Source: Seskov V., Liakh V. Reasonable Foundations for Low-Rise Construction in the Republic of Belarus. Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete: Collected Research Papers. Minsk. Institute BelNIIS. Vol. 7. 2015. pp. 152-177.

Сеськов Валерий Ефимович, канд. техн. наук, доцент, заведующий научно-исследовательским отделом, РУП «Институт БелНИИС», г. Минск (Беларусь)

Лях Вадим Николаевич, заместитель заведующего научно-исследовательским отделом, заведующий лабораторией, РУП «Институт БелНИИС», г. Минск (Беларусь)

Valeri Seskov, PhD in Engineering Science, associate professor, head of scientific-research department, «Institute BelNIIS», RUE , Minsk (Belarus)

Vadim Liakh, deputy head of scientific-research department, chief of the laboratory, «Institute BelNIIS», RUE, Minsk (Belarus)

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

REASONABLE FOUNDATIONS FOR LOW-RISE CONSTRUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследований конструктивных решений рациональных фундаментов для малоэтажного строительства Республики Беларусь в зависимости от грунтовых условий и действующих вертикальных нагрузок на фундаменты (этажности зданий).

Инженерно-геологические условия территории Республики Беларусь, в значительной степени определяющие конструктивные решения фундаментов малоэтажных зданий, можно свести к пяти основным видам, которые различаются в зависимости от грунтов, участвующих в их геологическом строении: основания с песчаными отложениями, основания с глинистыми моренными отложениями (супесями и суглинками), основания с глинистыми лессовидными отложениями (супесями и суглинками), основания с глинистыми озерно-ледниковыми отложениями (суглинками и глинами), основания с биогенными отложениями (озерными, болотными, аллювиальными озерными и болотными, мергельно-меловыми).

Всю совокупность нагрузок можно разбить на три группы (для зданий от 1 до 5 этажей): группа 1 – от 30 до 470 кН (кирпичные, крупнопанельные и монолитные здания); группа 2 – от 80 до 700 кН (объемно-блочные здания); группа 3 – от 330 до 1980 кН (каркасные здания).

Краткая номенклатура рациональных фундаментов в условиях малоэтажного строительства Беларуси включает фундаменты:

– ленточные (монолитные и сборные) с глубиной заложения не менее 0,4 м (4 варианта), свайные (забивные и буронабивные малого сечения, винтовые) длиной до 4,0 м (3 варианта), сплошные плитные (3 варианта) – для песчаных оснований (отложений);

– ленточные (монолитные и сборные) с глубиной заложения не менее 0,5 м (14 вариантов), свайные (в буровых и бурораскатанных скважинах, с выштампованным основанием, забивные и вдавливаемые малого сечения, винтовые) длиной до 5,0 м (6 вариантов), сплошные плитные, в том числе на геомассивах (9 вариантов) – для глинистых моренных, лессовидных и озерно-ледниковых оснований (отложений);

– ленточные и столбчатые с удалением слоя слабого биогенного грунта и заменой его уплотненным насыпным песчаным слоем (4 варианта), сплошные плитные фундаменты (3 варианта), плитно-свайные фундаменты (3 варианта) – для биогенных и мергельно-меловых оснований (отложений).

По результатам исследований разработаны Рекомендации по проектированию и устройству рациональных фундаментов, включая Альбом рациональных фундаментов для малоэтажного строительства в условиях Республики Беларусь, в котором представлена расширенная (полная) номенклатура, состоящая из 88 вариантов рациональных фундаментов.

ABSTRACT

The article contains the results of the research of structural solutions for reasonable foundations for low-rise construction in the Republic of Belarus according to the soil conditions and actual vertical load on foundations (number of stories in a building).

Geotechnical conditions on the territory of the Republic of Belarus define to a significant extent the structural solutions for foundations of low-rise buildings. The conditions can be reduced to 5 basic types that differ according to the soils that make part of the their geologic structure: foundations with sandy deposits; foundations with clayey moraine deposits (sandy clay and clayey soil); foundations with clayey loess deposits (sandy clay and clayey soil); foundations with clayey glacial silts (clayey soil and argil); foundations with biogenic deposits (lacustrine, swamped, alluvial lacustrine and swamped, loamy and cretaceous).

The whole of loads can be divided into three groups (for buildings from 1 to 5 stories): group 1 – from 30 to 470 kN (brick, large panel and monolithic construction); group 2 – from 80 to 700 kN (prefabricated building); group 3 – from 330 to 1980 kN (frame construction).

The brief assortment of reasonable foundations in the conditions of low-rise construction in Belarus includes the following foundations:

– strip (solid-cast and prefabricated) with laying depth no less than 0,4 m (4 variants), pile-supported (rammed in and bored of light-gauge, crewed) with length up to 4,0 m (3 variants), with solid foundation slab (3 variants) – for sand bases (deposits);

– strip (solid-cast and prefabricated) with laying depth no less than 0,5 m (14 variants), pile-supported (in bored and bore-expanded wells, with stamped-out basis,, rammed in and impressed in of light-gauge, crewed) with length up to 5,0 m (6 variants), with solid foundation slab including – on geotechnical bodies (9 variants) – for clayey moraine, loess and glacial silt foundations (deposits);

– strip and pier with removal of soft biogenic soil layer and its replacement with compacted filling sand layer (4 variants), solid foundation slabs (3 variants), combined piled-raft foundation (3 variants) – for biogenic and loamy and cretaceous foundations (deposits).

According to the research results Recommendations on design and arrangement of reasonable foundations have been elaborated. The Recommendations include the Album of reasonable foundations for low-rise construction in the conditions of Belarus which presents the complete assortment, consisting of 88 variants of reasonable foundations.

