

Выскребенцев В.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

О УСТРОЙСТВЕ ПОДУШЕК ИЗ ЖЕСТКОГО МАТЕРИАЛА

vovagjan@mail.ru

Предлагаются рекомендации по определению необходимой толщины подушки, её несущей способности в зависимости от передаваемой нагрузки и размеров фундаментов, толщине отсыпаемого слоя в зависимости от требуемого слоя после уплотнения, модуля деформации и расчетного сопротивления.

Ключевые слова: гравийно-песчаная смесь, отсортированная гравмасса, модуль деформации, толщина подушки, расчетное сопротивление.

В транспортном, ирригационном, промышленном и гражданском строительстве при высоком уровне подземных вод и слабом основании [1–5], находят широкое применение устройство подушек из жесткого материала, что позволяет повысить прочность основания и снизить его деформативную способность.

Наиболее часто встречаемые решения по устройству подушек: из гравийно-песчаной смеси и отсортированной гравмассы. С этой целью, в течение ряда лет, проводились испытания на различных строительных объектах в Белгородской области и Краснодарском крае,

по определению необходимой толщины подушки, её несущей способности в зависимости от передаваемой нагрузки и размеров фундаментов. На строительных объектах применялись вибрационные катки, используемые на стройках.

При послойной отсыпке согласно [6–9] искусственного основания из гравийно-песчаной смеси подготовленной массы с последующим её уплотнением, рекомендуемый гранулометрический состав подушки представлен в (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав подушки

Заполнитель, мм	> 10	<2,0	0,5	песчаный
% содержание по весу	47...57	25...35	18...22	≤ 40

Оптимальная влажность частиц менее 2,0 мм – $W_0 = 0,08 + 0,1$. Увлажнение следует производить в кавальере или непосредственно в котловане с последующим разравниванием по всей уплотняемой площади. Предварительное количество проходов (при отсыпке слоя толщиной до 15 см) по одному следу для 12-тонных катков-8-10.

Рекомендуемая плотность массы в сухом состоянии в середине уплотненного слоя должна составлять $\rho_d = 22...23$ кН/м³, плотность уточняется при уплотнении первого отсыпанного слоя, при различных проходах по одному следу.

Толщину отсыпаемых слоев грунта в зависимости от толщины уплотняемого слоя, можно выбрать по (табл. 2).

Таблица 2

Толщина отсыпаемого слоя в зависимости от требуемого слоя после уплотнения

Вид грунта	Толщина уплотненного слоя, м	Толщина отсыпаемого слоя h_0 , см, при коэффициенте уплотнения K_u			
		0,97...0,96	0,95...0,94	0,93...0,92	0,91...0,90
Гравийно-песчаная смесь	10	13	12	12	11
	15	19	18	17	16
	20	25	24	23	21

При слабом подстилающем слое (водонасыщенные пески и супеси с расчетным сопротивлением $R = 0,08-0,09$ МПа модулем деформации $E = 1,5-2,0$ МПа) расчетное сопротивление и модуль деформации, учетом совместной работы со слабым основанием, рекомендуется принимать по (табл. 3).

При таком комбинированном основании, общая величина деформации будет намного меньше предельно допустимой величины.

Для сооружений I и II класса рекомендуется несущую и деформативную способность подушки уточнить с помощью стандартных

штамповых испытаний (диаметр штампа $d = 79,8$ см, площадь $A=5000$ см²=0,5 м²), на (рис. 1).

Таблица 3

Модуль деформации и расчетное сопротивление

Толщина подушки h_n , м при ширине подошвы фундамента			Расчетное сопротивление R , МПа	Модуль деформации E , МПа
$b=1,0$ м	$b=2,0$ м	$b=3,0$ м		
0,35 (0,1)	0,6 (0,1)	0,8 (0,1)	0,12	5,0
0,5 (0,25)	0,8 (0,5)	1,0 (0,7)	0,15	6,0
0,9 (0,7)	1,5 (1,1)	1,7 (1,3)	0,22	10,5
1,5 (1,1)	2,0 (1,5)	2,3 (1,8)	0,31	17,0

Примечание: толщина подушки указанная в скобках при $R=0,12...0,13$ МПа.



Рис. 1. Штамповые испытания

При использовании отсортированной гравмассы на объекте №2, толщина подушки принимается по расчету, с учетом проверки слабого подстилающего слоя. В лаборатории определяется гранулометрический состав материала, используемый для устройства подушки из гравмассы (супесчано-суглинистого заполнителя менее 1,0 мм должно быть 35...40 %), влажность для определения

количества воды на доувлажнение, а также плотность грунта в рыхлом состоянии.

После отсыпки 1-ого слоя, гравмасса сортируется, с целью удаления крупного заполнителя, т.е. более 50 мм. Толщина отсыпаемых слоев грунта в зависимости от толщины уплотненного слоя для региональных условий принимается по (табл. 4).

Таблица 4

Толщина отсыпаемого слоя в зависимости от требуемого слоя после уплотнения

Вид грунта	Толщина уплотненного слоя, м	Толщина отсыпаемого слоя h_0 , см, при коэффициенте уплотнения K_u			
		0,97...0,96	0,95...0,94	0,93...0,92	0,91...0,90
Отсортированная гравмасса	10	14	13	12	11
	15	20	19	18	16
	20	26	24	23	21
	30	38	36	34	32

Оптимальная влажность супесчано-суглинистого заполнителя должна быть на границе раскатывания, т.е. $W_0 \approx W_p$. При природной влажности $W = 0,05...0,07$ (заполнителя), количество воды на 100 м² отсыпаемой гравмассы должно составлять $Q=1,2...1,3$ м³. При другом значении природной влажности необходимо до уточнить количество воды на доувлажнение гравмассы.

