

УТОЧНЕНИЕ НОРМ ПЛОТНОСТИ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ОСНОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

UPDATE STOCKING RATES COARSE SUBGRADE SOIL AND THE BASE HIGHWAY

Макалада кумдуу жана ири кесектүү жер кыртышынын тыгыздык нормасын тактоо боюнча изилдөөлөрдүн натыйжалары берилди. Ири кесек кыртыштын талапка ылайык тыгыздык коэффициенти кыртыштын тапталгандыгына жана гранулометрияга жараша стандарттык тыгыздоочу приборунан алынып, сунуш кылынды.

***Ачык сөздөр:** туруктуулук, тыгыздык, кумдуу жана ири кесектүү жер кыртышы, стандарттык тыгыздык, тыгыздык коэффициенти.*

В данной статье приведены результаты исследования по уточнению норм плотности песчаных и крупнообломочных грунтов. Рекомендуются требуемые коэффициенты уплотнения крупнообломочных грунтов относительно их максимальной плотности, полученной в приборе стандартного уплотнения в зависимости от окатанности и гранулометрии.

***Ключевые слова:** устойчивость, плотность, песчаные и крупнообломочные грунты, стандартное уплотнение, коэффициент уплотнения.*

This article presents the results of a study to clarify the rules of the density and coarse sandy soils. Recommended required compaction ratio of coarse soils with respect to their maximum density obtained in the instrument standard seals, depending on the particle size and roundness.

***Keywords:** stability, density and coarse sandy soils, the standard seal compression ratio.*

Одним из основных факторов, определяющих надежность и работоспособность автомобильных дорог, является стабильность всей дорожной конструкции. Критерием устойчивости грунта при этом является его плотность.

Действующие в Узбекистане нормы плотности грунтов дифференцированы в зависимости от района строительства (дорожно-климатической зоны), расположения грунта по высоте насыпи и условий воздействия на него различных природно-климатических факторов. Впервые разработанный в 1960 г. нормативный документ ВСН 55-61 и его современные основы в последующем уточнялись и развивались (ВСН 55-69, СН 449-72, СНиП 2.05.02-85, КМК 2.05.02-96, ШНК 2.05.02-07 и др.).

В нормах заложены минимально допустимые требования к плотности грунтов, обеспечивающие стабильность дорожных конструкций, в частности, необходимую их работоспособность.

В связи с ростом грузонапряженности перевозок, существенным увеличением в составе движения количества тяжелых транспортных средств, повышением требований к ровности покрытия и прочности дорожной конструкции возникла необходимость заново рассмотреть проблему стабильности земляного полотна и дорожной одежды в целях обобщения результатов теоретических исследований и результатов обследования существующей сети дорог.

Анализ этих материалов подтвердил современный уровень действующих норм и показал, что основой нормирования плотности грунтов может и должна служить ранее

разработанная и в дальнейшем развитая физическая теория стабильности дорожной конструкции, в частности земляного полотна, которая базируется на представлениях о грунте, как энергической системе, способной сопротивляться внешним воздействиям. Выявлена также необходимость в совершенствовании и уточнении действующих норм.

Для уточнения норм плотности грунта в верхнем слое насыпи, расположенном непосредственно под дорожной одеждой в земляном полотне, а также норм плотности в самой основаниидорожной одежды, возведенного из песчаных и крупнообломочных грунтов, были проведены специальные исследования. Опытно-экспериментальные работы проводились в лабораторных условиях на приборе стандартного уплотнения при строительстве и обследовании дорог в различных региональных условиях Узбекистана. При проведении экспериментальных исследований были использованы крупнообломочные грунты различнойокатанности и гранулометрии.

Необходимо отметить, что песок в зависимости от зернового состава, согласно ГОСТ 8736-93 [1], подразделяют на группы по крупности:Класс – очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний и мелкий;Класс – очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности, указанного в таблице 1.

Таблица 1 - Модуль крупности песков

Группа песка	Модуль крупности, M_k
Очень крупный	Св. 3,5
Повышенной крупности	Св 3,0 до 3,5
Крупный	“ 2,5 “ 3,0
Средний	“ 2,0 “ 2.5
Мелкий	“ 1,5 “ 2,0
Очень мелкий	“ 1,0 “ 1,5
Тонкий	“ 0,7 “ 1,0
Очень тонкий	До 0,7

Плотность скелета песка в насыпном $\rho_{СК}^H$, при стандартном уплотнении $\rho_{СК}^{СТ}$ и оптимальная влажность грунта W приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Плотность скелета песка в насыпном состоянии $\rho_{СК}^H$, при стандартном уплотнении $\rho_{СК}^{СТ}$ и оптимальная влажность W