Ключевые слова: малоэтажное строительство, рациональные фундаменты, конструктивные решения, грунтовые условия, номенклатура

Keywords: low-rise construction, reasonable foundations, structural solutions, soil conditions, assortment

ВВЕДЕНИЕ

Переход экономики на рыночные отношения, необходимость интенсификации сельскохозяйственного производства за счет укрепления коллективных хозяйств и возрождения фермерства, широкие масштабы дачного и коттеджного строительства стимулируют развитие общественного и индивидуального домостроения малоэтажных зданий, как в сельской местности, так и в пригородных районах.

Небольшие размеры населенных пунктов, где возводятся малоэтажные здания и сооружения, их рассредоточенность и, как правило, отдаленность от предприятий строительной индустрии – все это создает определенные трудности в организации строительства. Кроме того, множественность видов строительства по источникам финансирования (государственное, частное, кооперативное, индивидуальное, смешанное и т.п.), большее разнообразие возводимых малоэтажных зданий и сооружений ставят задачи по разработке номенклатуры наиболее экономичных, наименее трудоемких конструкций фундаментов и методов их возведения.

Характерными особенностями индивидуального домостроения являются, с одной стороны, разнообразие инженерно-геологических условий (как правило, весьма неблагоприятных) и, с другой, требование относительно небольшого (не более 3-5 месяцев) срока строительства и его стоимости. Все это заставляет уделять повышенное внимание вопросам, относящимся к нулевому циклу. Как показывает практика, именно нулевой цикл (возведение фундаментов) является наиболее узким местом индивидуального и в целом строительного производства. Не учет конкретных инженерно-геологических условий приводит либо к неоправданному перерасходу материалов, либо к увеличению сроков строительства [1].

ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА БЕЛАРУСИ

Инженерно-геологические условия территории Республики Беларусь, в значительной степени определяющие конструктивные решения фундаментов малоэтажных зданий, можно свести к пяти основным видам, которые различаются в зависимости от грунтов, участвующих в их геологическом строении:

- основания с песчаными отложениями;
- основания с глинистыми моренными отложениями (супесями и суглинками);
- основания с глинистыми лессовидными отложениями (супесями и суглинками);
- основания с глинистыми озерно-ледниковыми отложениями (суглинками и глинами);
- основания с биогенными отложениями (озерными, болотными, аллювиальными озерными и болотными, мергельно-меловыми).

В каждом из видов выделены наиболее характерные для грунтовых условий Республики Беларусь инженерно-геологические колонки (рис. 1- 6).

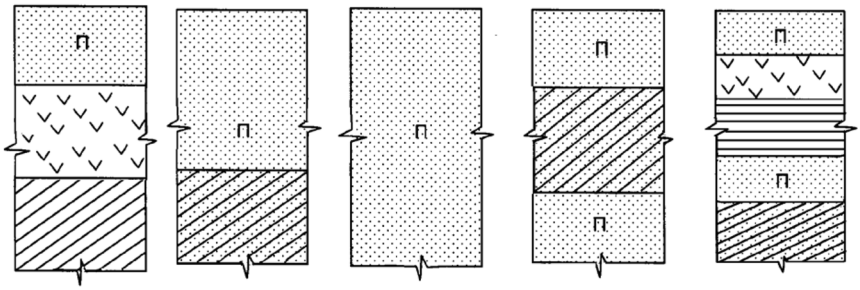


Рисунок 1. Расчетные схемы оснований с песчаными отложениями

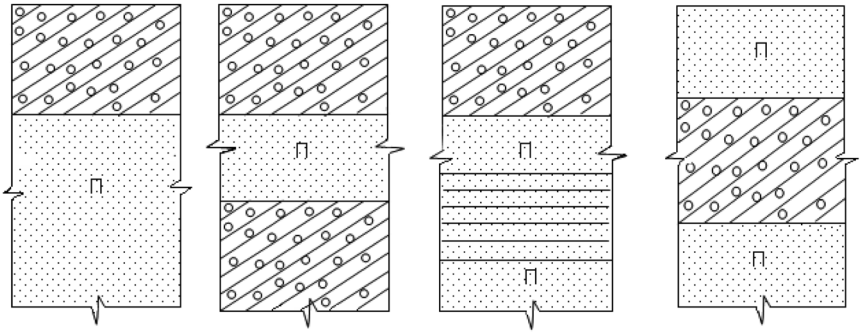


Рисунок 2. Расчетные схемы оснований территории Республики Беларусь с моренными отложениями

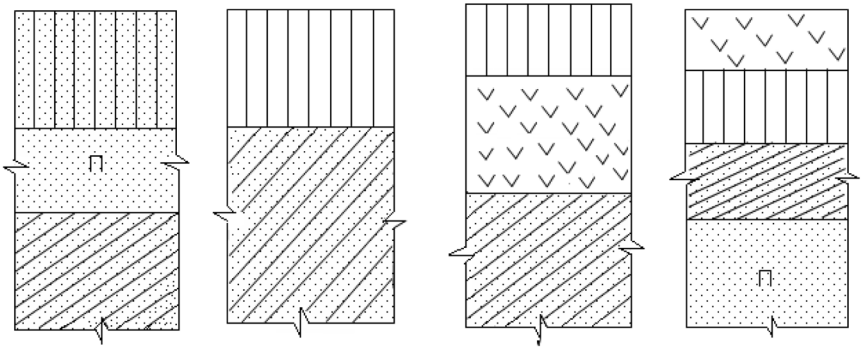


Рисунок 3. Расчетные схемы оснований территории Республики Беларусь с лессовидными отложениями

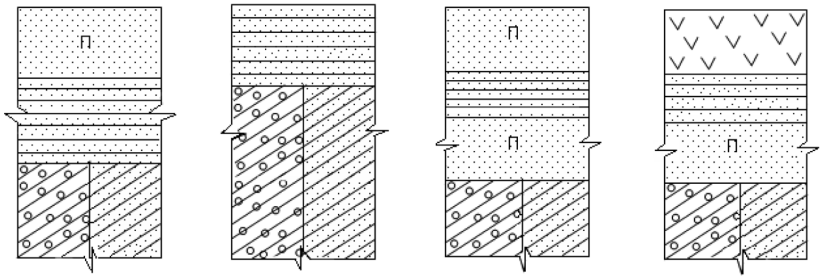


Рисунок 4. Расчетные схемы оснований территории Республики Беларусь с озерно-ледниковыми отложениями

