

### Часть 3. ИСКУССТВЕННЫЕ ОСНОВАНИЯ

УДК 624.15

*Пойта Петр Степанович, д-р техн. наук, проф., Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь,  
Лях Юлия Владимировна, канд. техн. наук, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь*

***Анализ системы технико-экономических показателей квадратных столбчатых фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках, подстилаемых песчаными основаниями***

***Analysis of the system of the technical-economic factors square tude foundation on compacted sandy-gravel pillow, laid under by sandy bases***

Разрабатывается новый метод, связанный с возведением фундаментов зданий и сооружений на уплотненных песчано-гравийных подушках, подстилаемых водонасыщенными и неводонасыщенными грунтовыми основаниями. В статье предлагается использовать при возведении зданий и сооружений квадратные монолитные столбчатые фундаменты на уплотненных песчано-гравийных подушках, подстилаемых песчаными основаниями. Составлена номенклатура предлагаемых конструктивных решений фундаментов, и выполнен технико-экономический анализ с определением стоимости возведения таких фундаментов, толщины и объема песчано-гравийных подушек, а также расхода бетона и арматуры. Результаты расчетов представлены в виде номограмм, свидетельствующих о целесообразности возведения фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках по сравнению с фундаментами на естественных грунтовых основаниях.

A new method connected with erecting the basement of buildings and constructions on compact sandy-gravel bed, littered with water saturated and non saturated foundation is working out. In this article we suggest using square is-situ basement on compact sandy-gravel bed, littered on sandy foundation, while erecting buildings and constructions. The list of

suggesting constructional decisions of basement is made and economical analysis with identifying the cost of erecting building, depth and space of sandy-gravel bed and expense of concrete and reinforce is done. The results are shown in the way of nomographic chart, showing the practicability of erecting basements on sandy-gravel bed in comparing with basements on natural foundational material.

Сегодня строительная отрасль Республики Беларусь находится на пике своего возрождения. В марте текущего года принята новая версия Республиканской программы развития материально-технической базы строительной отрасли Республики Беларусь на 2006–2010 гг. с реализацией мероприятий по развитию предприятий сборного железобетона и индустриального домостроения. Создание новой редакции программы обусловлено утверждением новых объемов строительства жилья, доведя объемы строительства жилья к 2010 г. до 10 млн м<sup>2</sup>, в частности с применением конструктивных схем крупнопанельного домостроения до 3 млн 420 тыс. м<sup>2</sup> в год, монолитных конструктивных систем – порядка 1,5 млн м<sup>2</sup>. Кроме того, увеличится строительство жилья в сельской местности (до 600 тыс. м<sup>2</sup> в год), в том числе индивидуального домостроения (около 2,5 млн м<sup>2</sup> в год).

Учитывая вышесказанное, экономия всех видов ресурсов является важнейшей задачей для Республики Беларусь, в том числе и для строительной отрасли, которая формирует стоимость строительной продукции.

В этой связи становится актуальным применение новых или усовершенствование уже существующих проектных решений конструкций нулевого цикла. Задача проектирования в этом случае, заключается в том, чтобы выбрать наиболее рациональную конструкцию фундамента применительно к конкретным грунтовым условиям строительной площадки.

Опыт проектирования и строительства искусственных оснований зданий и сооружений показывает, что повышение экономичности принятых решений, снижение трудоемкости при их возведении может быть достигнуто за счет совершенствования технологии производства работ, позволяя получить качественное основание при минимальных энергозатратах, а следовательно, снижая, в конечном счете, сроки строительства и стоимость работ. Выбор оптимальных

конструктивных решений в строительстве в конечном счете основывается на анализе технико-экономических показателей предлагаемых вариантов строительства.

Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь утвержден технический кодекс установившейся практики «Фундаменты зданий и сооружений на уплотненных песчано-гравийных подушках. Правила проектирования» [1], 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. Для широкого внедрения в строительную практику указанного нормативного документа нами с учетом СНБ 5.03.01 [2] разработана номенклатура квадратных столбчатых фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках в сопоставлении с квадратными столбчатыми фундаментами на песчаных основаниях (пески мелкие и пылеватые), определяющая толщину и объем песчано-гравийных подушек для всей номенклатуры фундаментов (табл. 1 и 2).

Обычно при проектировании фундаментов основные технико-экономические показатели определяются в комплексной форме для всех фундаментов строящихся зданий и сооружений с учетом действующих конкретных нагрузок на фундаменты и принятых расчетных сопротивлений грунтов оснований в пределах пятна застройки. При таком подходе не могут быть выявлены индивидуальные особенности какого-либо определенного типа фундаментов, что особенно важно при сопоставлении с другими вариантами фундаментов.

