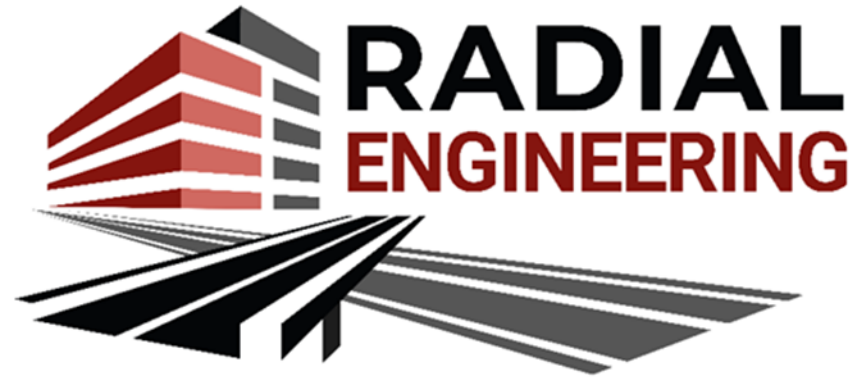
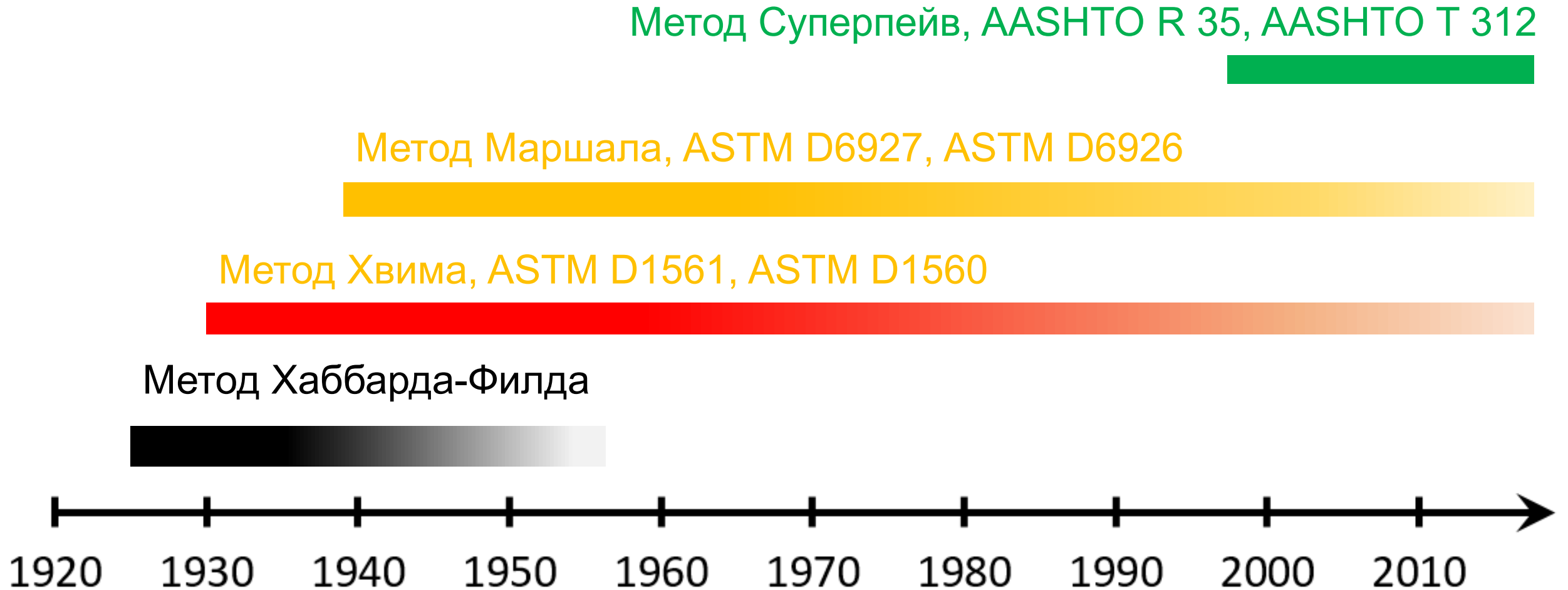




Состояние украинской нормативной базы по асфальтобетону, ее отрицательное влияние на развитие дорожного хозяйства и пути развития

Рами Хамад, к.т.н.
ТОВ «РАДІАЛ Інжиніринг»

Эволюция методов проектирования асфальтобетонных смесей в США



Нормативные требования к асфальтобетону подразделяются на две основные группы документов – технические требования и методы испытания.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**СУМІШІ АСФАЛЬТОБЕТОННІ І
АСФАЛЬТОБЕТОН ДОРОЖНІЙ
ТА АЕРОДРОМНИЙ
Технічні умови**

ДСТУ Б В.2.7-119:2011

**Київ
Мінрегіон України
2012**



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**СУМІШІ АСФАЛЬТОБЕТОННІ
І АСФАЛЬТОБЕТОН ДОРОЖНІЙ
ТА АЕРОДРОМНИЙ
Методи випробувань**

ДСТУ Б В.2.7-319:2016

Відповідає офіційному тексту

З питань придбання офіційного видання звертайтеся
до національного органу стандартизації
(ДП «УкрНДНЦ» <http://uas.org.ua>)

Технические условия морально устарели, что как минимум видно из сопоставления технических условий 1959 года с действующим ДСТУ Б В.2.7-119:2011

ГОСТ 9128-59 «Асфальтобетонные смеси дорожные. Общие требования»

Физико-механические свойства	Горячий асфал	
	плотный	
	для южных районов и для участков дорог и улиц с интенсивным тяжелым движением	для прочих условий
Предел прочности образцов при сжатии при 50°C (R_{50}), $\kappa\Gamma/\text{см}^2$, не менее:	12	10
То же, при 20°C (R_{20}), $\kappa\Gamma/\text{см}^2$, не менее:	22	22
Коэффициент водоустойчивости $K_0 = \frac{R_0}{R_{20}}$, не менее	0,9	0,9
Остаточная, пористость, % от объема	3—5	3—5
Водонасыщение, % от объема	1,5—3,0	1,0—3,0
Коэффициент водоустойчивости $K_0 = \frac{R_0}{R_{20}}$, не менее	0,9	0,9
Предел прочности при сжатии, $\kappa\Gamma/\text{см}^2$ при 0°C (R_0 для образцов размером $d = h = 70 \text{ мм}$), не более	120	120

Таблица 8 – Вимоги до фізико-механічних властивостей гарячого щільного асфальтобетону марок I та II для кліматичних районів А-1 – А-7

Назва показників	Норма для асфальтобетонів марок в залежності від районів							
	I	II	I	II	I	II	I	II
	Шифр							
	А-1; А-2		А-3; А-4		А-5; А-6		А-7	
1. Пористість мінерального кістяка, % за об'ємом, для асфальтобетонів із сумішей типів: А1, А і Б1, Б В і Г Д	15-19 18-22 -	15-19 18-22 18-22	15-18 17-20 -	15-18 17-20 17-20	15-19 18-22 -	15-19 18-22 18-22	15-18 17-20 -	15-18 17-20 17-20
2. Залишкова пористість, % за об'ємом	2-5	2-5	2-4	2-4	2-5	2-5	2-5	2-5
3. Водонасичення, % за об'ємом, для асфальтобетонів із сумішей типу, не більше: А1, А Б1, Б, В і Г Д	3,5 3,0 -	3,5 3,0 3,0	3,5 3,0 -	3,5 3,0 3,0	4,0 3,5 -	4,0 3,5 3,5	4,0 3,5 -	4,0 3,5 3,5
4. Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 0 °С для асфальтобетонів із сумішей всіх типів, не більше 20 °С для асфальтобетонів із сумішей всіх типів, не менше 50 °С для асфальтобетонів із сумішей типів:	12,0 2,7	13,0 2,5	12,0 2,7	13,0 2,5	12,0 2,8	13,0 2,6	11,0 2,8	12,0 2,6
А1, А, не менше	1,2	1,1	1,2	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3
Б1, Б і В, не менше	1,3	1,2	1,3	1,2	1,4	1,3	1,4	1,3
Г, не менше	1,4	1,3	1,4	1,3	1,6	1,5	1,6	1,5
Д, не менше	-	1,2	-	1,2	-	1,3	-	1,3
5. Коефіцієнт довготривалої водостійкості, не менше	0,90/0,87	0,89/0,85	0,90/0,86	0,87/0,83	0,88/0,84	0,86/0,82	0,86/0,82	0,84/0,80
6. Коефіцієнт водостійкості за експрес-методом	Не нормується. Випробування виконуються для накопичення статистичних даних							
7. Коефіцієнт морозостійкості, не менше	0,80	0,75	0,73	0,68	0,68	0,63	0,65	0,60

Примітка 1. Вимоги до коефіцієнта довготривалої водостійкості наведені у чисельнику для верхнього шару покриття, у знаменнику – для нижнього шару покриття та шарів основи.
Примітка 2. Значення показника границі міцності при стиску за температури 0 °С визначають тільки для асфальтобетону без застосування модифікуючих добавок та з використанням в'язких нафтових дорожніх бітумів марок БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130 і БНД 130/200 згідно з ДСТУ 4044 або бітумів нафтових дорожніх в'язких дистильційних марок БД 40/60, БД 60/90, БД 90/130, БД 130/200 згідно з [10].