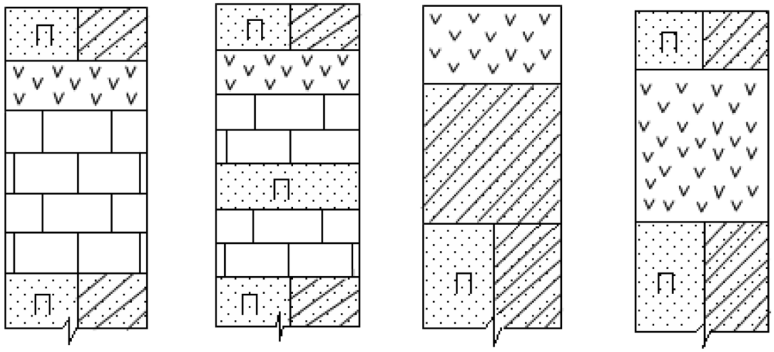


Рисунок 5. Расчетные схемы оснований территории Республики Беларусь с биогенными и мергельно-меловыми отложениями

Рисунок 6. Условные обозначения инженерно-геологических колонок оснований с основными (характерными) отложениями на территории Республики Беларусь

Каждый из видов выделенных оснований, в зависимости от прочности составляющих их грунтов, можно привести к трем основным расчетным строительным типам:

тип 1 - основания прочные;

тип 2 - основания средней прочности;

тип 3 - основания слабые и малопрочные.

Расчетные строительные типы характеризуют интервалы прочностных и деформативных характеристик основания, для которых технические параметры запроектированных фундаментов изменяются незначительно, и которые условно можно считать постоянными.

Определение строительного расчетного типа основания производится по таблице 1.

Таблица 1

Вид грунта	Характеристики грунта	Тип основания		
		прочные	средней прочности	слабые
Песчаные	$\overline{P_Д}$, МПа	> 8,5	8,5 > $P_Д$ ≥ 1,5	< 1,5
	$\overline{q_з}$, МПа	> 8,3	8,3 > $q_з$ ≥ 1,2	< 1,2
Пылевато-глинистые	$\overline{P_Д}$, МПа	≥ 2,8	2,8 > $P_Д$ ≥ 1,2	< 1,2
	$\overline{q_з}$, МПа	≥ 2,5	2,5 > $q_з$ ≥ 1,0	< 1,0

Основания, относящиеся к типу 1 (прочные), характерны для большей части территории Республики Беларусь (65 %), и устройство фундаментов на них не вызывает затруднений и необусловлено дополнительными затратами по обеспечению надежности сооружений. К таким основаниям относятся грунты с песчаными, моренными глинистыми и, частично, лессовидными отложениями.

Основания, относящиеся к типу 2 (средней прочности), составляют до 30 % территории Республики Беларусь и требуют дополнительных затрат на мероприятия по повышению надежности сооружений. К таким основаниям частично относятся грунты с песчаными, моренными и лессовидными отложениями.

Основания, относящиеся к типу 3 (слабые), в пределах сжимаемой толщи которых имеются слабые грунты, залегающие с поверхности или в виде прослоек по его глубине, составляют 5 % территории Республики Беларусь и требуют дополнительных мероприятий по их подготовке и специальных фундаментов. К таким основаниям частично относятся грунты с песчаными, моренными и лессовидными отложениями и полностью с озерно-ледниковыми, биогенными и мергельно-меловыми отложениями.

Помимо грунтовых условий выбор рациональных конструкций фундаментов зависит от типа возводимого здания или сооружения. Унифицированная номенклатура используемых в малоэтажном гражданском и промышленном строительстве типов зданий дана в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 свидетельствует, что всю совокупность нагрузок можно разбить на три группы:

группа 1 – от 30 до 470 кН (кирпичные, крупнопанельные и монолитные здания);

группа 2 – от 80 до 700 кН (объемно-блочные здания);

группа 3 – от 330 до 1980 кН (каркасные здания).

При этом большинство (более 90 %) возводимых крупнопанельных малоэтажных зданий 1 группы имеют расчетные вертикальные нагрузки до 50 кН/м, а каркасные – до 900 кН на фундамент. В то же время нагрузки от каркасных зданий монолитной системы составляют 1980 кН (для колонн 300х300 мм).

Первая группа нагрузок передается на основание в основном посредством ленточных, вторая и третья – столбчатых или кустовых свайных фундаментов.

Таблица 2

Унифицированные нагрузки на фундаменты от малоэтажных сооружений, применяемых в Беларуси

Тип здания	Расчетные нагрузки на фундаменты при этажности зданий, равной				
	1	2	3	4	5
Кирпичные и монолитные, кН/м	50 90	95 170	140 250	185 330	230 410
Крупно-панельные, кН/м	30 100	55 170	80 270	105 370	130 470
Объемно-блочные, кН	80 160	165 310	220 450	275 580	330 700
Каркасные (связевой каркас) с шагом колонн 6х6 м, кН:					
крайние ряды	330	650	950	1230	1490
средние ряды	460	900	1300	1660	1980

Примечание. В числителе приводится наиболее характерная величина нагрузки на фундаменты для данного типа зданий (по частоте распределения в совокупности, составляющая не менее 50 %), в знаменателе – максимально возможная (как правило, не превышающая 10 %).

