

Список цитированных источников

1. Мангушев, Р.А. Современные свайные технологии: учебное пособие / Р.А. Мангушев, А.В. Ершов, А.И. Осокин. – М.: Издательство АСВ, Спб. гос.архит.-строит. ун-т, 2007. – 160 с.
2. Ермашов, В.П. Буропрессвай: несущая способность и целесообразность применения в Беларуси / В.П. Ермашов, Н.В. Тимофей, В.И. Новик // Строительная наука и техника. – 2005. – № 2. – С. 56–63.
3. Лапшин, Ф.К. Расчет свай по предельным состояниям / Ф.К. Лапшин. – Изд-во Саратовского университета, 1979. – 152 с.
4. Григорян, А.А. Экспериментальные исследования распределения напряжений в буронабивных сваях значительных размеров / А.А. Григорян, И.И. Хабибуллин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1980. – № 3. – С. 18–21.
5. Мамонов, В.М. Несущая способность буронабивных свай, изготовленных из бетонов различного состава / В.М. Мамонов, А.М. Дзагов, П.М. Ермошкин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1989. – № 1. – С. 11–14.
6. Невейков, А.Н. Эффективность применения напрягающих бетонов для изготовления буронабивных свай / А.Н. Невейков, П.С. Пойта // Вестник БрГТУ. – 2009. – № 1 (55): Строительство и архитектура. – С. 27–30.
7. Тур, В.В. Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкции при применении напрягающего бетона / В. В. Тур. – Брест: изд. БПИ, 1998. – 246 с.
8. Пойта, П.С. Эффективные конструкции свайных фундаментов в инженерно-геологических условиях Республики Беларусь / П.С. Пойта, П.В. Шведовский // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2008. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 24–25.
9. Пойта, П.С. Напряженно-деформированное состояние грунтового массива вокруг ствола буровой свай / П.С. Пойта, Т.П. Шалобьта, П.В. Шведовский // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2008. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 26–28.
10. Zhang J., Li V. Influence of Supporting Base Characteristics on Shrinkage-Induced Stresses in Concrete Pavements. // Journal of Transportation Engineering. – 2001. – Vol. 127. – P. 55–61.

УДК 624.1+624.131

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ КВАДРАТНЫЕ СТОЛБЧАТЫЕ ФУНДАМЕНТЫ НА УПЛОТНЕННЫХ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ ПОДУШКАХ: СУЩНОСТЬ И НОМЕНКЛАТУРА

Лях Ю.В.

Введение. Подготовка под строительство грунтовых оснований, сложенных слабыми водонасыщенными грунтами, была и остается и сложной, и актуальной проблемой в области фундаментостроения. Применение в этих условиях свайных фундаментов лишь частично решает эту проблему. На сегодняшний день, по данным экспертных оценок ведущих ученых и специалистов, при возведении нулевого цикла зданий и сооружений происходит существенный (до 30%) перерасход материалов и энергоресурсов. Такое положение обуславливается стандартными приемами и правилами расчета при проектировании оснований, которые обычно занимают физико-механические характеристики грунтовых сред естественного сложения, что обусловлено вероятностным по своей природе характером объемного и временного распределения свойств грунтов в инженерно-геологическом массиве. Это, в свою очередь, приводит к введению в расчеты оснований различного рода коэффициентов условий работы, запаса и т.п., в результате чего зачастую чрезмерно увеличивается величина заглубления конструкций фундаментов в грунт или неоправданно растет площадь опирания поверхности фундамента на грунтовое основание.

Анализ экспериментальных данных. Одним из основных путей преодоления такого положения является искусственное улучшение свойств грунтов за счет их уплотнения. Этому в полной мере отвечает развитие такого прогрессивного направления в современном фундаментастроении как фундаменты на уплотненных грунтовых основаниях с последующим устройством песчано-гравийных подушек. По сравнению с обычными, песчано-гравийные подушки обладают повышенной несущей способностью. Их устройство не требует дополнительного оборудования, а качество подготовки намного выше песчаных подушек. Особенно это эффективно при наличии водонасыщенных грунтов.