Сравнение сит используемых в нормативных документах Украины, зарубежных нормативах и на АБЗ



Сита в соответствии с ДСТУ



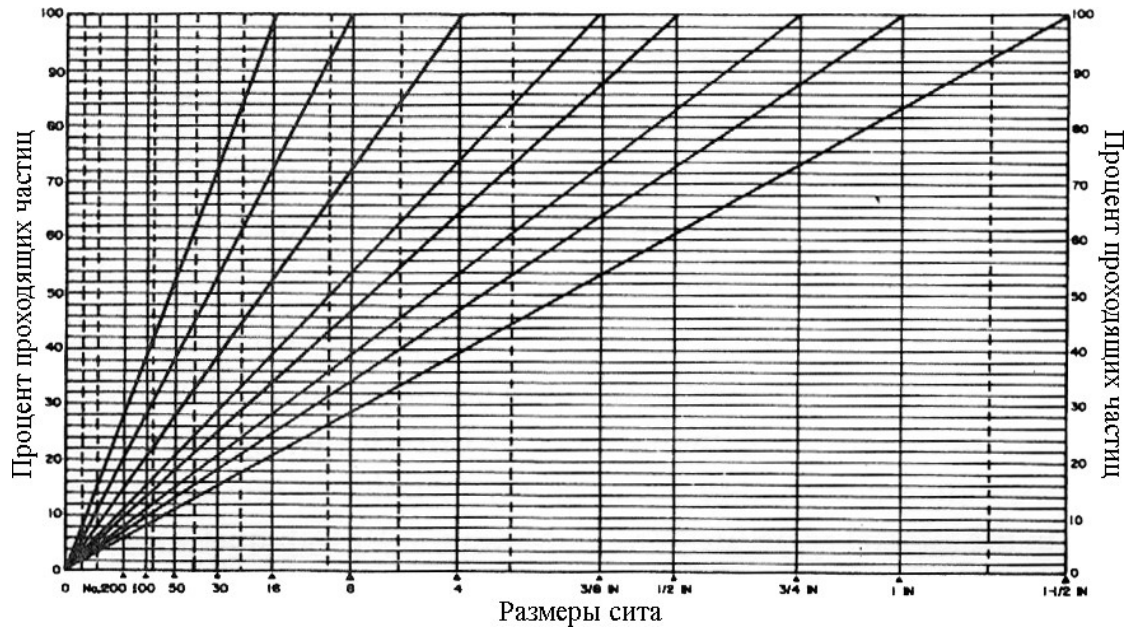
Сита с квадратной ячейкой
в зарубежных нормативах



Сита на АБЗ

B SUPERPAVE

Размер ячеек, мм	Номинальный максимальный размер заполнителя, проходы, %											
	37,5 мм		25,0 мм		19,0 мм		12,5 мм		9,5 мм		4,75 мм	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
50,0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37,5	90	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,0	-	90	90	100	100	-	-	-	-	-	-	-
19,0	-	-	-	90	90	100	100	-	-	-	-	-
12,5	-	-	-	-	-	90	90	100	100	-	100	-
9,5	-	-	-	-	-	-	-	90	90	100	95	100
4,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	90	100
2,36	15	41	19	45	23	49	28	58	32	67	-	-
1,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	55
0,075	0	6	1	7	2	8	2	10	2	10	6	13

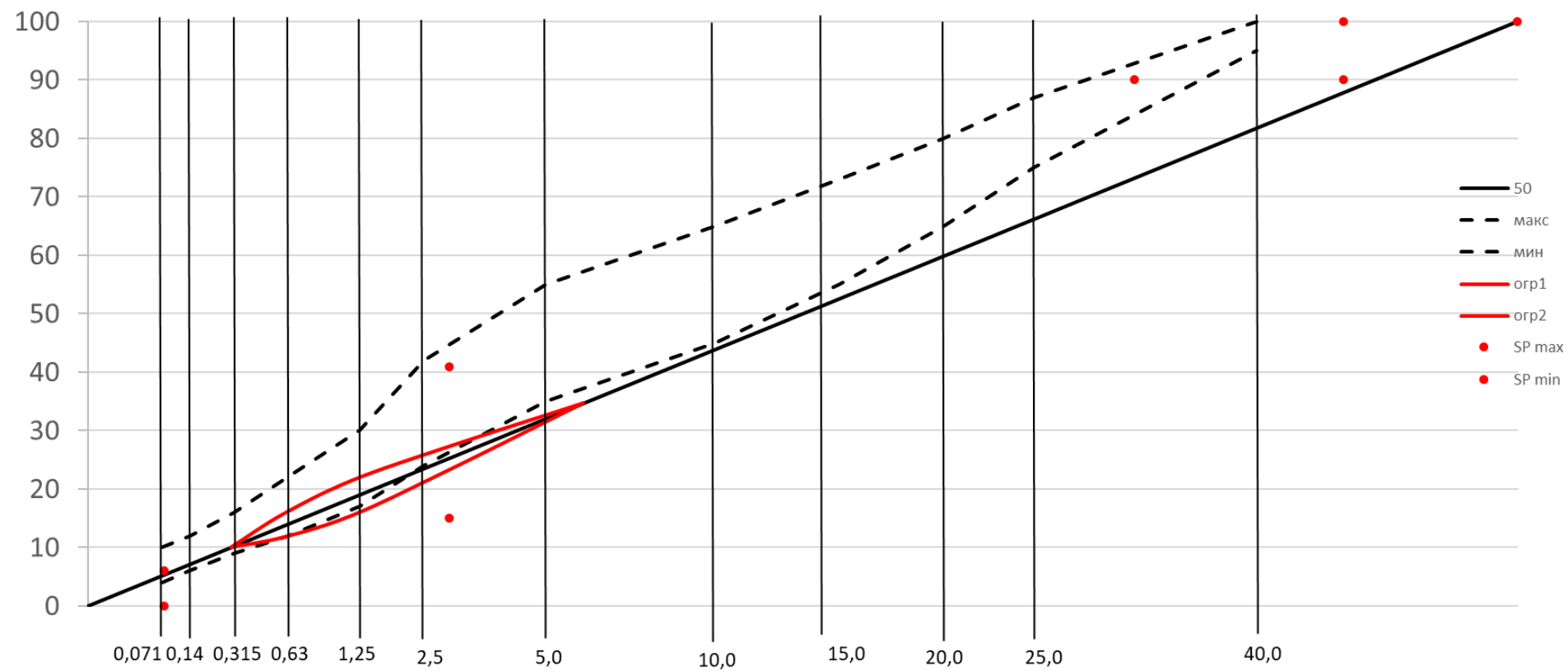


**Диаграмма гранулометрического состава Федерального
автодорожного управления США с показателем степени 0,45**

Таблиця 6 – Зернові склади мінеральної частини гарячої суміші

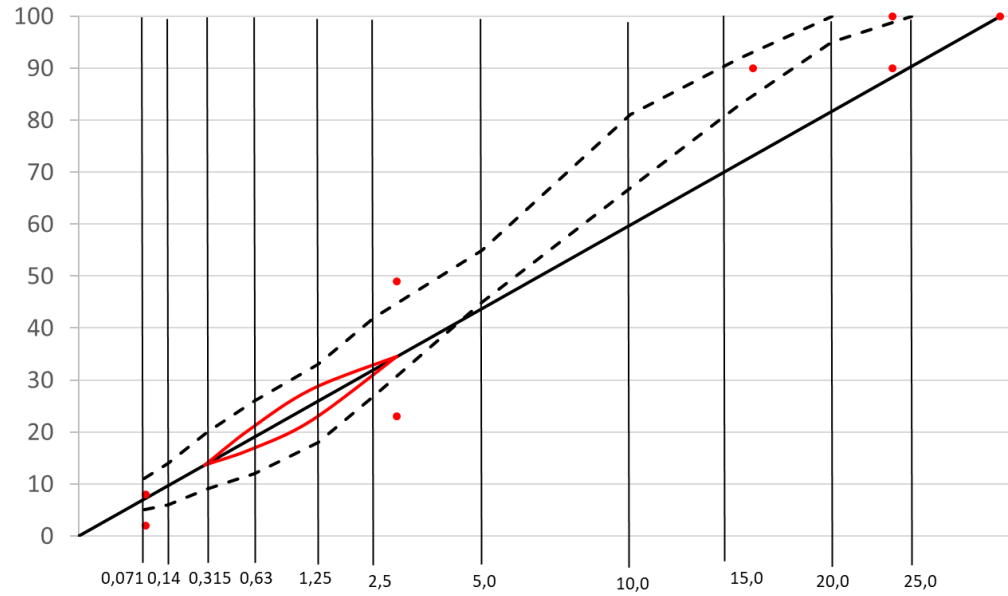
Група асфальтобетону	Різновид гранулометрії	Тип гранулометрії	Вид	Вміст за масою, % мінеральних зерен, менших даного розміру, мм											
				40	25	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Щільний	Непереривчастий	A1	Кр	100-95	87-75	80-65	73-55	65-45	55-35	42-24	30-17	22-12	16-9	12-6	10-4
		A	Др		100	100-95	92-83	81-67	55-45	42-27	33-18	26-12	20-9	14-6	11-5
						100	100-95	78-67	55-45	41-28	34-20	27-12	20-9	14-6	11-5
						100	100-90	55-45	43-29	35-21	27-13	20-9	15-7	12-6	
		B1	Кр	100-95		86-78	80-70	74-62	65-50	52-38	39-28	29-20	22-14	16-9	12-6
		B	Др		100	100-95	93-84	82-69	65-55	53-41	42-31	33-23	25-16	18-11	14-8
						100	100-95	85-75	65-55	53-42	43-32	33-23	25-16	18-11	14-8
							100	100-90	65-55	53-43	43-33	33-23	25-16	18-11	14-8
		B	Др		100	100-95	100-88	90-80	75-65	64-51	52-37	40-25	27-16	20-11	16-9
						100	100-95	90-82	75-65	64-51	52-37	40-25	29-16	20-11	16-9
							100	100-90	75-65	64-51	52-37	40-25	29-16	20-11	16-9
		Г	Пщ					100	100-95	83-68	67-45	50-28	35-18	24-11	16-8
	Д	Пщ					100	100-95	93-74	86-53	75-37	55-27	33-17	16-10	
	Переривчастий	A1	Кр	100-95	-	80-65	70-55	62-45	50-35	50-28	50-22	50-18	28-14	15-8	10-4
		A	Др		100	100-95	88-80	73-65	55-45	55-35	55-25	55-20	29-12	17-8	11-5
		B1	Кр	100-95	-	86-78	80-70	74-62	65-50	65-40	65-34	65-27	40-20	23-14	12-6
B		Др			100-95	100-85	100-70	65-55	65-40	65-34	65-27	40-20	23-14	12-6	