Наименованиегрунта	$\rho_{СК}^H$, g/cm ³	t/m ³ или	$\rho_{СК}^{СТ}$, g/cm ³	t/m ³ или	W, %
Очень крупный	1,45		1,85		7
Повышенной крупности	1,42		1,82		7
Крупный	1,40		1,80		8
Средний	1,37		1,78		9
Мелкий	1,34		1,76		10
Очень мелкий	1,30		1,74		11
Тонкий	1,28		1,73		12

Очень тонкий	1,25	1,72	13
--------------	------	------	----

Примечание. Плотность скелета песка в насыпном состоянии и при стандартном уплотнении могут колебаться в пределах $\pm 5\%$.

Проведенные исследования показывают, что для насыпей автомобильных дорог, возводимых в пустынных и пустынно-степных географических зонах Узбекистана с засушливым климатом и распространением большого разнообразия форм барханных песков с различной степенью подвижности, минимальный требуемый коэффициент уплотнения K_u одноразмерных песков следует назначать в соответствии с табл. 3.

Таблица 3 - Коэффициент уплотнения одноразмерных песков

Часть насыпи	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	K_u одноразмерных песков в насыпях дорог, категории		
		I-II	III	IV-V
Верхняя	До 1,5	1,00	0,98	0,97
Нижняя	Более 1,5	0,98	0,97	0,95

Как видно из табл. 3, толщина верхнего, более плотного слоя насыпи увеличена в первую очередь для дорог с покрытиями капитального типа (дорог I-II категорий). Это вызвано высокой чувствительностью одноразмерного песка к динамическим воздействиям движущихся транспортных средств и его способностью к доуплотнению в результате такого воздействия. Поэтому для снижения или даже исключения существенных и неравномерных просадок покрытий капитального типа толщина этого слоя увеличена до 1,5 м (ранее она была 0,8 м).

Крупнообломочные грунты, согласно существующим нормативным документам, в зависимости от крупности обломков и типа заполнителя, делят на шесть классов (табл. 4).

Таблица 4 - Классификация крупнообломочных грунтов по классу

Вид грунта	Класс грунта	Содержание частиц в % от общего веса сухого грунта
<i>А. Крупнообломочный на песчаном заполнителе</i> Грунт глыбовый (при преобладании окатанных камней-валунов) Грунт щебенистый (при преобладании окатанных частиц-галечниковых) Грунт дресвяный (при преобладании окатанных гравийных частиц)	I II III	Масса камней крупнее 200 мм составляет более 50% Масса частиц крупнее 10 мм составляет более 50% Масса частиц крупнее 2мм составляет более 50%
<i>Б. Крупнообломочный на глинистом заполнителе</i> Грунт глыбовый (при преобладании окатанных камней-валунов) Грунт щебенистый (при преобладании окатанных галечниковых частиц) Грунт дресвяный (при преобладании окатанных гравийных частиц)	IV V VI	Масса камней крупнее 200 мм составляет более 50% Масса частиц крупнее 10 мм составляет более 50% Масса частиц крупнее 2мм составляет более 50%

Примечание: При содержании в грунте обломочных частиц крупнее 2 мм от 20 до 50% по массе грунт следует относить к глинистому грунту с добавлением слова «гравелистый» при окатанных частицах, или «щебенистый» при неокатанных частицах.

Необходимо отметить, что щебеночно-песчаные и щебеночно-гравийно-песчаные смеси (далее – готовые смеси) и щебень, применяемый для устройства оснований, должны соответствовать требованиям Межгосударственного стандарта ГОСТ 25607-2009[2] и изготавливаться по технологическому регламенту, утвержденному предприятием-изготовителем.

Щебень в зависимости от выполняемой функции при устройстве оснований согласно ГОСТ 25607-2009 подразделяют на основной и расклинивающий. В качестве основного применяют щебень фракций 40-80 или 80-120 мм. В качестве расклинивающего для фракции 40-80 мм применяют щебень фракций 5-10 и 10-20 мм (смесь фракций 5-20 мм), готовые смеси С6, С11; для фракций 80-120 мм применяют щебень фракций 5-20 и 20-40 мм (смесь фракций 5-40 мм), готовые смеси С5, С10.

В настоящее время требуемую степень уплотнения крупнообломочных природных и техногенных грунтов, в том числе щебеночно-песчаные и щебеночно-гравийно-песчаные смеси и щебень в рабочем слое устанавливают по результатам стандартного и пробного уплотнения. Степень уплотнения земляного полотна и основания из крупнообломочных, глинистых, «гравелистых» или «щебенистых» грунтов, а также щебеночно-песчаных и щебеночно-гравийно-песчаных смесей и щебня размером 20 мм характеризуется отношением объёмной массы скелета грунта к объёмной массе скелета грунта, полученной в приборе стандартного уплотнения.

