Влияние и учёт дисперсии гранулометрического состава минеральных компонентов при проектировании состава асфальтобетона и контроле качества асфальтобетона. Возможность классификационной оценки по ГОСТ 32703 щебня, выпущенного по ГОСТ 8267. Оценка достоверности результатов испытаний асфальтобетонов и оценка достоверности подборов составов. Методика испытаний асфальтобетона с целью определения допустимой сферы его применения.

Канд. техн. наук М.А. Славуцкий
Заведующий лабораторией ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ
Конт. информация: slavutskiy@rosdornii.ru

1. Влияние и учёт дисперсии гранулометрического состава минеральных компонентов при проектировании состава асфальтобетона и контроле качества асфальтобетона

1.1. Контроль качества асфальтобетонов, запроектированных с учетом методологии Superpave, и проблемы с соответствием фактического состава асфальтобетона проектному

Приемо-сдаточный и периодический контроль асфальтобетонных смесей, запроектированных в соответствие с ГОСТ Р 58401.1 «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования» и ГОСТ Р 58401.2 «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования», производятся по ГОСТ Р 58401.5 «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Правила приемки»

Показатели	Предельно допустимые отклонения для верхнего слоя покрытия		Предельно допустимые отклонения для нижнего слоя покрытия или слоев основания	
	единичной партии	среднего значения из четырех последних партий	единичной партии	среднего значения из четырех последних партий
Содержание воздушных пустот , %	±1,2	±1,0	±1,5	±1,2
Количество вяжущего , % по массе	±0,3	±0,2	±0,4	±0,3
Проход через сито 31,5 (37,5) мм, % по массе	-	-	±6,0	±5,0
Проход через сито 22,4 (25,0) мм, % по массе	±5,0	±4,5	±6,0	±5,0
Проход через сито 16,0 (19,0) мм, % по массе	±5,0	±4,5	±5,0	±5,0
Проход через сито 11,2 (12,5) мм, % по массе	±4,0	±3,5	±4,5	±4,0
Проход через сито 8,0 (9,5) мм, % по массе	±3,5	±3,0	±4,0	±3,5
Проход через сито 4,0 (4,75) мм, % по массе	±3,5	±3,0	±4,0	±3,5
Проход через сито 2,0 (2,36) мм, % по массе	±3,5	±3,0	±4,0	±3,5
Проход через сито 0,063 (0,075) мм, % по массе	±2,0	±1,5	±2,5	±2,0

Приемо-сдаточные испытания асфальтобетонных смесей, запроектированных в соответствии с ГОСТ Р 58406.2-2020 «Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия»

Предельно допустимое отклонение показателя	Значение показателя для типа асфальтобетонной смеси					
	$АВ_т$ и $АВ_н$	$АВ_п$	$АН_т$ и $АМ_н$	$АН_п$	$АО_т$ 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

Приемо-сдаточные испытания щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей, запроектированных в соответствии с ГОСТ Р 58406.1-2020 «Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия»

Наименование показателя	Предельно допустимое отклонение
Содержание воздушных пустот, % от объема	± 1,2
Количество вяжущего, % от массы смеси	±0,4
Проход через сито, на один размер меньше номинально максимального размера, % по массе от минерального материала	±5,0
Проход через сито 8 мм, % по массе от минерального материала	±5,0
Проход через сито 4 мм, % по массе от минерального материала	±5,0
Проход через сито 2 мм, % по массе от минерального материала	±4,0
Проход через сито 0,063 мм, % по массе от минерального материала	±3,0

Таким образом, современные ГОСТ Р, рассматривающие вопросы проектирования асфальтобетонов на основе методологии Superpave, применяют при контроле качества смеси следующие подходы:

- требования к содержанию воздушных пустот при стандартном уплотнении в диапазоне ±1,0% ÷ ±2,2% от требований рецепта;

- требования к проходам через сита 2,0 мм и крупнее в диапазоне ±3,5% ÷ ±7,0% от требований рецепта;

- требования к проходам через сита 0,125 мм и мельче в диапазоне ±1,5 ÷ ±5,0% от требований рецепта.

Выполненные лабораторией ОЦК в сезоне 2020 года испытания асфальтобетонов показывают, что в случае проведения независимого (не силами дорожных организаций подрядчика и заказчика) контроля, несоответствие фактического гранулометрического состава требованиям подбора наблюдается для 30-50% случаев и доходит до 20% вместо 3,5-7,0%, требуемых стандартом.

При таком уровне несоответствий фактического гранулометрического состава асфальтобетонных смесей подборам составов, возникает подозрение на наличие системной проблемы.

Пример 1. Объект: а/д «Лежнево-Хозниково-Шуя» км 1+250 – км 16+836 в Лежневском и Шуйском районах Ивановской области по ПНСТ 183-2019 (в настоящее время действует ГОСТ Р 58406.1-2020)

	Проход через сито, % по массе											
	22,4	16	11,2	8	5,6	4	2	1	0,5	0,25	0,13 (0,125)	0,063
Требования ПНСТ 183 для ЩМА 16	100	От 90 до 100 включ.	От 50 до 65 включ.	От 40 до 55 включ.	-	От 23 до 38 включ.	От 18 до 28 включ.	-	-	-	-	От 8 до 12 включ.
Требования ГОСТ Р 58406.1-2020 для ЩМА-16	100	От 90 до 100	От 50 до 65	От 35 до 50	-	От 23 до 38	От 18 до 28	-	-	-	-	От 7 до 12
Состав ЩМА-16 от ООО «ДЭП № 17»	100	97,0	51,1	46,7	31,5	26,4	22,4	-	-	-	-	9,5
Предельно допустимые отклонения от рецепта по ГОСТ Р 58406.1-2020	-	±5,0	±5,0	±5,0	-	±5,0	±4,0	-	-	-	-	±3,0
Предельно допустимые отклонения от рецепта по ПНСТ 183-2019	-	±5,0	±5,0	±5,0	-	±5,0	±4,0	-	-	-	-	±3,0
Фактический рассев ЩМА-16 проба № 33	100	97,5	66,7	55,5	42,1	35,4	28,1	23,5	20,3	17,7	15,1	12,1
Отклонения фактического рассева ЩМА-16 проба № 33 от Состав ЩМА-16 от ООО «ДЭП № 17»	0	0,5	15,6	8,8	-	9,0	5,7	-	-	-	-	2,6

Отклонения полных проходов фактического гранулометрического состава от данных подбора состава составляет для сита 11,2мм - 15,6% (66,7% вместо 51,1%); для сита 8,0мм - 8,8% (55,5% вместо 46,7%); для сита 4,0мм - 9,0% (35,4% вместо 26,4%); для сита 2,0мм - 5,7% (28,1% вместо 22,4%)

Пример 2. Объект: г. Йошкар-Ола, ул. Карла Маркса; г. Йошкар-Ола, ул. Западная; Автомобильная дорога Йошкар-Ола-Санчурск, км 24,000-км 34,600, ЩМА-16 по ПНСТ 183 – 2019 «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон щебеночно мастичные» (в настоящее время действует ГОСТ Р 58406.1-2020)

	Проход через сито, % по массе											
	22,4	16	11,2	8	5,6	4	2	1	0,5	0,25	0,13 (0,125)	0,063
Требования ПНСТ 183 для ЩМА 16	100	От 90 до 100 включ.	От 50 до 65 включ.	От 40 до 55 включ.	-	От 23 до 38 включ.	От 18 до 28 включ.	-	-	-	-	От 8 до 12 включ.
Требования ГОСТ Р 58406.1-2020 для ЩМА-16	100	От 90 до 100	От 50 до 65	От 35 до 50	-	От 23 до 38	От 18 до 28	-	-	-	-	От 7 до 12
Состав по Рецепту № 2.55-19	100	97,8	59,4	42,4	34,1	30,1	23,4	-	-	-	14,0	9,9
Предельно допустимые отклонения от рецепта по ГОСТ Р 58406.1-2020	-	±5,0	±5,0	±5,0	-	±5,0	±4,0	-	-	-	-	±3,0
Предельно допустимые отклонения от рецепта по ПНСТ 183-2019	-	±5,0	±5,0	±5,0	-	±5,0	±4,0	-	-	-	-	±3,0
Фактический рассев ЩМА-16 проба № 1; 2	100	96,8	79,0	57,2	-	30,1	23,3	19,3	16,5	13,1	10,5	8,5
Отклонения фактического рассева ЩМА-16 проба № 1; 2 от состава по Рецепту № 2.55-19	-	1,0	19,6	14,8	-	0,0	0,1	-	-	-	-	1,4

Отклонения полных проходов фактического гранулометрического состава от данных подбора состава составляет для сита 11,2мм 19,6% (79,0% вместо 59,4%) и для сита 8,0мм 14,8% (57,2% вместо 42,4%)

1.2. Методика расчета дисперсии гранулометрического состава асфальтобетона по данным о дисперсиях его минеральных компонентов и определение вероятности попадания в интервал значений, требуемый современными стандартами

Для построения методики расчета дисперсии гранулометрического состава асфальтобетона по данным о дисперсиях его минеральных компонентов необходимо вспомнить следующее свойство дисперсии случайной величины:

- дисперсия суммы (или разности) независимых случайных величин равна сумме их дисперсий.