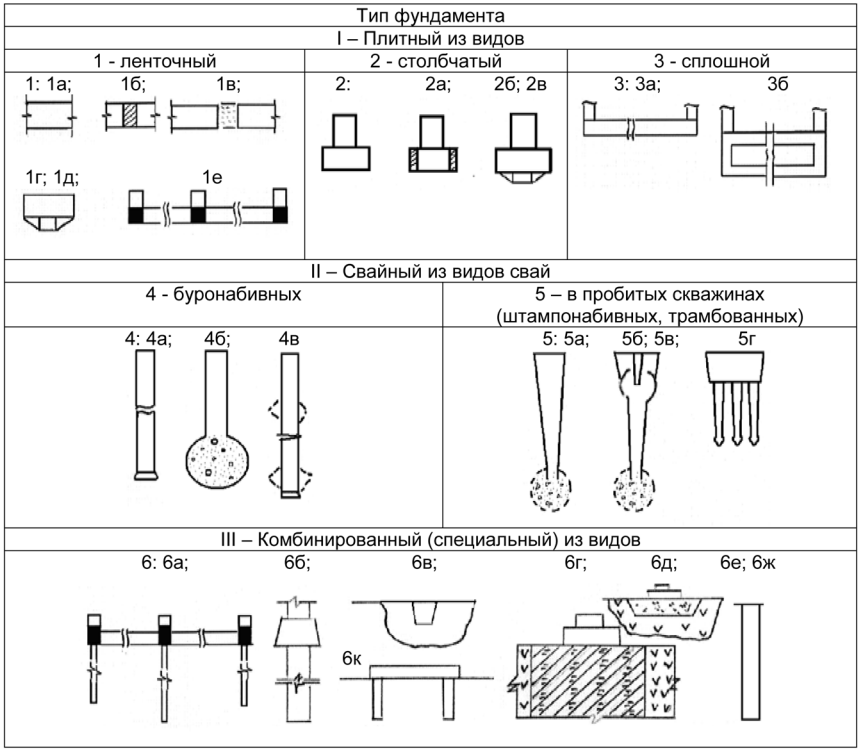
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фундаменты малоэтажных зданий, применяемые в грунтовых условиях Республики Беларусь, можно свести к трем основным типам (рис. 7):

тип 1 (плитные) – ленточные, столбчатые, сплошные типовой номенклатуры, а также индивидуальные конструкции: прерывистые, с промежуточной подготовкой, с вырезами, перекрестные ленты и др. (рис. 7(1) – 7(3));

тип 2 (свайные) – буронабивные, винтовые (рис. 7(4)) и набивные сваи, изготовленные без выемки грунта (в выштампованных, вытрамбованных скважинах) (рис. 7(5));

тип 3 (специальные) – комбинированные (рис. 7(6)).



1 – ленточные плитные фундаменты: 1а – непрерывный, 1б – то же, с различными вырезами, 1в – прерывистый, 1г – с промежуточной подготовкой, 1д – с неполным контактом, 1е – из перекрестных лент; 2 – столбчатые плитные фундаменты: 2а – с вырезами, 2б – с промежуточной подготовкой, 2в – с неполным контактом; 3 – сплошные плитные фундаменты: 3а – массивный, 3б – с пустотами, коробчатый, кольцевой;

4 – буронабивные: 4а – то же, с уплотненным забоем или вытрамбованной пятой (4б), 4в – то же, с уширением ствола или пяты и в бурораскатанных скважинах; 5 – в пробитых скважинах: 5а – пирамидальные, конические, в т.ч. с вытрамбованной пятой, 5б – то же, с вытрамбованным оголовком и пятой, в т.ч. из щебня и гравия (5в), 5г – микросвайный фундамент (штампонабивной); 6 – комбинированный фундамент: 6а – переменной жесткости (плитно-свайный сплошной или из перекрестных лент), 6б – то же, плитный столбчатый или ленточный, в т.ч. с анкерами, 6в – траншейный, щелевой, в т.ч. коробчатый (6к), 6г – фундамент на закрепленном основании (геомассив, в т.ч. из песчано-гравийных свай), 6д – фундамент на уплотненной песчаной подушке, 6е, 6ж – стена в грунте, в т.ч. из буронабивных свай (6е), столбов и опускных колодцев.

Рисунок 7. Технически возможные конструкции рациональных (эффективных) фундаментов малоэтажных зданий для грунтовых условий Республики Беларусь

КРАТКАЯ НОМЕНКЛАТУРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА БЕЛАРУСИ

Песчаные отложения.

Ленточные фундаменты.

Ленточные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять для неводонасыщенных песчаных грунтов в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем).

В зависимости от технологии возведения выделены два вида ленточных фундаментов:

- монолитные ленточные фундаменты – для малоэтажных зданий с несущими стенами этажностью от 1 до 5 этажей;
- сборные ленточные фундаменты – для малоэтажных зданий с несущими стенами этажностью 3 – 5 этажей.

Конструкция ленточных фундаментов определяет выделение четырех их вариантов:

- ленточные фундаменты с глубиной заложения подошвы не менее 0,4 м от поверхности планировки и уровнем грунтовых вод (далее – УГВ), находящимся на глубине $h \geq 0{,}5$ м от подошвы фундамента – для песков гравелистых, крупных и средней крупности;
- то же, с глубиной заложения более глубины промерзания и УГВ, находящемся на глубине $h \geq 0{,}5$ м от подошвы фундаментов – для песков мелких и пылеватых;
- то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от поверхности планировки и УГВ, находящемся не менее чем на

1,0 м глубже расчетной глубины промерзания грунтов – для песков мелких и пылеватых;

– то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от поверхности планировки, уплотненной подсыпки из щебня толщиной не менее 0,3 м под подошвой фундаментов и УГВ, находящемся на глубине $h \geq 0,4$ м от подошвы фундаментов – для песков мелких и пылеватых.

Свайные фундаменты.

Свайные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять как в неводонасыщенных, так и в водонасыщенных песчаных основаниях в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем).