Крупнозернистый А1

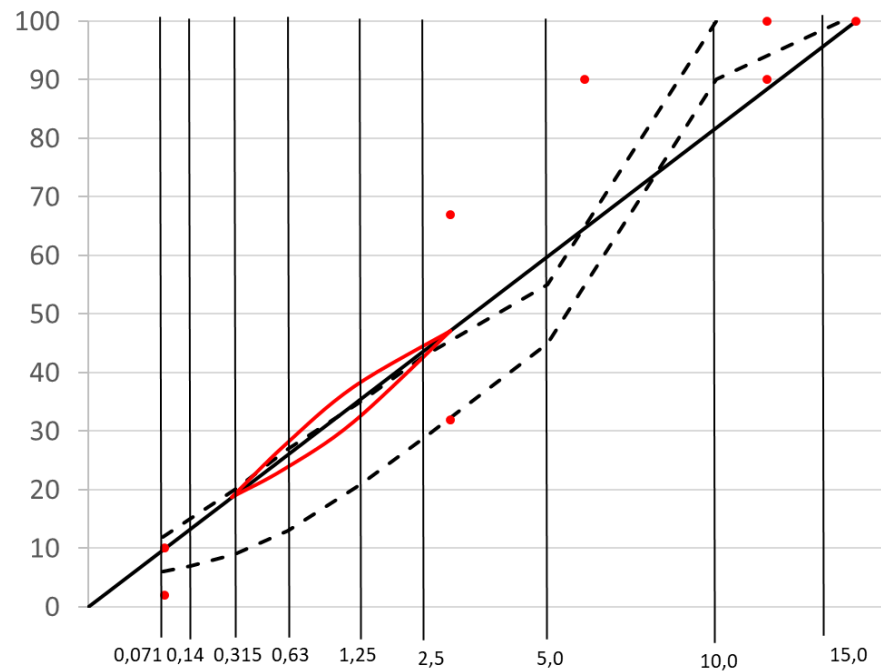
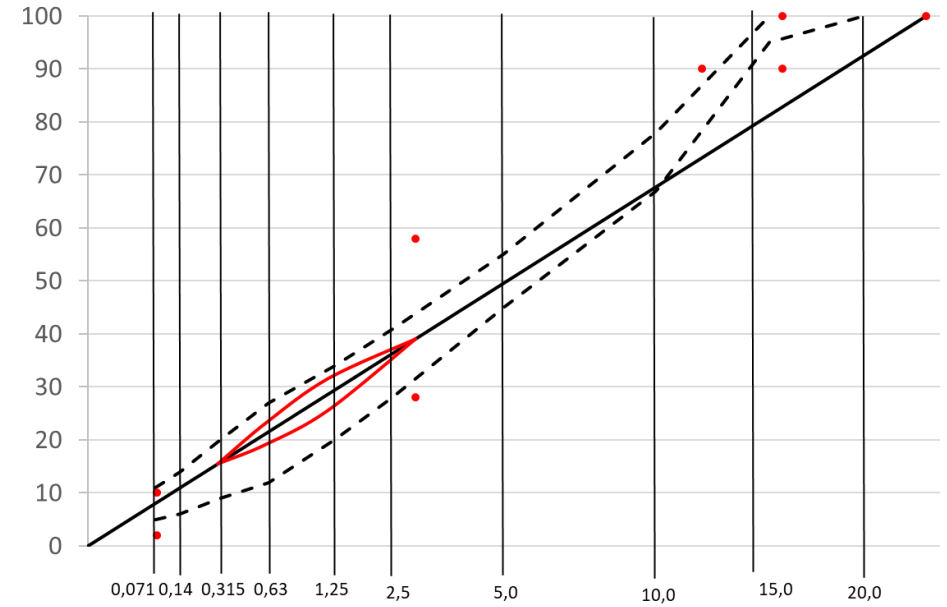


Мелкозернистые тип А

A 20

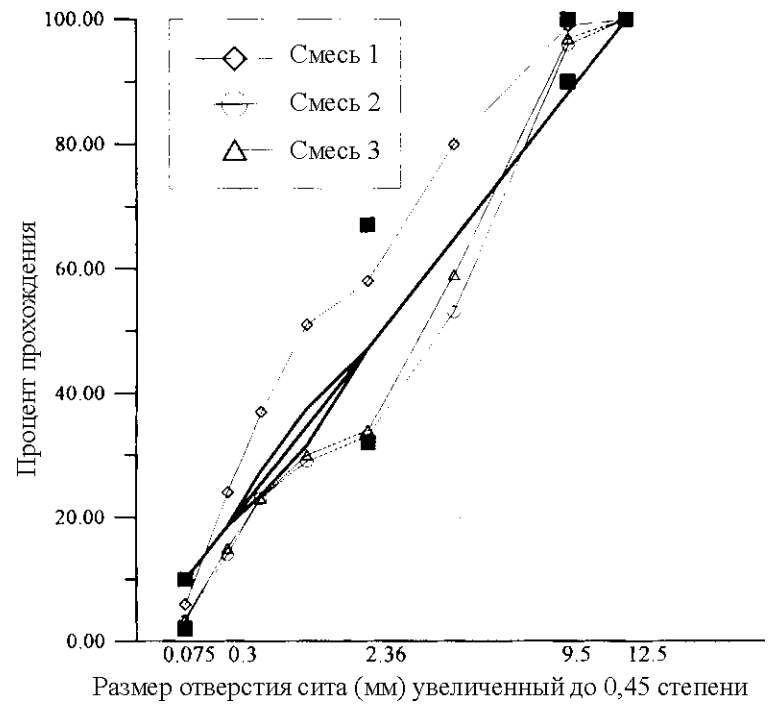
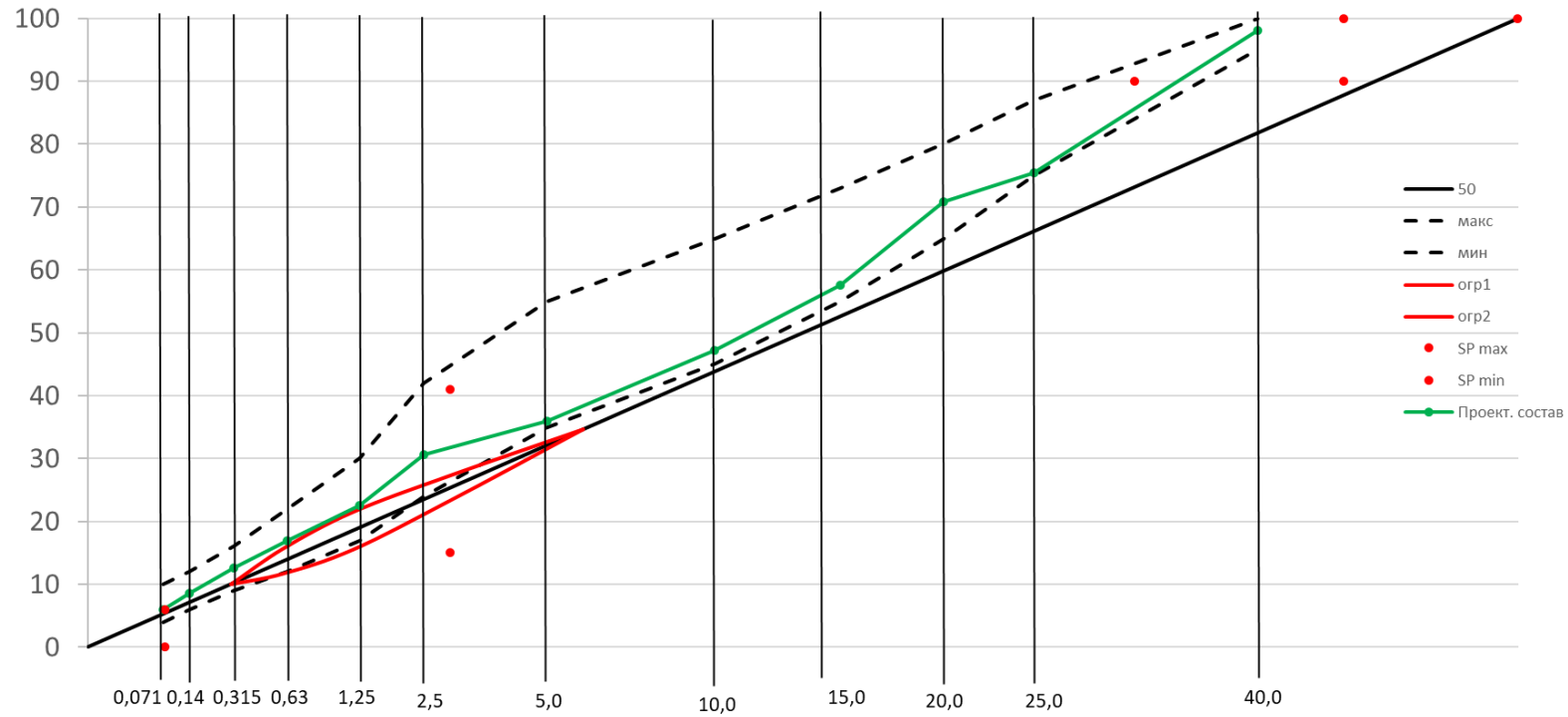