Результаты исследования по определению плотности скелета крупнообломочных грунтов в насыпном состоянии $\rho_{СК}^H$, при стандартном уплотнении $\rho_{СК}^{СТ}$ и оптимальная влажность W приведены в табл. 5. При этом требуемые коэффициенты уплотнения крупнообломочных грунтов относительно их максимальной плотности получены в приборе стандартного уплотнения, с использованием цилиндра диаметром и высотой 100 мм трамбованием гирей 2,5 кг, падающей с высоты 30 см, 120 ударами.

Таблица 5 - Плотность скелета крупнообломочных грунтов в насыпном состоянии $\rho_{СК}^H$, при стандартном уплотнении $\rho_{СК}^{СТ}$ и оптимальная влажность W

Наибольший размер зерен Д, мм	Номер смеси		$\rho_{СК}^H$, t/m ³ или g/cm ³	$\rho_{СК}^{СТ}$, t/m ³ или g/cm ³	W, %
Смеси для оснований (непрерывнаягранулометрия)					
120	С3	верхний	1,90	2,36	3,0
		нижний	1,84	2,30	1,5
80	С4	верхний	1,84	2,28	4,0
		нижний	1,78	2,24	2,0
40	С5	верхний	1,76	2,22	5,5
		нижний	1,70	2,15	3,3
20	С6	верхний	1,71	2,16	6,2
		нижний	1,65	2,06	5,4
10	С7	верхний	1,66	2,12	6,8
		нижний	1,62	2,00	7,0
5	С8	верхний	1,64	2,10	7,2
		нижний	1,60	1,96	8,0
Смеси для оснований (прерывистаягранулометрия)					
80	С9	верхний	1,94	2,29	3,0
		нижний	1,86	2,20	2,2
40	С10	верхний	1,84	2,18	5,1
		нижний	1,72	2,07	4,0

20	С11	верхний	1,72	2,09	7,2
		нижний	1,66	1,97	5,8

Примечание. Плотность скелета крупнообломочных грунтов в насыпном состоянии и при стандартном уплотнении могут колебаться в зависимости от их генезиса в пределах $\pm 5\%$.

Из таблицы 5 видно, что для крупнообломочных грунтов и смесей с максимальным размером щебня 40 мм и содержанием в смеси фракции 20-40 мм до 30% можно использовать те же формы, методы и режимы уплотнения, что и для смеси с максимальным размером зерен 20 мм. Для смесей с максимальным размером 80 и 120 мм вводится поправка на частицы крупнее 20 мм: $K_{80}=1,07K_{20-40}$ и $K_{120}=1,10K_{20-40}$.

В результате обследования существующих автомобильных дорог, построенного из крупнообломочных грунтов, получены следующие значения коэффициента уплотнения:

- для окатанных: под капитальные типы покрытия $K_y=0,98$, под облегченные $K_y=0,96$,

под переходные $K_y=0,94$;

- для слабоокатанных и неокатанных: под капитальные типы покрытия $K_y=1,00$, под облегченные $K_y=0,98$, под переходные $K_y=0,96$.

При этом необходимо отметить, что основания, возводимые из указанных материалов, должны иметь требуемые коэффициенты уплотнения по всей толщине основания.

Требуемые коэффициенты уплотнения крупнообломочных грунтов, относительно их насыпной плотности и плотности, полученной в приборе стандартного уплотнения с использованием цилиндра диаметром и высотой 100 мм, трамбованием гирей 2,5 кг, падающей с высоты 30 см, 120 ударами имеют следующие значения:

- смеси для оснований (непрерывнаягранулометрия) – 1,26;

- смеси для оснований (прерывистаягранулометрия) – 1,22.

Уплотняемость крупнообломочных грунтов, а также глинистых «гравелистых» или «щебенистых» грунтов практически мало зависит от их влажности. Их рекомендуют уплотнять при влажности не более 1.1-1.2 от оптимальной, полученной в приборе стандартного уплотнения.

Рекомендуемые коэффициенты уплотнения являются приблизительно допустимыми и при соответствующем обосновании могут быть изменены в ту или другую сторону по результатам пробной укатки.

Список литературы

1. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия[Текст] / - М.: МНТКС, 1993. -7 с.

2. ГОСТ 25607-2009. Межгосударственный стандарт. Технические условия. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов[Текст] / -М.: МНТКС, 2010. -16 с.