

Таблица 4. Коэффициенты безопасности для несущей способности анкера по бетону при классе ответственности СС1 (генеральный индекс надежности  $\beta = 3.1$ )

$V_{fc}$	$h_m = 50$ мм	$h_m = 70$ мм	$h_m = 100$ мм	$h_m = 120$ мм	$h_m = 150$ мм
0.20	$\gamma_c = 1.35$ ( $\beta = 3.14$ )	$\gamma_c = 1.25$ ( $\beta = 3.16$ )	$\gamma_c = 1.2$ ( $\beta = 3.15$ )	$\gamma_c = 1.2$ ( $\beta = 3.20$ )	$\gamma_c = 1.15$ ( $\beta = 3.12$ )
0.30	$\gamma_c = 1.45$ ( $\beta = 3.17$ )	$\gamma_c = 1.35$ ( $\beta = 3.19$ )	$\gamma_c = 1.3$ ( $\beta = 3.19$ )	$\gamma_c = 1.25$ ( $\beta = 3.12$ )	$\gamma_c = 1.25$ ( $\beta = 3.15$ )
0.40	$\gamma_c = 1.55$ ( $\beta = 3.12$ )	$\gamma_c = 1.45$ ( $\beta = 3.14$ )	$\gamma_c = 1.4$ ( $\beta = 3.14$ )	$\gamma_c = 1.4$ ( $\beta = 3.19$ )	$\gamma_c = 1.35$ ( $\beta = 3.13$ )
0.50	$\gamma_c = 1.7$ ( $\beta = 3.12$ )	$\gamma_c = 1.6$ ( $\beta = 3.14$ )	$\gamma_c = 1.55$ ( $\beta = 3.17$ )	$\gamma_c = 1.55$ ( $\beta = 3.18$ )	$\gamma_c = 1.5$ ( $\beta = 3.13$ )

Таблица 5. Коэффициенты безопасности для несущей способности анкера по бетону при классе ответственности СС1 (генеральный индекс надежности  $\beta = 3.8$ )

$V_{fc}$	$h_m = 50$ мм	$h_m = 70$ мм	$h_m = 100$ мм	$h_m = 120$ мм	$h_m = 150$ мм
0.20	$\gamma_c = 1.7$ ( $\beta = 3.83$ )	$\gamma_c = 1.55$ ( $\beta = 3.82$ )	$\gamma_c = 1.5$ ( $\beta = 3.87$ )	$\gamma_c = 1.45$ ( $\beta = 3.83$ )	$\gamma_c = 1.45$ ( $\beta = 3.86$ )
0.30	$\gamma_c = 1.85$ ( $\beta = 3.82$ )	$\gamma_c = 1.7$ ( $\beta = 3.82$ )	$\gamma_c = 1.65$ ( $\beta = 3.81$ )	$\gamma_c = 1.6$ ( $\beta = 3.83$ )	$\gamma_c = 1.55$ ( $\beta = 3.83$ )
0.40	$\gamma_c = 2.05$ ( $\beta = 3.82$ )	$\gamma_c = 1.85$ ( $\beta = 3.84$ )	$\gamma_c = 1.8$ ( $\beta = 3.85$ )	$\gamma_c = 1.8$ ( $\beta = 3.91$ )	$\gamma_c = 1.75$ ( $\beta = 3.83$ )
0.50	$\gamma_c = 2.25$ ( $\beta = 3.81$ )	$\gamma_c = 2.05$ ( $\beta = 3.81$ )	$\gamma_c = 2.0$ ( $\beta = 3.83$ )	$\gamma_c = 2.0$ ( $\beta = 3.86$ )	$\gamma_c = 1.95$ ( $\beta = 3.89$ )