Учитывая вышесказанное, формула дисперсии полных проходов гранулометрического состава асфальтобетона через сито *d*, в зависимости от дисперсий полных проходов гранулометрических составов минеральных компонентов асфальтобетона через это же сито, имеет следующий вид:

$$\mathrm{D}^{A}(d)=\sum_{i}\mathrm{D}^{ki}(d)$$

где: $\mathrm{D}^{A}(d)$ - дисперсия полных проходов гранулометрического состава асфальтобетона на сите d;

i - количество минеральных компонентов асфальтобетона;

$\mathrm{D}^{ki}(d)$ - дисперсия полных проходов гранулометрического состава i-го компонента асфальтобетона на сите d.

Рассмотрим определение возможного значения дисперсии гранулометрического состава щебня. По ГОСТ 32703-2014 «Щебень и гравий из горных пород. Технические требования», наиболее качественный щебень соответствует условиям:

- не менее 90% проходов по массе соответствуют наибольшему контрольному ситу *D*;
- не более 10% проходов по массе соответствуют наименьшему, контрольному ситу *d*.

Для наименее качественного щебня допустимы следующие условия:

- не менее 85% проходов по массе соответствуют наибольшему контрольному ситу *D*;
- не более 35% проходов по массе соответствуют наименьшему, контрольному ситу *d*.

В том случае, если мы используем вероятностный подход для описания проходов щебня через сита, условие, определяющее наиболее качественный щебень по ГОСТ 32703-2014 трансформируется в следующее условие, с вероятностью 0,80, что щебень находится в диапазоне *D - d*; а условие, определяющее наименее качественный щебень по ГОСТ 32703-2014 трансформируется в условие, с вероятностью 0,50, что щебень находится в диапазоне *D – d.*

Соответственно, принимая нормальный закон для распределения проходов щебня через сита, получаем, что для наиболее качественного щебня его дисперсию проходов через сита можно оценить из системы выражений, обеспечивающей вышеупомянутые вероятности 90% и 10%:

$$\left.\begin{aligned} D &= M+1{,}28\sigma \\ d &= M-1{,}28\sigma \\ M &= \frac{D+d}{2} \end{aligned}\right\}$$

где: σ - среднеквадратическое отклонение проходов щебня через сита;

d - меньшее сито;

D - большее сито.

В таком случае дисперсия проходов наиболее качественного щебня по ГОСТ 32703-2014 через сито *d* можно выразить как:

$$\text{Д}^{\text{Щ}}(d) = \frac{(D-d)^2}{6{,}55}$$

В случае применения наименее качественного щебня по ГОСТ 32703-2014, система выражений принимает следующее значение для обеспечения вероятностей 85% и 35%:

$$\left.\begin{aligned} D &= M+1{,}04\sigma \\ d &= M-0{,}39\sigma \\ M &= \frac{D+d}{2} \end{aligned}\right\}$$

где: σ - среднеквадратическое отклонение проходов щебня через сита;

d - меньшее сито;

D - большее сито.

Дисперсия проходов щебня через сито d будет определяться в таком случае по выражению:

$$Ð^{Щ}(d) = \frac{(D-d)^2}{2{,}07}$$

В таблице приведены результаты оценки возможных значений дисперсий полных проходов щебня через сита.

Фракции щебня, мм	Оценка дисперсий проходов через сита, мм^2	
	Наиболее качественный щебень по ГОСТ Р 32703-2014	Наименее качественный щебень по ГОСТ Р 32703-2014
4-8	2,44	7,73
8-11,2	1,56	4,95
11,2-16	3,51	11,13

Анализ полученных выражений приводит к следующим выводам.

Во-первых, чем шире фракция щебня, тем больше значение дисперсии полных проходов через сита;

Во-вторых, чем ниже качество щебня, тем больше значение дисперсии полных проходов через сита.

Рассмотрим определение параметров распределения гранулометрических составов песков по данным нормативных документов.

Пески для производства асфальтобетона в настоящее время регламентируются стандартами: ГОСТ 32824-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования» и ГОСТ 32730-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования».

Оба рассматриваемых стандарта определяют классы и группы природного и дроблёного песка с вероятностной точки зрения через значения вероятностей того, что частицы песка:

- пройдут через сито 0,125 мм;
- не пройдут через сито 4,0 мм.

Соответственно, можно составить систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned} P_{>4} &= 0{,}5 + \Phi^{л}\left(\frac{4 - M}{M * C^{V}}\right) \\ P_{<0{,}125} &= 0{,}5 - \Phi^{л}\left(\frac{M - 0{,}125}{M * C^{V}}\right) \end{aligned}\right\}$$

где:

$P_{>4}$ - вероятность содержания в песке зёрен крупнее 4,0 мм;

$P_{<0{,}125}$ - вероятность содержания в песке зёрен мельче 0,125 мм;

M, C^{V} - математическое ожидание и коэффициент вариации распределения проходов рассева песка;

$\Phi^{л}$ - функция Лапласа.

В двух рассматриваемых стандартах приведено 8 сочетаний содержания зёрен крупнее 4,0 мм и мельче 0,125 мм. Решив вышеприведённую систему уравнений для этих сочетаний, получаем оценку дисперсий проходов для всех классификационных групп, предусмотренных стандартами: ГОСТ 32824-2014 и ГОСТ 32730-2014

Вероятность содержания зёрен, крупностью, мм		**Оценка дисперсии гранулометрических составов песков, мм^2**
свыше 4,0	**менее 0,125**	
0,20	0,07	4,32
0,15	0,10	3,22
0,15	0,07	2,43
0,12	0,10	2,48
0,10	0,14	2,67
0,10	0,02	1,32
0,05	0,07	1,54
0,05	0,035	1,29

Рассмотрим определение параметров распределения гранулометрических составов минеральных порошков по данным нормативных документов.

Минеральные порошки для производства асфальтобетона регламентируются стандартом ГОСТ 32761-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования». Данный стандарт определяет марку минерального порошка с вероятностной точки зрения через значения вероятностей того, что частицы минерального порошка:

- пройдут через сито 0,125 мм;
- пройдут через сито 0,063 мм.

Закон распределения проходов частиц минерального порошка ближе к показательному, чем к нормальному. Математическое ожидание случайной величины, распределенного по показательному закону, равна 1 / λ, дисперсия случайной величины, распределенного по показательному закону равна $1 / \lambda^2$. Вероятность того, что распределение по показательному закону случайной величины будет менее некоторого значения А составляет:

$$P < A = 1{,}0 - e^{-\lambda A}$$

где:

P - вероятность распределения случайной величины по показательному закону;

λ - параметр распределения;

A - значение величины.

В рассматриваемом стандарте приведено 2 сочетания содержания зёрен мельче 0,125 мм и мельче 0,063 мм. Определив параметр λ как средний для содержания зерен мельче 0,125 мм и мельче 0,063 мм, получим оценку дисперсии гранулометрических составов минерального порошка для квалификационных групп, представленных в ГОСТ 32761-2014, приведены в таблице

Вероятность содержания зёрен, крупностью, мм		**Оценка параметра λ показательного распределения, мм$^{-1}$**			**Оценка дисперсии гранулометрических составов минеральных порошков, мм^2**
мельче 0,125	**мельче 0,063**	**По частицам мельче 0,125 мм**	**По частицам мельче 0,063 мм**	**Среднее значение, принятое к расчету**	
0,85	0,70	11,1	19,1	15,1	0,044
0,75	0,60	8,4	14,5	11,4	0,077

Рассмотрим пример расчета параметров распределения полных проходов минеральной части асфальтобетонной смеси по параметрам распределения минеральных компонентов. По условиям примера, минеральная часть асфальтобетона ЩМА 16 состоит из 4 компонентов:

- Щебень 4-8;
- Щебень 11-16;
- Дробленый песок;
- Минеральный порошок.

