УДК 625.853.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДОРОЖНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА В РОССИИ

Канд. экон. наук, генеральный директор **Е.Н. Симчук**,
зам. ген. директора, руководитель ИЦ **К.А. Жданов**,
зам. руководителя лаборатории
асфальтобетона **И.А. Дедковский**
(АНО «Научно-исследовательский институт
транспортно-строительного комплекса» (НИИ «ТСК»)
Конт. информация: niitsk@niitsk.ru

В статье рассмотрены подходы к нормированию требований к асфальтобетонам, проанализированы методы испытаний, а также условия уплотнения традиционных асфальтобетонов по ГОСТ 9128 и асфальтобетонов по новым национальным стандартам, разработанным на основе зарубежного опыта. Представлено описание современных методов испытаний, моделирующих реальное эксплуатационное воздействие на асфальтобетон.

***Ключевые слова**: асфальтобетон, методы испытаний, эксплуатационные показатели, колееобразование, водостойкость, истираемость, противогололедные реагенты.*

В современном мире и в Российской Федерации в частности, абсолютное большинство автомобильных дорог с твердым покрытием строятся с применением дорожного асфальтобетона. В различных научных, учебных и нормативных источниках под асфальтобетоном подразумевается дорожно-строительный материал, получаемый в результате уплотнения рационально подобранной в определенных пропорциях смеси минеральных материалов и битумного вяжущего. Отличительной особенностью дорожного асфальтобетона является его термопластичность, т.е. возможность изменять свои свойства в зависимости от температуры окружающей среды, что непосредственно влияет на образование различных деформаций, возникающих в конструктивных слоях дорожных одежд в процессе эксплуатации. Основные свойства асфальтобетонных смесей и асфальтобетона можно условно разделить на три группы:

1. Технологические свойства (удобоукладываемость, уплотняемость, однородность и т.п.).
2. Физические свойства (плотность, адгезия, водостойкость и т.п.).
3. Эксплуатационные свойства (сдвигоустойчивость, трещиностойкость, износостойкость и т.п.).

Изменяя эти свойства, можно влиять на снижение вероятности возникновения различных дефектов в асфальтобетонных слоях дорожных одежд. К основным дефектам асфальтобетонных покрытий, возникающим на начальном этапе эксплуатации, относится пластическая колейность, связанная с низкой сдвигоустойчивостью асфальтобетона. Для устранения этой деформации необходимо осуществлять проектирование асфальтобетонной смеси с каркасной структурой и применение в ней битумного вяжущего с повышенной вязкостью. Образование низкотемпературных трещин напрямую зависит от количества и свойств битумного вяжущего материала. Для устранения этой проблемы рекомендуется применять битумные вяжущие материалы с пониженной вязкостью. В процессе эксплуатации в асфальтобетонных слоях дорожных одежд проявляются так называемые «усталостные» трещины, которые образуются как за счет снижения несущей способности слоев основания, так и за счет изменения остаточных свойств самого асфальтобетона. Для снижения усталостного трещинообразования, как правило, проектируются слои основания с повышенной капитальностью, а если говорить о повышении усталостных свойств самого асфальтобетона, то для этого необходимо проектировать смеси с повышенным содержанием битумного вяжущего с пониженной вязкостью. Износостойкость асфальтобетона напрямую зависит от прочности применяемых каменных материалов, их количества и размера. Покрытие из асфальтобетона с повышенным содержанием щебня высокоплотных горных пород (например, габброидных) и максимально допустимым размером будет лучше сопротивляться истиранию, чем, например, покрытие из асфальтобетона с малопрочными осадочными горными породами и т.п.

В настоящее время в дорожной отрасли России происходят существенные изменения фонда нормативных документов на дорожный асфальтобетон. Впервые в нашей стране на государственном уровне требования к дорожному асфальтобетону были нормированы в ГОСТ 9128-59 **[1]**. С тех пор данный стандарт пересматривался в 1967 г., затем в 1984 г., следующая редакция стандарта вышла в 1997 г. и наконец, в настоящее время действуют две редакции данного стандарт 2009 и 2013 годов.

Далее рассмотрим непосредственно технические требования к дорожному асфальтобетону и их «эволюцию» от 1959 г. до наших дней.

И начнем с одного из основных требований, а именно зернового состава асфальтобетонных смесей. В **табл. 1** приведены требования к зерновому составу на примере асфальтобетонной смеси для верхнего слоя покрытия типа А с максимальным размером заполнителя 20 мм (необходимо отметить, что разделение по типам и маркам впервые было введено

в 1967 г., для сравнения были взяты требования к смеси по ГОСТ 9128-59 по ее аналогичной функциональной применимости).

Таблица 1

Зерновой состав асфальтобетонной смеси, мм										
ГОСТ 9128	*20*	*15*	*10*	*5*	*3/2,5*	*1,25*	*0,63*	*0,315*	*0,14/0,16*	*0,071*
1959 [1]	100	-	79	61	52	37	28	21	14	9
	95	-	65	42	30	17	12	7	4	4
1967 [2]	100	85	70	50	40	28	20	15	10	8
	95	78	60	35	26	17	12	9	6	4
1976 [3]	100	85	70	50	38	28	20	15	11	10
	95	78	60	35	24	17	12	9	6	4
1984 [4]	100	100	100	50	38	28	20	15	11	10
	95	78	60	35	24	17	12	9	6	4
1997 [5]	100	100	100	50	38	28	20	16	12	10
	90	75	62	40	28	20	14	10	6	4
2009 [6]	100	100	100	50	38	28	20	16	12	10
	90	75	62	40	28	20	14	10	6	4
2013 [7]	100	100	100	50	38	28	20	16	12	10
	90	75	62	40	28	20	14	10	6	4

Как видно из **табл. 1**, существенные изменения в требованиях к зерновому составу произошли в 1967 г., когда было повышено содержание крупного заполнителя. При этом следует отметить, что скорее всего исходили из положения, что чем больше размер и содержание щебня, тем более сдвигоустойчивые получаются смеси **[8]**. Тем самым в 1967 г. изменения были направлены на повышение сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей. В редакции 1976 г. были внесены непринципиальные изменения в части содержания мелкого заполнителя, и допущено повышенное содержание минерального порошка. Затем существенное изменение было внесено в 1984 г., когда было допущено исключение зерен щебня крупнее 10 мм из состава асфальтобетонной смеси, т.е. практически стало возможно проектировать смесь без щебня размером 10-20 мм и в то же время классифицировать ее как мелкозернистую смесь Типа А марки I. Такие «новые» требования к зерновому составу допускают проектировать асфальтобетонные смеси с минимальным содержанием крупного каменного заполнителя, а это напрямую связано с долговечностью асфальтобетонных покрытий. Данные требования к зерновому составу действуют и по сей день.

Теперь давайте обратимся к объемным показателям асфальтобетона, от которых во многом зависят его эксплуатационные свойства. К объемным показателям относятся пористость минерального остова (за рубежом этот показатель носит название – *пустоты минерального заполнителя*), количество битумного вяжущего материала (за рубежом нормируется показатель – *пустоты, наполненные битумным вяжущим*) и остаточная пористость (за рубежом этот показатель носит название – *количество воздушных пустот*). В **табл. 2** приведены требования к объемным показателям на примере асфальтобетонной смеси для верхнего слоя покрытия типа А с максимальным размером заполнителя 20 мм.

Прежде чем приступить к анализу нормированных в нашей стране требований к объемным показателям, рассмотрим важность этих свойств асфальтобетона. Каркас асфальтобетона создается исключительно минеральным заполнителем, и от гранулометрического состава асфальтобетонной смеси напрямую зависит показатель «пористость минерального остова». Если зерновой состав смеси получился очень плотным, то в такой смеси битумного вяжущего будет недостаточно для обеспечения долговечности асфальтобетона, так как толщина битумной пленки вокруг частиц заполнителя будет недостаточной, повышенное значение показателя «пористость минерального остова» приведет к избыточности битумного вяжущего материала и, соответственно, снижению сдвигоустойчивости асфальтобетона.

Таблица 2

ГОСТ 9128	*Пористость минерального остова, %*	*Содержание битумного вяжущего, %**	*Остаточная пористость, %*
1959	не более 18	4,0 – 6,0	3,0 – 5,0
1967	15 – 19	5,0 – 6,0	3,0 – 5,0
1976	15 – 19	5,0 – 6,0	2,5 – 4,5
1984	15 – 19	5,0 – 6,0	2,0 – 7,0 в зависимости от ДКЗ
1997	не более 19	4,5 – 6,0	2,5 – 5,0 (требования только по водонасыщению)
2009	14 – 19	4,5 – 6,0	
2013	14 – 19	4,5 – 6,0	

Примечание:
** – В стандартах приводится примерный расход битума.*

Битумное вяжущее является главным связующим компонентом минерального заполнителя, создавая необходимые упруго-пластичные свойства асфальтобетону. Поэтому от правильного выбора битумного вяжущего материала и его количества напрямую зависит и долговечность асфальтобетонного слоя, повышенное содержание битума повышает устойчивость к трещинообразованию, но в то же время существенно снижается его сдвигоустойчивость и наоборот. Следовательно, очень важно правильно определить необходимое количество битумного вяжущего материала для конкретного минерального заполнителя и минерального остова асфальтобетонной смеси. И наконец, результирующим показателем объемных свойств асфальтобетона является показатель «остаточная пористость», который отвечает за работоспособность асфальтобетона в различных климатических условиях. Низкое содержание показателя «остаточной пористости» может привести к выдавливанию под воздействием движущегося транспорта битумного вяжущего материала на поверхность за счет увеличения его объема в жаркое время года, и создавая тем самым повышенную скользкость такого покрытия(этот процесс часто называют выпотеванием). Высокие значения показателя «остаточная пористость» приводят к повышению водопроницаемости такого асфальтобетона, потенциальному отслаиванию вяжущего от заполнителя, а

также снижению несущей способности всей дорожной одежды за счет проникновения воды в нижние слои дорожной одежды. Ну, и наконец, повышенное значение этого показателя способствует ускоренному старению битумного вяжущего за счет его более быстрого окисления. Поэтому во всем мире этим важнейшим показателям уделяется первостепенное внимание.