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- Werner Fuchs, Rolf Eligehausen, John E. Breen. Concrete capacity design (CCD) approach for fastening to concrete // *ACI Structural Journal*. – 1995. – Vol.92. – №1 January-February. – P.73-94.
- Провести исследования, разработать и внедрить скоростную технологию возведения подземных монолитных зданий с применением конкурентоспособных опалубочных систем. Этап 8: Выполнить экспериментальные исследования технологических нагрузок на одностороннюю опалубку стен: отчет о НИР (промежуточ.) / УП «Институт БелНИИС» ; Руководитель М.Ф.Марковский. – Мнр 2006211. – Мн., 2006. – 61 с.
- Mansour Shirvani, Richard E. Klingner, Herman L. Graves, III. Breakout capacity of anchors in concrete – part 1: tension // *ACI Structural Journal*. – 2004. – Vol.101. – №6 November-December. – P.812-820.
- Hakki Muratli, Richard E. Klingner, Herman L. Graves, III. Breakout capacity of anchors in concrete – part 2: shear // *ACI Structural Journal*. – 2004. – Vol.101. – №6 November-December. – P.821-829.
- Matthew Miltenberger. Capacity design of grouted anchors // *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International conference on structural mechanics in reactor technology*, Washington DC, August 2001. – paper #1790 (H06).
- NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and other Structures. Part I: Provisions (FEMA 368) // *Building Seismic Safety Council*. – Washington, D.C. 2001. – pp.374.
- Краснощекоев Ю.В. Вероятностные характеристики несущей способности железобетонных конструкций по нормальным сечениям // *Бетон и железобетон*. № 3, 2001. – С. 7–9.
- Незрушающий контроль бетона в монолитном строительстве: совершенствование средств и методов: монография / Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович. – Мн.: БНТУ, 2006. – 220 с.
- Soukhov D., Jungwirth F. Conformity and Safety of Concrete According to prEN 206 and Eurocodes / *Lacer*, N 2, 1997.
- Probabilistic Model Code (12th Draft): Part 3 – Material Properties – Joint Committee of Structural Safety – JCSS–OSTL/DIA/VROU – 10–11–2000.– 41 p.
- Imed Frigui, B.S. Tensile Capacity of Single Anchor in Concrete. Evaluation of Existing Theory on an LRFD Basis: MSc Thesis, the University of Texas at Austin, August, 1992.
- Probabilistic Model Code (12th Draft): Part 1 – Basis of Design – Joint Committee of Structural Safety – JCSS–OSTL/DIA/VROU – 10–11–2000.– 57 p.
- ISO 2394. General principles on reliability for structures.
- EN 1990:2001. Eurocode – Basis of structural design.

Статья поступила в редакцию 23.02.07

УДК 624.138

**Пойта П.С.**

**УПЛОТНЕНИЕ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ ТРАМБОВКАМИ**

**Введение**

Опыт отечественного и зарубежного фундаментостроения показывает, что наиболее эффективным методом подготовки искусственных оснований является интенсивное ударное

уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками. Важным преимуществом такой технологии перед другими методами устройства территорий под строительство зданий и сооружений является возможность уплотнения сильносжимаемых

*Пойта Петр Степанович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой оснований фундаментов, инженерной геологии и геодезии, ректор Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

грунтов на достаточно большую глубину. Более того, наряду с получаемым качественным основанием весьма значительной мощности, применение прогрессивных технологий позволяет снизить энергозатраты, а следовательно, сократить сроки строительства зданий и сооружений, уменьшить их сметную стоимость [1, 2, 5, 8].

Как показывают исследования [5,7], в процессе воздействия ударных нагрузок происходит разрушение существующей и создание новой структуры грунта. Очевидно, что после уплотнения грунта имеют плотность сложения, а следовательно, и прочность, значительно выше первоначальной. Это объясняется тем, что в результате динамического уплотнения происходит мгновенное снижение коэффициента пористости и повышение порового давления. Однако в дальнейшем, как отмечает Зарецкий Ю.К. [5], поровое давление рассеивается при постоянном значении коэффициента пористости, а несущая способность грунта постепенно возрастает и стабилизируется на значительно более высоком уровне в сравнении с исходным.

В связи с этим возникают следующие вопросы:

- изменение плотности грунта завершается мгновенно, или с уменьшением порового давления идет процесс уплотнения грунта;
- имеет ли место временной фактор, и если да, то как долго по времени идет процесс повышения несущей способности грунта.