В условиях рассматриваемого примера формирование остатка на сите обеспечивается только одной фракцией. Дисперсии рассевов минеральных компонентов приведены в таблице

Материал	**Размер ячейки сита, мм**							
	22,4	16,0	11,2	8,0	5,6	4,0	2,0	0,063
Дисперсия, мм^2	-	11,3	11,3	7,73	7,73	7,73	4,32	0,077
Среднеквадратичное отклонение, мм	-	3,36	3,36	2,78	2,78	2,78	2,08	0,28

Требуемый современными стандартами диапазон отклонений фактического гранулометрического состава от гранулометрического состава, определенного при его подборе, при вероятностном подходе существует с некоторой вероятностью, которую можно определить при наличии информации о параметрах распределения фактического гранулометрического состава.

В условиях рассматриваемого примера, отклонение фактического гранулометрического состава от проектного на ситах 11, 8, 4 не должно превышать ±5,0%, на сите 2,0 не должно превышать ±4,0%, а на сите 0,063 не должно превышать ±3,0%.

При использовании нормального распределения, вероятность Р попадания фактического значения в интервал *(М+Δ)÷(М-Δ)* определяется по формуле:

$$P_{\div\Delta} = 2\Phi^{л}\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)$$

где: $\Phi^{л}$ - функция Лапласа в диапазоне от 0 до $\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)$;

Δ - допускаемое отклонение, мм;

σ - среднеквадратическое отклонение, мм.

Результаты расчетов вероятности попадания фактического гранулометрического состава в установленные диапазоны отклонений от подбора состава для рассматриваемого примера приведены в таблице

Сито, мм	Установленный диапазон отклонений, %	Среднеквадратичное отклонение минеральных минеральной части асфальтобетонной смеси, мм	Вероятность попадания в установленный диапазон отклонений
11,2	5	3,36	0,86
8,0	5	2,78	0,92
4,0	5	2,78	0,92
2,0	4	2,08	0,94
0,063	3	0,28	≈1,00

Общая вероятность того, что при экстрагировании рассматриваемого асфальтобетонной смеси не возникнет претензии к гранулометрическому составу для всех сит составляет:

$$P_{общ}=0,86 \times 0,92 \times 0,92 \times 0,94 \times 1,0=0,68,$$

Иначе говоря, одно из трех экстрагирований выявит несоответствие фактического гранулометрического состава подбору.

В целом результаты расчетов показывают, что проблему соответствия фактического гранулометрического состава минеральной части асфальтобетона требованиям подбора следует признать системной, иначе говоря, мало зависящей от усилий подрядной организации по обеспечению качества работ без приложения добавочных усилий к обеспечению однородности минеральных материалов, полученных от поставщика, даже соответствующих требованиям нормативных документов.

1.3. Подход к определению фактической дисперсии гранулометрического состава минеральных компонентов асфальтобетона.

Отбор проб щебня по ГОСТ 33048-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Отбор проб» для определения гранулометрического состава.

Основные положения ГОСТ 33048 следующие:

- Точечная проба: Проба щебня (гравия), отобранная в одной точке массой не менее 2500 г;
- Объединенная проба: Проба щебня (гравия), состоящая из точечных проб и характеризующая партию в целом;
- Лабораторная проба: Проба щебня (гравия), полученная методом сокращения из объединенной пробы и предназначенная для всех лабораторных испытаний.

Масса точечной пробы, приведена в таблице

Размер зерен, мм	Масса точечной пробы, кг
Менее 8	2,5
8 и более	5,0

Масса лабораторной пробы, приведена в таблице

Наибольший размер зерен, мм	Масса лабораторной пробы, кг
8,0	10,0
16,0	20,0
31,5	30,0
63,0	40,0
90,0	80,0

Отбор проб из штабелей по ГОСТ 33048-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Отбор проб» производится следующим образом:

Отбор точечных проб из конусообразного штабеля необходимо производить из верхней, средней и нижней части конуса в соотношении 1:7:19 по количеству проб, а для призматического штабеля в соотношении 1:3:5 по количеству проб.

При перемешивании всех точечных проб формируется объединенная проба. Минимальная масса объединенной пробы щебня (гравия) должна быть достаточной для проведения всех необходимых испытаний.

Объединенную пробу тщательно перемешивают лопатой, образовывают из нее конус и перебрасывают в новый конус. Данный процесс повторяют три раза. При образовании конуса каждое количество материала, находящееся на лопате, помещают на вершину нового конуса таким образом, чтобы гранулометрические фракции могли стекать с вершины конуса на все стороны и равномерно распределяться, в результате чего обеспечивалось перемешивание фракций различной крупности. Третий, последний конус путем повторяющихся ударов лезвий лопаты о вершину конуса разравнивают до момента, пока его толщина и диаметр не станут одинаковыми.

Затем пробу делят на четыре части двумя перпендикулярно пересекающимися между собой в центре диагоналями. Две противоположные четверти удаляют, а две оставшиеся лопатой соединяют вместе.

За результат испытания по определению гранулометрического состава по ГОСТ 33029-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение гранулометрического состава» принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений гранулометрического состава мерных проб. Масса мерной пробы должна соответствовать таблице

Наибольший размер зерен, мм	Масса мерной пробы, г
90	80000±500
63	40000±250
31,5	10000±150
16	5000±100
8	2000±50

Отбор проб песка природного и песка дробленого по ГОСТ 32728-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Отбор проб» для определения гранулометрического состава.

Основные положения ГОСТ 32728 следующие:

- Точечная проба: Проба природного (дробленого) песка, отобранная в определенное время в одной точке;
- Объединённая проба: Проба природного (дробленого) песка, состоящая из точечных проб (в количестве не менее 20) и характеризующая партию в целом;
- Лабораторная проба: Проба природного (дробленого) песка, полученная путем сокращения из объединённой пробы и предназначенная для проведения всех лабораторных испытаний.

Масса точечной пробы должна быть не менее 1000 г.

Масса лабораторной пробы должна быть не менее 5000-6000 г.

Отбор проб из штабелей по ГОСТ 32728-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Отбор проб» производится следующим образом:

Отбор точечных проб из конусообразного штабеля необходимо производить из верхней, средней и нижней части конуса в соотношении 1:7:19 по количеству проб, а для призматического штабеля в соотношении 1:3:5 по количеству проб.

Для сокращения пробы методом квартования необходимо перемешать пробу. При помощи лопаты или совка образуют из неё конус. Далее разравнивают конус до получения фигуры, правильной геометрической формы одинаковой толщины. Разделяют полученную фигуру на четыре равные части. Далее две противоположные части смешивают в одну. Оставшиеся две части отбрасывают, а смешанные снова делят. Операции по сокращению повторяют до получения пробы песка требуемой массы.

За результат испытания по определению гранулометрического состава по ГОСТ 32727-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Определение гранулометрического (зернового) состава и модуля крупности» принимается испытание одной лабораторной пробы.

Масса лабораторной пробы должна быть не менее 6000 г.

Отбор проб минерального порошка по ГОСТ 32761-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования (с Поправками)» (п.8.4-п.8.7) для определения гранулометрического состава

Основные положения ГОСТ 32761 следующие:

- Точечная проба: Проба минерального порошка, взятая в одной точке массой не менее 500 г при интервале отбора в 1 ч или в одном месте из партии для формирования объединенной пробы.

- Объединенная проба: Проба минерального порошка, состоящая из точечных проб (не менее пяти) и характеризующая партию в целом.

- Лабораторная проба: Проба минерального порошка, полученная методом квартования из объединенной пробы и предназначенная для всех лабораторных испытаний.

Объединенная проба состоит из точечных проб (не менее пяти), отобранных из накопительного бункера или непосредственно с технологической линии.

Отобранные точечные пробы тщательно перемешивают для получения объединенной пробы минерального порошка. Масса объединенной пробы должна составлять не менее 7 кг.

Из полученной объединенной пробы получают лабораторную пробу путем сокращения ее с помощью метода квартования.

Сущность метода квартования заключается в делении предварительно разровненной пробы материала взаимно перпендикулярными линиями, проходящими через центр, на четыре части. После чего две любые противоположные стороны берут для пробы. Масса лабораторной пробы для приемочного контроля должна быть не менее 1 кг, для периодического контроля - не менее 3 кг.

За результат испытания по определению гранулометрического состава по ГОСТ 32719-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Метод определения зернового состава» принимается среднеарифметическое значение двух параллельных определений. Масса мерной пробы должна быть не менее 50 г.

Целесообразный подход к отбору проб минеральных компонентов асфальтобетона состоит в следующем.

Как показал вышеприведенный анализ нормативно-технических документов, современные методы отборов проб подразумевают под собой нахождение среднего гранулометрического состава по всему объему хранящегося материала.

Такой подход не учитывает того факта, что объем хранящегося материала может на 3-4 порядка превышать объем материала, использующегося в смесителе для приготовления порции асфальтобетона.