Как видно из **табл. 2**, требования к объемным показателям не в полной мере отвечают задачам повышения качества асфальтобетона. Необходимо отметить, что эффективное количество битумного вяжущего никогда не нормировалось, а устанавливались только рекомендации по примерному содержанию битумного вяжущего, и, как следствие, вяжущего могло быть избыточно, а если применялся пористый каменный материал, то вяжущего могло существенно не хватать для выполнения его функций. До 1997 г. были нормированы два из трех объемных показателей – пористость минерального остова и остаточная пористость, от значений которых напрямую зависит долговечность асфальтобетонных слоев дорожной одежды. Во всех последующих редакциях ГОСТ 9128 вместо прямого объемного показателя «остаточная пористость» нормировался косвенный показатель «водонасыщение», вследствие чего важнейший показатель, от которого зависит долговечность асфальтобетонных покрытий, как правило, не определялся. Как показали проведенные исследования, отсутствует прямая корреляция между значениями показателя «остаточная пористость» или «содержание воздушных пустот» (как он называется в новых национальных стандартах) и значениями показателя «водонасыщение». Понятно одно, что значение «водонасыщения» всегда должно быть ниже значения «содержание воздушных пустот», так как «водонасыщение» учитывает только открытые поверхностные поры **(рис. 1)**. Однако насколько большой или малой будет разница между значениями «водонасыщения» и «содержанием воздушных пустот» предсказать невозможно, потому что она постоянно меняется и зависит уже не только от открытых пустот, но и закрытых, куда вода при определении значения «водонасыщения» не попадает (**табл. 3** и **рис. 2**).

В редакциях 1959 и 1997 гг. нормировалось только верхнее значение показателя «пористость минерального остова», что характерно для несвязанного материала, несущая способность которого тем выше, чем значительнее его степень уплотнения. Для асфальтобетонных смесей нужно нормировать нижнее значение показателя для того, чтобы создать необходимую пористость минеральной части асфальтобетона для обеспечения требуемого содержания эффективного битумного вяжущего материала и необходимой остаточной пористости в зависимости от условий его работы.

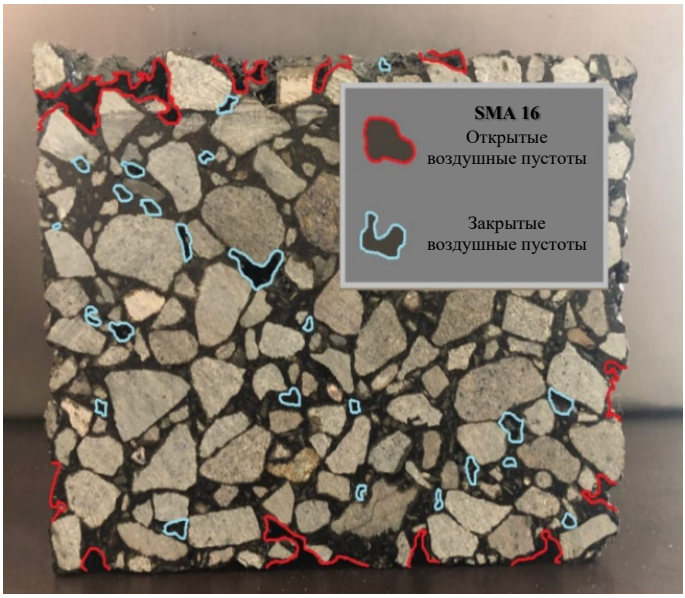


Рис. 1. Воздушные пустоты в образце асфальтобетона (открытые и закрытые)

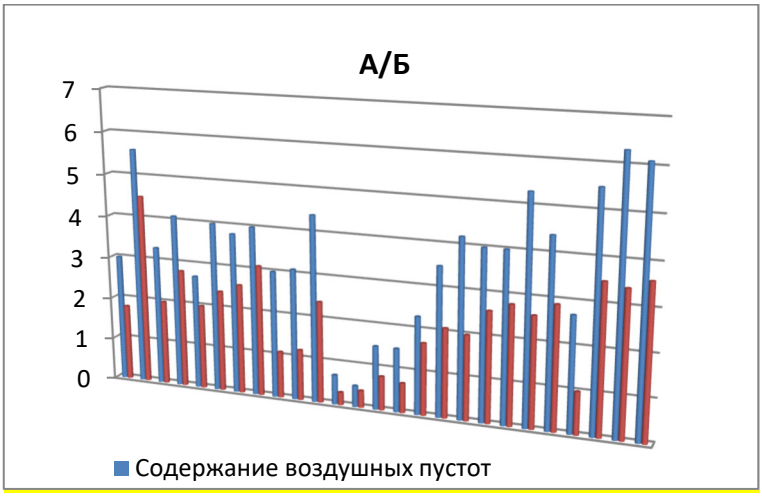


Рис. 2. Разница в значениях показателей «содержание воздушных пустот» и «водонасыщение» асфальтобетона (А/Б)

Таблица 3

Асфальтобетонная смесь	*А16В$_{Н}$*	*А16В$_{Н}$*	*А16В$_{Н}$*	*А16В$_{Н}$*	*А16В$_{Н}$*	*А16В$_{Н}$*	*А16В$_{Н}$*	*А16В$_{Н}$*	*А16В$_{Т}$*	*А16В$_{Т}$*	*А16В$_{Т}$*	*А16В$_{Т}$*	*А16В$_{Т}$*	*А16В$_{Т}$*	*А16В$_{Т}$*	*А22В$_{Т}$*	*А16В$_{Т}$*	*А11В$_{Н}$*	*А22Н$_{Т}$*	*А16Н$_{Т}$*	*А16Н$_{Т}$*	*А11Н$_{Н}$*	*А11Н$_{Н}$*	*А22О$_{Н}$*	*А16О$_{Т}$*	*А16О$_{Н}$*
Pa, %	3,0	5,6	3,3	4,1	2,7	4,0	3,8	4,0	3,0	3,1	4,4	0,7	0,5	1,5	1,5	2,3	3,5	4,2	4,0	4,0	5,3	4,4	2,7	5,5	6,3	6,1
W, %	1,8	4,5	2,0	2,8	2,0	2,4	2,6	3,1	1,1	1,2	2,4	0,3	0,4	0,8	0,7	1,7	2,1	2,0	2,6	2,8	2,6	2,9	1,0	3,5	3,4	3,6

Практически всегда в России проектирование асфальтобетонных смесей выполнялось, главным образом, на основе двух составляющих, а именно обеспечение соответствия зернового состава требованиям ГОСТ и достижения соответствующих физико-механических свойств запроектированного асфальтобетона. В **табл. 4** приведены такие требования на примере асфальтобетонной смеси для верхнего слоя покрытия типа А с максимальным размером заполнителя 20 мм.

Как видно из **табл. 4**, требования к физико-механическим свойствам асфальтобетона за 60-летний период фактически не изменились. Тем не менее необходимо отметить, что в 2001 г. был введен показатель, направленный на определение сдвигоустойчивости асфальтобетона на основе закона Кулона для связанных грунтов, когда сопротивление сдвигу складывается из сил трения частиц и сил сцепления между ними.

Таблица 4

ГОСТ 9128	*Предел прочности при сжатии при 50 °С*	*Предел прочности при сжатии при 20 °С*	*Предел прочности при сжатии при 0 °С*	*Водостойкость*	*Водостойкость при длительном водонасыщении*
1959	≥ 1,2 МПа	≥ 2,2 МПа	≤ 12,0 МПа	≥ 0,9	не нормировался
1967	≥ 0,9 МПа	≥ 2,4 МПа	≤ 12,0 МПа	≥ 0,9	≥ 0,8
1976	≥ 0,9 МПа	≥ 2,4 МПа	≤ 12,0 МПа	≥ 0,9	≥ 0,85
1984	≥ 0,9 МПа	≥ 2,5 МПа	≤ 11,0 МПа	≥ 0,9	≥ 0,85
1997	≥ 1,0 МПа	≥ 2,5 МПа	≤ 11,0 МПа	≥ 0,9	≥ 0,85
2009	≥ 1,0 МПа	≥ 2,5 МПа	≤ 11,0 МПа	≥ 0,9	≥ 0,85
2013	≥ 1,0 МПа	≥ 2,5 МПа	≤ 11,0 МПа	≥ 0,9	≥ 0,85

Данный закон давно применяется в механике грунтов, в соответствии с которым методом трехосного сжатия определяется угол внутреннего трения и удельное сцепление. По мнению авторов данной статьи, решение о применении данного закона к асфальтобетону при высоких температурах возможно, но только в случае испытаний асфальтобетонных образцов при одновременном измерении внешнего давления на

образец с оценкой его боковой деформации и определении возникающих касательных напряжений в нем. К сожалению, в связи с отсутствием в тот период времени соответствующего аналитического испытательного оборудования, этот метод был реализован на основе имеющего испытательного оборудования (испытательный пресс) путем отдельных измерений предела прочности при сжатии и предела прочности при сжатии в специальном обжимном устройстве с последующим пересчетом через работу каждого образца. При этом получаемые значения по данному показателю практически не характеризуют сдвигоустойчивость асфальтобетона. В **табл. 5** представлены результаты испытаний различных типов асфальтобетонных смесей на сдвигоустойчивость, выполненных по методу ГОСТ 12801 **[9]** и по методу определения стойкости к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса по ГОСТ Р 58406.3.