A 15



A 10

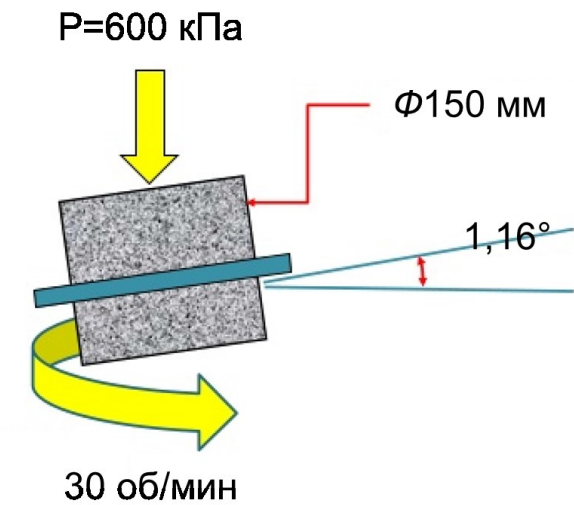
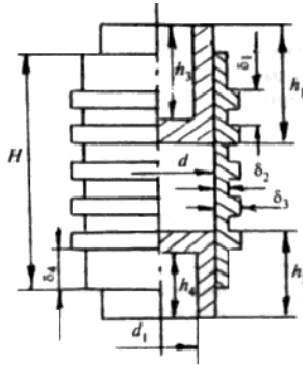
Проектирование зернового состава асфальтобетонной смеси типа А по ДСТУ Б В.2.7-119 с учетом требований SUPERPAVE



Методы уплотнения асфальтобетонных образцов

ДСТУ Б В.2.7-119, ДСТУ Б В.2.7-319

SUPERPAVE



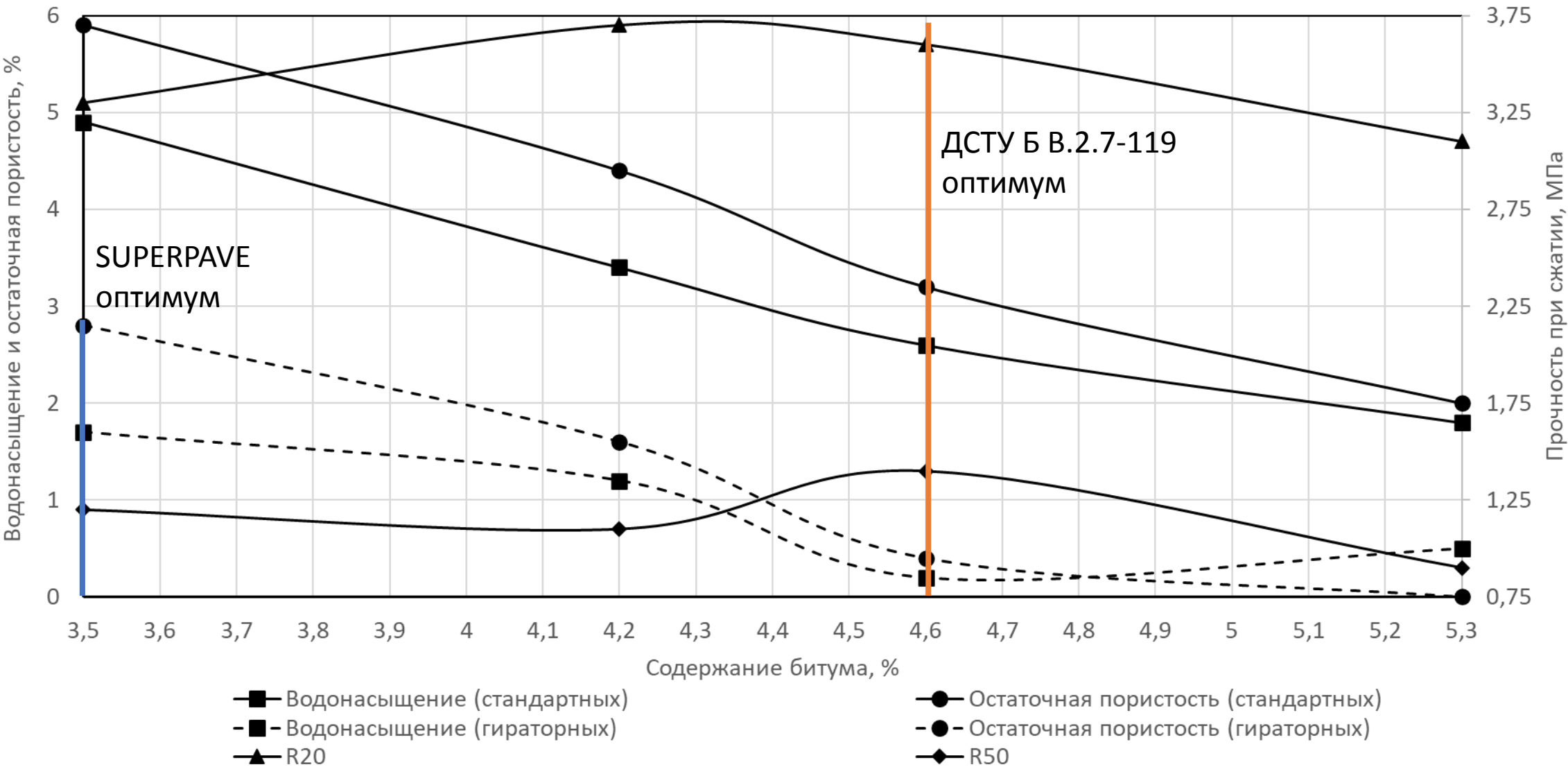
Параметры уплотнения в зависимости от проектных условий движения

Расчетное количество ESAL, млн		Количество гираций		
		N _{ini}	N _{des}	N _{max}
< 0,3	Местные и сельские дороги, городские улицы без грузового транспорта	6	50	75
0,3 – 3	Большинство местных дорог	7	75	115
3 – 30	Городские и областные автомагистрали	8	100	160
> 30	Автомагистрали национального значения	9	125	205

Проектные требования Суперпейв к асфальтобетону

Расчетное количество ESAL, млн	Остаточная пористость			Пористость минерального заполнителя, %						Пустоты, заполненные битумом, %
	Кол. гираций			Номинальный размер смеси						
	N _{ini}	N _{des}	N _{max}	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	
< 0,3	≥ 8,5	4,0	≥ 2,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	70-80
0,3 – 3	≥ 9,5									65-78
3 – 10	≥ 11									65-75
10 – 30										65-75
> 30										65-75

Определение оптимального содержания битума на образцах сформованных разными способами



