), которые в случае работы со щебенистыми смесями дополняются простейшим вибростолом (амплитуда колебаний 0,35–0,40 мм, частота 50 Гц) для комбинированного уплотнения сначала на вибростоле (3 мин), а затем на прессе при давлении 200 кгс/см² (3 мин). Если смеси малощебенистые и песчаные, понадобится только пресс, но при давлении 400 кгс/см². До утверждения в 1970 г действующих сегодня стандартов, приборов и норм уплотнения асфальтобетона достаточно было одного прессы с давлением 300 кгс/см² при минимально требуемой степени уплотнения дорожного покрытия 0,97 из любых типов смесей.

Общеизвестно из механики грунтов, бетонов и других строительных материалов, что наиболее эффективно и быстро такие материалы деформируются и уплотняются в том случае, когда к ним прикладываются циклические усилия с поочередно повторяющимися нагружениями и разгрузками, как это делают катки на устройстве покрытия или зарубежные лабораторные приборы для уплотнения грунта и асфальтобетона (приборы Проктора, стандартного уплотнения грунта СоюздорНИИ, Маршалла, гиратор и др.), и когда частицам уплотняемого материала предоставляется некоторая свобода или возможность вертикального и горизонтального смещения относительно друг друга.

В жесткой лабораторной форме при непрерывно действующем статическом давлении прессы вместо чередующихся циклов нагрузка-разгрузка частицы асфальтобетонной смеси такой свободы практически не имеют. После некоторой начальной осадки материал образца попадает в зажатое вертикальное положение, хотя его возможности к уменьшению пористости и дальнейшему уплотнению еще не исчер-

Коэффициент уплотнения асфальтобетона (в долях 1,0)	<0,98	0,98	0,99	1,0	
Средняя доля (%) значений в общем количестве тестов покрытий в г. Ленинграде в течение 5 лет — мониторинг треста Лендорстрой и Ленфилиала СоюздорНИИ	1982 г.	10	20	34	36
	1983 г.	26	24	24	26
	1984 г.	14	19	36	31
	1985 г.	13	16	25	46
	1986 г.	13	42	26	19
	Средняя 1982-1986 гг.	15	24	29	32

Таблица 2. Качество уплотнения асфальтобетонных покрытий на улицах и проспектах Ленинграда.

паны. В итоге объемный вес такого образца оказывается меньше, чем мог бы быть при его уплотнении по методу Маршалла или в гираторе. Поэтому за счет уменьшенного значения знаменателя (объемный вес несколько недоуплотненного образца в лаборатории) и получают у образцов асфальтобетона из покрытия значения K_y , превышающие 1,0 или 100%.

И ничего в этом страшного или тревожащего, на первый взгляд, нет. Однако с помощью такого уже исчерпавшего себя метода и оборудования ведется подбор и проверка проектируемых составов асфальтобетонных смесей для будущих покрытий дорог, и не исключено, что эти составы будут не соответствовать наилучшим вариантам granulометрии и физико-механических свойств.

Как известно, с повышением плотности асфальтобетона пористость его минерального остова снижается, и поэтому количество битума для заполнения пор тоже понижается. При подборе granulометрического состава смеси в лаборатории определяют оптимальный расход битума по максимуму получаемой прочности отформованных образцов на сжатие. Если в лаборатории при использовании существующей методологии с прессом образец оказывается недоуплотненным по сравнению с плот-

ностью в покрытии (вариант, когда $K_y > 1,0$ или $> 100\%$), значит оптимум битума для покрытия установлен неверно.

Эксперименты с песчаными смесями показали, что при их уплотнении на прессе (400 кгс/см²) оптимум битума для $K_y=1,0$ составил 7,6%, а при уплотнении на гираторе (20 оборотов) получен K_y около 1,02–1,03 и оптимум битума понизился до 6,7%. Хорошая экономия битума (в 1,13–1,14 раза), правда, на песчаном асфальтобетоне. Кроме того, образцы после гиратора оказались прочнее (R_{20}, R_{50}) образцов из-под прессы в 1,11–1,17 раза.