Как видно из **табл. 5**, наименьшую сдвигоустойчивость показал ЩМА-20 (пластическая колея равна 7,4 мм), но по показателю «коэффициент внутреннего трения» (значение этого показателя равно 0,98) такой асфальтобетон является самым сдвигоустойчивым из всех испытанных. Для другой смеси (SP-19) показатель «коэффициент внутреннего трения» имеет очень низкое значение – 0,82, что не соответствует требованиям ГОСТ 9128, и, соответственно, такой асфальтобетон признается некачественным по этому показателю, в то же время пластическая колея этого асфальтобетона равна 3,0 мм, что свидетельствует о его высокой сдвигоустойчивости. В целом полученные сравнительные результаты испытаний по вышеуказанным двум методам определения сдвигоустойчивости показали отсутствие взаимосвязи между ними.

Далее рассмотрим непосредственно методы испытаний. Безусловно, результаты испытаний полностью зависят от подготовленных проб и образцов. Подготовка образцов для последующего определения свойств асфальтобетона по ГОСТ 9128 проводится путем уплотнения асфальтобетонных образцов на прессе под статическим давлением 40 МПа в течение трех минут, в результате чего происходит существенное разрушение зерен щебня даже высокопрочных горных пород.

Таблица 5

Показатель	*ЩМА-19*	*ЩМА-19*	*SP-19*	*ЩМА-20*	*ЩМА-20*	*SP-19*	*ЩМА-19*	*ЩМА-20*	*Тип-А*	*Тип-А*	*Тип-А*	*Тип-Б*	*ЩМА-10*	*ЩМА-15*	*ЩМА- 20*
Глубина колеи, мм	2,4	2,5	2,5	2,6	2,9	3,0	3,2	3,2	3,3	3,4	4,1	4,7	5,7	6,1	7,4
Коэффициент внутреннего трения по ГОСТ	0,88	0,94	0,92	0,96	0,96	0,82	0,93	0,96	0,92	0,97	0,90	0,82	0,95	0,94	0,98

Таким образом, определение свойств асфальтобетонного образца по ГОСТ 9128 для оценки работоспособности асфальтобетона в покрытии во многом недостоверно, так как в асфальтобетонном слое после уплотнения катками разрушения зерен каменного материала минимальны, а, следовательно, и структура асфальтобетона будет отличаться от той, что была получена при уплотнении образца на прессе. Уплотнение на прессе проигрывает не только таким современным уплотнителям, как секторный уплотнитель или вращательный уплотнитель (гиратор), но даже и уплотнителю Маршалла, уплотнение в котором проводится ударным воздействием груза. Разрушение зерен каменного материала после уплотнения асфальтобетона на установке Маршалла тоже присутствует, но оно значительно меньше, чем после уплотнения на прессе. При уплотнении образцов в секторном уплотнителе или гираторе разрушения каменного материала практически не наблюдается (**рис. 3**).

В своей монографии В.А. Золотарев приводит числовые значения дробления зерен щебня при различных методах уплотнения на асфальтобетонной смеси с 45 % содержанием щебня. По его данным **[10],** дробление составило 18 % для стандартного уплотнения в прессе (при этом на Украине давление составляет 30 МПа, что на 10 МПа меньше, чем в РФ), 2 % – на ударном уплотнителе Маршалла, на вращательном уплотнителе дробления зерен не происходит.

Еще одной важной особенностью нормируемых значений по ГОСТ 12801 является время уплотнения стандартных лабораторных образцов, которое составляет 3 минуты независимо от того, было проведено предварительное вибрирование асфальтобетонной смеси или нет. Результаты испытаний образцов по показателю «средняя плотность» и «предел прочности при сжатии при 20 °С» при разном времени уплотнения представлены в **табл. 6**. Как видно из **табл. 6**, значения показателей практически не изменяются, хотя время уплотнения варьируется от 1 до 5 минут. Данный факт в очередной раз доказывает, что нормируемые режимы уплотнения образцов по ГОСТ 12801 не обусловлены связью с реальной структурой асфальтобетона на объекте и режимы лабораторного уплотнения не подобраны исходя из задачи соответствия реальному производственному процессу.

ЩМА-20 ***Тип Б***

Образцы, уплотненные на прессе по ГОСТ 12801

Образцы, уплотненные на ударном уплотнителе Маршалла по ГОСТ Р 58406.9

Образцы, уплотненные на вращательном уплотнителе по ГОСТ Р 58401.13

Образцы, уплотненные на вальцевом уплотнителе по ГОСТ Р 58406.4

Рис. 3. Образцы, уплотненные на разных видах уплотнителей

Таблица 6

Асфальтобетон Тип Б			*ЩМА*		
Время уплотнения, мин	*Средняя плотность, г/см^3*	*Предел прочности при сжатии при 20 °С, МПа*	*Время уплотнения, мин*	*Средняя плотность, г/см^3*	*Предел прочности при сжатии при 20 °С, МПа*
1	2,46	4,4	1	2,40	3,5
2	2,46	4,5	2	2,41	3,9
3	2,47	4,9	3	2,41	3,5
4	2,47	4,9	4	2,41	3,9
5	2,45	5,0	5	2,42	3,7

Далее рассмотрим непосредственно техническую сущность самих методов испытаний асфальтобетона, осуществляемых по ГОСТ 12801. К основным механическим показателям в соответствии с ГОСТ 9128 отнесено определение предела прочности при сжатии при трех различных температурах (0, 20 и 50 °С). Помимо того, что испытания проводятся при однократном нагружении, а в реальных условиях эксплуатации асфальтобетон подвержен многократным воздействиям, необходимо обратить внимание на скорость нагружения образцов. В соответствии с ГОСТ 12801 (п. 15) скорость нагружения образцов равна (3±0,3) мм/мин, что характерно для статического воздействия. Этим же стандартом при использовании испытательных прессов с гидравлическим приводом нормируется скорость холостого хода, при этом неизвестна фактическая скорость нагружения асфальтобетонных образцов, что, безусловно, отразится на точности полученных результатов.

Дополнительно следует рассмотреть и приемку асфальтобетона по ГОСТ 9128 по показателю «коэффициент уплотнения», установленному в п. 12.5.3 СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85». В соответствии с этим документом коэффициент уплотнения конструктивных слоев дорожной одежды должен быть не ниже 0,99 для высокоплотного асфальтобетона и плотного асфальтобетона типов А и Б, а для плотного асфальтобетона типов В, Г и Д, пористого и высокопористого асфальтобетона коэффициент

уплотнения должен быть не ниже 0,98. Коэффициент уплотнения определяется через отношение средней плотности образца из конструктивного слоя (керна или вырубки) к средней плотности переформованного керна (вырубки) в лабораторных условиях. При этом не учтено, что в самом керне уже присутствуют опиленные в процессе отбора зерна, а во время уплотнения также происходит дополнительное разрушение зерен каменного материала, что оказывает крайне негативное влияние на результат испытания и не отражает реальных значений плотности уложенного слоя. Другим негативным моментом является само требование к коэффициенту уплотнения, которое должно быть *не ниже* установленного значения. Соответственно оно может быть и значительно выше. Необходимость приведения значения коэффициента уплотнения в соответствии с требованиями ведет к тому, что подрядчик может уплотнять асфальтобетонную смесь на дороге неконтролируемым количеством проходов катков самой высокой массы. Это без сомнения приведет к переуплотнению слоя, разрушению каменного материала в слое асфальтобетона и снижению его долговечности.

Подобное воздействие на слой асфальтобетона оказывает и требование ГОСТ 9128 по значению водонасыщения для вырубок и кернов готового покрытия, которое не имеет ограничений по нижней границе. Это означает, что в уплотненном слое может совсем не быть воздушных пустот и это, в соответствии с ГОСТ 9128, считается качественным уплотнением, хотя по факту данный асфальтобетон будет переуплотненным, что может привести к снижению его долговечности и межремонтных сроков.

Возможно, на момент разработки ГОСТ 9128, нормируемые им показатели давали возможность получить асфальтобетон, выдерживающий эксплуатационные нагрузки тех лет, но со временем произошли существенные изменения климата, осевых нагрузок, интенсивности дорожного движения, воздействия от колес автомобилей и т.д. В связи с этим установленные в ГОСТ 9128 показатели больше не отражают существующего воздействия на асфальтобетон.

За последние несколько лет был существенно переработан фонд нормативно-технической документации дорожной отрасли, который не актуализировался довольно длительное время и в первую очередь в части дорожно-строительных материалов. До недавнего времени технические требования на щебень и гравий из горных пород для дорожного строительства регламентировались ГОСТ 8267 **[11]**, а методы испытаний – ГОСТ 8269.0 **[12]**, которые основывались на оценке свойств материалов с применением сит с круглыми формами ячеек. Вместе с тем на производстве как самого щебня, так и материалов на его основе применяются грохоты с квадратными формами ячеек. Поэтому возникают

существенные различия в содержании зерен того или иного размера, что безусловно влияет на свойства конечной продукции. В целях обеспечения требований технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011) **[13]** в 2014 г. вступил в силу комплекс межгосударственных стандартов, регламентирующих технические требования и методы испытаний щебня (гравия) из горных пород. В данный комплекс вошли ГОСТ 32703-2014 **[14]** «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования» и 18 стандартов на методы испытаний. Разработанный комплекс устранил вышеуказанную проблему. Таким образом, в настоящее время при производстве каменных материалов, контроле их зернового состава, проектировании асфальтобетонных смесей и их производстве могут применяться единые размерности сит, которые приведены к международным стандартам ИСО 565 **[15]**.