Учет этих особенностей при проектировании фундаментов, на наш взгляд, имеет большое значение, ибо они в значительной степени влияют на экономичность принимаемого решения.

#### Экспериментально-теоретические исследования уплотнения водонасыщенных грунтов

Выполненные нами исследования физико-механических характеристик водонасыщенных грунтов до и после уплотнения указывают на весьма существенное их различие (табл. 1).

Анализ полученных данных показывает, что изменчивость характеристик для пластичной супеси несколько выше, чем для пылеватых песков. Такая картина, в целом, характерна как через два дня после завершения уплотнения, так и через двадцать два дня. Этот факт, действительно, можно объяснить, рассеиванием порового давления [5]. Процесс выравнивания давления поровой воды в песках несколько быстрее, чем в пылеватоглинистых грунтах. Поэтому изменчивость характеристик грунтов для песков пылеватых меньше, чем для супеси.

Следует отметить, что значения  $W$  и  $\rho$  для супеси пластичной по истечении двадцати двух дней практически не меняются, т.е. достигнута стабилизация грунтов по плотности сложения. Для песка пылеватого этот период несколько меньше и составляет 14-17 дней. Очевидно, что период стабилизации грунта по плотности сложения будет сокращаться с увеличением крупности песка, а следовательно, и его коэффициента фильтрации. И наоборот, чем меньше коэффициент фильтрации (соответственно: супеси, суглинки, глины), тем больше период стабилизации грунта по плотности. Опытные данные свидетельствуют, что для глин этот период может достигать в отдельных случаях двух месяцев после завершения работ по уплотнению грунта.

Ю.К. Зарецкий и М.Ю. Гарицелов [5] такой вид интенсивного ударного уплотнения относят к так называемой динамической консолидации.

Динамическая консолидация применяется для уплотнения водонасыщенных грунтов, залегающих в естественном состоянии, в тех случаях, когда для достижения необходимой плотности требуется добиться отжатия из грунта определенной части поровой воды. Именно для динамической консолидации характерно рассеивание порового давления во времени в фазе покоя, не вызывая дополнительных деформаций основания.

Механизм динамической консолидации впервые был объяснен Л.Менардом [8], предложившим гипотезу оживления

грунта, которая была поддержана Х.Гедике [9]. Обобщенные результаты наблюдений, выполненных Л.Менардом, представлены на рис. 1.

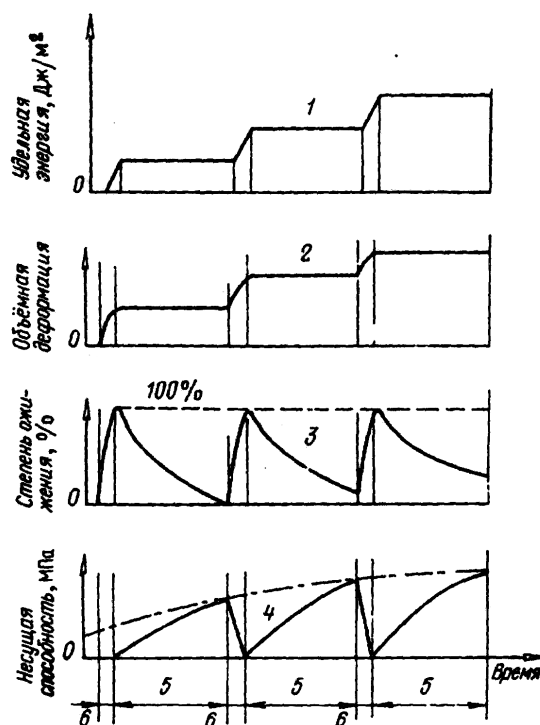


Рис. 1. Изменение состояния грунта в процессе трехэтапного уплотнения (по Л. Менарду) [8]

Нарастание затраченной суммарной удельной энергии происходит в фазах уплотнения (6) и остается неизменной в фазе покоя (5). Во время первого этапа уплотнения происходит наибольшее уменьшение объема уплотняемой толщи, а на последующих этапах эффективность уплотнения снижается. В фазе покоя уменьшение объема весьма незначительно. В то же время в каждой фазе ударов трамбовки поровое давление в грунте достигает одного и того же максимального значения, составляющего  $\rho H$ , где  $\rho$  – плотность грунта;  $H$  – высота вышележащей толщи. Поскольку это давление соответствует давлению в жидкости с плотностью  $\rho$  на глубине  $H$ , то Л.Менард называет это состояние оживленным, а максимальные достижимые значения – как стопроцентное оживление.