В табл. 3 представлены итоги обработки и осреднения результатов уплотнения различных щебенистых смесей известными лабораторными методами, выполненного в свое время Н.В. Горельшевым и К.Я. Лобзовой, причем за 100% приняты результаты уплотнения таких смесей стандартным для России комбинированным методом (вибрация + статическое сжатие).

Из данных этой таблицы следует, что и комбинированный метод, и чисто статическое сжатие исчерпали все свои возможности к увеличению плотности лабораторного образца и в этом отношении оба они отстали уже не только от зарубежных методов и приборов, но и от катков, работающих на дороге и реализующих $K_y > 1,0$.

К тому же у этих отечественных методов и приборов нет возможности варьировать работу уплотнения и оценивать уплотняемость составов смесей, как это делается в методе Маршалла за счет изменения количества ударов трамбовки (рис. 1) или количества оборотов гиратора во вращательном уплотнителе (рис. 2).

Можно только увеличивать давление прессы, как это произошло в 1970 г., когда 300 кгс/см² повысили до 400 кгс/см² и нормативный коэффициент уплотнения $K_y(300)=0,97$ подняли до $K_y(400)=0,99$ для щебенистых смесей. Любопытно, что в результате таких изменений прежняя норма $K_y=0,97$ теперь соответствует всего лишь $K_y=0,95$, что наглядно объясняет низкий уровень качества уплотнения покрытий в 60–70-е годы прошлого века и незначительный срок их службы.

Однако та же табл. 3 показывает нецелесообразность и даже бессмысленность увеличения статического давления свыше 400 кгс/см² для щебенистых смесей. Во-первых, прирост плотности незначителен, и, во-вторых, это самое неприятное, с ростом давления сжатия увеличивается дробление щебня в образце, что ведет к искажению всех его показателей.

Теперь вполне очевидно, что дорожная отрасль России фактически подошла к момен-

Метод уплотнения лабораторного образца	Относительная плотность образца, %	Остаточная пористость, %	Относительная прочность на сжатие при +20° С, %	Дробление щебня (%) при его содержании в асфальтобетоне			
				20%	35%	50%	65%
Сжатие на прессе при давлении: 300 кгс/см ² (30 МПа) 400 кгс/см ² (40 МПа) 500 кгс/см ² (50 МПа)	99,3	5,4	100	2,1	10,6	15,5	25,0
	100,2	5,1	101	4,0	10,8	16,8	—
	100,6	5,0	105	4,9	—	—	—
Комбинированный=вибрация на стенде 3 мин+сжатие на прессе 200 кгс/см ² , 3 мин (стандарт для щебенистых смесей)	100	3,6	100	—	3,7	8,5	10,0
Трамбование по Маршаллу на каждую сторону образца по -50 ударов -75 ударов	99,8	4,6	126	1,1	1,7	5,8	8,1
	101,1	3,8	—	—	—	—	—
Вращательное уплотнение на гираторе: 20 оборотов 40 оборотов	101,1	2,6	119	1,8	3,0	4,3	10,7
	102,3	2,0	143	—	—	—	—

Таблица 3.