Виды (технология возведения) свайных фундаментов предполагает применение трех вариантов:

– свайные фундаменты зданий каркасных и с несущими стенами из буронабивных свай и объединяющего ростверка – для неводонасыщенных песчаных оснований;
– то же, из забивных свай малого сечения и объединяющего ростверка – для водонасыщенных песчаных оснований;
– то же, из винтовых свай и объединяющего ростверка – для водонасыщенных песчаных оснований.

Основные конструктивные параметры свайных фундаментов находятся в пределах:

– свайные ростверки – толщина 0,3÷0,4 м;
– сваи буронабивные – длина $l = 1,5 \div 3,0$ м, диаметр $d = 0,15 \div 0,30$ м;
– сваи забивные малого сечения – длина $l = 2,0 \div 4,0$ м, сечение $a \times b = 0,1 \times 0,1 \div 0,2 \times 0,2$ м;
– сваи винтовые – длина $l = 1,6 \div 4,0$ м.

Сплошные плитные фундаменты.

Сплошные плитные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять как в неводонасыщенных, так и в водонасыщенных песчаных основаниях в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем) на всю площадь здания.

Технология возведения сплошных плитных фундаментов предполагает применение трех их видов:

– сплошной плитный фундамент зданий каркасных и с несущими стенами на естественном, в том числе уплотненном, песчаном основании с глубиной заложения подошвы не ме-

нее 0,4 м от отметки планировки – для песков гравелистых, крупных и средней крупности;

- то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки и УГВ, находящемся на глубине $h \geq 1,5$ м от подошвы плиты – для песков мелких и пылеватых;
- сплошной плитный фундамент зданий каркасных и с несущими стенами на уплотненной подсыпке из щебня или гравия с отметкой верха подсыпки выше УГВ – для песков всех видов водонасыщенных.

Основные конструктивные параметры сплошных плитных фундаментов находятся в пределах:

- толщина сплошного плитного фундамента составляет от 0,15 до 0,30 м – для 1-3-этажных зданий;
- то же, составляет от 0,3 до 0,4 м – для 4-5-этажных зданий;
- толщина уплотненной подсыпки из щебня или гравия под сплошной плитный фундамент выше существующего УГВ не менее чем на 0,5 м – в условиях водонасыщенных песчаных оснований всех видов.

Моренные глинистые отложения.

Ленточные фундаменты.

Ленточные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять для неводонасыщенных моренных глинистых грунтов очень прочных, прочных и средней прочности в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем).

Технология возведения ленточных фундаментов предполагает применение двух их видов:

- монолитные ленточные фундаменты – для малоэтажных зданий с несущими стенами этажностью от 1 до 5 этажей;
- сборные ленточные фундаменты – для малоэтажных зданий с несущими стенами этажностью 3 – 5 этажей.

Конструкция ленточных фундаментов предполагает применение семи их видов:

- ленточные фундаменты с глубиной заложения подошвы более глубины промерзания – для моренных супесей и суглинков и УГВ, находящемся на глубине $h \geq 0,5$ м от подошвы фундаментов;
- то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от поверхности планировки и УГВ, находящемся не менее чем на

1,5 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для моренных супесей;

- то же, с УГВ, находящемся не менее чем на 2,0 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для моренных суглинков с числом пластичности $J_p \le 12$;
- то же, с УГВ, находящемся не менее чем на 2,5 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для моренных суглинков с числом пластичности $J_p > 12$;
- то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки с уплотненной подсыпкой из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песка крупного или средней крупности толщиной $h_п \ge 0,5$ м с коэффициентом фильтрации материала подушки $K_ф \ge 3$ м/сут. и УГВ, находящемся на глубине $h \ge 0,6$ м от подошвы фундамента – для моренных супесей;
- то же, с УГВ, находящемся на глубине $h \ge 0,8$ м от подошвы фундамента – для моренных суглинков с числом пластичности $J_p \le 12$;
- то же, с УГВ, находящемся на глубине $h \ge 1,0$ м от подошвы фундамента – для моренных суглинков с числом пластичности $J_p > 12$.

Свайные фундаменты.

Свайные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять в слабых моренных глинистых основаниях в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем).

Технология возведения свайных фундаментов предполагает применение трех их видов:

- свайные фундаменты зданий каркасных и с несущими стенами из набивных (буронабивных, бураскатанных, с выштампованным основанием и др.) свай и объединяющего ростверка – для слабых моренных глинистых оснований с показателем текучести $I_L \le 0,50$;
- то же, из забивных и вдавливаемых свай малого сечения и объединяющего ростверка – для слабых моренных глинистых оснований с показателем текучести $I_L \le 0,75$;
- то же, из винтовых свай и объединяющего ростверка – для слабых моренных глинистых оснований с показателем текучести $I_L \le 0,75$.

Основные конструктивные параметры свайных фундаментов находятся в пределах:

- свайные ростверки – толщина 0,3÷0,4 м;
- сваи набивные – длина l = 1,5÷5,0 м, диаметр d = 0,15÷0,30 м;
- сваи забивные и вдавливаемые малого сечения – длина l = 2,0÷5,0 м, сечение a×b = 0,1×0,1÷0,2×0,2 м;
- сваи винтовые – длина l = 1,6÷4,0 м.

Сплошные плитные фундаменты на геомассивах в слабых моренных глинистых грунтах.

Сплошные плитные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять на слабых глинистых моренных основаниях в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем) на всю площадь здания с устройством под этими фундаментами геомассивов из набивных, забивных и вдавливаемых свай малого сечения длиной до 5,0 м.

Технология возведения сплошных плитных фундаментов предполагает применение трех их видов:

- сплошной плитный фундамент на геомассивах зданий каркасных и с несущими стенами на слабом моренном глинистом основании с глубиной заложения подошвы не менее 0,4 м от отметки планировки и УГВ, находящемся на глубине h ≥ 1,0 м от подошвы плиты – для моренных супесей;
- то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки и УГВ, находящемся на глубине h ≥ 1,5 м от подошвы плиты – для моренных суглинков;
- то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки на уплотненной подсыпке из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песков крупных и средней крупности с отметкой верха подсыпки выше УГВ – моренных супесей и суглинков вне зависимости от УГВ.