Затем возник вопрос об актуализации национальных стандартов на дорожный асфальтобетон. Первоначально было возможно два пути актуализации, первый (минимальный) – пересмотреть ГОСТ 9128 и 12801 в части корректировки требований по зерновому составу с учетом размерности сит по ГОСТ 32703, но в этом случае обеспечить повышение качества асфальтобетона не представляется возможным.

Второй путь более технически сложный, но позволяющий существенно повысить эксплуатационные свойства асфальтобетона путем применения передовых зарубежных практик в РФ, но в современных условиях повышенной транспортной нагрузки на автомобильные дороги это, по сути, является единственным верным подходом.

В качестве основы при разработке комплекса стандартов на дорожный асфальтобетон были взяты две современные системы проектирования и испытаний асфальтобетонных смесей, с учетом американского опыта на основе методологии «Superpave» и европейского опыта, в первую очередь немецкого.

Рассмотрим комплекс национальных стандартов на смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон, разработанных на основе немецкого нормативного документа TL Asphalt-StB 07/13 **[16]** и впервые реализованных в ПНСТ 183, ПНСТ 184. В настоящее время этот комплекс ПНСТ переработан в комплекс национальных стандартов, состоящий из 10 документов и получивших обозначение с ГОСТ Р 58406.1 по ГОСТ Р 58406.10.

В 2016 г. разработка комплекса ПНСТ велась в инициативном порядке АНО «НИИ ТСК» совместно с представителями поставщиков строительных материалов и ведущих дорожных организаций. При разработке была сформирована рабочая группа, в состав которой входили специалисты следующих организаций:

- АНО «НИИ ТСК»;
- ООО «РГ СП «Автобан»;
- ООО «Газпромнефть-Битумные материалы»;
- ЗАО «ВАД»;
- ООО «Техностроий;
- ОАО «ДСК «Автобан»;
- ОАО «АБЗ № 1».

С момента введения в действие комплекса ПНСТ в различных климатических зонах РФ было устроено более 700 км с покрытиями из асфальтобетонных смесей по ПНСТ 183 и ПНСТ 184 и получивших положительные отзывы.

Комплекс национальных стандартов **[17]**, так же как и комплекс ПНСТ, разработан в инициативном порядке АНО «НИИ ТСК». В разработке самое активное участие принимали представители организаций, входящие в Ассоциацию производителей и потребителей асфальтобетонных смесей «Р.О.С.АСФАЛЬТ».

В соответствии с ГОСТ Р 58406.2 на смеси горячие асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон, разработанным взамен ПНСТ 184, асфальтобетонные смеси классифицируются в зависимости от конструктивного слоя дорожной одежды на виды:

- О − смеси для слоя основания.
- Н − смеси для нижнего слоя покрытия.
- В − смеси для верхнего слоя покрытия.

В зависимости от условий дорожного движения смеси подразделяют на:

- Л – смеси для дорог с легкими условиями движения (до 0,5 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за весь срок службы дорожной одежды).
- Н − смеси для дорог с нормальными условиями движения (от 0,5 до 1,8 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за весь срок службы дорожной одежды).
- Т − смеси для дорог с тяжелыми условиями движения (более 1,8 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за весь срок службы дорожной одежды).

При этом, в отличие от ПНСТ 184, где предусмотрены нормативные нагрузки, равные 10 т, в проекте ГОСТ Р уже предусмотрены нагрузки 11,5 т, что приводит данный документ в соответствие с ГОСТ 32960 **[18]** и ПНСТ 542 **[19]**.

В зависимости от номинально максимального размера применяемого минерального заполнителя асфальтобетонные смеси подразделяют на типы:

- смеси с номинальным максимальным размером применяемого минерального заполнителя 31,5 мм (А32);
- смеси с номинальным максимальным размером применяемого минерального заполнителя 22,4 мм (А22);
- смеси с номинальным максимальным размером применяемого минерального заполнителя 16,0 мм (А16);
- смеси с номинальным максимальным размером применяемого минерального заполнителя 11,2 мм (А11);
- смеси с номинальным максимальным размером применяемого минерального заполнителя 8,0 мм (А8);
- смеси с номинальным максимальным размером применяемого минерального заполнителя 5,6 мм (А5).

В зависимости от классификационных признаков в ГОСТ Р 58406.2 приведены отдельные требования к зерновым составам для каждого типа смеси.

Новый подход к нормированию требований к зерновым составам минеральной части асфальтобетонных смесей в ГОСТ Р позволяет не только гармонизировать стандарты на асфальтобетон с перечнем нормативных документов ТР ТС 014/2011, но и существенно упрощает проектирование, производство и контроль качества асфальтобетонных смесей, так как лабораторные сита по форме соответствуют сеткам, установленным в грохотах асфальтобетонных заводов. При необходимости и размер ячеек на сетках в грохотах АБЗ можно подобрать максимально близкий к размеру ячеек лабораторных сит, что сейчас и делают на заводах, выпускающих смеси по ГОСТ Р 58406.1 и ГОСТ Р 58406.2.

Важно отметить, что требования к зерновым составам минеральной части асфальтобетонных смесей в ГОСТ Р указаны только на тех ситах и для тех зерен, которые в значительной степени влияют на качество асфальтобетона, что также существенно отличает их от традиционных ГОСТ 9128 и ГОСТ 31015, в которых требования указаны по всему набору сит, применяемых при проектировании асфальтобетонных смесей (**рис. 4**).

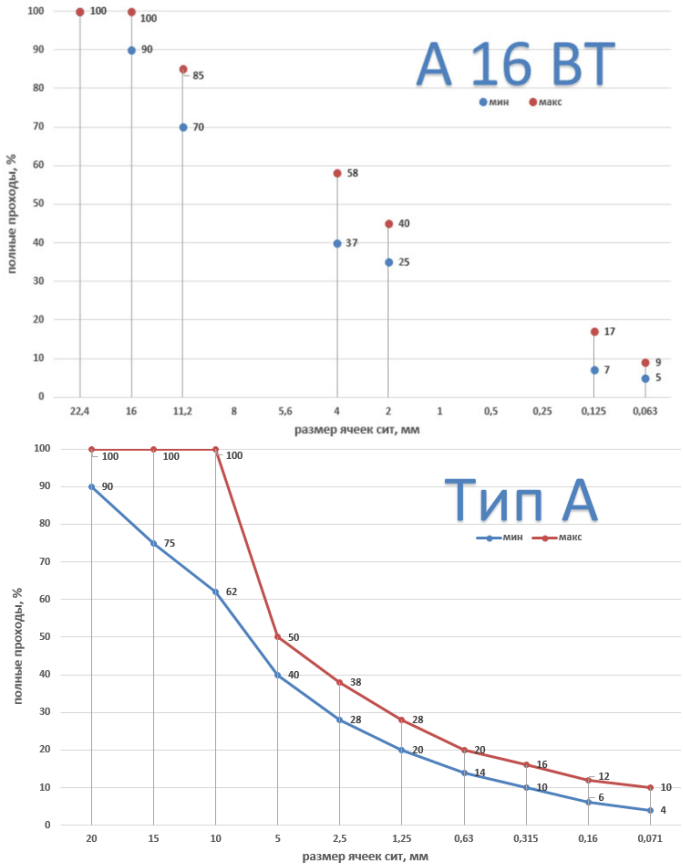


Рис. 4. Требования к зерновым составам для асфальтобетонной смеси А16В$_{Т}$ по ГОСТ Р 58406.2 и асфальтобетонной смеси типа А по ГОСТ 9128

Непосредственные требования к смесям и асфальтобетонам на их основе закреплены в соответствующих показателях, которые подразделяются на физические (объемные свойства), эксплуатационные (механические свойства) и дополнительные (механические свойства). К физическим (объемным) показателям относятся:

- содержание воздушных пустот;
- пустоты в минеральном заполнителе (ПМЗ);
- пустоты, наполненные битумным вяжущим (ПНБ).

Некоторыми нашими специалистами предлагалось в текстах стандартов оставить отечественные термины этих показателей. По этому вопросу было проведено много обсуждений и в итоге принято решение принять устоявшиеся в мировой практике понятия применительно к объемным свойствам.

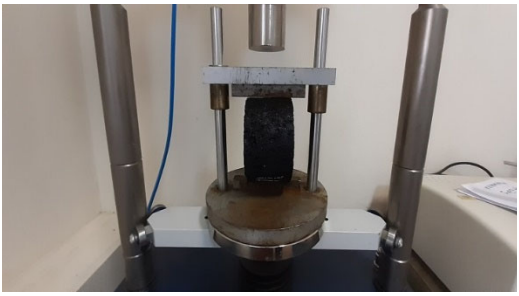
В соответствии с ГОСТ Р 58406.2 к эксплуатационным показателям относятся следующие механические характеристики к асфальтобетону:

- коэффициент водостойкости;
- средняя глубина колеи.