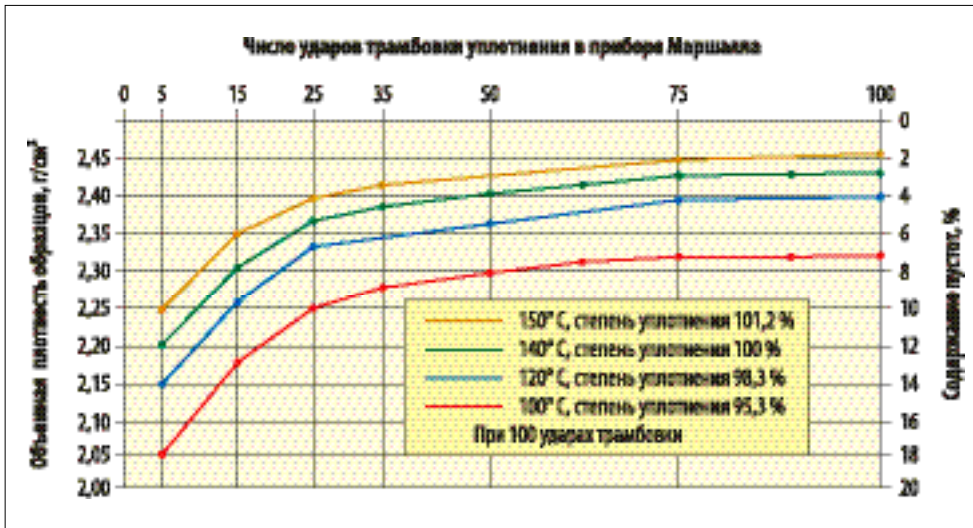


Рис. 1. Результат лабораторного уплотнения асфальтобетона 0/11 В65 в приборе Маршалла при различной температуре (проф. Эльк Рихтер, технический институт г. Эрфурта, Германия).



Рис. 2. Гирскопический уплотнитель асфальтобетона фирмы Troxler, созданный для реализации федеральной программы SHRP SuperPave (США).

ту, когда действующему лабораторному методу и его оборудованию оценки качества подбора состава в лаборатории и уплотнения асфальтобетона в покрытии необходимо дать отставку, заменив их более подходящими и современными. Но какими?

Проще всего, не мудрствуя лукаво и не изобретая велосипед, можно было бы перейти на широко применяемый в большинстве стран мира, накопивший огромный опыт своего использования, достаточно доступный и, пожалуй, самый дешевый метод трамбования по Брюсу Маршаллу (незамысловатое оборудование несложно изготовить в любой механической мастерской, в том числе дорожной). Правда, к наиболее современным все-таки следует отнести метод вращательного уплотнения асфальтобетонного образца на гираторе. Гираторный уплотнитель лучше и ближе всего моделирует физику и механику процесса деформирования и, соответственно, уплотнения асфальтобетона статическими и вибрационными вальцами катков в слоях покрытия на дороге, и потому он более перспективный. Но в то же время и самый дорогой. И сейчас, очевидно, пока не всем российским дорожникам доступный, как, например, прибор и метод Маршалла.

Вообще в этом плане не следует исключать и пе-

рехода на новые принципы оценки качества уплотнения асфальтобетона на дороге, взяв за основу (100%) так называемую «теоретическую плотность», легче и проще определяемую в лабораторных условиях.

В США, к примеру, действует стандарт ASTM D 2041, который рекомендует (не требует и не обязывает, а рекомендует наравне с другими) использовать в качестве показателя степени уплотнения отношение плотности асфальтобетона из покрытия к его истинной («теоретической») плотности. Последняя представляет из себя отношение общей массы минеральных материалов и битума к их объему, легко находимому по закону Архимеда. Фактически «теоретическая плотность» по Д. Райсу (J. Rice) есть плотность асфальтобетона с нулевой пористостью, т. е. плотность двухфазной системы. Поэтому новый K_v асфальтобетонных покрытий, найденный через такую «теоретическую плотность», будет наиболее объективным и не зависящим от особенностей метода или конструкции лабораторного прибора определения той плотности, которую принимают за 100%.

Кстати, всю подобную лабораторную и расчетную процедуру российские дорожные службы давно освоили, определяя остаточную пористость асфальтобетона через показатели средней и истинной его плотности. Ничего не следует объяснять, никого не нужно учить. Осталось только начать движение в сторону внедрения нового K_v .