Основные конструктивные параметры сплошных плитных фундаментов находятся в пределах:

- толщина сплошного плитного фундамента составляет от 0,15 до 0,30 м – для 1÷3 этажных зданий;
- то же, составляет от 0,3 до 0,4 м – для 4-5-этажных зданий;
- толщина уплотненной подсыпки из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песка крупного и средней крупности под сплошной плитный фундамент выше существующего УГВ

не менее чем на 0,5 м – в условиях слабых моренных оснований всех видов.

Конструкции геомассивов на слабых моренных глинистых грунтах.

Геомассив под сплошной монолитный железобетонный плитный фундамент (далее - сплошная плита) – это грунтовое основание, армированное вертикальными элементами (армоэлементами) длиной до 5,0 м.

В качестве вертикальных арматурных элементов целесообразно применять следующие конструкции:

- набивные гравийно-щебеночные, бетонные и грунтобетонные сваи малого сечения в буровых, бурораздвижных и пробитых (вытрамбованных, выштампованных и проколотых) скважинах. Длина свай, l, составляет: $1{,}0 \le l \le 5{,}0$ (м), а диаметр или сторона сечения, $d \le 200$ (мм);
- сборные (готовые) сваи малого сечения с диаметром или стороной сечения, $d \le 200$ (мм), длиной $l \le 5{,}0$ (м), погружаемых любыми известными способами (виброударное погружение, задавливание).

Глинистые лессовидные отложения.

Ленточные фундаменты.

Ленточные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять для неводонасыщенных лессовидных глинистых грунтов очень прочных и прочных в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем).

Технология возведения ленточных фундаментов предполагает применение двух их видов:

- монолитные ленточные фундаменты – для малоэтажных зданий с несущими стенами этажностью от 1 до 5 этажей;
- сборные ленточные фундаменты – для малоэтажных зданий с несущими стенами этажностью 3÷5 этажей.

Конструкция ленточных фундаментов предполагает применение семи их видов:

- ленточные фундаменты с глубиной заложения подошвы более глубины промерзания – для лессовидных супесей и суглинков и УГВ, находящемся на глубине $h \ge 0{,}5$ м от подошвы фундаментов;
- то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от поверхности планировки и УГВ, находящемся не менее чем на

1,5 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для лессовидных супесей;

- то же, с УГВ, находящемся не менее чем на 2,0 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для лессовидных суглинков с числом пластичности $J_p \leq 12$;
- то же, с УГВ, находящемся не менее чем на 2,5 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для лессовидных суглинков с числом пластичности $J_p > 12$;
- то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки с уплотненной подсыпкой из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песка крупного или средней крупности толщиной $h_п \geq 0,5$ м с коэффициентом фильтрации материала подушки $K_ф \geq 3$ м/сут. и УГВ, находящемся на глубине $h \geq 0,6$ м от подошвы фундамента – для лессовидных супесей;
- то же, с УГВ, находящемся на глубине $h \geq 0,8$ м от подошвы фундамента – для лессовидных суглинков с числом пластичности $J_p \leq 12$;
- то же, с УГВ, находящемся на глубине $h \geq 1,0$ м от подошвы фундамента – для лессовидных суглинков с числом пластичности $J_p > 12$.

Свайные фундаменты.

Свайные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять в слабых и средней прочности лессовидных глинистых основаниях в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем).

Технология возведения свайных фундаментов предполагает применение трех их видов:

- свайные фундаменты зданий каркасных и с несущими стенами из набивных (буронабивных, бурораскатанных, с выштампованным основанием и др.) свай и объединяющего ростверка – для слабых (с прорезкой слабого слоя) и средней прочности лессовидных глинистых оснований с показателем текучести $I_L \leq 0,50$;
- то же, из забивных и вдавливаемых свай малого сечения и объединяющего ростверка – для слабых (с прорезкой слабого слоя) и средней прочности лессовидных глинистых оснований с показателем текучести $I_L \leq 0,75$;

– то же, из винтовых свай и объединяющего ростверка – для слабых (с прорезкой слабого слоя) и средней прочности лессовидных глинистых оснований с показателем текучести $I_L \leq 0,75$.

Основные конструктивные параметры свайных фундаментов находятся в пределах:

– свайные ростверки – толщина 0,3÷0,4 м;
– сваи набивные – длина l = 1,5÷5,0 м, диаметр d = 0,15÷0,30 м;
– сваи забивные и вдавливаемые малого сечения – длина l = 2,0÷5,0 м, сечение a×b = 0,1×0,1÷0,2×0,2 м;
– сваи винтовые – длина l = 1,6÷4,0 м.

Сплошные плитные фундаменты на геомассивах в слабых лессовидных глинистых грунтах.

Сплошные плитные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять на слабых и средней прочности глинистых лессовидных основаниях в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем) на всю площадь здания с устройством под этими фундаментами геомассивов из набивных, забивных и вдавливаемых свай малого сечения длиной до 5,0 м.

Технология возведения сплошных плитных фундаментов предполагает применение трех их видов:

– сплошной плитный фундамент на геомассивах зданий каркасных и с несущими стенами на слабом и средней прочности лессовидном глинистом основании с глубиной заложения подошвы не менее 0,4 м от отметки планировки и УГВ, находящемся на глубине h ≥ 1,0 м от подошвы плиты – для лессовидных супесей;
– то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки и УГВ, находящемся на глубине h ≥ 1,5 м от подошвы плиты – для лессовидных суглинков;
– то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки на уплотненной подсыпке из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песков крупных и средней крупности с отметкой верха подсыпки выше УГВ – лессовидных супесей и суглинков вне зависимости от УГВ.