Показатель «коэффициент водостойкости» оценивает устойчивость запроектированного асфальтобетона к негативному воздействию воды, связанной с отслоением битумного материала от минерального заполнителя, что приводит к преждевременному разрушению асфальтобетонных слоев дорожной одежды. При этом необходимо подчеркнуть, что по физическому смыслу нормированный показатель идентичен показателю «водостойкость» по ГОСТ 9128, но полностью изменено само испытание по определению данного показателя, условия которого стали более «жесткими» (**рис. 5**). Данный показатель определяется по ГОСТ Р 58401.18 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Дороги автомобильные общего пользования. Метод определения водостойкости и адгезионных свойств». Основное отличие от метода определения водостойкости по ГОСТ 9128 состоит в том, что образец насыщается водой до определенного водонасыщенного состояния, затем подвергается замораживанию при температуре минус 18°С в течение 16 часов и оттаиванию в водной среде при температуре (60 ± 3)°С в течение (24 ± 1) часа. Определение прочностных свойств осуществляется методом непрямого растяжения при скорости нагружения 50 мм/мин при температуре 23°С. Сравнительные результаты испытаний по данному показателю приведены в **табл. 7**.

Таблица 7

Показатель	*ЩМА-15*	*А16В$_T$*	*SP-19*	*SMA-19*
Коэффициент водостойкости по ГОСТ Р 58401.18	0,90	0,86	0,92	0,88
Водостойкость по ГОСТ 12801	0,98	0,94	0,97	0,91



Установка образца для определения водостойкости по ГОСТ Р 58401.18

Установка образца для определения водостойкости по ГОСТ 12801

Рис. 5. Определение водостойкости

Как видно из **табл. 7**, полученные результаты испытания по ГОСТ Р 58401.18 **[20]** всегда ниже значения показателя «водостойкость» по ГОСТ 12801, это связано с тем, что данный показатель оценивается при более жестких условиях.

Ко второму основному эксплуатационному показателю относится показатель «средняя глубина колеи», по которому оценивают сдвигоустойчивость асфальтобетона в жаркое время года путем моделирования многократного воздействия на запроектированный асфальтобетон с оценкой его сопротивлению образованию пластической колеи (**рис. 6**). Сравнительные результаты испытаний по данному показателю с показателем «коэффициент внутреннего трения» по ГОСТ 9128 приведены в **табл. 5** и рассмотрены выше. В соответствии с ГОСТ Р 58406.3 сущность метода заключается в прокатывании нагруженного колеса по образцу при требуемой температуре с последующим определением глубины колеи после 20000 проходов. Скорость движения нагруженного колеса должна составлять порядка 26 проходов за минуту испытания. В зависимости от климатических условий эксплуатации асфальтобетон может испытываться при различных температурах, которые должны быть не ниже максимальных расчетных температур конструктивного слоя.

Рис. 6. Испытательная установка для определения стойкости асфальтобетона к колееобразованию

В зависимости от конкретных условий эксплуатации асфальтобетона к нему в проектной или контрактной документации могут предъявляться дополнительные механические требования. К таким требованиям относятся «предел прочности при изгибе и предельная относительная деформация» по ГОСТ Р 58406.6 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения предела прочности на растяжение при изгибе и предельной относительной деформации растяжения», принцип испытания которого идентичен ГОСТ 12801, с разницей в основном в температуре испытаний (в ГОСТ 12801 – это 0 °С, а в новых стандартах – это минус 18 °С). Схема испытания приведена на **рис. 7**.

Рис. 7. Схема испытания при определении предела прочности на растяжение при изгибе и предельной относительной деформации растяжения

Дополнительно к показателю «средняя глубина колеи» также может быть занормирован показатель «угол наклона кривой колееобразования», который автоматически определяется при проведении основного испытания. Этот показатель интересен тем, что показывает характер образования пластической колеи во времени (постоянный или затухающий) (**рис. 8**, **9**). Если полученный результат по показателю «средняя глубина колеи» соответствует требованиям стандарта, а «угол наклона кривой колееобразования» носит постоянный характер, то такой асфальтобетон подвержен образованию пластической колеи во времени, а если носит затухающий характер, то такой асфальтобетон не подвержен длительному образованию пластической колеи во времени.

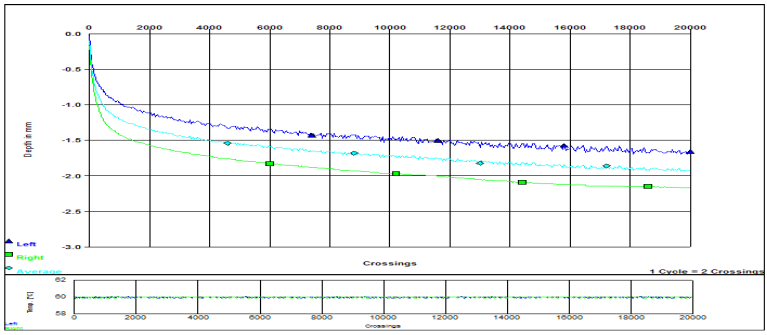


Рис. 8. График затухающего развития кривой колееобразования

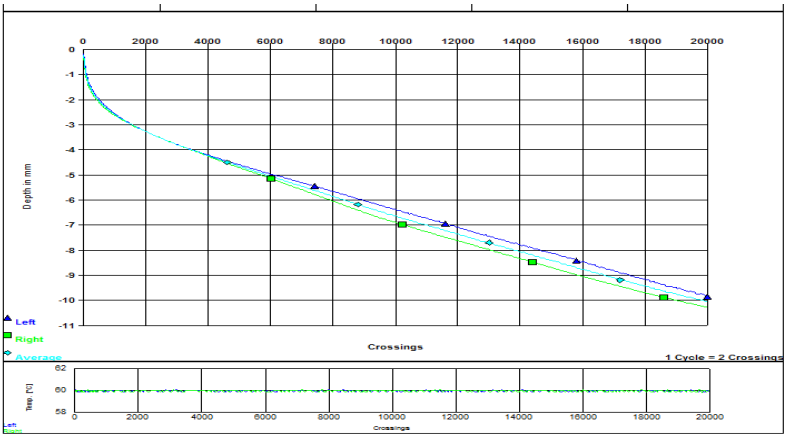


Рис. 9. График постоянного развития кривой колееобразования

Также следует отметить, что в стандартах указаны такие дополнительные показатели, как «Разрушающая нагрузка по Маршаллу» и «Деформация по Маршаллу», определяемые в соответствии с ГОСТ Р 58406.8. Принцип этого испытания по ГОСТ Р 58406.8 аналогичен испытанию при сжатии по схеме Маршалла по ГОСТ 12801, но важным отличием является то, что по ГОСТ 12801 начало деформации образца фиксируется с момента начала нагружения, в то время как по ГОСТ Р 58406.8 начало деформации образца определяется с момента начала течения образца под нарастающей нагрузкой (**рис. 10**). Этот простой и незатратный метод испытания можно использовать производителям смесей как экспресс-метод (практически ежедневно) оценки сдвигоустойчивости выпускаемой асфальтобетонной смеси, предварительно определив корреляционную зависимость с основным показателем «средняя глубина колеи» на запроектированной смеси, а «среднюю глубину колеи» определять только при периодических испытаниях. Различие в установке по испытаниям на сдвигоустойчивость по ГОСТ Р 58406.8 и ГОСТ 12801 показаны на **рис. 11**.

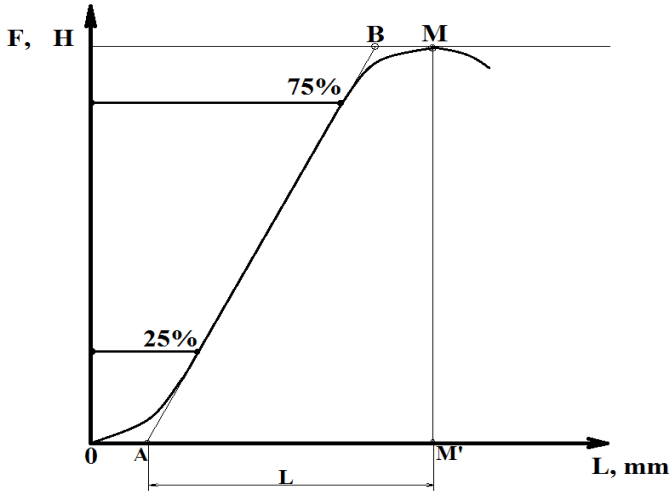
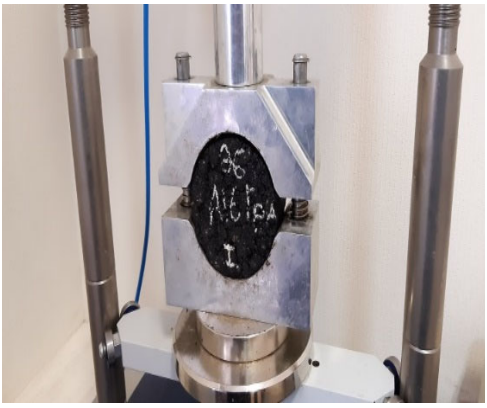


Рис. 10. График определения максимальной нагрузки и деформации образца



Установка образца для определения текучести по Маршаллу по ГОСТ Р 58406.8

Установка образца для испытания на сдвигоустойчивость по схеме Маршалла по ГОСТ 12801

Рис. 11. Испытание образцов на сдвигоустойчивость по ГОСТ Р 58406.8 и ГОСТ 12801

В некоторых регионах нашей страны к одному из основных факторов, снижающим долговечность и безопасность автомобильных дорог, относится образование абразивной колеи износа за счет использования шипованных шин. Для оценки степени влияния этого фактора в ГОСТ Р 58406.1 и ГОСТ Р 58406.2 предусмотрен показатель «истираемость асфальтобетона», при этом необходимо подчеркнуть, что данный показатель может применяться для оценки асфальтобетона, предназначенного только для применения в верхнем слое покрытия. Сущность данного

метода, который установлен ГОСТ Р 58406.5, заключается в определении потери объема испытуемого образца асфальтобетона, подвергнутого истирающему воздействию стальных шаров при температуре 5 °С. Результаты испытаний асфальтобетона по данному методу показаны на **рис. 12**.