При переходе на такой принцип оценки качества уплотнения (по остаточной пористости) было бы удобно ввести региональные нормы этого качества, что давно и неоднократно предлагали некоторые дорожные специалисты, понимающие и видящие различия в эксплуатации и поведении асфальтобетонных покрытий, например, в сыром и мягком по климату Северо-Западном или суровом и сухом Сибирском регионах.

Однако этот переход требует серьезной и боль-

шой работы по разработке, обоснованию и практической проверке норм на качество уплотнения асфальтобетона. Следует заметить, что переход не исключит необходимости иметь метод и лабораторное оборудование для подбора наиболее оптимального и эффективного состава асфальтобетона по критериям прочности, сдвигоустойчивости и усталостной долговечности.

Но все это вполне решемо, о чем свидетельствует опыт дорожников ряда стран, в том числе соседней Финляндии, где качество уплотнения асфальтобетона нормируется по остаточной пористости, а подбор составов асфальтобетона выполняется с использованием гирационного лабораторного уплотнителя (формование тестовых образцов с определением уплотняемости выбранного состава) и проверкой отобранного состава испытательным колесом на образование колеи (оценка сдвигоустойчивости и усталостной долговечности).

Финские нормативы очень жестко и скрупулезно регламентируют методологию и результат подбора гранулометрического состава асфальтобетона для покрытий. Для качества уплотнения эти нормы тоже не кажутся более демократичными и свободными. Во всяком случае, если судить по наличию вилки требуемой средней остаточной пористости 1–4% (при условии, что единичные значения не превысят 5%) для верхних и нижних слоев покрытий дорог I и II категорий. Если эту остаточную пористость обратить в новый K_v , то норма на его минимальное и максимальное значения составит узкую вилку — 96–99% от истинной или «теоретической» плотности. Нужно ли ограничивать максимум K_v ?

Российскому дорожнику, понимающему цену каждого 1% (или 0,01) плотности и привыкшему делать все для достижения более высоких ее значений, пока трудно сразу ощутить и осмы-

слить, что здесь хорошо, а что плохо.

Во всяком случае, концепция финских нормативов (хорошо только то, что попадает в вилку требуемых значений K_v) отличается от концепции российских и ряда зарубежных стран (все хорошо то, что не ниже заданного минимального уровня K_v) и позволяет осуществлять на дороге предельно возможное уплотнение асфальтобетона, превращающее его в материал высокого качества или класса.

Слабое или даже с минимальной нормой уплотнение, как правило, сводит на нет все технологические приемы, направленные на повышение качества и свойств асфальтобетона — использование высокопрочных и более качественных исходных материалов, как например, габбро-диабазовый щебень с ухтинским или модифицированным полимерами битумом, тщательный подбор оптимального гранулометрического состава смеси, введение различного рода добавок, увеличение времени перемешивания смеси на АБЗ и др. Такое низкое уплотнение покрытия ведет к сокращению срока его службы и к росту затрат на его ремонты.

Наилучшим решением следует считать достижение предельно возможной плотности сразу во время устройства покрытия на дороге (но как заставить или протрамбовать подрядчика?!), что позволит сформировать оптимальную структуру асфальтобетона с его более высокими прочностными и деформативными свойствами и исключит нежелательную стадию или период работы покрытия в недостаточном уплотненном состоянии, что раньше допускалось, практиковалось и не только в России. Продолжительность такого вредного периода прямо пропорциональна вязкости битума в асфальтобетоне и поэтому может быть нежелательно затяжной.

Теоретическим пределом такого состояния может слу-

жить так называемая максимальная или истинная («теоретическая») плотность, выше которой асфальтобетон не уплотнить, но с 0,5–1,5% остаточной пористости для не очень жарких регионов России, подобных Северо-Западному, для которых крайне важна малая пористость уплотненного асфальтобетона и низкая поверхностная водопроницаемость покрытия.

Практическим же пределом может быть та максимальная плотность, дальнейшее повышение которой вызовет резкое увеличение дробимости щебня, превышающее известные 5–6% после обычной укатки покрытия катками. Иногда состояние асфальтобетона с увеличенной дробимостью щебня называют переуплотнением, и его можно зафиксировать по снижению его прочностных показателей, несмотря на некоторое повышение плотности.