ДСТУ Б В.2.7-119

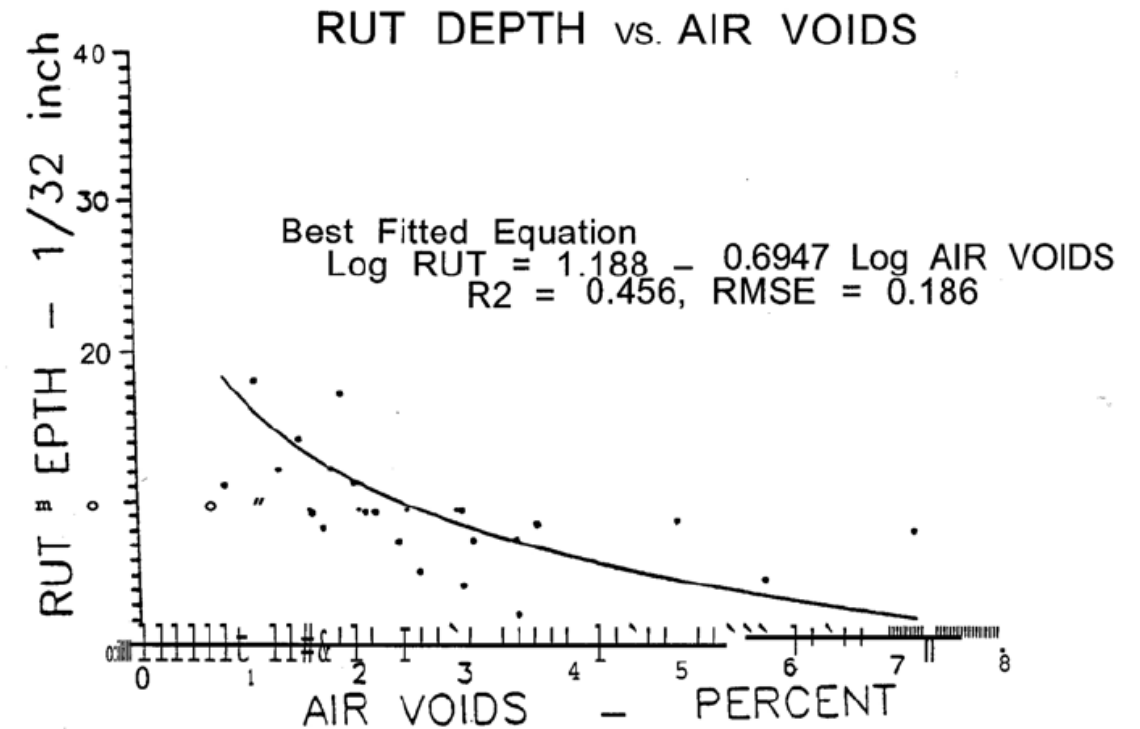
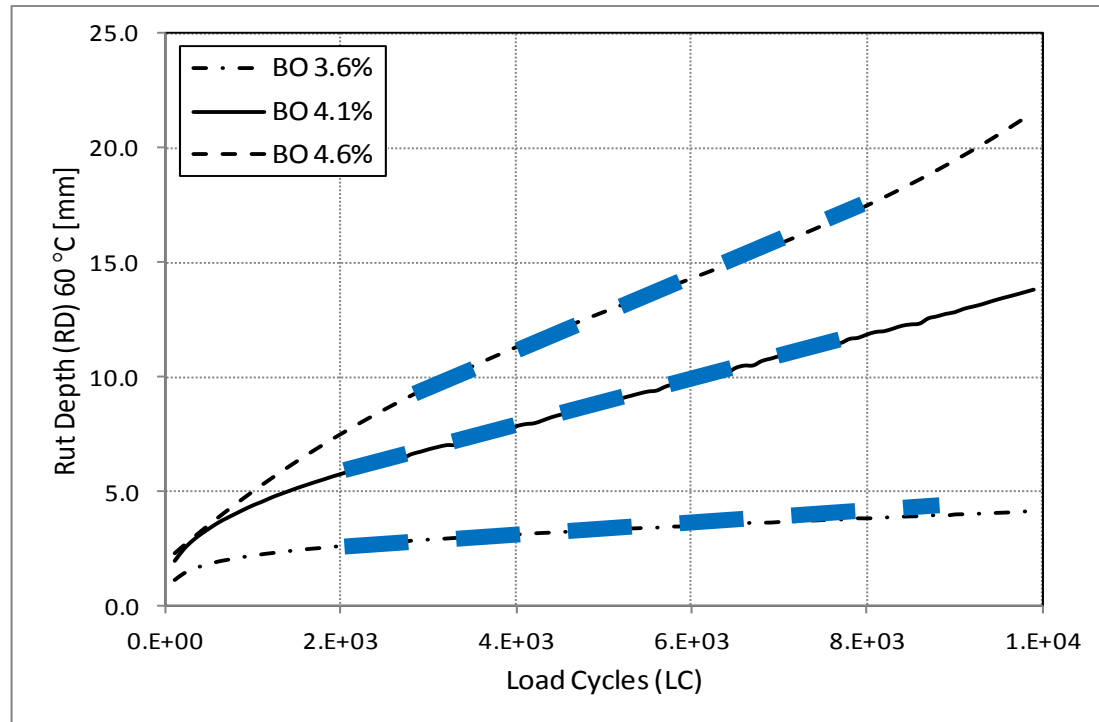
ДОДАТОК Б (довідковий)

ОСОБЛИВОСТІ ПІДБОРУ СКЛАДУ АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ СУМІШІ

Таблиця Б-1 – Орієнтовний вміст в'язучого (у відсотках за масою понад 100 % мінеральних складових) для гарячої асфальтобетонної суміші в залежності від зернового складу

Група асфальтобетону	Різновид гранулометрії	Тип гранулометрії	Вид	Орієнтовний вміст бітуму, %
Щільний	Непереривчастий	А1	Кр	4,5-6,0
		А	Др	5,0-6,0
		Б1	Кр	5,0-6,5
		Б	Др	5,5-7,0
		В	Др	6,0-7,5
		Г	Пщ	7,0-9,0
		Д	Пщ	7,0-9,0
	Переривчастий	А1	Кр	4,5-6,5
		А	Др	5,0-6,5
		Б1	Кр	4,5-6,5
		Б	Др	5,5-7,0
Пористий	Непереривчастий	А-Б	Кр	4,0-6,0
		А-Б	Др	4,0-6,0
	Переривчастий	А-Б	Кр	4,0-6,0
		А-Б	Др	4,0-6,0
Високопористий	Непереривчастий	А-Б	Кр	4,0-6,0
		А-Б	Др	4,0-6,0
		А-Б	Пщ	4,0-6,0
	Переривчастий	А-Б	Кр	4,0-6,0
		А-Б	Др	4,0-6,0

Пример результатов определения колееустойчивости асфальтобетона с различным содержанием битума



Вибір вяжущого для приготування асфальтобетона

ДСТУ Б В.2.7-119 ДОДАТОК В(довідковий)

ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ СУМІШІ ПРИ ВИКОНАННІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Таблиця В.3 - Область використання асфальтобетонної суміші у нижньому шарі покриття при виконанні будівельних робіт на автомобільних дорогах загального користування I та II категорій

Шифр району	Клас суміші	Вид суміші та асфальтобетону	Група асфальтобетону	Тип гранулометрії суміші та асфальтобетону	Різновид гранулометрії	Марка асфальтобетону	Марка вяжучого
A-1, A-2	АСГ	Кр, (Др)	Щ (П)	A1, (A, Б1, Б)	НП (ПР)	I, (II)	БНД 60/90, БНД 90/130
A-3, A-4	АСГ	Кр, (Др)	Щ (П)	A1, (A, Б1, Б)	НП (ПР)	I, (II)	БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130
A-5, A-6	АСГ	Кр, (Др)	щ, п	A1, (A, Б1, Б)	НП (ПР)	I, (II)	БНД 40/60, БНД 60/90
A-7	АСГ	Кр, (Др)	Щ, П	A1, (A, Б1, Б)	НП (ПР)	I, (II)	БНД 40/60, БНД 60/90
Примітка. Використання типів, різновиду гранулометрії і виду суміші та групи асфальтобетону, що наведені в дужках, менш доцільно.							

Таблиця В.4 - Область використання асфальтобетонної суміші у нижньому шарі покриття при виконанні будівельних робіт на автомобільних дорогах загального користування III та IV категорій

Шифр району	Клас суміші	Вид суміші та асфальтобетону	Група асфальтобетону	Тип гранулометрії суміші та асфальтобетону	Різновид гранулометрії	Марка асфальтобетону	Марка вяжучого
A-1, A-2	АСГ	Кр (Др)	Щ, П	A1, A, Б1, Б	НП, ПР	I, II	БНД 60/90, БНД 90/130
A-3, A-4	АСГ	Кр (Др)	Щ, П	A1, A, Б1, Б	НП, ПР	I, II	БНД 60/90, БНД 90/130
A-5, A-6	АСГ	Кр (Др)	Щ, П	A1, A, Б1, Б	НП, ПР	I, II	БНД 40/60, БНД 60/90
A-7	АСГ	Кр (Др)	Щ, П	A1, A, Б1, Б	НП, ПР	I, II	БНД 40/60, БНД 60/90
Примітка. Використання виду суміші, що наведений у дужках, менш доцільно.							

Рынок битума в Украине
приведен к одному знаменателю – БНД 60/90

Классификация битумных вяжущих по PG

Мин. температура, °C	Мак. температура, °C							$\Delta T = XX-YY$: < 80 – обычные битумы 80-90 – улучшенные битумы > 90 – Модифицированные битумы
	46	52	58	64	70	76	82	
	-10	-	52-10	58-10	64-10	70-10	76-10	82-10
	-16	-	52-16	58-16	64-16	70-16	76-16	82-16
	-22	-	52-22	58-22	64-22	70-22	76-22	82-22
	-28	-	52-28	58-28	64-28	70-28	76-28	82-28
	-34	46-34	52-34	58-34	64-34	70-34	76-34	82-34
	-40	46-40	52-40	58-40	64-40	70-40	-	-
	-46	46-46	52-46	-	-	-	-	-