В соответствии с Инструкцией по определению сметной стоимости строительства и составлению сметной документации [3] с учетом Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 29.12.2007 года №1917 [4] нами был разработан графо-аналитический метод, позволяющий проанализировать основные технико-экономические показатели возведения квадратных столбчатых фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках и на естественных песчаных основаниях. Этот метод предусмат-

ривает построение номограмм, связывающих величины действующих нагрузок на фундаменты, физико-механических характеристик песчаных оснований с показателями стоимости возведения фундаментов, расходов на заработную плату, эксплуатацию машин и механизмов, материальных расходов, накладных расходов, плановых накоплений и трудоемкости. Наиболее характерные из номограмм приведены на рис. 1-4.

Таблица 1

Номенклатура монолитных квадратных столбчатых фундаментов на естественном основании

Вариант	Нагрузка, кН/	Наименование грунтов (коэффициент пористости)	Фундамент на естественном основании			
			Ширина фундамента по расчету, м	Номенклатура блока	Расход материалов	
					Бетон, м <sup>3</sup>	Металл, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	6300	Песок Мелкий (0,45)	3,30	ФКС 3,3-612	5,64	234,49
2	4800		2,80	ФКС 3,3-566	4,27	178,00
3	3500		2,45	ФКС 2,4-641	3,24	110,29
4	2400		2,09	ФКС 2,1-577	1,69	59,96
5	6300	Песок мелкий (0,55)	3,55	ФКС 3,6-519	6,26	338,86
6	4800		3,09	ФКС 3,0-566	4,27	178,00
7	3500		2,71	ФКС 2,7-513	3,93	150,51
8	2400		2,31	ФКС 2,4-450	2,16	110,28
9	6300	Песок мелкий (0,65)	4,19	ФКС 4,2-390	9,00	391,03
10	4800		3,71	ФКС 3,9-348	6,72	306,88
11	3500		3,21	ФКС 3,3-354	5,90	182,17
12	2400		2,70	ФКС 2,7-362	2,84	117,08
13	6300	Песок мелкий (0,75)	4,78	ФКС 4,8-306	12,83	493,28
14	4800		4,22	ФКС 4,2-305	9,00	299,84
15	3500		3,65	ФКС 3,9-263	6,72	252,96
16	2400		3,10	ФКС 3,3-253	5,90	133,91
17	6300	Песок пылеватый (0,45)	3,55	ФКС 3,6-519	234,49	338,86
18	4800		3,14	ФКС 3,3-474	178,00	220,05
19	3500		2,71	ФКС 2,7-513	110,29	150,54
20	2400		2,32	ФКС 2,4-450	59,96	110,28

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
21	6300	Песок пылеватый (0,55)	3,86	ФКС 3,9-447	338,86	330,43
22	4800		3,41	ФКС 3,6-403	178,00	262,61
23	3500		2,94	ФКС 3,0-422	150,51	146,10
24	2400		2,51	ФКС 2,7-362	110,28	117,08
25	6300	Песок пылеватый (0,65)	4,48	ФКС 4,5-344	391,03	442,79
26	4800		3,99	ФКС 4,2-305	306,88	299,84
27	3500		3,45	ФКС 3,6-303	182,17	201,23
28	2400		2,86	ФКС 3,0-300	117,08	94,70
29	6300	Песок пылеватый (0,75)	5,13	ФКС 5,1-275	493,28	551,04
30	4800		4,51	ФКС 4,5-270	299,84	338,97
31	3500		3,99	ФКС 4,2-231	252,96	275,15
32	2400		3,34	ФКС 3,6-218	133,91	160,91

Таблица 2

Номенклатура монолитных квадратных столбчатых фундаментов на уплотненной песчано-гравийной подушке