В последние годы при содержании автомобильных дорог широко применяются различные химические противогололедные реагенты, которые оцениваются на их воздействие на окружающую среду, но не на асфальтобетонные покрытия. Для оценки влияния таких реагентов в ГОСТ Р 58406.1 и ГОСТ Р 58406.2 предусмотрен показатель «остаточная прочность после воздействия реагентов», который также применяется только для асфальтобетонов верхнего слоя покрытия. Сущность метода заключается в определении отношения поверхностной прочности на отрыв испытуемых образцов, подвергнутых воздействию конкретного противогололедного реагента, к поверхностной прочности на отрыв исходных проб асфальтобетона. Детальная методика указана в ГОСТ Р 58406.7 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения влияния противогололедных реагентов» (**рис. 13-15**).

Рис. 12. Образцы после испытания на определение истираемости по ГОСТ Р 58406.5 и установка для проведения испытаний по данному показателю

Рис. 13. Образцы перед испытанием по ГОСТ Р 58406.7

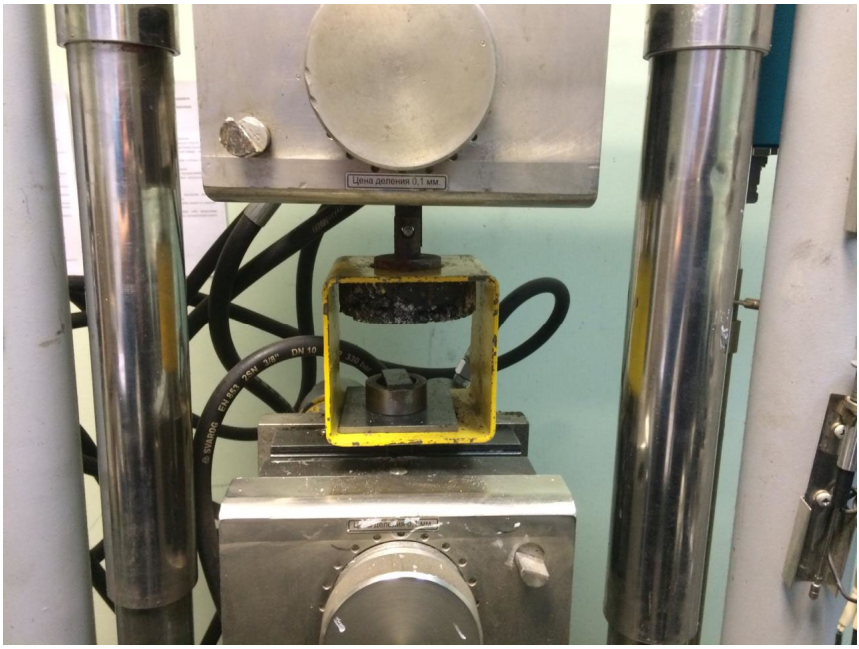


Рис. 14. Определение прочности асфальтобетона на отрыв после воздействия противогололедных реагентов

Рис. 15. Образцы после испытания по ГОСТ Р 58406.7

Важно отметить, что на данный момент уже подготовлены изменения в ГОСТ Р 58406.7 в виде альтернативного метода определения стойкости асфальтобетона к влиянию противогололедных реагентов по схеме непрямого растяжения. В качестве основы для нового метода принята схема нагружения в соответствии с ГОСТ Р 58401.18-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения водостойкости и адгезионных свойств». Данный метод позволяет существенно снизить трудозатраты и временной отрезок времени для проведения испытания относительно основного метода, который предусматривает выдерживание образцов в противогололедных реагентах в течение 70 суток и применение разрывной машины.

Для отдельных регионов нашей страны, в которых в осенне-зимний или зимне-весенний периоды времени часто возникают явления промерзания и оттаивания (так называемые «переходы через 0 °С»), в ГОСТ Р 58406.1 и ГОСТ Р 58406.2 установлен показатель «коэффициент длительной водостойкости», который предусматривает проведение трех циклов испытаний, аналогичных показателю «коэффициент водостойкости». Результаты сравнительных испытаний асфальтобетона по показателям «коэффициент водостойкости» и «коэффициент длительной водостойкости» представлены в **табл. 8**.

Таблица 8

Показатель	*ЩМА-16, гранит, БНД*	*ЩМА-16, габбро, БНД*	*ЩМА-16, габбро, ПБВ*	*А 16 Вн, гранит, БНД*	*А 16 Вт, габбро, ПБВ*	*А 11 Вт, габбро, ПБВ*
Водостойкость	0,95	0,98	0,96	0,91	0,95	0,96
Длительная водостойкость	0,88	0,94	0,94	0,81	0,90	0,95

Значения, приведенные в **табл. 8**, показывают, что разница в значениях между одним циклом замораживания-оттаивания и тремя циклами может быть очень существенная, и зависит она в первую очередь от применяемых исходных материалов, поэтому при проектировании асфальтобетонных смесей для определения их качества по ГОСТ Р 58406.1 и ГОСТ Р 58406.2 необходимо проводить испытание длительной водостойкости не менее одного раза.

Особо следует обратить внимание на то, что вопреки мнению о необходимости в приобретении всего комплекса дорогостоящего оборудования и установки его в каждый вагон-лабораторию, это не требуется. Достаточно оснастить лабораторию основным оборудованием для определения состава асфальтобетонной смеси (комплект сит по ГОСТ 32703, весы и муфельная печь или экстрактор, что уже имеется в каждой лаборатории), ее уплотнения на стандартном уплотнителе Маршала (данное оборудование уже широко производится в нашей стране по цене гораздо ниже формовочного пресса по ГОСТ 12801) и определения максимальной плотности, т.е. по тем показателям, которые определяются ежедневно. Остальные показатели определяются только при проектировании асфальтобетонной смеси и при проведении периодического контроля, следовательно, испытания по этим показателям не требуют оперативности и их можно провести в любой другой лаборатории, оснащенной оборудованием для этих испытаний. А учитывая стоимость современного испытательного оборудования и стоимость проведения лабораторных испытаний, передача ряда испытаний (например, «средняя глубина колеи» с «углом наклона кривой колееобразования», «истираемость асфальтобетона» или «предел прочности при изгибе и предельная относительная деформация при минус 18°С») на аутсорсинг будет и экономически целесообразнее, чем приобретение такого лабораторного оборудования в

каждую лабораторию. Такой же подход уже довольно давно широко применяется в мире, более того и само проектирование асфальтобетона под конкретные задачи также широко осуществляется специализированными инжиниринговыми организациями.

Любая асфальтобетонная смесь – это уникальный композитный материал, который проектируется исходя из конкретных исходных материалов под конкретные условия эксплуатации, поэтому в ГОСТ Р 58406.1 и ГОСТ Р 58406.2 важнейшая роль отводится рецепту асфальтобетонной смеси, который должен соответствовать всем требованиям стандарта. Первоначально в лаборатории подбирается рецепт асфальтобетонной смеси под конкретные условия эксплуатации с учетом свойств исходных компонентов, затем этот состав корректируется под конкретное производство на АБЗ, и этот откорректированный рецепт, полностью соответствующий требованиям стандарта, утверждается. Дальнейший контроль качества асфальтобетонной смеси и асфальтобетона осуществляется на соответствие не стандарту, а утвержденному рецепту. В ГОСТ Р нормированы допускаемые отклонения по различным показателям от утвержденного рецепта (**табл. 9**).

Таблица 9

Предельно допустимое отклонение показателя	*Значение показателя для типа асфальтобетонной смеси*					
	АВ$_Т$ и АВ$_Н$	*АВ$_П$*	*АН$_Т$ и АН$_Н$*	*АН$_П$*	*АО$_Т$ и АО$_Н$*	*АО$_П$*
Содержание воздушных пустот, % от объема	±1,2	±1,4	±1,5	±1,7	±2,0	±2,2
Количество вяжущего, % от массы смеси	±0,4	±0,5	±0,5	±0,6	±0,5	±0,6
Проход через сито на один размер меньше номинально максимального размера, % по массе от минерального материала	±5,0	±6,0	±5,0	±6,0	±6,0	±6,0
Проход через сито 4 мм, % по массе от минерального материала	±5,0	±6,0	±6,0	±7,0	±6,0	±7,0
Проход через сито 2 мм, % по массе от минерального материала	±5,0	±6,0	±5,0	±6,0	±5,0	±6,0
Проход через сито 0,125 мм, % по массе от минерального материала	±3,0	±4,0	±3,0	±4,0	±4,0	±5,0

Проход через сито 0,063 мм, % по массе от минерального материала	±3,0	±4,0	±3,0	±4,0	±4,0	±5,0

Примечания:

1. *При приемке асфальтобетонных смесей по предельно-допустимым отклонениям, значения «содержания воздушных пустот» не должны выходить за нижние пределы нормативных требований, указанных в таблицах 4, 7 и 10 данного стандарта.*
   Пример: *Проектное значение «содержания воздушных пустот» для асфальтобетонной смеси А16Н$_Т$ составляет 4,5 %. Следовательно, при проведении контроля качества данной асфальтобетонной смеси при производстве на АБЗ, соблюдая условия, согласно табл. 19, допустимый диапазон значений для показателя «содержания воздушных пустот» будет составлять от 3,5 % до 6,0 %.*
2. *При приемке асфальтобетонных смесей по предельно-допустимым отклонениям, значения показателей проходов могут выходить за пределы нормативных требований, указанных в табл. 1-3 данного стандарта.*
   Пример: *Проектное значение «проход через сито 4 мм» для асфальтобетонной смеси А16Н$_Т$ составляет 35 %. Следовательно, при проведении контроля качества данной асфальтобетонной смеси при производстве на АБЗ, соблюдая условия табл. 19, допустимый диапазон значений «проход через сито 4 мм» будет составлять от 29 % до 41 %.*

Например, если проверяемая в процессе выпуска асфальтобетонная смесь не соответствует требованиям по зерновому составу на сите 2 мм по стандарту, но она находится в пределах допуска от утвержденного рецепта, то такая смесь не бракуется.