Именно последний факт и делает необходимым учет дисперсии минеральных материалов для производства асфальтобетонной смеси.

Поэтому подход к отбору проб для определения распределения гранулометрического состава минеральных компонентов асфальтобетона должен иметь следующие черты:

- все процедуры осреднения пробы должны производиться по объему, не превышающему объем смесителя на порядок;
- обязательно должны быть отобраны параллельные объединенные и лабораторные пробы;
- количество определений гранулометрического состава должно быть достаточно для определения не только математического ожидания, но и дисперсии проходов на рассматриваемых ситах. Другими словами, количество параллельных определений гранулометрического состава должно быть 8-12, в зависимости от конкретных значений получаемой дисперсии.

В том случае, если на момент проектирования асфальтобетона отсутствуют используемые при подборе минеральные материалы в достаточном количестве, или технология их хранения не предусматривает возможности отбора необходимого количества параллельных проб, то необходимый статистический материал может быть набран:

- за счет использования испытаний данного материала данного производителя, ранее выполненных в дорожных организациях;
- за счет отбора проб данного потенциального материала на предприятии-производителе.

В том случае, если вышеприведенные возможности отсутствуют, при подборе состава асфальтобетона с учетом дисперсии гранулометрического состава минеральных компонентов, можно использовать рассматриваемую методику, позволяющую оценивать дисперсию гранулометрических составов минеральных компонентов по их документам и паспортам.

Выводы и заключения.

1. При применении современной методологии проектирования асфальтобетонных смесей, соответствие фактического гранулометрического состава подбору, является одной из важнейших характеристик качества производимого подрядными организациями асфальтобетона.
2. Несоответствие фактического гранулометрического состава асфальтобетонной смеси требованиям подбора может зависеть не только от усилия подрядных организаций по обеспечению качества работ, но и, в значительной степени, от неоднородности гранулометрических составов исходных минеральных компонентов.
3. Чем ниже качество исходных минеральных компонентов и шире диапазон применяемых фракций, тем меньше вероятность соответствия фактического гранулометрического состава требованиям подбора состава асфальтобетонной смеси.

В методику проектирования асфальтобетонных смесей необходимо включить:

- определение фактических дисперсий гранулометрических составов используемых минеральных материалов;
- расчет предельных вероятностей соответствия фактических гранулометрических составов асфальтобетонных смесей проектному гранулометрическому составу при использованных составляющих;
- определение пригодности к использованию минеральных компонентов в асфальтобетонных смесях, в том числе и с учетом фактических дисперсий их гранулометрических составов.

2. Возможность классификационной оценки по ГОСТ 32703 щебня, выпущенного по ГОСТ 8267

2.1. Теоретическая оценка дисперсий размеров щебеночных зерен с использованием требований, предъявляемых к щебню нормативными документами

Щебень представляет собой множество дробленых частиц исходной породы, имеющих случайные размеры и форму, определяемые в свою очередь физико-механическими свойствами исходной породы, конструкцией дробильно-сортировочного оборудования и особенностями технологии изготовления щебня. Просеивание частиц дробления исходной породы через большее размером *D* и малое размером *d* сита накладывает определенные ограничения на размеры частиц щебня, но внутри этих ограничений, размер и форма частиц продолжает носить случайный характер с сохранением элементов исходных распределений размеров щебеночных частиц. Именно это соображение обосновывает возможность проведения классификационной оценки по какому-то конкретному стандарту щебня, выпущенного по другому конкретному стандарту.

В соответствии с ГОСТ 32703-2014 «Щебень и гравий из горных пород. Технические требования», наиболее качественный щебень соответствует условиям:

- не менее 90% проходов по массе соответствуют наибольшему контрольному ситу *D*;
- не более 10% проходов по массе соответствуют наименьшему контрольному ситу *d*.

Для наименее качественного щебня допустимы следующие условия:

- не менее 85% проходов по массе соответствуют наибольшему контрольному ситу *D*;
- не более 35% проходов по массе соответствуют наименьшему контрольному ситу *d*.

В том случае, если мы используем вероятностный подход для описания проходов щебня через сита, условие, определяющее наиболее качественный щебень по ГОСТ 32703-2014 трансформируется в следующее условие - с вероятностью 0,80 щебень находится в диапазоне *D - d*; а условие, определяющее наименее качественный щебень по ГОСТ 32703-2014 трансформируется в условие - с вероятностью 0,50 щебень находится в диапазоне *D – d.*

Соответственно, принимая нормальный закон для распределения проходов щебня через сита, получаем, что для наиболее качественного щебня дисперсию размеров частиц можно оценить из системы выражений, обеспечивающей вышеупомянутые вероятности 90% и 10%:

$$\left.\begin{aligned} D &= M+1{,}28\sigma \\ d &= M-1{,}28\sigma \\ M &= \frac{D+d}{2} \end{aligned}\right\}$$

где: σ - среднеквадратическое отклонение размеров частиц щебня;
d - наименьшее сито;
D - наибольшее сито.

В таком случае дисперсию размеров частиц наиболее качественного щебня по ГОСТ 32703-2014 можно выразить как:

$$D^{Щ} = \frac{(D-d)^2}{6{,}55}$$

В случае применения наименее качественного щебня по ГОСТ 32703-2014, система выражений принимает следующее значение для обеспечения вероятностей 85% и 35%:

$$\left.\begin{aligned} D &= M+1{,}04\sigma \\ d &= M-0{,}39\sigma \\ M &= \frac{D+d}{2} \end{aligned}\right\}$$

где: σ - среднеквадратическое отклонение размеров частиц щебня;

d - наименьшее сито;

D - наибольшее сито.

Дисперсия размеров частиц щебня будет определяться в таком случае выражением:

$$D^{Щ} = \frac{(D-d)^2}{2{,}04}$$

В таблице приведены результаты оценки возможных значений дисперсий размеров частиц щебня различных фракций по ГОСТ 32703-2014

Фракция или смесь фракций щебня, мм	Теоретическая оценка дисперсий размеров частиц, мм^2	
	Наиболее качественный щебень по ГОСТ 32703-2014	Наименее качественный щебень по ГОСТ 32703-2014
4-8	2,44	7,84
8-11,2	1,56	5,02
11,2-16	3,52	11,29
8-16	9,77	-
16-22,4	6,25	-

Анализ полученных выражений приводит к следующим выводам.

Во-первых, чем шире фракция щебня, тем больше значение дисперсии размеров частиц щебня;

Во-вторых, чем ниже качество щебня, тем больше значение дисперсии размеров частиц щебня.

По ГОСТ 8267-93 «Щебень из гравия из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия», щебень должен соответствовать условиям:

- не менее 90% проходов по массе соответствуют наибольшему контрольному ситу *D*;
- не более 10% проходов по массе соответствуют наименьшему контрольному ситу *d*.

Соответственно, для определения дисперсии размеров частиц рассматриваемого щебня можно применить ранее приведённую формулу. Из-за того, что ГОСТ 8267-93 предусматривает одинаковый шаг, равный 5 мм, при переходе от сита к ситу, дисперсия проходов одинакова для всех рассмотренных фракций.

В таблице приведены результаты оценки возможных значений дисперсий размеров частиц щебня различных фракций по ГОСТ 8267-93

Фракции щебня, мм	Теоретическая оценка дисперсий размеров частиц, мм^2
5-10	3,81
10-15	3,81
15-20	3,81

2.2. Классификационная оценка по ГОСТ 32703-2014 щебня, выпущенного по ГОСТ 8267-93, с использованием теоретически полученных дисперсий размеров зерен щебня

При проведении классификационной оценки по ГОСТ 32703-2014 щебня, выпущенного в соответствии с ГОСТ 8267-93, необходимо учитывать, что сита, используемые для классификационных оценок щебня по упомянутым стандартам, имеют различную форму ячейки. Стандарт ГОСТ 32703-2014 использует сита с квадратной ячейкой, ГОСТ 8267-93 имеет круглую форму ячейки. Коэффициент перехода от параметров распределения размеров частиц, полученных на ситах с круглой ячейкой, к параметрам распределения размеров тех же частиц, полученных на ситах с квадратной ячейкой, зависит не только от размеров этих частиц, но и от их формы (лещадности). Коэффициент, переводящий параметры распределения щебня, полученные на ситах с круглой ячейкой, к параметрам распределения щебня, полученные на ситах с квадратной ячейкой, может быть определен только опытным путем для конкретного щебня, так как зависит от конкретной формы частиц.