Маркировка битумных вяжущих в системе SUPERPAVE

- * Основана на температурных условиях работы покрытия

PG 58-28

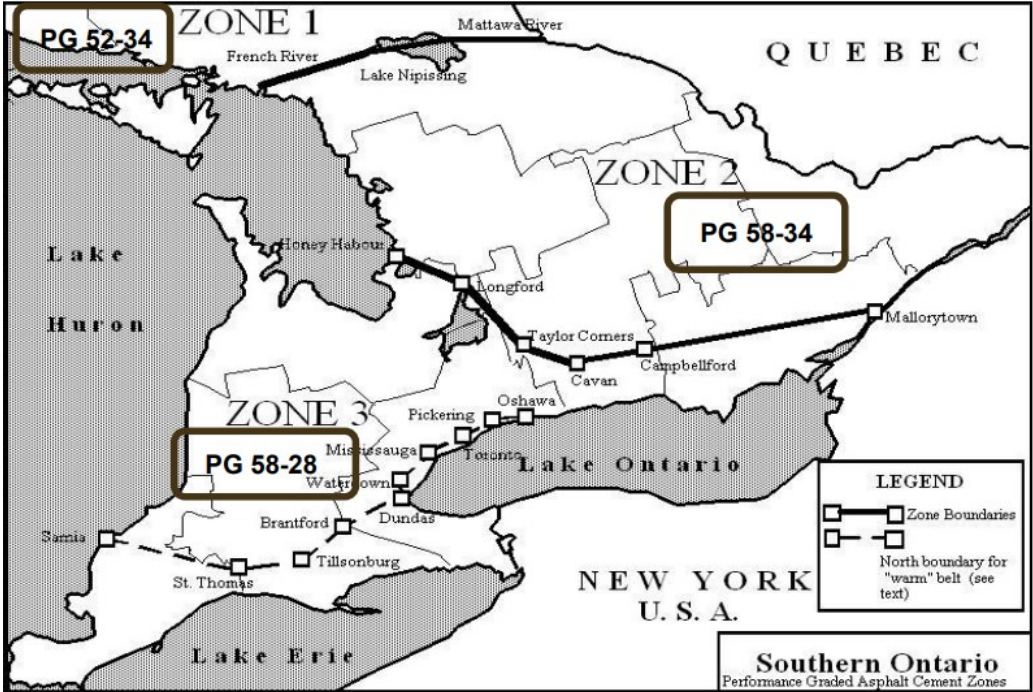
Performance Grade
(Эксплуатационная градация)



Минимальная
температура покрытия

Средняя максимальная температура
покрытия 7-и последовательных
наиболее жарких дней

Температурное районирования по PG



Торонто

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °C	16,1	14,4	26,7	32,2	34,4	36,7	40,6	38,9	37,8	30,0	23,9	19,9	40,6
Средний максимум, °C	-1,1	-0,2	4,6	11,3	18,5	23,5	26,4	25,3	20,7	13,8	7,4	1,8	12,7
Средняя температура, °C	-4,2	-3,2	1,3	7,6	14,2	19,2	22,2	21,3	17,0	10,6	4,8	-0,9	9,2
Средний минимум, °C	-7,3	-6,3	-2	3,8	9,9	14,8	17,9	17,3	13,2	7,3	2,2	-3,7	5,6
Абсолютный минимум, °C	-32,8	-31,7	-26,7	-15	-3,9	-2,2	3,9	4,4	-2,2	-8,9	-20,6	-30	-32,8

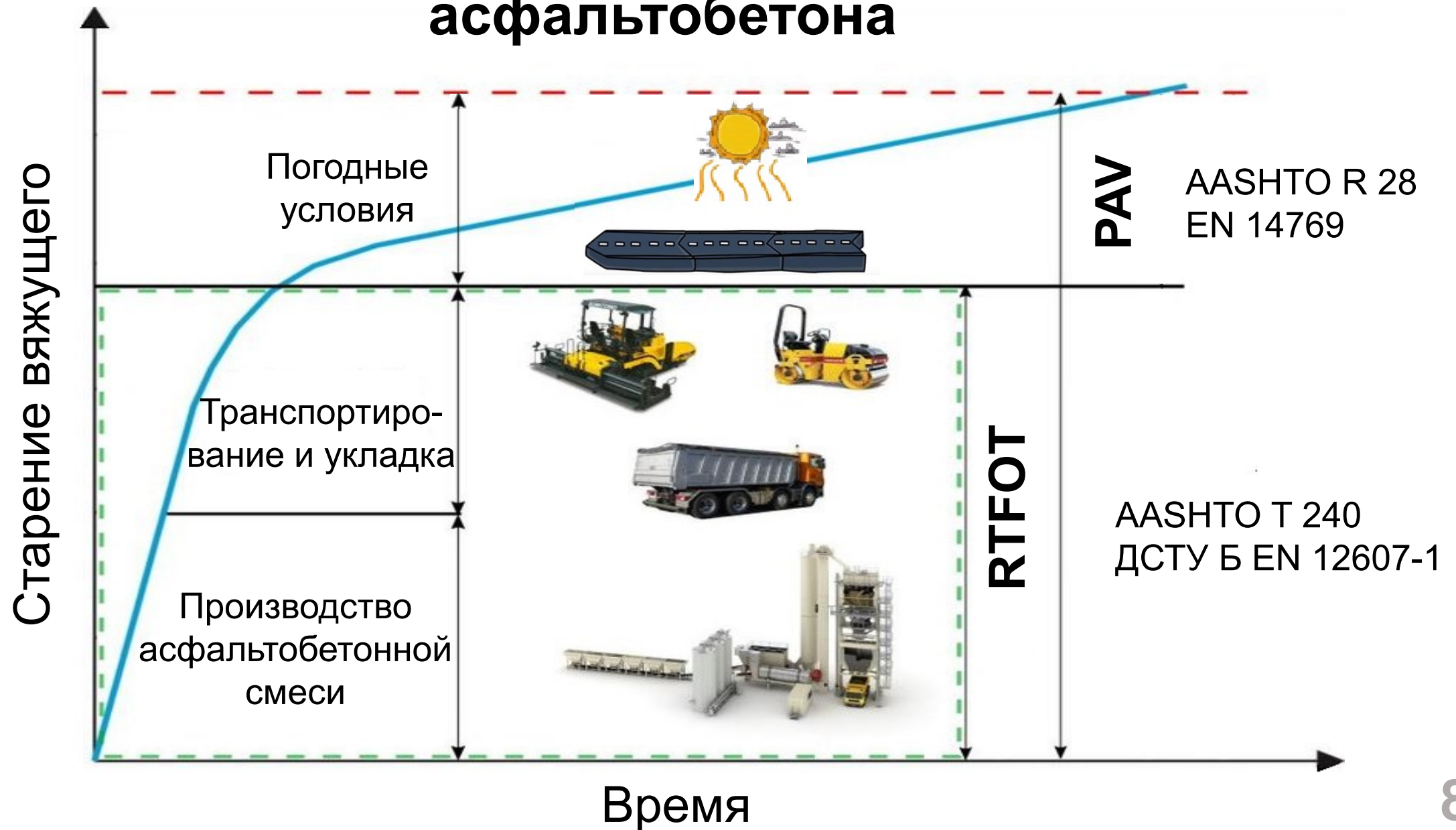
Киев

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °C	11,1	17,3	22,4	30,2	33,6	35,0	39,4	39,3	35,7	27,9	23,2	14,7	39,4
Средний максимум, °C	-0,9	0,0	5,6	14,0	20,7	23,5	25,6	24,9	19,0	12,5	4,6	0,0	12,5
Средняя температура, °C	-3,5	-3	1,8	9,3	15,5	18,5	20,5	19,7	14,2	8,4	1,9	-2,3	8,4
Средний минимум, °C	-5,8	-5,7	-1,4	5,1	10,8	14,2	16,1	15,2	10,2	4,9	-0,3	-4,6	4,9
Абсолютный минимум, °C	-31,1	-32,2	-24,9	-10,4	-2,4	2,4	5,8	3,3	-2,9	-17,8	-21,9	-30	-32,2

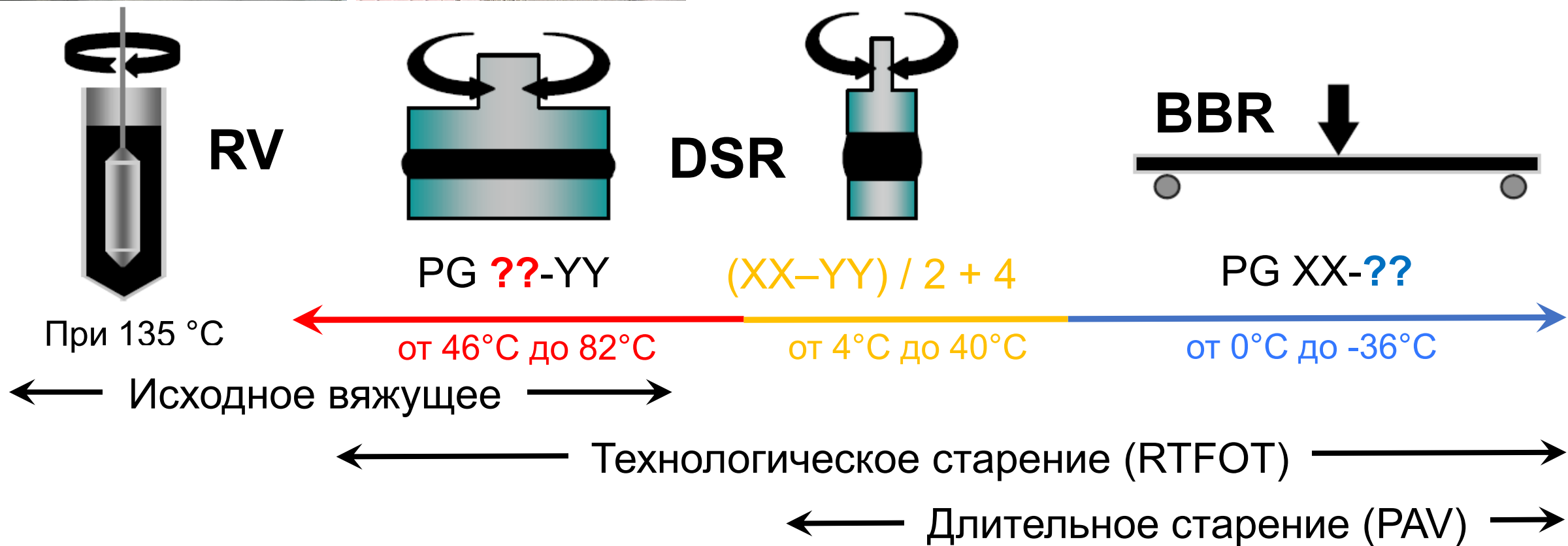
Учет грузонапряженности и скорости движения