Также в отличие от ранее действующих стандартов был разработан отдельный ГОСТ Р 58406.10, устанавливающий единые правила проектирования асфальтобетонных смесей. В новых стандартах устранены многие технические огрехи ранее действующих нормативных документов, касающихся, в том числе, толщин асфальтобетонных слоев в зависимости от номинально максимального размера заполнителя, которые должны составлять не менее 2,5-кратного их размера, в отличие от ранее нормированного 1,5-кратного размера, а также правил приемки асфальтобетонных слоев дорожной одежды, включая места отбора образцов и допускаемые отклонения от проектных значений.

Разработанные проекты национальных стандартов и предшествующие им предварительные национальные стандарты заставили многих дорожников взглянуть иначе на свойства асфальтобетона. У сотрудников лабораторий и отделов контроля качества появились вопросы, о которых не могла идти речь в период действия только одного стандарта – ГОСТ 9128. В связи с этим в наш адрес – как разработчиков данных стандартов – стало приходить множество обоснованных предложений о внесении изменений и поправок в тот или иной раздел стандарта, что говорит о заинтересованности отечественных специалистов в

совершенствовании нормативных документов дорожной отрасли РФ и повышении качества дорожного асфальтобетона. Было получено более 600 замечаний и предложений, большинство из которых были учтены в разработанных национальных стандартах.

В ходе работ были проведены различные эксперименты, один из которых состоял в сравнении свойств асфальтобетонов, предназначенных для одного и того же участка автомобильной дороги 3 технической категории, но запроектированных по двум стандартам (ГОСТ 9128-2013 и ГОСТ Р 58406.2) на одних и тех же исходных материалах.

При этом были запроектированы две асфальтобетонные смеси типа Б марки I по ГОСТ 9128-2013, зерновые составы которых отличались тем, что один был максимально приближен к верхней предельной кривой, а второй к нижней.

Первая мелкозернистая асфальтобетонная смесь типа Б марки I по ГОСТ 9128-2013, состояла из:

- щебня (гранит) фр. 5-10 – 36 %;
- щебня(гранит) фр. 10-15 – 3 %;
- щебня (гранит) фр. 15-20 – 3 %;
- песка из отсева дробления (габбро) – 53 %;
- минерального порошка – 5 %;
- битума БНД 90/130 – 5,3 % (сверх 100 % минеральной части).

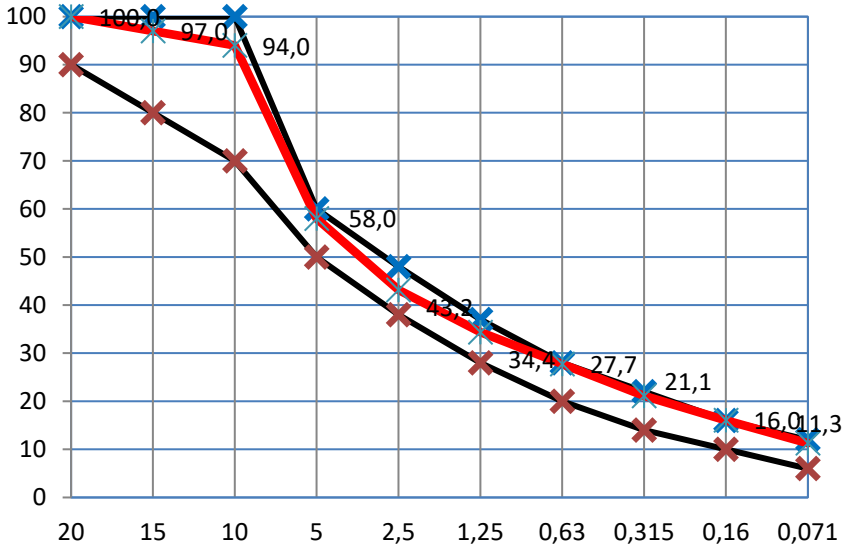


Рис. 16. График гранулометрического состава подобранной асфальтобетонной смеси тип Б по ГОСТ 9128

Результаты испытаний физико-механических показателей асфальтобетонной смеси типа Б марки I представлены в **табл. 10**.

Для данной смеси, полностью соответствующей ГОСТ 9128-2013, показатель «глубина колеи после 20000 проходов» составил 9,3 мм, что говорит о высокой вероятности образования пластической колеи в покрытии из этой асфальтобетонной смеси в процессе эксплуатации.

Также была запроектирована мелкозернистая асфальтобетонная смесь типа Б марки I по ГОСТ 9128-2013, содержащая большее количество крупного заполнителя:

- щебня (гранит) фр. 5-10 – 18 %;
- щебня (гранит) фр. 10-15 – 14 %;
- щебень (гранит) фр. 15-20 – 15 %;
- песка из отсева дробления (габбро) – 50 %;
- минерального порошка – 3 %;
- битума БНД 90/130 – 5,1 % (сверх 100 % минеральной части).

Таблица 10

Наименование показателя	*Требования ГОСТ 9128-2013 (I марка, II ДКЗ)*	*Фактическое значение*
Остаточная пористость, %	от 2,5 до 5,0	4,3
Водонасыщение, % по объему	от 1,5 до 4,0	3,7
Средняя плотность, г/см^3	не нормируется	2,45
Истинная плотность, г/см^3	не нормируется	2,56
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа	не менее 1,2	1,7
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С,	не менее 2,5	3,7

Предел прочности при сжатии при температуре 0 °С, МПа	не более 11,0	6,7
Водостойкость	не менее 0,90	1,00
Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения	не менее 0,81	0,82
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,37	0,47
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	не менее 3,5 не более 6,0	3,7

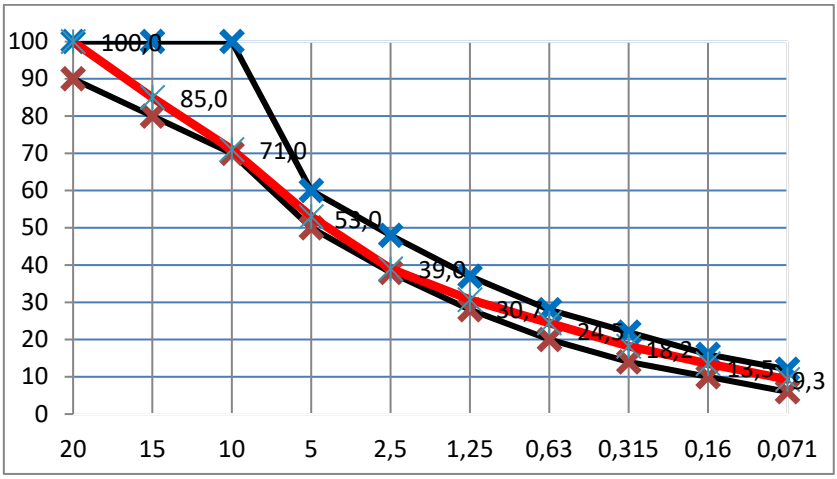


Рис. 17. График гранулометрического состава подобранной асфальтобетонной смеси тип Б по ГОСТ 9128

Результаты испытаний физико-механических показателей данной асфальтобетонной смеси типа Б марки I представлены в **табл. 11**.

Для данной смеси, полностью соответствующей ГОСТ 9128-2013 **[7]**, показатель «глубина колеи после 20000 проходов» составил 7,2 мм, что также свидетельствует о высокой вероятности образования пластической колеи в покрытии из этой асфальтобетонной смеси в процессе эксплуатации.

Далее была запроектирована асфальтобетонная смесь А16Вт в соответствии с ГОСТ Р 58406.2. Для чего были просеяны исходные минеральные материалы на ситах по ГОСТ Р 58406.2. Асфальтобетонная смесь А16Вт состоит из:

- щебня (гранит) фр. 4-8 – 18 %;
- щебня (гранит) фр. 8-11,2 – 18 %;
- щебня (гранит) фр. 11,2-16 – 17 %;
- песка из отсева дробления (габбро) – 41 %;
- минерального порошка – 6 %;
- битума – 5,1 % (сверх 100 % минеральной части).

Таблица 11

Наименование показателя	*Требования ГОСТ 9128-2013 (I марка, II ДКЗ)*	*Фактическое значение*
Остаточная пористость, %	от 2,5 до 5,0	4,3
Водонасыщение, % по объему	от 1,5 до 4,0	2,6
Средняя плотность, г/см^3	не нормируется	2,47
Истинная плотность, г/см^3	не нормируется	2,58
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа	не менее 1,2	1,8
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С, МПа	не менее 2,5	3,3
Предел прочности при сжатии при температуре 0 °С, МПа	не более 11,0	6,2
Водостойкость	не менее 0,90	1,00

Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения	не менее 0,81	0,81
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,37	0,53
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	не менее 3,5 не более 6,0	3,5

Результаты испытаний асфальтобетонной смеси А16В$_{Т}$ представлены в **табл. 12**.