Минстройархитектуры РБ утвержден ТКП "Фундаменты зданий и сооружений на уплотненных песчано-гравийных подушках. Правила проектирования", регламентирующий правила определения значений физико-механических характеристик песчаных грунтов уплотняемых подушек и подстилаемых их естественных уплотняемых грунтов для выбора оптимальных размеров подошвы фундаментов и толщины песчаных подушек и предназначенный для проектирования фундаментов мелкого заложения на уплотненных песчано-гравийных подушках при возведении гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений различного назначения [1].

Для широкого внедрения в строительную практику указанного нормативного документа нами разработана номенклатура 200 вариантов квадратных столбчатых фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках для нагрузок в диапазоне 2400÷6300 кН.

Толщина песчано-гравийных подушек определялась из условия допустимости напряжения по подошве подушки для подстилающего грунта:

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R_z,$$

где R_z – расчетное сопротивление естественного грунта на глубине z от подошвы фундамента с учетом уплотнения его тяжелой трамбовкой, кПа;

σ_{zp} – дополнительное напряжение в грунте от нагрузки на фундамент на глубине z от подошвы фундамента, кПа;

σ_{zg} – вертикальное напряжение от соответственного веса грунта на глубине z от подошвы фундамента, кПа.

При определении толщины песчано-гравийной подушки учитывались особенности разработанной нами технологии уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками: вначале уплотняется естественное грунтовое основание, позволяющее уменьшить толщину песчано-гравийной подушки, а затем отсыпается и уплотняется непосредственно подушка с последующей проверкой качества уплотнения методами статического или динамического зондирования. Параметры фундаментов и потребность бетона и арматурной стали для их устройства приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Размеры монолитных квадратных столбчатых фундаментов

Марка плиты	1-я ступень		2-я ступень		3-я ступень		Ширина колонны, b_c , мм
	Ширина, b_1 , мм	Высота, h_1 , мм	Ширина, b_2 , мм	Высота, h_2 , мм	Ширина, b_3 , мм	Высота, h_3 , мм	
ФКС 1,5-1100 (УП)	300	300	250	300	–	–	400
ФКС 1,8-1113 (УП)	450	300	250	300	–	–	400
ФКС 2,1-1120 (УП)	600	450	250	450	–	–	400
ФКС 2,4-1127 (УП)	450	300	300	300	250	300	400
ФКС 2,1-577	600	300	250	450	–	–	400
ФКС 2,4-450	600	300	400	300	–	–	400

Продолжение таблицы 1

ФКС 2,4-641	600	450	400	450	-	-	400
ФКС 2,7-362	750	300	400	450	-	-	400
ФКС 2,7-513	750	450	400	450	-	-	400
ФКС 3,0-300	900	450	400	450	-	-	400
ФКС 3,0-422	900	450	400	450	-	-	400
ФКС 3,0-566	450	300	600	300	250	300	400
ФКС 3,3-253	900	450	550	450	-	-	400
ФКС 3,3-354	900	450	550	450	-	-	400
ФКС 3,3-474	450	300	600	300	400	300	400
ФКС 3,3-612	450	300	600	300	400	450	400
ФКС 3,6-218	900	300	700	450	-	-	400
ФКС 3,6-303	600	300	600	300	400	300	400
ФКС 3,6-403	600	300	600	300	400	300	400
ФКС 3,6-519	600	300	600	300	400	450	400
ФКС 3,9-191	1050	450	700	450	-	-	400
ФКС 3,9-263	750	300	600	300	400	300	400
ФКС 3,9-348	750	300	600	300	400	300	400
ФКС 3,9-447	600	300	600	300	550	450	400
ФКС 4,2-231	750	300	750	300	400	300	400
ФКС 4,2-305	600	300	750	300	550	450	400
ФКС 4,2-390	600	300	750	300	550	450	400
ФКС 4,5-152	1200	300	850	450	-	-	400
ФКС 4,5-206	750	300	750	300	550	300	400
ФКС 4,5-270	750	300	750	450	550	450	400
ФКС 4,5-344	750	300	750	450	550	450	400
ФКС 4,8-185	900	300	750	300	550	300	400
ФКС 4,8-241	750	300	750	300	700	450	400
ФКС 4,8-306	750	300	900	450	550	450	400
ФКС 5,1-167	900	300	900	300	550	300	400
ФКС 5,1-217	750	300	900	300	700	450	400
ФКС 5,1-275	750	300	900	450	700	450	400
ФКС 5,4-153	900	300	1050	300	550	300	400
ФКС 5,4-197	900	300	900	300	700	450	400
ФКС 5,4-249	750	300	1050	450	700	450	400