Расчетное количество ESAL, млн	Скорость движения, км/ч		
	< 20 или стоянка	20 – 70	> 70
< 0,3	+1	-	-
0,3 – 3	+2	+1	-
3 – 10	+2	+1	-
10 – 30	+2	+1	+1
> 30	+2	+1	+1

Старение битумного вяжущего в жизненном цикле асфальтобетона

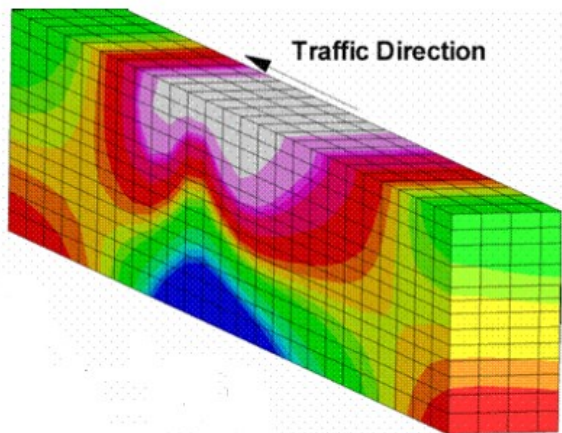


Принцип определения PG марки



Оценка эксплуатационных характеристик

- Модули жесткости



- Колееустойчивость;



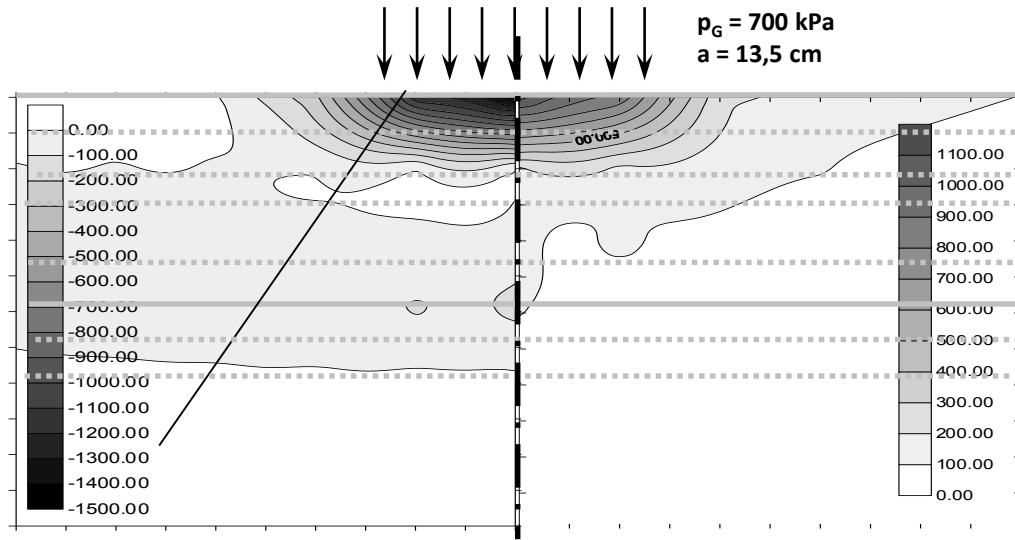
- Усталостная устойчивость



- Усталостная устойчивость;



Модули жесткости



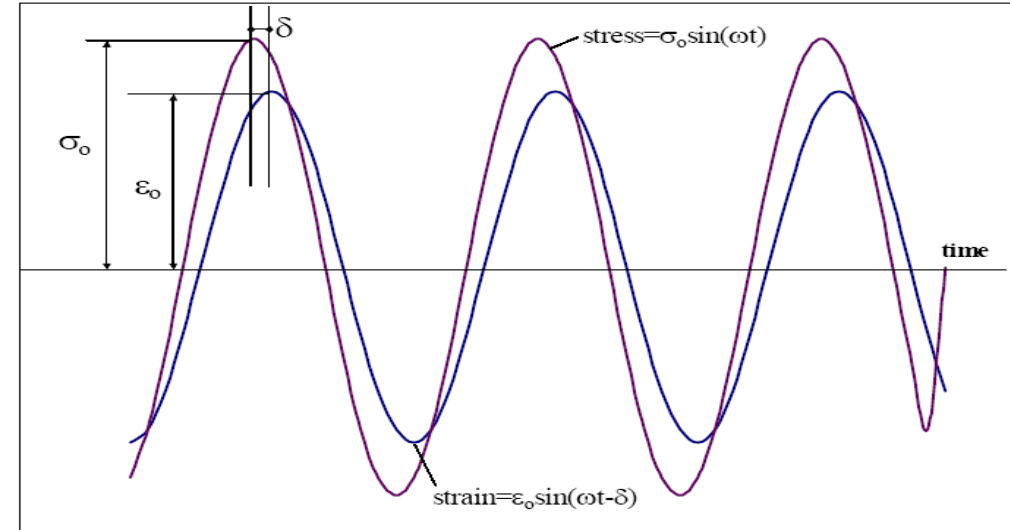
- Жесткость асфальтобетона является основополагающим фактором напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции под воздействием транспортной нагрузки и окружающей среды.

- Деформации и напряжения передаваемые на рабочий слой земляного полотна напрямую зависят от показателей жесткости асфальтобетонных слоев.

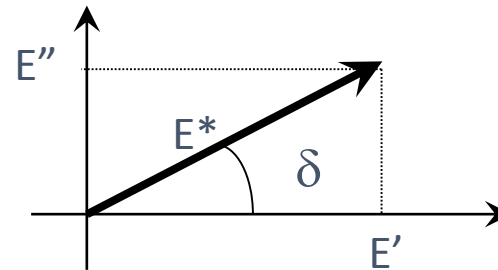
- Современные методы расчета нежесткой дорожной конструкции не применимы без наличия объективной данных о напряженно-деформированных характеристиках асфальтобетона.

Определение модулей жесткости

Применение теории вязкоупругости



Stress and Strain in Dynamic Loading



E^* : Комплексным модуль

E' : Модуль упругости

E'' : Модуль вязкости
(остаточный модуль)

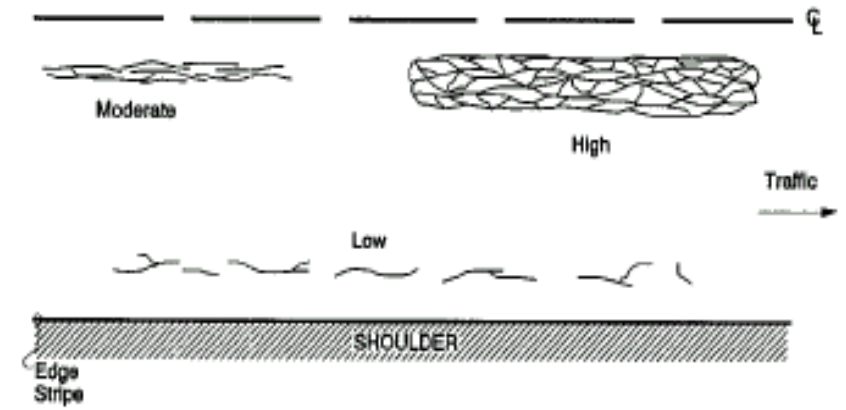
δ : Угол сдвига фаз

Усталостная устойчивость

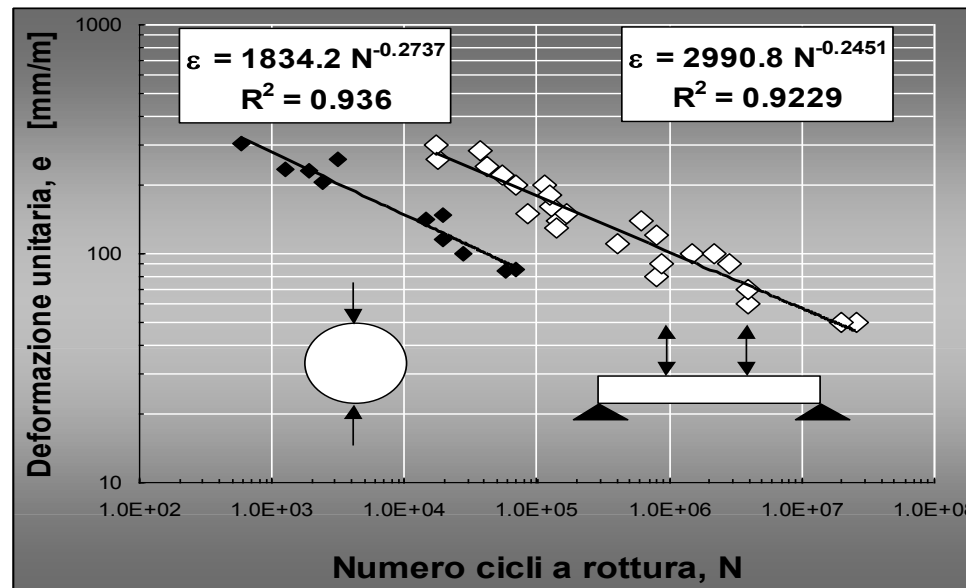
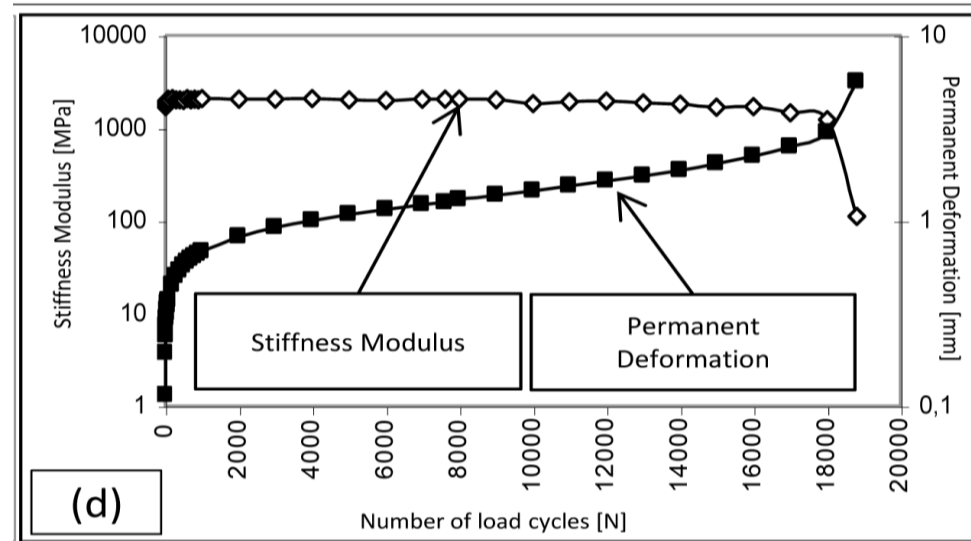
- Усталостная устойчивость асфальтобетона в дорожной конструкции характеризуется его способностью сохранять свои прочностные характеристики и целостность в течение заданного срока службы.