Теоретические соображения показывают, что данный коэффициент ($K_п$):

– менее 1,0;
– более $1/\sqrt{2} = 0{,}71$

В дальнейших расчетах коэффициент $K_п$, позволяющий учесть форму сит при переходе от параметров распределения размеров щебеночных частиц, определённых на круглых ситах, к параметрам распределения размеров щебеночных частиц, определенных на квадратных ситах, можно определить применяя соотношение площадей отверстий круглых и квадратных сит одинакового размера:

$$К_п = \frac{R^2}{4R^2} = 0{,}80$$

Теоретическая оценка вероятности того, что щебень по ГОСТ 8267-93, классифицированный как 5-10, находится в интервале значений размеров частиц по ГОСТ 32703-2014 4,0-8,0, составит:

$$\left.\begin{aligned} P_{<5,6} &= 0,5 - \Phi^{л}\left(\frac{К_п * M_{5-10} - 4,0}{К_п * \sigma_{5-10}}\right) \\ P_{<11,2} &= 0,5 + \Phi^{л}\left(\frac{8,0 - К_п * M_{5-10}}{К_п * \sigma_{5-10}}\right) \end{aligned}\right\}$$

где: $P_{<4,0}$ - вероятность того, что частицы щебня фракции 5-10 пройдут через сито 4,0;

$P_{<8,0}$ - вероятность того, что частицы щебня фракции 5-10 пройдут через сито 8,0;

$\Phi^{л}$ - интегральная функция Лапласа;

M_{5-10} - математическое ожидание размера частиц щебня фракции 5-10, $M_{5-10} = 7,5$ мм;

σ_{5-10} - среднеквадратическое отклонение размеров частиц щебня фракции 5-10;

$К_п$ - коэффициент перехода от параметров распределения, полученных на круглых ситах, к параметрам распределения, полученным на квадратных ситах.

Расчет по формуле показывает, что для фракции щебня 5-10 вероятность прохода через сито 8,0 составит 0,90, а через сито 4,0 составит 0,10. В соответствии с ГОСТ 32703-2014 щебень фракции 5-10 по ГОСТ 8267-93 может быть классифицирован как смесь фракции 4,0-8,0 марки 90/10.

Вероятность того, что щебень по ГОСТ 8267-93, классифицированный как 10-15, находится в интервале значений размеров частиц по ГОСТ 32703-2014 8,0-16,0 составит:

$$\left.\begin{aligned} P_{<8} &= 0{,}5 - \Phi^{л}\left(\frac{К_п * М_{10-15} - 8{,}0}{К_п * \sigma_{10-15}}\right) \\ P_{<11{,}2} &= 0{,}5 + \Phi^{л}\left(\frac{16{,}0 - К_п * М_{10-15}}{К_п * \sigma_{10-15}}\right) \end{aligned}\right\}$$

где: $P_{<8,0}$ - вероятность того, что частицы щебня фракции 10-15 пройдут через сито 8,0;

$P_{<11,2}$ - вероятность того, что частицы щебня фракции 10-15 пройдут через сито 16,0;

$\Phi^{л}$ - интегральная функция Лапласа;

$М_{10-15}$ - математическое ожидание размера частиц щебня фракции 10-15, $М_{10-15} = 12{,}5$ мм ;

σ_{10-15} - среднеквадратическое отклонение размеров частиц щебня фракции 10-15;

$К_п$ - коэффициент перехода от параметров распределения, полученных на круглых ситах, к параметрам распределения, полученным на квадратных ситах.

Расчет по формуле показывает, что для фракции щебня 10-15 вероятность прохода через сито 8,0 составит 0,10, а через сито 16,0 составит ~1,0. В соответствии с ГОСТ 32703-2014 щебень фракции 10-15 по ГОСТ 8267-93 может быть классифицирован как смесь фракции 8,0-16,0 марки 90/10.

Вероятность того, что щебень по ГОСТ 8267-93, классифицированный как 15-20, находится в интервале значений размеров частиц по ГОСТ 32703-2014 11,2-22,4 составит:

$$\left.\begin{aligned} P_{<11,2} &= 0,5 - \Phi^{л}\left(\frac{К_п * М_{15-20} - 11,2}{К_п * \sigma_{15-20}}\right) \\ P_{<22,4} &= 0,5 + \Phi^{л}\left(\frac{22,4 - К_п * М_{15-20}}{К_п * \sigma_{15-20}}\right) \end{aligned}\right\}$$

где: $P_{<11,2}$ - вероятность того, что частицы щебня фракции 15-20 пройдут через сито 11,2;

$P_{<22,4}$ - вероятность того, что частицы щебня фракции 15-20 пройдут через сито 22,4;

$\Phi^{л}$ - интегральная функция Лапласа;

$М_{15-20}$ - математическое ожидание размера частиц щебня фракции 15-20, $М_{15-20} = 17,5$ мм ;

σ_{10-15} - среднеквадратическое отклонение размеров частиц щебня фракции 15-20;

$К_п$ - коэффициент перехода от параметров распределения, полученных на круглых ситах, к параметрам распределения, полученным на квадратных ситах.

Расчет по формуле показывает, что для фракции щебня 15-20 вероятность прохода через сито 11,2 составит 0,18, а через сито 22,4 составит ~1,0. В соответствии с ГОСТ 32703-2014 щебень фракции 15-20 по ГОСТ 8267-93 может быть классифицирован как смесь фракции 11,2-22,4 марки 90/20.

Вышеприведенные расчеты являются теоретическими и оценочными. Для более точной классификации по ГОСТ 32703-2014 щебня, выпущенного по ГОСТ 8267-93, необходимо использовать их рассевы по ситам, упомянутым в ГОСТ 32703-2014.

В таблице приведены полученные в данной работе теоретическим путем результаты классификации по ГОСТ 32703-2014 щебней, выпущенных в соответствии с ГОСТ 8267-93.

Классификация щебня по ГОСТ 8267-93	Соответствующая классификация щебня по ГОСТ 32703-2014
Фракция 5-10	Смесь фракции 4,0-8,0 марки 90/10
Фракция 10-15	Смесь фракции 8,0-16,0 марки 90/10
Фракция 15-20	Смесь фракции 11,2-22,4 марки 90/20

2.3. Фактические данные по выборкам зерновых составов щебней, представленных в подборах составов асфальтобетонных смесей в лабораторию ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ» территориями РФ в сезоне 2020 года.

Рассмотрим определение фактических дисперсий размеров зерен щебней, произведенных по ГОСТ 8267-93.

В таблице приведены использованные в 2020 году в подборах составов, присланных территориями РФ в лабораторию ОЦК, результаты определения зернового состава щебней, произведенных по ГОСТ 8267-93

Наименование объекта	Зерновой состав, прошло через сито,%	
	D	d
Вологодская обл. а/д Опучково-Янгосарь км 2+600 – км 5+600, фр. 5-10	93,6	20,4
Сахаровское шоссе, г. Тверь. фр. 5-10	90,7	7,0
Сахаровское шоссе, г. Тверь. фр. 10-15	91,7	7,1
Сахаровское шоссе, г. Тверь. фр. 15-20	92,1	5,7
а/д «Осташково-Селижарово-Ржев» в Ржевском районе Тверской области, фр. 5-10	90,8	7,9
а/д «Осташково-Селижарово-Ржев» в Ржевском районе Тверской области, фр. 10-15	91,7	6,8
а/д «Осташково-Селижарово-Ржев» в Ржевском районе Тверской области, фр. 15-20	93,3	6,6
а/д «Ольша-Велиж-Усвяты-Невель»-Пржевальское Смоленской обл. фр. 5-10	96,1	5
а/д «Смоленск-Русилово-Упокой-Монастырщина» км 38+940 – км 50+900, фр. 5-10	91,2	5,7
ул. Радищева, г. Мурманск, Мурманская область, фр. 5-10	76,9	2,2
ул. Радищева, г. Мурманск, Мурманская область, фр. 10-15	82,4	5,6
ул. Радищева, г. Мурманск, Мурманская область , фр. 15-20	96,9	12,4
Математическое ожидание, M	90,3	6,5
Коэффициент вариации, C^v	0,064	0,375

При соответствующих таблице проходах фактически используемого щебня через сита *D* и *d* , дисперсию размеров частиц в среднем для фактически использованных при подборе составов щебней, произведенных по ГОСТ 8267-93, можно оценить из нижеприведенной системы выражений:

$$\left.\begin{aligned} D &= M+1{,}30\sigma \\ d &= M-1{,}51\sigma \\ M &= \frac{D+d}{2} \end{aligned}\right\}$$

В таком случае, фактическую в среднем для рассматриваемой выборки дисперсию размеров частиц щебня, производимого по ГОСТ 8267-93, можно выразить следующим выражением:

$$D^{Щ} = \frac{(D-d)^2}{7{,}9}$$

В таблице приведены результаты оценки возможных значений дисперсии размеров частиц щебня для различных фракций щебня по ГОСТ 8267-93 рассматриваемой фактической выборки.