Вариант	Нагрузка, кН/	Наименование грунтов (коэффициент пористости)	Номенклатура блока	Расход материалов		Экономия, раз по сравнению с фундаментом на естественном основании	
				Бетон, м <sup>3</sup>	Металл, кг	Бетон	Металл
1	2	3	4	5	6	7	8
1	6300	Песок мелкий (0,45)	ФКС 2,4-1127 (УП)	2,65	170,15	2,13	1,38
2	4800		ФКС 2,1-1120 (УП)	2,35	98,70	1,82	1,80
3	3500		ФКС 1,8-1113 (УП)	1,22	74,73	2,66	1,48
4	2400		ФКС 1,5-1100 (УП)	0,92	30,93	1,84	1,94
5	6300	Песок мелкий (0,55)	ФКС 2,4-1127 (УП)	2,65	170,15	2,36	1,99
6	4800		ФКС 2,1-1120 (УП)	2,35	98,70	1,82	1,80
7	3500		ФКС 1,8-1113 (УП)	1,22	74,73	3,22	2,01
8	2400		ФКС 1,5-1100 (УП)	0,92	30,93	2,35	3,56
9	6300	Песок мелкий (0,65)	ФКС 2,4-1127 (УП)	2,65	170,15	3,40	2,30
10	4800		ФКС 2,1-1120 (УП)	2,35	98,70	2,86	3,11
11	3500		ФКС 1,8-1113 (УП)	1,22	74,73	4,84	2,44
12	2400		ФКС 1,5-1100 (УП)	0,92	30,93	3,09	3,78

1	2	3	4	5	6	7	8
13	6300	Песок мелкий (0,75)	ФКС 2,4-1127 (УП)	2,65	170,15	4,84	2,90
14	4800		ФКС 2,1-1120 (УП)	2,35	98,70	3,83	3,04
15	3500		ФКС 1,8-1113 (УП)	1,22	74,73	5,51	3,38
16	2400		ФКС 1,5-1100 (УП)	0,92	30,93	6,41	4,33
17	6300	Песок пылеватый (0,45)	ФКС 2,4-1127 (УП)	2,65	170,15	2,36	1,99
18	4800		ФКС 2,1-1120 (УП)	2,35	98,70	2,31	2,23
19	3500		ФКС 1,8-1113 (УП)	1,22	74,73	3,22	2,01
20	2400		ФКС 1,5-1100 (УП)	0,92	30,93	2,35	3,56
21	6300	Песок пылеватый (0,55)	ФКС 2,4-1127 (УП)	2,65	170,15	2,93	2,23
22	4800		ФКС 2,1-1120 (УП)	2,35	98,70	2,57	2,66
23	3500		ФКС 1,8-1113 (УП)	1,22	74,73	3,85	1,95
24	2400		ФКС 1,5-1100 (УП)	0,92	30,93	2,84	3,78
25	6300	Песок пылеватый (0,65)	ФКС 2,4-1127 (УП)	2,65	170,15	4,60	2,60
26	4800		ФКС 2,1-1120 (УП)	2,35	98,70	3,83	3,04
27	3500		ФКС 1,8-1113 (УП)	1,22	74,73	4,96	2,69
28	2400		ФКС 1,5-1100 (УП)	0,92	30,93	5,11	3,06
29	6300	Песок пылеватый (0,75)	ФКС 2,4-1127 (УП)	2,65	170,15	5,69	3,24
30	4800		ФКС 2,1-1120 (УП)	2,35	98,70	5,19	3,43
31	3500		ФКС 1,8-1113 (УП)	1,22	74,73	6,48	3,68
32	2400		ФКС 1,5-1100 (УП)	0,92	30,93	5,81	5,20

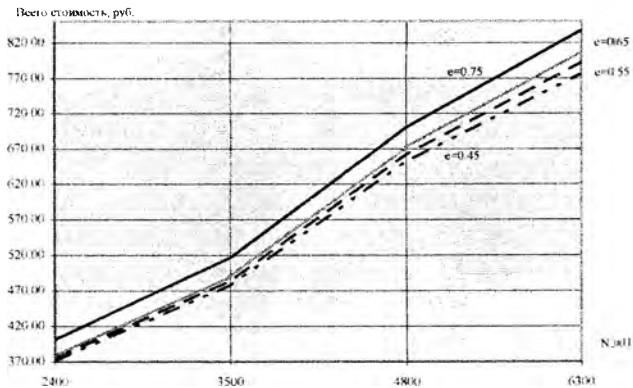


Рис. 1. Стоимость возведения квадратных столбчатых фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках, подстилаемых песками мелкими, в расчете на один фундамент:

$N$  – нагрузка на фундамент, кН;  $e$  – коэффициент пористости

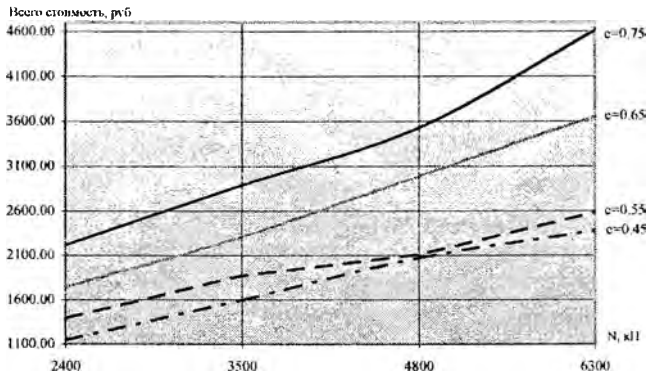


Рис. 2. Стоимость возведения квадратных столбчатых фундаментов на естественном основании из песка мелкого, в расчете на один фундамент:  
 N – нагрузка на фундамент, кН; e – коэффициент пористости

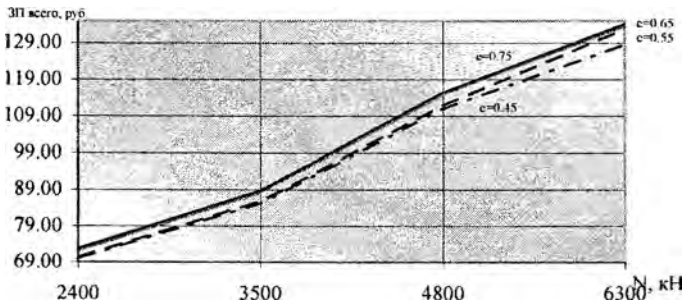


Рис. 3. Изменение основной заработной платы рабочих-строителей при возведении квадратных столбчатых фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках, подстилаемых песками мелкими, в расчете на один фундамент:  
 N – нагрузка на фундамент, кН; e – коэффициент пористости

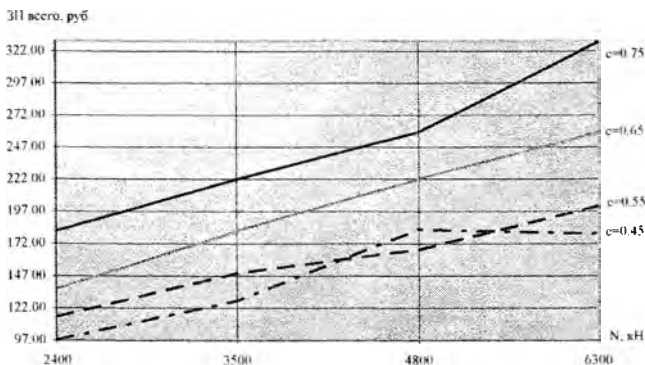


Рис. 4. Изменение основной заработной платы рабочих-строителей при возведении квадратных столбчатых фундаментов на естественном основании из песка мелкого, в расчете на один фундамент:  
 $N$  – нагрузка на фундамент, кН;  $e$  – коэффициент пористости

В результате проведенных исследований в отношении динамики изменения основных технико-экономических показателей, можно сделать вывод: при возведении квадратных столбчатых фундаментов на уплотненных песчано-гравийных подушках размер затрат на эксплуатацию машин и механизмов колеблется в пределах 52,10–104,68 руб. (в т.ч. затраты на заработную плату машинистов – от 14,60 до 29,37 руб.), материальные затраты изменяются от 60,13 до 231,97 руб., диапазон изменения накладных расходов и плановых накоплений составляет 79,76–154,23 руб. и 109,87–212,45 руб. соответственно. При возведении аналогичных фундаментов на естественных основаниях из песка мелкого размер затрат на эксплуатацию машин и механизмов колеблется в пределах 55,79 – 194,03 руб. (в т.ч. затраты на заработную плату машинистов – от 15,22 до 52,78 руб.), материальные затраты изменяются от 108,07 до 781,41 руб., диапазон изменения накладных расходов и плановых накоплений составляет 106,12–359,95 руб. и 146,19–495,84 руб. соответственно.

В целом можно отметить, что разработанный графо-аналитический метод по определению основных технико-экономических показателей при возведении фундаментов особенно



эффективен на стадии проектирования строительных объектов с целью выбора наиболее оптимальных вариантов строительства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фундаменты зданий и сооружений на уплотненных песчано-гравийных подушках. Правила проектирования: ТКП 45-5.01-66-2007 (02250). – 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. Постановление Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь «Об утверждении Инструкции по определению сметной стоимости строительства и составлению сметной документации» от 03.12.2007г. №25 / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 10.01.2008г., рег. №8/17904.
4. Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О некоторых вопросах применения норм и цен в строительстве» от 29.12.2007 года №1917 / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 15.01.2008г., рег. №5/26604.
5. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5.01.01-99. – Минск: МАиС Республики Беларусь, 1999. – 36 с.