- В результате усталостного разрушения асфальтобетона на покрытии формируется сетка трещин, часто называемая «крокодиловой кожей».

- Этот тип разрушений появляется вследствие недостаточной усталостной устойчивости асфальтобетона на стадии его проектирования, а также из-за проблем со слабым основанием.



Определение усталостной устойчивости асфальтобетона



$$N_f = k_1 \left(\frac{1}{\epsilon} \right)^n$$

N_f - количество циклов до разрушения

ϵ - напряжение в растянутой зоне

k_1, n - коэффициенты, зависящие от типа асфальтобетона

Устойчивость к колееобразованию



Колееобразование обуславливается систематическим накоплением малых остаточных деформаций в асфальтобетонных слоях вследствие циклического воздействия транспортной нагрузки.

Подбор состава асфальтобетонной смеси должен обеспечить требуемый уровень колееустойчивости асфальтобетона под действием колесной нагрузки.

Надежным и эффективным методом для проверки асфальтобетона на стадии его проектирования является испытание на колеемере.

Определение колееустойчивости согласно EN 12697-22



10000 циклов
при 60 °C



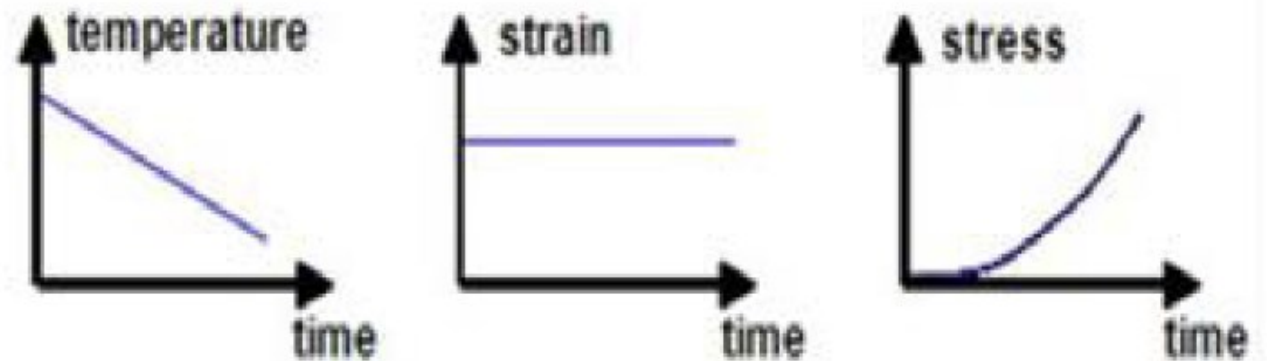
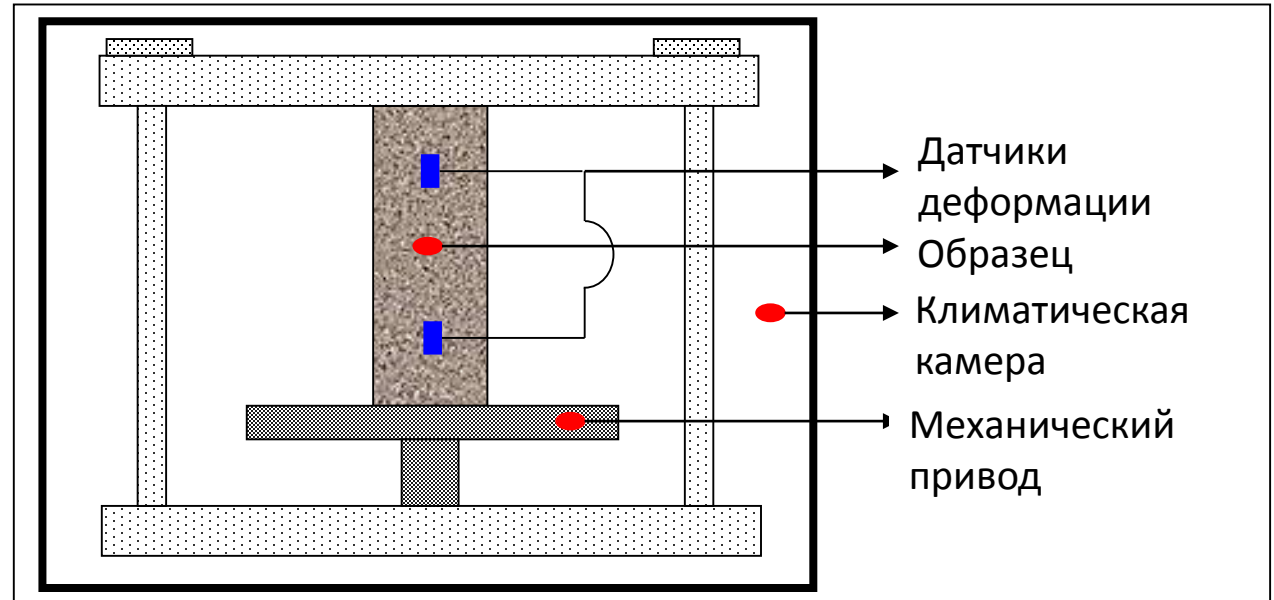
Устойчивость к низкотемпературному растрескиванию

Низкотемпературное растрескивание асфальтобетона проявляется в результате снижения температуры на поверхности покрытия со скоростью, превышающей скорость релаксации возникающих температурных напряжений.

Низкотемпературные трещины образуются поперек покрытия с почти равным интервалом. Они всегда образуются снизу вверх.



Определение низкотемпературного растрескивания асфальтобетона



Суперпейв

Strategic Highway Research Program

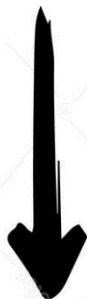
Стратегическая программа исследования автомобильных дорог (1988-1993 гг.):

- Повышение эксплуатационных характеристик асфальтобетона
- Долговечность дорожных конструкций и эффективные методы их содержания
- Повышение эксплуатационных характеристик бетонных конструкций

(Superpave – акроним от **S**uperior **P**ERforming Asphalt **P**AVEments – асфальтобетонное покрытие высшего качества)

- Классификация битумных вяжущих по PG
- Требования к каменным материалам
- Метод объемного проектирования асфальтобетонных смесей
- Оценка эксплуатационных характеристик

SHRP



ВИДИМЫЙ ПУТЬ РАЗВИТИЯ

Для того, чтобы наметить пути правильного развития в этой области целесообразно обратить внимание на требования к асфальтобетону в странах Европы и США, где нашли практическое воплощение методы и подходы проектирования состава и испытания асфальтобетона исходя из особенностей работы асфальтобетона в дорожном покрытии при многократном нагружении в различных климатических условиях.

8-10 документов (EN 13108-1...EN 13108-8) содержат технические требования к различным видам асфальтобетона;
1 документ (EN 13108-21) регламентирует требования к производственному контролю качества выпуска асфальтобетонной смеси;
43-56 документов (EN 12697-1...EN 12697-49) относятся к нормативам, где определены методы испытания.



Комплекс нормативных документов AASHTO SUPERPAVE

В заключении

Эффективность современных требований к асфальтобетону в рамках системы SUPERPAVE уже давно не требует подтверждения. Она проявляется как в увеличении долговечности дорожных конструкций, так и в значительно более рациональном распределении ограниченных ресурсов на содержание и развитие дорожной сети, что доказано всемирным опытом. Практическая польза от повсеместного внедрения в практику современных подходов к проектированию асфальтобетонов пока не реализована исключительно из-за промедления в принятии волевых решений. При этом, объективные обстоятельства, сложившиеся на данный момент, позволяют Украине преодолеть этот путь практически с нулевыми затратами и рисками.