При отсыпке слоев толщиной по 15 см, уплотнение должно производиться катками массой не менее 120 кН. При отсыпании слоев по 20 см рекомендуется применять катки массой не менее 150 кН. Предварительное количество проходов катком по одному следу должно составлять 8-10 проходов.

Рекомендуемая плотность отсортированной гравмассы в сухом состоянии в середине

отсыпaeмого (уплотненного) слоя должна составлять $\rho_d = 22,5 \dots 23,5 \text{ кН/м}^3$.

При площадной отсыпке отсортированной гравмассы и её уплотнении, необходимо производить отбор проб для определения влажности и плотности в одной точке на каждые 200 м^2 уплотненной поверхности. В каждой точке необходимо производить не менее 3-х определений плотности гравмассы. Если плотность гравмассы недостаточна, то необходимо выяснить причину: или потребуется доувлажнять её – $W < W_p$, или дополнительно выполнить 1...3 прохода катком при $W_0 \approx W_p$.

Расчетное сопротивление и модуль деформации, учетом совместной работы со слабым основанием, рекомендуется принимать по (табл. 3).

При слабом подстилающем слое – $R \leq 0,1 \text{ МПа}$ (где R – расчетное сопротивление), для водонасыщенных пылеватых и супесчаных грунтов, при необходимости передачи давления по подошве фундамента $P = 0,25 \text{ МПа}$ и ширине подошвы фундамента $b = 1,0 \text{ м}$, толщина подушки должна составлять $h_n = 1,1 \text{ м}$ в (табл. 5).

Таблица 5

Давление по подошве фундамента и расчетное сопротивление

Толщина подушки $h_n, \text{ м}$ при ширине подошвы фундамента			Давление по подошве фундамента $P, \text{ МПа}$	Расчетное сопротивление $R, \text{ МПа}$
$b=1,0 \text{ м}$	$b=2,0 \text{ м}$	$b=3,0 \text{ м}$		
0,6	0,8	1,1	0,15	$\leq 0,1$
0,8	1,1	1,3	0,20	
1,1	1,5	1,7	0,25	

При $R = 0,12\text{--}0,125 \text{ МПа}$ для подстилающего слоя подушку $P = 0,20 \text{ МПа}$:

- $b = 1,0 \text{ м} - h_n = 0,65 \text{ м}$;
- $b = 2,0 \text{ м} - h_n = 0,95 \text{ м}$;
- $b = 3,0 \text{ м} - h_n = 1,15 \text{ м}$.

Сжимаемость подушки незначительная (модуль общей деформации $E = 15,0 \dots 18,0 \text{ МПа}$ – с учетом работы слабого подстилающего слоя) и общая величина деформации сооружений (при соответствующем качестве работ по устройству подушки и при полном водонасыщении) будет менее предельно допустимой, а дополнительная деформация при динамических нагрузках практически отсутствует. Снижается интенсивность сейсмического воздействия на $J = 0,5\text{--}1,0$ балл, что очень важно в сейсмически опасных районах. Но надо учитывать, что снижается и декремент затухания колебаний.

Внедрение предложенных рекомендаций позволит пересчитать фундаменты с учетом их размеров и в целом всего объема, повысить надежность и устойчивость сооружений на длительный период эксплуатации, учитывая высокую сейсмичность района и наличия динамических нагрузок, а также повышать экономическую эффективность за счет снижения стоимости изыскательных работ, испытаний и работ по устройству подушек из жесткого материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абелев М.Ю. Особенности строительства сооружений на слабых водонасыщенных

грунтах // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 3. С. 12–13.

2. Абелев М.Ю., Бахронов Р.Р., Джангидзе З.У. Об эффективности устройства уплотненной песчаной подушки в основаниях многоэтажных зданий и сооружений, расположенных на слабых грунтах // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 4. С. 55–58.

3. Абелев М.Ю., Аверин И.В., Устинов А.А., Вашаломидзе Т.А. Эффективность уплотнения насыпных песчаных грунтов гладким вибрационным катком // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 6. С. 59–62.

4. Брандль Х. Улучшение грунта и инновации при проведении земляных работ для транспортной инфраструктуры // Развитие городов и геотехническое строительство. 2007. № 11. С. 137–156.

5. Вашаломидзе Т. А., Филимонов Е.А., Устинов А.А. Современные технологии устройства уплотненных грунтовых оснований при строительстве зданий и сооружений в стесненных условиях // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 12. С. 71–74.

6. ДБН В.2.3-4 – 2000. Сооружения транспорта. Автомобильные дороги. Киев, Укрбудінформ, 200. 83 с.

7. Калачук Т.Г. Зависимость между просадочными деформациями и действующими напряжениями в лессовых основания / Новые технологии и проблемы технических наук: сб. научных трудов по итогам международной научно-практической конференции //

Красноярск, 10 ноября 2015 г. Изд-во: Инновационный центр развития образования и науки, 2015. С. 67-73.

8. СП 34.13330. 2012. Автомобильные дороги. М.: Госстрой России, 2013. 107 с.

9. Черныш А.С. Уплотнение грунтов с одновременным вытрамбовыванием котлованов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 112–119.

Vyskrebentsev V.S.

ABOUT THE CONSTRUCTION OF RIGID MATERIAL PADS

There are suggested the recommendations of determining the necessary pad thickness and its bearing capability depending on transmitted load and foundation size, thickness of filled-in layer depending on the required layer after compaction, modulus of deformation and design strength.

Key words: *sandy gravel, picked gravel stock, modulus of deformation, pad thickness, design strength.*

Выскребенцев Владимир Сергеевич, аспирант кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: vovagjan@mail.ru