Фракции щебня, мм	**Оценка дисперсий размеров частиц щебня по ГОСТ 8267-93 для рассматриваемой фактической выборки, мм^2**
5-10	3,16
10-15	3,16
15-20	3,16

Рассмотрим определение фактических дисперсий размеров зерен щебней, произведенных по ГОСТ 32703-2014. В таблице приведены фактические данные по зерновым составам щебней, представленных в подборах составов в лабораторию ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ».

Фракции или смесь фракции щебня по ГОСТ 32703-2014, мм	Математическое ожидание полных проходов для рассмотренных выборок через сита D и d, %	
	Сито D	Сито d
8,0-11,2	95,3	10,9
11,2-16,0	91,4	8,7
16,0-22,4	94,8	16,2
4,0-8,0	93,0	5,4
8,0-16,0	94,2	6,5

В таблице приведены расчетные формулы для оценки дисперсий размеров частиц щебня, произведенных по ГОСТ 32703-2014, и использованных в подборах составов, присланных в лабораторию ОЦК в сезоне 2020 года.

Фракция или смесь фракций щебня по ГОСТ 32703-2014, мм	Формула для оценки дисперсии размеров частиц	Оценка дисперсии размеров частиц щебня по ГОСТ 32703-2014 для рассматриваемой фактической выборки
8,0 – 11,2	$\frac{(D-d)^2}{8{,}58}$	1,19
11,2 - 16,0	$\frac{(D-d)^2}{7{,}39}$	3,12
16,0 – 22,4	$\frac{(D-d)^2}{6{,}86}$	5,97
4,0 – 8,0	$\frac{(D-d)^2}{9{,}55}$	1,67
8,0 – 16,0	$\frac{(D-d)^2}{9{,}49}$	6,74

Выводы и заключения.

Проведенные исследования показывают, что:

- чем шире фракция щебня, тем больше значение дисперсии размеров частиц;
- чем ниже качество щебня, тем больше значение дисперсии размеров частиц.

Фракции щебня, классифицированные по ГОСТ 8267-93, соответствуют, с большой долей вероятностью, смесям фракций по ГОСТ 32703-2014:

- фракция 5-10 мм соответствует смеси фракции 4,0 – 8,0 мм;
- фракция 10-15 мм соответствует смеси фракции 8,0 – 16,0 мм;
- фракция 15-20 мм соответствует смеси фракции 11,2 – 22,4мм.

Полученные расчетом по требованиям соответствующих стандартов оценки дисперсий размеров частиц, а так же оценки дисперсии размеров частиц, полученные с учетом фактических рассевов, приведенных в подборах составов, представленных в лабораторию ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ» в сезоне 2020 года, приведены в таблице

Фракция или смесь фракций щебня, мм	Оценка дисперсии размеров частиц, мм^2	
	Полученная расчетом по требованиям соответствующих стандартов	Полученная расчетом с учетом фактических рассевов, приведенных в подборах составов, представленных в лабораторию ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ»
5 - 10	3,81	3,16
10 - 15	3,81	3,16
15 - 20	3,81	3,16
4,0 - 8,0	2,44	1,67
8,0 - 11,2	1,56	1,19
8,0 - 16,0	9,77	6,74
11,2 - 16,0	3,52	3,12
16,0 - 22,4	6,25	5,97

3. Оценка достоверности результатов испытаний асфальтобетонов и оценка достоверности подборов составов

3.1. Методика оценки достоверности результатов определения параметров дорожно-строительных материалов при помощи оценки дисперсии результатов измерений и расчетов

Дисперсия результатов определения параметров всегда имеет величину более 0 и представляет из себя сумму дисперсий следующих независимых факторов:

- неоднородности свойств исходных материалов;
- неоднородности технологических процессов приготовления или подготовки исходного материала;
- погрешности (точности) используемых методов измерения или определения параметра.

Величина дисперсии результатов определения каких-либо параметров в дорожной лаборатории является мерой обобщающего качества всех составляющих, поэтому конкретные величины дисперсии результатов определения какого-либо параметра в конкретной лаборатории зависят от всего комплекса конкретных условий: какой именно параметр определяется, для каких исходных материалов, с применением какой технологии приготовления или подготовки материалов к испытаниям и на каком конкретном комплексе лабораторного оборудования.

Исходя из практического опыта работы, можно предложить использовать рассматриваемую методику оценки достоверности результатов определения параметров дорожно-строительных материалов для достаточно длинных числовых рядов результатов работы дорожной лаборатории в однородных условиях. Например, результатов контроля толщины или параметров уплотнения одного материала, укладываемого по одной технологии на одном объекте примерно в одно время.

В таблице приведены рекомендуемые подходы к оценке достоверности результатов определения параметров дорожно-строительных материалов в зависимости от величины фактически полученной дисперсии результатов.

Значения коэффициентов вариации результатов определения параметров C^v	Соображения по оценке достоверности определения параметров
$C^v=0$	Параметр следует признать определенным недостоверно
$C^v \leq 0,05 \div 0,10$	С большой долей вероятности параметр следует признать определенным не достоверно. Однако, это утверждение должно быть подкреплено другими методами доказательств
$0,10 \leq C^v \leq 0,2 \div 0,3$	При наличии достаточного количества определений параметров по нижеприведенной методике можно оценить достоверность результатов. Обобщенное качество работ может быть оценено как достаточно высокое
$0,3 \div 0,4 \leq C^v$	При наличии определений меньшем, чем в предыдущем случае, по нижеприведенной методике можно оценить достоверность результатов. Обобщенное качество работ может быть оценено как невысокое

Одной из объективных основных особенностей, возникающих при применении метода определений достоверности параметров с использованием дисперсии результатов, является тот факт, что в практических условиях дисперсия определенных параметров может быть сопоставима или даже превосходить дисперсию, которая вытекает из нормативных требований к качеству рассматриваемых параметров

К сожалению, установленные нормативными документами требования к качеству редко зависят от числа измерений этого параметра качества.

This file contains a watermarked version of the Lecture Notes. Do not distribute or display.

Вероятность того, что одно конкретное определенное значение будет соответствовать требованиям стандарта, определяется по формуле:

где: - плотность распределения параметра П.

В случае применения нормального распределения выражение принимает вид:

где: - интегральная функция нормального распределения (функция Лапласа);

- минимальное и максимальное, допустимое стандартом, значение рассматриваемого параметра;

- математическое ожидание и коэффициент вариации для ряда определенных в лаборатории значений параметра П

Вероятность того, что все N значений рассматриваемого ряда значений $П_i$ будут соответствовать требованиям стандарта можно определить по формуле:

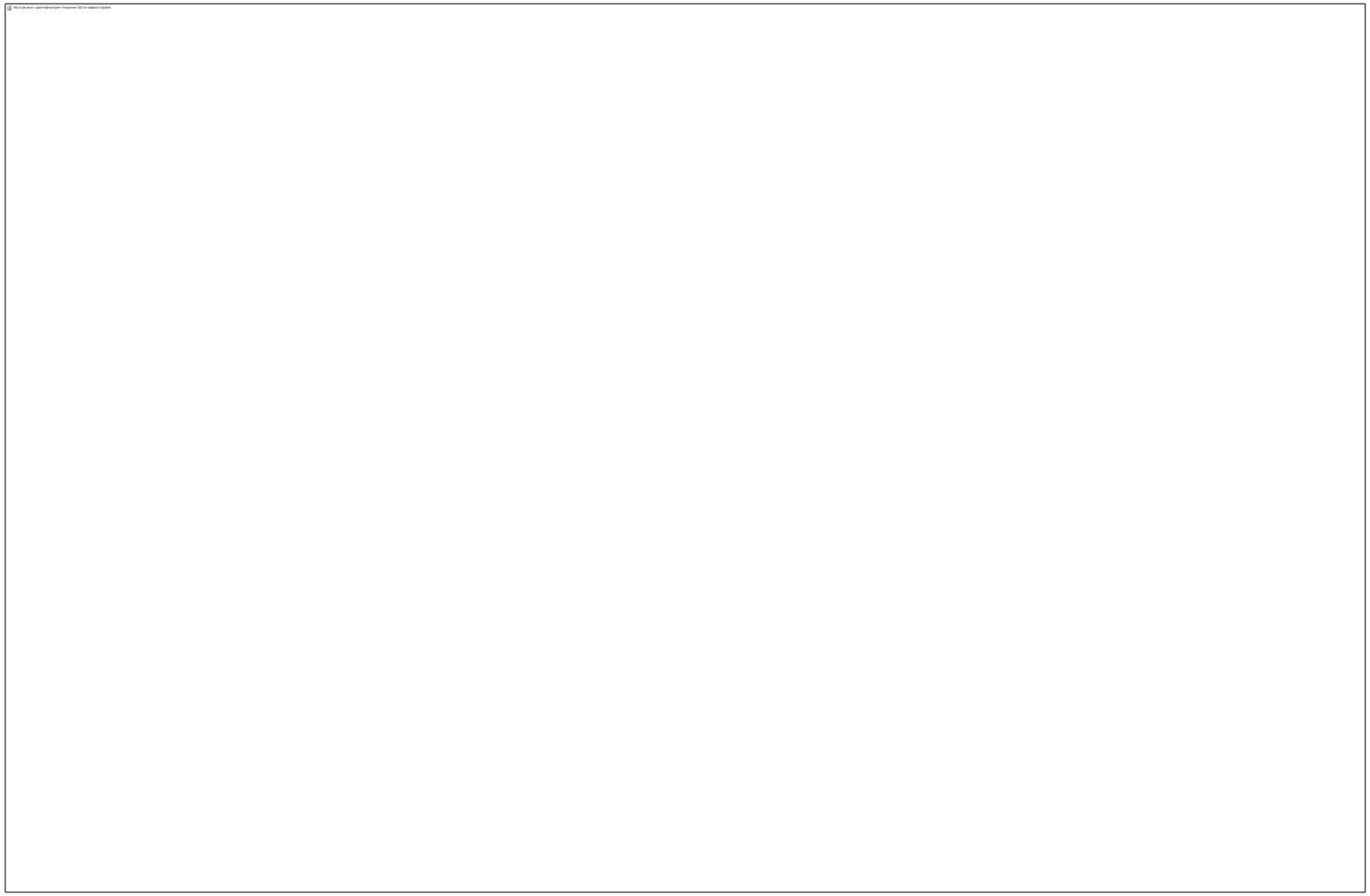
Часть рисунка с идентификатором отношения rId2 не найдена в файле.

Оценка количества K значений $П_i$, в ряде, с количеством значений, равным N, которые не соответствуют требованиям стандарта, может быть определено по формуле:

Часть рисунка с идентификатором отношения rId3 не найдена в файле.

где:

Часть рисунка с идентификатором отношения rId4 не найдена в файле.	Часть рисунка с идентификатором отношения rId5 не найдена в файле.
Часть рисунка с идентификатором отношения rId6 не найдена в файле.	Часть рисунка с идентификатором отношения rId7 не найдена в файле.
Часть рисунка с идентификатором отношения rId8 не найдена в файле.	Часть рисунка с идентификатором отношения rId9 не найдена в файле.


NEW Lecture2 - Algorithm(Sorting) - Development SEE not valid(not in EDAPA)

Вышеизложенная методика определения достоверности результатов определений параметров при помощи дисперсии результатов измерений и расчетов является достаточно простой. Однако ее применение будет корректным при соблюдении двух следующих условий:

Во-первых, персонал проверяемой лаборатории не должен быть информирован об использовании этой методики, в противном случае могут быть использованы более изощренные методы фальсификации.

Во-вторых, требуется точная форма кривой распределения. При отклонении функции распределения $f_п$ от нормального закона рассматриваемая формула не является корректной. В случае отклонения функции распределения от нормального закона, необходимо проверить другие существующие законы распределений вероятностей, и выбрать тот закон распределения, который наиболее подходит к рассматриваемому случаю.

В таблице приведены результаты обработки данных по испытаниям на определение водонасыщения асфальтобетонов по вышеописанной методике определения достоверности результатов определения параметров в дорожной лаборатории.

Номер массива в приложении	Общее кол-во данных, шт	Результаты испытаний по определению водонасыщения		Требования используемого стандарта к водонасыщению		Количество несоответствий требований стандарта по представленным данным, шт	Результаты расчетов по описанной методике	
							Вероятность того, что все значения соответствуют требованиям стандарта	Оценка количества несоответствий требованиям стандарта, шт
1	6	3,8	0,392	0	4,0	3	0,03	2,7
2	15	2,2	0,391	0	3,5	1	0,33	1,08
3	57	2,4	0,32	0	3,5	4	≈0	4,4
4	30	0,8	0,67	0	3,5	0	≈1	0
5	8	1,5	0,54	0	3,5	0	0,95	0,06
6	6	1,7	0,24	0	3,5	0	≈1	0
7	18	1,6	0,40	0	4,0	0	≈1	0
8	87	4,8	0,10	0	6,5	0	≈1	0
9	36	2,8	0,25	0	4,0	0	0,19	1,6
10	9	4,9	0,08	0	6,5	0	≈1	0
11	9	0,6	0,28	0	4,5	0	≈1	0

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что для 10 рассмотренных массивов данных определения фактического водонасыщения, теоретическая оценка количества несоответствий требованию стандарта соответствует данным, представленными лабораториями. Однако для одного случая, под номером массива данных 9, теоретическая оценка количества несоответствий требованию стандарта составляет около 2, а количество несоответствий требованиям стандарта по представленным данным равно 0. С большой долей вероятности, данный факт свидетельствует о выявлении факта фальсификации данных результатов испытаний в лаборатории, представившей эти данные.

3.2. Методика оценки достоверности данных, приведённых в подборах составов асфальтобетонов.

3.2.1. Результаты анализа рецептов подбора асфальтобетонной смеси, выполненного силами лаборатории ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ» в 2019 – 2020 годах.

В лаборатории ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ» в 2019 – 2020 годах проведён анализ 220 рецептов подбора составов асфальтобетонов, предоставленных субъектами Российской Федерации.

Из 220 рассмотренных рецептов подбора составов асфальтобетонов:

- несоответствий между данными, приведённых в подборах составов не выявлено - 65 рецептов (30%);
- выявлены несоответствия между данными, приведёнными в подборах составов для 105 рецептов (48%);
- данные подборов составов представлены не в полном объёме для 50 рецептов (22%).

Анализ 105 подборов состава, в которых несоответствия были выявлены, обозначил следующие группы несоответствий в подборах составов асфальтобетонов:

Расчётные параметры (определённые по предоставленным данным подбора состава) не соответствуют (в пределах точности) фактическим параметрам по данным подбора состава, а именно:

- расчетная максимальная (объёмная) плотность смеси не соответствует максимальной (объёмной) плотности смеси по данным состава;
- содержание воздушных пустот, определенное расчетным путем, не соответствует данным подбора состава;
- отношение водонасыщения по данным подбора состава к объему воздушных пустот, определенных расчетным путем ≥ 1,0;
- проверочный расчёт рассевов минеральных частиц по данным подбора состава выявил несоответствие зерновому составу, приведённому в подборе.

Между различными данными, приведёнными в подборах составов, имеются логические несоответствия и невозможности:

- отношение водонасыщения к объему воздушных пустот (остаточной пористости) по данным подбора состава ≥ 1,0;

- не соответствие данных объёмных и (или) максимальных плотностей одних и тех же минеральных материалов из одних и тех же карьеров в разных подборах состава;

- информация о минеральных материалах в разделе «Зерновой состав минеральных материалов» и в разделе «Состав смеси» имеет разные значения;

- в подборах составов, выполненных одной организацией, представлены минеральные материалы из разных карьеров, но с одинаковыми плотностями, одинаковыми процентными содержаниями, одинаковыми зерновыми составами минеральных материалов;

- в подборах составов, выполненных одной организацией, применены одинаковые материалы с одинаковым процентным содержанием в смеси, но с разными физико-механическими свойствами смеси;

- в подборах составов, выполненных одной организацией, представлены подборы составов с разными зерновыми составами асфальтобетонной смеси, но с одинаковыми физико-механическими показателями;

- ряд подборов составов, утвержденных в разные периоды времени и выполненных с применением исходных материалов различных производителей, имеет гранулометрические составы и физико-механические свойства исходных материалов, а также кривые гранулометрического состава и физико-механические показатели асфальтобетонных смесей абсолютно идентичные для этих представленных подборов;

- математические ошибки при расчётах;

- использование практически невозможных с физической точки зрения данных, например, объёмных плотностей дорожно-строительных материалов более 3,5 г/см³.

3.2.2. Математический аппарат, используемый при расчётах подборов составов асфальтобетонов, который может быть применён для оценки взаимного соответствия данных, приведённых в подборах составов.

ГОСТ Р 58402.6-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы минеральные для приготовления асфальтобетонных смесей. Система объемно-функционального проектирования. Метод определения плотности и абсорбции щебня» определяет:

- объемную плотность щебня как массу единицы объема щебня с учетом пор щебня, но без учета воздушных пустот между зернами щебня;
- максимальную плотность щебня как массу единицы объема щебня без учета пор и воздушных пустот между зернами щебня.