Основные конструктивные параметры сплошных плитных фундаментов находятся в пределах:

– толщина сплошного плитного фундамента составляет от 0,15 до 0,30 м – для 1÷3 этажных зданий;

– то же, составляет от 0,3 до 0,4 м – для 4÷5 этажных зданий;
– толщина уплотненной подсыпки из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песка крупного и средней крупности под сплошной плитный фундамент выше существующего УГВ не менее чем на 0,5 м – в условиях слабых и средней прочности лессовидных оснований всех видов.

Конструкции геомассивов на слабых и средней прочности лессовидных глинистых грунтах аналогичны, как для глинистых моренных отложений.

Глинистые озерно-ледниковые отложения.

Ленточные фундаменты.

Ленточные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять для неводонасыщенных озерно-ледниковых глинистых грунтов очень прочных, прочных и средней прочности с показателем текучести $I_L < 0,5$ в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем).

Технология возведения ленточных фундаментов предполагает применение двух их видов:
– монолитные ленточные фундаменты – для малоэтажных зданий с несущими стенами этажностью от 1 до 5 этажей;
– сборные ленточные фундаменты – для малоэтажных зданий с несущими стенами этажностью 3÷5 этажей.

Конструкция ленточных фундаментов – предполагает применение семи вариантов:
– ленточные фундаменты с глубиной заложения подошвы более глубины промерзания – для озерно-ледниковых суглинков и глин и УГВ, находящемся на глубине $h \geq 0,5$ м от подошвы фундаментов;
– то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от поверхности планировки и УГВ, находящемся не менее чем на 3,0 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для озерно-ледниковых глин;
– то же, с УГВ, находящемся не менее чем на 2,5 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для озерно-ледниковых суглинков с числом пластичности $J_p > 12$;
– то же, с УГВ, находящемся не менее чем на 2,0 м глубже от расчетной глубины промерзания грунтов – для озерно-ледниковых суглинков с числом пластичности $J_p \leq 12$;

– то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки с уплотненной подсыпкой из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песка крупного или средней крупности толщиной $h_п \geq 0,5$ м с коэффициентом фильтрации материала подушки $K_ф \geq 3$ м/сут. и УГВ, находящемся на глубине $h \geq 1,2$ м от подошвы фундамента – для озерно-ледниковых глин;
– то же, с УГВ, находящемся на глубине $h \geq 1,0$ м от подошвы фундамента – для озерно-ледниковых суглинков с числом пластичности $J_р > 12$;
– то же, с УГВ, находящемся на глубине $h \geq 0,8$ м от подошвы фундамента – для озерно-ледниковых суглинков с числом пластичности $J_р \leq 12$.

Свайные фундаменты.

Свайные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять в озерно-ледниковых глинистых основаниях любой прочности с показателем текучести $I_L \geq 0,5$ в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем).

Технология возведения свайных фундаментов предполагает применение трех их видов:

– свайные фундаменты зданий каркасных и с несущими стенами из набивных (буронабивных, бураскатанных, с выштампованным основанием и др.) свай и объединяющего ростверка – для слабых (с прорезкой слабого слоя), средней прочности, прочных и очень прочных озерно-ледниковых глинистых оснований с показателем текучести $I_L \geq 0,50$;
– то же, из забивных и вдавливаемых свай малого сечения и объединяющего ростверка – для слабых (с прорезкой слабого слоя), средней прочности, прочных и очень прочных озерно-ледниковых глинистых оснований с показателем текучести $I_L \geq 0,75$;
– то же, из винтовых свай и объединяющего ростверка – для слабых (с прорезкой слабого слоя) озерно-ледниковых глинистых оснований с показателем текучести $I_L \leq 0,75$.

Основные конструктивные параметры свайных фундаментов находятся в пределах:

– свайные ростверки – толщина 0,3÷0,4 м;
– сваи набивные – длина $l = 1,5÷5,0$ м, диаметр $d = 0,15÷0,30$ м;

– сваи забивные и вдавливаемые малого сечения – длина l = 2,0÷5,0 м, сечение a×b = 0,1×0,1÷0,2×0,2 м;
– сваи винтовые – длина l = 1,6÷4,0 м.

Сплошные плитные фундаменты.

Сплошные плитные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять на слабых и средней прочности глинистых озерно-ледниковых основаниях в зданиях без подвала и с подвалом (техподпольем) на всю площадь здания, в том числе, с устройством под этими фундаментами геомассивов из набивных, забивных и вдавливаемых свай малого сечения длиной до 5,0 м.

Технология возведения сплошных плитных фундаментов предполагает применение шести их видов:

– сплошной плитный фундамент с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки на уплотненной подсыпке из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песков крупных и средней крупности с отметкой верха подсыпки выше УГВ для озерно-ледниковых глин и суглинков средней прочности вне зависимости от УГВ;
– сплошной плитно-свайный фундамент с любой глубиной заложения с подсыпкой под плитой из песков крупных и средней крупности с отметкой верха подсыпки выше УГВ и прорезкой сваями слабого слоя;
– сплошной плитно-щелевой (плитно-траншейный) фундамент с любой глубиной заложения с подсыпкой под плитой из песков крупных и средней крупности с отметкой УГВ ниже торцов щелей (траншей);
– сплошной плитный фундамент на геомассивах зданий каркасных и с несущими стенами на слабом озерно-ледниковом глинистом основании с глубиной заложения подошвы не менее 0,4 м от отметки планировки и УГВ, находящемся на глубине h ≥ 2,0 м от подошвы плиты – для озерно-ледниковых глин слабых;
– то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки и УГВ, находящемся на глубине h ≥ 1,5 м от подошвы плиты – для озерно-ледниковых суглинков слабых;
– то же, с глубиной заложения подошвы не менее 0,5 м от отметки планировки на уплотненной подсыпке из щебня,

гравия, песчано-гравийной смеси, песков крупных и средней крупности с отметкой верха подсыпки выше УГВ – для озерно-ледниковых глин и суглинков слабых вне зависимости от УГВ.