Таблица 2 – Ведомость расхода бетона и арматурной стали при возведении монолитных столбчатых фундаментов

Марка блока	Выборка арматурной стали класса S400, кг					Расход бетона, м ³	Расход стали, кг
	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20		
ФКС 1,5-1100 (УП)			30,93			0,92	30,93
ФКС 1,8-1113 (УП)				74,73		1,22	74,73
ФКС 2,1-1120 (УП)				98,70		2,35	98,70
ФКС 2,4-1127 (УП)					170,15	2,65	170,15
ФКС 2,1-577			59,96			1,69	59,96
ФКС 2,4-450			110,28			2,16	110,28
ФКС 2,4-641			110,29			3,24	110,29
ФКС 2,7-362			117,08			2,84	117,08
ФКС 2,7-513			150,54			3,93	150,54
ФКС 3,0-300	94,70					4,70	94,70
ФКС 3,0-422		105,10	41,00			4,70	146,10

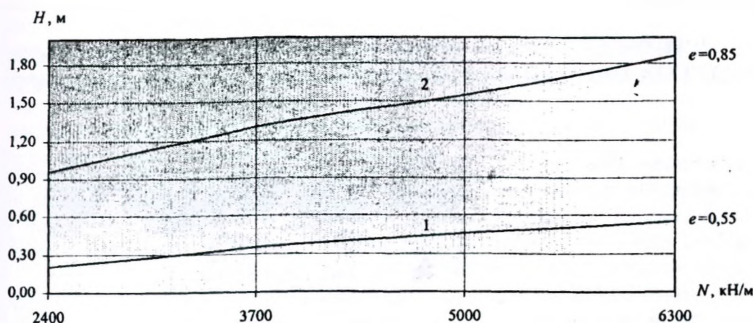
Продолжение таблицы 2

ФКС 3,0-566		105,10	72,90			4,27	178,00
ФКС 3,3-253	133,91					5,90	133,91
ФКС 3,3-354		182,17				5,90	182,17
ФКС 3,3-474		58,47	161,58			5,43	220,05
ФКС 3,3-612			234,49			5,64	234,49
ФКС 3,6-218	160,91					5,35	160,91
ФКС 3,6-303	49,02	152,21				6,05	201,23
ФКС 3,6-403		63,78	198,83			6,05	262,61
ФКС 3,6-519			87,11	251,75		6,26	338,86
ФКС 3,9-191	185,95					8,30	185,95
ФКС 3,9-263		252,96				6,72	252,96
ФКС 3,9-348		78,52	227,86			6,72	306,38
ФКС 3,9-447			330,43			7,76	330,43
ФКС 4,2-231	67,13	208,01				7,91	275,14
ФКС 4,2-305		299,34				9,00	299,34
ФКС 4,2-390			391,03			9,00	391,03
ФКС 4,5-152	249,18					8,06	249,18
ФКС 4,5-206		338,97				9,45	338,97
ФКС 4,5-270		338,97				12,20	338,97
ФКС 4,5-344			442,79			12,20	442,79
ФКС 4,8-185		377,62				10,29	377,62
ФКС 4,8-241		105,09	356,00			11,64	461,09
ФКС 4,8-306			493,28			12,83	493,28
ФКС 5,1-167		421,83				11,75	421,83
ФКС 5,1-217		119,83	394,50			13,15	514,33
ФКС 5,1-275			551,04			15,09	551,04
ФКС 5,4-153		481,27				13,31	481,27
ФКС 5,4-197		481,27				16,04	481,27
ФКС 5,4-249			628,67			17,05	628,67