Таблица 12

Показатель	***Требования ГОСТ Р 58406.2***	***А16В$_{Т}$***
Объемная плотность, г/см^3	-	2,454
Максимальная плотность, г/см^3	-	2,567
Содержание воздушных пустот, %	от 2,5 до 4,5	4,4
Пустоты в минеральном заполнителе (ПМЗ), %	не менее 12,0	14,7
Пустоты, наполненные битумным вяжущем (ПНБ), %	от 70,0 до 80,0	70,1
Средняя глубина колеи, мм	не более 4,0	3,4
Водостойкость	не менее 0,85	0,90

Проведенный эксперимент показал, что запроектированная асфальтобетонная смесь по ГОСТ Р 58406.2 существенно превосходит запроектированные смеси по ГОСТ 9128-2013 по устойчивости к пластическим деформациям (сдвигоустойчивости), показатель глубины колеи

для смеси по ГОСТ Р 58406.2 равен 3,4 мм, а для смесей типа Б по ГОСТ 9128-2013 – 7,3 и 9,2 мм соответственно.

Подводя итоги, следует отметить, что комплекс стандартов на горячие асфальтобетонные смеси, конечно, сразу не решит всех насущных проблем в области дорожного строительства и асфальтобетона в частности. Но все же это существенный шаг вперед, сделанный, по сути, с середины прошлого столетия, т.е. с того времени, когда были заложены основные принципиальные требования к дорожному асфальтобетону, существующие до сих пор в ГОСТ 9128. Наиболее наглядно различие в структуре асфальтобетона видно на **рис. 18**, слева представлен разрез мелкозернистого асфальтобетона типа Б марки I по ГОСТ 9128, который широко применяется в верхних слоях дорожного покрытия, а справа – асфальтобетон по ГОСТ Р 58406.2 с номинальным максимальным размером заполнителя 16 мм и применяемый для верхнего слоя покрытия с нормальными условиями движения, т.е. асфальтобетоны с одинаковой областью применения (смеси получены с реальных объектов ремонта).

Рис. 18. Структура асфальтобетона по ГОСТ 9128 и ГОСТ Р

В заключение авторы выражают признательность всем, кто принимал участие в обсуждении комплекса национальных стандартов на горячие асфальтобетонные смеси и асфальтобетон и направил свои предложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *ГОСТ 9128-59. Асфальтобетонные смеси (горячие) дорожные. Общие требования. Требования на материалы для их приготовления. – М.: Госстандарт СССР, 1959.*
2. *ГОСТ 9128-67. Смеси асфальтобетонные (горячие и теплые). Дорожные и аэродромные. Технические требования. – М.: Госстрой СССР, 1967.*
3. *ГОСТ 9128-76. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: Госстрой СССР, 1975. – 33 с.*
4. *ГОСТ 9128-84. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: Госстрой СССР, 1984. – 28 с.*
5. *ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: МНТКС, 2001. – 34 с.*
6. *ГОСТ 9128-2009. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2010. – 20 с.*
7. *ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 54 с.*
8. *Гезенцвей Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцвей, Н.В. Горелышев, А.М. Богуславский, И.В. Королев. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.*
9. *ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП 1999. – 67 с.*
10. *Золотарев В.А. Дорожные битумные вяжущие и асфальтобетоны / В.А. Золотарев. – Часть 2. – Дорожные асфальтобетоны. – Харьков: ХНАДУ, 2016. – 204 с.*
11. *ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018. – 13 с.*
12. *ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ.*

Методы физико-механических испытаний. – М.: Стандартинформ, 2018. – 56 с.
13. *Технический регламент Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011).*
14. *ГОСТ 32703-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.*
15. *ISO 565:1990. Test sieves – Metal wire cloth, perforated metal plate and electroformed sheet – Nominal sizes of openings.*
16. *TL Asphalt-StB 07/13. Technische Lieferbedingungen für den Bau von Verkehrsflachenbefestigungen», зарегистрирован ФГУП «Стандартинформ», 2010 г. Номер регистрации: 4887/StB.*
17. *Комплекс стандартов ГОСТ Р серии 58406.1-10-2020 (проекты).*
18. *ГОСТ 32960-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения. – М.: Стандартинформ, 2015. – 8 с.*
19. *ПНСТ 542-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. – М.: Стандартинформ, 2021. – 191 с.*
20. *ГОСТ Р 58401.18-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Дороги автомобильные общего пользования. Метод определения водостойкости и адгезионных свойств. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.*

L I T E R A T U R A

1. *GOST 9128-59. Asfal'tobetonnye smesi (goryachie) dorozhnye. Obshchie trebovaniya. Trebovaniya na materialy dlya ih prigotovleniya. – M.: Gosstandart SSSR, 1959.*
2. *GOST 9128-67. Smesi asfal'tobetonnye (goryachie i teplye). Dorozhnye i aerodromnye. Tekhnicheskie trebovaniya. – M.: Gosstroj SSSR, 1967.*
3. *GOST 9128-76. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, aerodrom-nye i asfal'tobeton. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Gosstroj SSSR, 1975. – 33 s.*
4. *GOST 9128-84. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, aerodromnye i asfal'tobeton. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Gosstroj SSSR, 1984. – 28 s.*
5. *GOST 9128-97. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, aerodrom-nye i asfal'tobeton. Tekhnicheskie usloviya. – M.: MNTKS, 2001. – 34 s.*

6. *GOST 9128-2009. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, aero-dromnye i asfal'tobeton. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standar-tinform, 2010. – 20 s.*
7. *GOST 9128-2013. Smesi asfal'tobetonnye, polimerasfal'to-betonnye, asfal'tobeton, polimerasfal'tobeton dlya avtomobil'nyh dorog i aerodromov. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2019. – 54 s.*
8. *Gezencvej L.B. Dorozhnyj asfal'tobeton / L.B. Gezencvej, N.V. Gorelyshev, A.M. Boguslavskij, I.V. Korolev. – M.: Transport, 1985. – 350 s.*
9. *GOST 12801-98. Materialy na osnove organicheskih vyazhushchih dlya dorozhnogo i aerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytanij. – M.: Gosstroj Rossii, GUP CPP 1999. – 67 s.*
10. *Zolotarev V.A. Dorozhnye bitumnye vyazhushchie i asfal'tobeto-ny / V.A. Zolotarev. – CHast' 2. – Dorozhnye asfal'tobetony. – Har'kov: HNADU, 2016. – 204 s.*
11. *GOST 8267-93. SHCHeben' i gravij iz plotnyh gornyh porod dlya stroitel'nyh rabot. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2018. – 13 s.*
12. *GOST 8269.0-97. SHCHeben' i gravij iz plotnyh gornyh porod i otkhodov promyshlennogo proizvodstva dlya stroitel'nyh rabot. Metody fiziko-mekhanicheskih ispytanij. – M.: Standartin-form, 2018. – 56 s.*
13. *Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «Bezopasnost' avtomobil'nyh dorog» (TR TS 014/2011).*
14. *GOST 32703-2014. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. SHCHeben' i gravij iz gornyh porod. Tekhnicheskie trebovaniya. – M.: Standartinform, 2019. – 15 s.*
15. *ISO 565:1990. Test sieves – Metal wire cloth, perforated metal plate and electroformed sheet – Nominal sizes of openings.*
16. *TL Asphalt-StB 07/13. Technische Lieferbedingungen für den Bau von Verkehrsflachenbefestigungen», zaregistrirovan FGUP «Standartinform», 2010 g. Nomer registracii: 4887/StB.*
17. *Kompleks standartov GOST R serii 58406.1-10-2020 (proekty).*
18. *GOST 32960-2014. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Normativnye nagruzki, raschetnye skhemy nagruzheniya. – M.: Standartinform, 2015. – 8 s.*
19. *PNST 542-2021. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Nezhestkie dorozhnye odezhdy. Pravila proektirovaniy. – M.: Standartinform, 2021. – 191 s.*
20. *GOST R 58401.18-2019. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya.*

Metod opredeleniya vodostojkosti i adgezionnyh svojstv. – M.: Standartinform, 2019. – 11 s.

IMPROVING THE APPROACHES AND METHODS FOR EVALUATION OF PHYSICAL AND OPERATIONAL PROPERTIES OF ROAD ASPHALT CONCRETE IN RUSSIA

Ph. D. (Econ.), General Director ***E.N. Simchuk****,*
Deputy Director General, Head of RC ***K.A. Zhdanov****,*
Deputy Head of the Asphalt Concrete Laboratory ***I.A. Dedkovsky***
(ANO «Research Institute
Transport and Construction Complex» (NII «TSK»))
Contact information: *niitsk@niitsk.ru*

The article deals with the approaches to regulating requirements for asphalt concrete. The test methods, as well as compaction conditions for traditional asphalt concrete according to GOST 9128 and asphalt concrete according to new national standards developed on the basis of foreign experience are analyzed. The description of advanced test methods modelling real operational impact on asphalt concrete is given.
Key words*: asphalt concrete, test methods, operating parameters, rutting, water resistance, wear capacity, anti-icing reagents.*

Рецензент: заместитель заведующего Строительной лаборатории
С.Н. Стук (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 06.04.2021 г.