В том случае, когда щебни получены из плотных горных пород (как правило, интрузивные горные породы) его объём пор равен нулю. Соответственно, его объемная плотность должна быть равна максимальной плотности. Однако, по причине различных методик определения, при практическом определении даже для пород с нулевым объёмом пор, объемная плотность может несколько отличаться от максимальной.

Часть рисунка с электрической прочностью 400 кВ/см найдена в файле.

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \ldots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \ldots + \frac{P_n}{G_n}}$$

Максимальная плотность асфальтобетонной смеси может быть определена по следующей формуле:

Часть рисунка с идентификатором отношения rId2 не найдена в файле.

Часть рисунка с идентификатором отношения rId3 не найдена в файле.

Часть рисунка с надписями отсутствует. ОДС не поддерживает в файлах.

При оценке взаимного соответствия данных, приведённых в подборах составов, при достаточной степени точности могут быть использованы нижеприведённые формулы:

Ten rysunek z wyjątkiem przyczyn mieszkania 600 nie ustalono w dyskusji

Для теоретического взаимного определения всех необходимых параметров асфальтобетона необходимо знать:

- фактическую объёмную плотность асфальтобетона;
- содержание битума;
- состав асфальтобетона; т.е. составляющие минеральной части и содержание битумного вяжущего сверх 100%;
- объёмные и максимальные плотности компонентов асфальтобетона.

3.3. Перечень действий при анализе данных, приведенных в подборе состава.

1. Необходимо проверить данные подбора состава о рассевах и плотностях минеральных компонентов, а также физико-механические свойства запроектированного асфальтобетона на полноту данных.

2. Необходимо проверить использованные при подборе состава методики и нормативно-технические документы на их актуальность и современность.

3. Необходимо проверить данные подбора состава о рассевах и плотностях минеральных компонентов, физико-механические свойства запроектированного асфальтобетона на совпадения с другими подборами составов асфальтобетонов, представленных из данной территории Российской Федерации.

4. Необходимо провести математическую проверку результатов расчётов, проведённых при проектировании состава асфальтобетона.

5. Необходимо провести смысловую проверку на предмет выявления невозможности результатов, полученных в ходе проектирования состава асфальтобетона.

6. Необходимо просчитать с использованием приведённого в разделе 2 математического аппарата параметры асфальтобетона, определяемые из исходных данных, приведённых в подборе состава, и сравнить их с практически полученными аналогичными параметрами асфальтобетона, приведёнными в подборе состава.

4. Методика испытаний асфальтобетона на доменном шлаке с целью определения допустимой сферы его применения

В лабораторию ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ» на испытания от АБЗ ООО «Дорсервис» из Вологодской области поступили пробы асфальтобетонной смеси из доменного шлака тип Б марки II по ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия».

4.1. Определение плотности, требуемой при изготовлении образцов асфальтобетона на гираторе и вальцовом уплотнителе для последующих испытаний.

Образцы (кроме образцов для определения водостойкости) формировались при объёмной плотности, соответствующей содержанию воздушных пустот 3,0 ÷ 5,0%.

Образцы для определения водостойкости формировались при объёмной плотности, соответствующей содержанию воздушных пустот 6,0 ÷ 8,0%.

4.2. **Перечень проведённых испытаний асфальтобетона, сформированного из предоставленной асфальтобетонной смеси на щебне из доменного шлака и фактического содержания воздушных пустот, определенных с использованием гидростатического метода для сформированных образцов.**

№ п/п	Наименование испытаний, для которых формировались образцы	№ приложения с протоколом испытания	Значения воздушных пустот в сформированных образцах
1	Максимальная (истинная) плотность асфальтобетонной смеси (2,405 г/см³)	Протокол определения максимальной плотности	-
2	Истираемость асфальтобетона	Протокол определения объёмной плотности образцов, сформированных на гираторе для определения истираемости	образец № 1 – 3,03%; образец № 2 – 4,32%; образец № 3 – 3,31%; образец № 4 – 3,63%
3	Водостойкость асфальтобетона	Протокол определения объёмной плотности образцов, сформированных на гираторе для определения коэффициента водостойкости	образец № 1 – 6,39%; образец № 2 – 6,54%; образец № 3 – 6,67%; образец № 4 – 7,34%; образец № 5 – 6,51%; образец № 6 – 6,09%
4	Глубина колееобразования	, Протокол определения объёмной плотности образцов, сформированных на вальцовом уплотнителе для определения глубины колеи	образец № 1 – 3,54%; образец № 2 – 4,31%
5	Усталостная прочность при многократном изгибе	Протокол определения объёмной плотности образцов, сформированных на вальцовом уплотнителе для проведения испытаний по усталостной прочности при многократном изгибе	образец № 1 – 3,72%; образец № 2 – 4,06%; образец № 3 – 4,25%; образец № 4 – 4,16%

4.3. Анализ результатов определения истираемости исследуемого асфальтобетона на шлаковом щебне/

Среднее значение по 4 образцам – 50 см³ .
В соответствии с приложением Б ГОСТ Р 58406.2-2020 классы по истираемости характеризуются следующим образом:
- 1 – до 25 см³;
- 2 – от 26 до 35 см³;
- 3 – от 36 до 45 см³

Данный асфальтобетон на шлаковом щебне по параметру истираемость не подходит ни к одному из классов по ГОСТ Р 58406.2-2020, и соответственно его применение для устройства верхних слоёв покрытия приведёт к вероятному снижению нормативных межремонтных сроков.

4.4. **Анализ результатов определения водостойкости исследуемого асфальтобетона на шлаковом щебне.**

Значение коэффициента водостойкости TSR составило – 0,9.

В соответствии с ГОСТ Р 58406.2-2020 требования к коэффициенту водостойкости:

- для слоёв основания не менее 0,80;
- для нижнего и верхнего слоёв покрытия не менее 0,85.

Данный асфальтобетон на шлаковом щебне по параметру водостойкость соответствует требованиям ГОСТ Р 58406.2-2020 и может применяться для устройства слоёв основания, нижних и верхних слоёв покрытия.

4.5. **Анализ результатов определения глубины колееобразования исследуемого асфальтобетона на шлаковом щебне.**

Глубина колеи по сформованным образцам:

- образец № 1 – 7,12 мм;
- образец № 2 – 7,92 мм;

Средняя глубина колеи – 7,52 мм.

В соответствии с ГОСТ Р 58406.2-2020 средняя глубина колеи:

- для слоёв основания не более 8,0 мм ÷ 9,0 мм (в зависимости от типа смеси);
- для нижнего слоя покрытия не более 5,5 мм ÷ 6,0 мм (в зависимости от типа смеси);
- для верхнего слоя покрытия не более 4,0 мм ÷ 7,0 мм (в зависимости от типа смеси).

Данный асфальтобетон на шлаковом щебне по параметру колееобразование в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58406.2-2020 может применяться для устройства слоёв основания и не может применяться в нижних и верхних слоях покрытия.

4.6. Анализ результатов испытаний исследуемого асфальтобетона на шлаковом щебне на усталостную прочность при многократном изгибе (знакопеременные нагрузки).

Начальный модуль жёсткости (упругости) составляет по 2 параллельным испытаниям в среднем 4150 МПа, количество циклов до падения начального модуля в 2 раза составляет 23,7 тыс. циклов. По опыту ранее проведённых работ по исследованию усталостной прочности, для асфальтобетонов на немодифицированных битумных вяжущих и подобранных не по методике Superpave, начальный модуль жёсткости (упругости) находится в диапазоне 3000 ÷ 7000 МПа; количество циклов до падения начального модуля в 2 раза находится в диапазоне 15 ÷ 100 тыс. циклов.

Анализируя вышеприведённые результаты исследований усталостной прочности, делаем следующие выводы:

- Начальный модуль жёсткости (упругости) исследуемого асфальтобетона на шлаковом щебне находится в первой половине диапазона значений, характерном для асфальтобетонов на немодифицированном битумном вяжущем, подобранном не по методике Superpave;
- Количество циклов до падения начального модуля в 2 раза находится в самом начале диапазоне значений, характерном для асфальтобетонов на немодифицированном битумном вяжущем, подобранном не по методике Superpave.

4.7. Общие выводы и заключения.

Как показали проведённые исследования, предоставленный в лабораторию ОЦК ФАУ «РОСДОРНИИ» от АБЗ ООО «Дорсервис» из Вологодской области асфальтобетон тип Б марки II на шлаковом щебне по параметрам истираемости и колееобразованию не способен обеспечить требуемые межремонтные сроки при применении в роли верхнего слоя.