Примечание: ФКС – фундамент квадратный столбчатый; первая стоящая после этого цифра указывает ширину квадратного фундамента, а последующие цифры характеризуют расчетное сопротивление грунта на отметке подошвы фундамента согласно СНБ 5 01 01 [3]; расчетные сопротивления песчано-гравийных подушек указаны с индексом (У11)

Анализ таблицы 2 позволяет сделать вывод, что при возведении квадратных столбчатых фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках объем бетона колеблется в пределах от 0,92 м³ до 2,65 м³ на один фундамент и в среднем составляет 1,79 м³, количество арматуры варьируется в интервале от 30,93 кг до 170,15 кг и в среднем равно 93,63 кг. При возведении аналогичных фундаментов на естественных грунтовых основаниях объем бетона изменяется в диапазоне от 1,69 м³ до 17,05 м³ и в среднем составляет 8,07 м³, а количество арматуры – в интервале от 59,96 кг до 628,67 кг, составляя в среднем 279,52 кг.

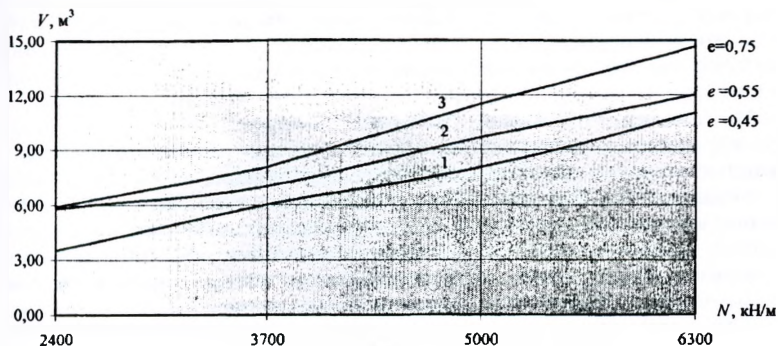
На рисунках 1 и 2 приведены результаты расчетов по определению толщины и объемов уплотненных песчано-гравийных подушек под ленточные фундаменты, которые свидетельствуют о достаточно линейной зависимости изменения этих показателей от величины нагрузок на фундаменты, при постоянных значениях коэффициента пористости песчаных грунтов и показателя текучести для глинистых грунтов.



H – толщина песчано-гравийной подушки, м; N – нагрузка на ленточный фундамент, кН/м; e – коэффициент пористости грунта;

1 – песок мелкий; 2 – суглинок с показателем текучести $0,25 \leq I_L \leq 0,50$

Рисунок 1 – График зависимости толщины уплотнённых песчано-гравийных подушек от величины нагрузки на фундамент



V – объем песчано-гравийной подушки, м³; N – нагрузка на ленточный фундамент, кН/м; e – коэффициент пористости грунта;

1 – песок пылеватый; 2 – супесь с показателем текучести

$0 \leq I_L \leq 0,25$; 3 – глина с показателем текучести $0,25 \leq I_L \leq 0,50$

Рисунок 2 – График зависимости объема уплотнённых песчано-гравийных подушек от величины нагрузки на фундамент

Заключение. При использовании разработанной нами номенклатуры монолитных столбчатых фундаментов на уплотнённых песчано-гравийных подушках общая стоимость работ нулевого цикла снижается более чем в 2 раза при уменьшении расхода основных строительных материалов.

Список цитированных источников

1. Фундаменты зданий и сооружений на уплотнённых песчано-гравийных подушках. Правила проектирования: ТК11 45–5.01–66–2007 (02250). – Введ. 01.09.2007. – Минск: МАиС Республики Беларусь, 2007. – 71 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции Нормы проектирования: СНБ 5.03.01-02. – Минск: Минскпроект, 2003. – 139 с.
3. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5.01.01-99. – Введ. 01.07.1999. – Минск: МАиС Республики Беларусь, 1999. – 36 с.