Весьма интересен график 4 (рис. 1). Во время ударной обработки грунта его несущая способность практически равна нулю. Зато в фазе покоя идет быстрое нарастание прочности грунта. При этом в случае многоступенчатого уплотнения имеет место прирост несущей способности на каждый последующий этап уплотнения, который, вместе с тем, уменьшается от этапа к этапу. Таким образом, можно сделать весьма важный вывод: наибольший эффект уплотнения пылеватоглинистых водонасыщенных грунтов достигается при двух-четырёх-этапном ударном воздействии на грунт. При проектировании уплотнения грунтов с большим числом этапов его эффективность весьма незначительна, т.е. значительного приращения несущей способности грунта не происходит.

Однако при почти постоянной плотности сложения грунта (табл. 1) с увеличением продолжительности фазы покоя имеет место весьма ощутимый рост механических характеристик грунта.

Вместе с тем, даже при сравнительно небольшом периоде стабилизации грунтов после уплотнения (22 дня) полученные механические характеристики весьма интересны с точки зрения их изменения.

Таблица 1. Изменение основных физико-механических характеристик грунтов после уплотнения ( $n=10$  ударов)

Наименование грунтов	Состояние грунтов	Характеристики грунтов								
		W, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>	e	$\varphi$ , град.	C, кПа	$S_r$	E, МПа (P=150...300 кПа)	
									компрессионные испытания	штамповые испытания
Супесь пластичная естественного основания	До уплотнения	23,35	1,87	1,52	0,76	21	22,0	0,82	5,2	4,2
	После уплотнения	$\frac{22,0}{21,1}$	$\frac{2,08}{2,18}$	$\frac{1,70}{1,80}$	$\frac{0,57}{0,49}$	$\frac{26,3}{26,5}$	$\frac{3,1}{4,0}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{10,8}{11,3}$	$\frac{14,1}{16,8}$
		Изменение характеристик грунтов после уплотнения	$\frac{1,06}{1,11}$	$\frac{1,05}{1,17}$	$\frac{1,12}{1,18}$	$\frac{1,33}{1,55}$	$\frac{1,25}{1,26}$	$\frac{7,1}{5,5}$	-	$\frac{2,08}{2,17}$
Песок пылеватый с глинистыми включениями	До уплотнения	15,1	1,79	1,56	0,71	32	10,0	0,57	6,8	10,4
	После уплотнения	$\frac{13,6}{13,2}$	$\frac{1,92}{1,97}$	$\frac{1,69}{1,74}$	$\frac{0,56}{0,53}$	$\frac{37,0}{37,2}$	$\frac{1,8}{2,0}$	$\frac{0,65}{0,65}$	$\frac{11,6}{14,7}$	$\frac{17,4}{21,3}$
		Изменение характеристик грунтов после уплотнения	$\frac{1,11}{1,14}$	$\frac{1,07}{1,10}$	$\frac{1,08}{1,12}$	$\frac{1,27}{1,34}$	$\frac{1,16}{1,16}$	$\frac{5,56}{5,0}$	-	$\frac{1,70}{2,16}$

Примечание: в числителе – характеристики грунта, определенные на второй день после уплотнения; в знаменателе – через 22 дня после уплотнения

К примеру, как для супеси, так и для песка пылеватого значение угла внутреннего трения грунта в различные периоды времени их определения после уплотнения не меняется. Можно предположить, что основным фактором, влияющим на значение  $\varphi$  после уплотнения, является плотность грунта, а именно: чем плотнее грунт, тем значение  $\varphi$  будет больше. Об этом свидетельствуют данные различных авторов [3, 4, 6] и др. На рис. 2 показаны графики изменения угла внутреннего трения от коэффициента пористости для некоторых разновидностей песков. Сопоставление данных, полученных нами с известными зависимостями  $\varphi = f(e)$ , показывает их хорошее совпадение.