По многочисленным экспериментальным данным российских и зарубежных исследований установлено, что увеличение коэффициента уплотнения щебенистого асфальтобетона сверх минимальной нормы на 1% (или на 0,01, если этот коэффициент в долях 1,0) влечет за собой или устойчиво обеспечивает:

- рост прочности на сжатие при +50 и +20° С в среднем соответственно на 9 и 13 %;
- рост прочности на растяжение при изгибе на 8,5 %;
- повышение предельной деформации растяжения при изгибе на 21–22 %;
- снижение остаточной пористости примерно в 1,15 раза;
- снижение оптимального содержания битума до 0,5% из реального его расхода;
- рост сдвиговой и усталостной прочности примерно в 1,3–1,5 раза.

Влияние качества уплотнения асфальтобетонного покрытия на его усталостную и сдвиговую прочность достаточно убедительно показывают следующие данные, заимствованные из опубликованных графиков упомянутого уже проф. Э. Рихтера (табл. 4).

Коэффициент уплотнения асфальтобетона в покрытии, %		100	98,3	95,3	~91÷92
Количество проездов (%) испытательного колеса до появления колеи глубиной:	10 мм	100 (9,5 тыс. проездов)	32	18	8
	15 мм	100 (18 тыс. проездов)	29	16	7
	20 мм	100 (26 тыс. проездов)	33	17	9
	среднее	314 %	100 %	54 %	26 %

Таблица 4.

В некоторых странах допускаемой считается колея глубиной 10 мм, в других — 15 или 20 мм. Если минимально требуемый по нормам коэффициент уплотнения асфальтобетона составляет, к примеру, 98% от максимальной плотности по Маршаллу, то подрядчик, доведя плотность до 100%, увеличит количество проездов испытательного колеса в лаборатории до образования предельно допустимой колеи (10, 15 или 20 мм), а соответственно и срок службы покрытия почти в 3 раза или около этого. Разве будет возражать заказчик? Напротив, следующий контракт он постарается, очевидно, передать именно этому подрядчику.

Как показал проф. Н. В. Горелышев, свойства асфальтобетона можно улучшать и другими мерами помимо уже упомянутых выше — добавлять резину, латекс, ПАВ, использовать активированные материалы, входящие в его состав. Каждая из этих мер доста-

точно эффективно улучшает ряд одних и не затрагивает или минимально изменяет другие свойства асфальтобетона. Сравнение результатов влияния таких мер на шесть показателей свойств асфальтобетона с влиянием высококачественного (предельного) уплотнения подтверждает высокую эффективность и конкурентоспособность именно этой простой и достаточно дешевой технологической операции по отношению к другим более сложным и дорогим мерам, перечисленным в табл. 5.

Из изложенного вытекает логически ясный ответ на вопрос, сформулированный в заголовке этой публикации. Во всяком случае, в заключение можно обоснованно утверждать, что выполнять сегодня уплотнение асфальтобетонного покрытия на дороге только до минимально требуемых показателей качества — нежелательное технологическое и экономическое упущение.

№№ п/п	Мероприятия по улучшению свойств асфальтобетона	Рост прочности на сжатие (%) при		Повышение деформативности, %	Снижение оптимального содержания битума, %	Снижение пористости минерального остова, %	Снижение водонасыщения, %	Общая сумма, %
		+50° С	+20° С					
1	Высокая степень уплотнения (предельная)	48	32	35	16	13	36	180
2	Активация материалов	59	24	0	23	15	37	158
3	Добавка полимера ДСТ	41	13	50	14	0	16	134
4	Добавка резины	47	8	63	4	5	0	127
5	Добавка латекса	45	28	33	0	0	0	106
6	Добавка ПАВ	19	7	0	0	8	18	52

Таблица 5.