Рис. 2. Изменение угла внутреннего трения песчаных грунтов в зависимости от коэффициента пористости: 1 – пески пылеватые; 2 – пески мелкие; 3 – пески средней крупности; 1' – пески пылеватые

Этот факт имеет очень большое значение, так как при проектировании уплотнения мы имеем возможность прогнозировать величину угла внутреннего трения грунта. Нами получена зависимость, позволяющая определить значение  $\varphi$  после уплотнения.

$$\varphi = \varphi_0 + K_\varphi (e_0 - e_{mp}),$$

где  $\varphi_0$  – угол внутреннего трения грунта до уплотнения, град.;

$K_\varphi$  – коэффициент, учитывающий увеличение  $\varphi$  после уплотнения и принимаемый равным для песков крупных и средней крупности – 25,0; для песков мелких и пылеватых – 30;

$e_0$  – коэффициент пористости грунта природного сложения;

$e_{mp}$  – требуемое (по результатам уплотнения) значение коэффициента пористости.

При рассмотрении изменения угла внутреннего трения при уплотнении водонасыщенных грунтов следует обратить внимание еще на один важный аспект. Как известно, для песчаных грунтов условие прочности имеет вид

$$\tau = \sigma g \varphi,$$

где  $\tau$  – предельное сопротивление грунта сдвигу, МПа;

$\sigma$  – нормальное напряжение, МПа.

Многие годы бытовало мнение, что при передаче динамических воздействий на водонасыщенный грунт угол внутреннего трения уменьшается, а, следовательно, и прочность грунта тоже уменьшается. Результаты исследований П.Л.Иванова [6], выполненные в широком диапазоне ускорений динамических воздействий, показывают, что уменьшение  $\varphi$  при уплотнении, а тем более, после его завершения, не происходит.

Таким образом, выполненные анализы полученных значений  $\varphi$  до и после уплотнения свидетельствуют о том, что интенсивное ударное уплотнение водонасыщенных оснований с применением двух- трехэтапных схем уплотнения является весьма эффективным методом подготовки территорий под строительство различных объектов.

Анализ значений  $C$  и  $E$ , полученных после уплотнения грунтов, свидетельствует об их увеличении. Это означает, что в уплотненном грунте идут сложные физико-химические процессы, оказывающие влияние на значение удельного сцепления и модуля деформации. В связи с этим, важным и необходимым является вопрос изучения изменчивости этих характеристик в течение более длительного периода времени. Предположительно, происходящие процессы в грунте с более плотной упаковкой частиц могут быть объяснены развитием и ростом во времени структурных связей. Здесь временной фактор является весьма важным аспектом, ибо процесс развития связей в грунтах может протекать годы, десятилетия.

#### Заключение

1. Интенсивное ударное уплотнение водонасыщенных пылегато-глинистых грунтов с применением многоэтапных схем уплотнения является весьма эффективным способом подготовки искусственных оснований.

2. Период рассеивания парового давления для пылегато-глинистых грунтов составляет не более одного месяца, что является определяющим фактором при определении времени начала работ последующих этапов.

3. Анализ изменения физико-механических характеристик грунтов показывает, что после стабилизации плотности, влажности имеет место процесс нарастания прочности и уменьшения деформируемости.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. – М.: Стройиздат, 1983.
2. Гарицелов М.Ю. Интенсивное ударное уплотнение водонасыщенных грунтов, оснований энергетических сооружений // Ускорение научно-технического процесса в фундаментостроении. – Сб. трудов в 2-х томах, 1987. – Т. 1. – С. 239-241.
3. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. – М.: Стройиздат, 1973. – 375 с.

4. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – М.: Стройиздат, 1981. – 319 с.
5. Зарецкий Ю.К., Гарицелов М.Ю. Глубинное уплотнение грунтов ударными нагрузками. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
6. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. – М.: Высшая школа, 1991. – 447 с.
7. Пойта П.С. Физическая сущность процесса уплотнения грунта при действии интенсивных ударных нагрузок // Вестник БГТУ. – 2003. – № 5 (23): Физика, математика, химия. – С. 85-86.
8. Menard L. La consolidation denamique des sols de fondation // Annales de Y'YTRTR. – 1974. – № 320, Sept. P. 194-222.
9. Godecke H. – J. Die dynamische Intensivverdichtung wenig wasserdurchlassiger feinkorniger Boden // Schriftreihe des Inst. für Grundbau, Wasserwesen und Verkehrswesen, Ser. Grundbau. – 1979. № 2, 3.

Статья поступила в редакцию 1.03.07

УДК 726.71(476)(091)

*Панченко Т.А.*

## ОБЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ПРАВОСЛАВНЫХ ДУХОВНЫХ ЦЕНТРОВ БЕЛАРУСИ

### *Введение*

Проблемы, связанные с изучением и анализом исторического опыта формирования, реконструкции и нового строительства культовых зданий и комплексов, остро проявились в последние десятилетия. На протяжении всех периодов изучения архитектурного наследия белорусского зодчества, начиная с конца XIX в., православное церковное и монастырское строительство, в котором воплотился весь опыт и достижения архитектуры, строительной техники, живописи и скульптуры, не становилось предметом отдельного исследования. Исключением являются работы известных специалистов И.Н. Слюньковой, Т.В. Габрус и Г.А. Лаврецкого, посвященные непосредственно изучению архитектуры православной конфессии на территории Беларуси и появившиеся в последние десятилетия. Изучение архитектурно-пространственной структуры современных комплексов православных духовных центров не представляет собой систематизированного комплекса знаний, не выходит за рамки накопления фактологического материала об отдельных типах таких комплексов и конкретных архитектурных объектах.

Анализ современного состояния православного зодчества Беларуси показывает, что в последние годы всё острее назревает необходимость не только сохранения и воссоздания действующих архитектурных ансамблей, насыщение этих комплексов функциями, выходящими за пределы богослужения, но и создание новых православных комплексов, которые будут соответствовать духовным запросам современного человека, удовлетворять новым требованиям развития личности и общества в целом, а также сохранять традиционную символику храма и архитектурного комплекса в целом, учитывать современные технологии возведения зданий.

Поэтому так важно систематизировать исторический опыт строительства тех православных духовных центров, которые уже функционируют, провести анализ их функциональной организации и архитектурно-пространственной структуры. На территории Беларуси при возведении новых и обновлении действующих храмов, чаще всего их функциональные про-

граммы расширяются за пределы религиозных функций, появляется определённая инфраструктура обслуживания. Таким образом, сложившиеся комплексы представляют собой центры религиозной, просветительской и других видов деятельности, при этом каждый из них имеет разную степень развития дополнительных функций и обладает при этом развитой той или иной степени территорией влияния.

### *Научно-теоретические и методические основы исследования*

Методика исследования архитектурно-пространственной организации православных духовных центров Беларуси основана на системном, многоуровневом и комплексном подходе, что позволило рассмотреть современный православный духовный центр Беларуси как полифункциональный архитектурный комплекс, обладающий определённой внутренней структурой и подчиняющийся определённым композиционно-пространственным закономерностям.

Разработка системы знаний о формировании и развитии современных православных духовных центров Беларуси, последующая классификация их различных типов на основе общих, только им присущих архитектурно-типологических признаков, необходима для утверждения, что, во-первых, архитектурно-пространственная организация современного православного духовного центра зависит и подчиняется определённым закономерностям и пространственным взаимосвязям, во-вторых, в современных православных духовных центрах Беларуси существуют стилистические, градостроительные, архитектурно-пространственные особенности формирования их комплексов.

Цели и задачи исследования определяют выбор общего методологического подхода для их решения. Для проведения данного исследования применяется совокупность общеисторических и общенаучных методов исследования, представляющая собой их сочетание, а также частные методы исследования. Разработка системы методов исследования является важным этапом в логической структуре исследования. В силу того, что изучаемые системы являются сложными и разно-

*Панченко Татьяна Александровна, старший преподаватель кафедры архитектурного проектирования и рисунка Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

*Строительство и архитектура*