Основные конструктивные параметры сплошных плитных фундаментов находятся в пределах:

- толщина сплошного плитного фундамента составляет от 0,15 до 0,30 м – для 1÷3 этажных зданий;
- то же, составляет от 0,3 до 0,4 м – для 4÷5 этажных зданий;
- толщина уплотненной подсыпки из щебня, гравия, песчано-гравийной смеси, песка крупного и средней крупности под сплошной плитный фундамент выше существующего УГВ не менее чем на 0,5 м – в условиях слабых и средней прочности лессовидных оснований всех видов;
- толщина подсыпки из песка крупного и средней крупности под плитой (для плитно-свайного и плитно-щелевого фундаментов) составляет не менее 0,2 м.

Конструкции геомассивов на слабых озерно-ледниковых глинистых грунтах аналогичны, как для глинистых моренных и лессовидных отложений.

Биогенные и мергельно-меловые отложения.

Ленточные фундаменты.

Ленточные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь допускается применять в случае удаления слабых биогенных грунтов, залегающих как с поверхности оснований, так и погребенных.

В этом случае ленточные фундаменты малоэтажных зданий возводятся на уплотненной насыпной песчаной подушке, которая устраивается взамен удаленного слабого биогенного грунта.

Конструкция ленточных фундаментов и технология их устройства идентичны ленточным фундаментам малоэтажных зданий в условиях песчаных или глинистых грунтов в зависимости от того, какие грунты находятся в составе грунтовых оснований.

Столбчатые фундаменты.

Конструкция и технология устройства столбчатых фундаментов малоэтажных зданий и сооружений аналогична ленточным фундаментам – при их устройстве также требуется удаление слабого биогенного грунта и замена его уплотненной насыпной песчаной подушкой.

В этом случае столбчатые фундаменты соответствуют требованиям, приведенным для песчаных отложений.

Сплошные плитные фундаменты.

Сплошные плитные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь целесообразно применять в случае наличия между подошвой плиты и слабым биогенным грунтом слоя грунтов (толщиной не менее 1,0 м – для 1-2-этажных домов, 1,5 м – для 3-этажных домов и 2,0 м – для 4-5-этажных домов):

- песчаных естественного сложения прочных или средней прочности;
- глинистых естественного сложения прочных и очень прочных;
- уплотненной песчаной (кроме песков пылеватых) или песчано-гравийной насыпной подушки из песка (песчано-гравийной смеси) прочного или средней прочности.

В случае наличия под подошвой сплошного плитного фундамента несущего слоя из глинистых грунтов глубина заложения от отметки планировки определяется УГВ ниже подошвы и вида глинистого грунта.

Плитно-свайные фундаменты.

Плитно-свайные фундаменты для условий массового малоэтажного строительства Республики Беларусь целесообразно применять в случае сплошной конструкции фундаментной плиты и обязательного прохождения (прорезания) свайными фундаментами всей толщи слабых биогенных грунтов.

Мощность прорезаемого сваями слоя слабых биогенных грунтов должна составлять не более 4,0 м, а нижние концы свай должны погружаться не менее чем на 1,0 м ниже подошвы слабого биогенного слоя в подстилающие грунтовые основания.

Рациональные конструкции свай для устройства плитно-свайных фундаментов для малоэтажного строительства Республики Беларусь:

- забивные малого сечения;
- буронабивные;
- винтовые.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований разработаны Рекомендации по проектированию и устройству оснований и фундаментов для малоэтажного строительства в условиях Республики Беларусь и Альбом рациональных фундаментов для малоэтажного строительства в условиях Республики

Беларусь [2], где подробно изложены материалы по проектированию и устройству фундаментов и их грунтовых оснований в соответствии с действующими ТНПА [3-15].

Разработанные Рекомендации и Альбом прошли практическую апробацию на ряде экспериментальных площадок (объектов) с характерными грунтовыми отложениями и показали свою пригодность для практического применения при проектировании и строительстве малоэтажных зданий и сооружений в условиях Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сеськов, В. Е. Тенденция развития и опыт применения прогрессивных фундаментов в условиях Беларуси / В. Е. Сеськов, В. Н. Кравцов, В. Н. Лях // Строительная наука и техника. – 2007. – №5(14). – С. 131 – 142.
2. Провести комплекс научно-исследовательских работ по разработке номенклатуры рациональных конструкций фундаментов и их проектированию для массового малоэтажного строительства с учетом особенностей грунтовых условий различных регионов Беларуси, что позволит уменьшить материалоемкость и трудоемкость при устройстве оснований и фундаментов на 20%: Отчет о НИР (заключ.) / РУП «Институт БелНИИС»; рук. темы В. Е. Сеськов. – Минск, 2015. – 330 с. - №ГР 20131806.
3. Фундаменты плитные. Правила проектирования : ТКП 45-5.01-67-2007. – Введ. 01.09.07. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2008. – 136 с.
4. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-5.01-254-2012. – Введ. 01.07.12. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2012. – 102 с.
5. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства : ТКП 45-5.01-256-2013. – Введ. 01.07.12. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2013. – 137 с.
6. Основы проектирования строительных конструкций. Еврокод : ТКП EN 1990-2011. – Введ. 01.07.12. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2012. – 61 с.
7. Геотехническое проектирование. Еврокод 7. Общие правила. Часть 1 : ТКП EN 1997-1-2009. – Введ. 01.01.10. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2012. – 121 с.
8. Конструкции бетонные и железобетонные фундаментов. Общие технические требования : СТБ 1076-97. – Введ. 01.03.98. –

Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1998. – 9 с.
9. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования : СНБ 5.03.01-02. – Введ. 01.07.03. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2003. – 139 с.
10. Проектирование и устройство техногенных геомассивов из песчано-гравийных и щебеночных свай : П6-2000 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 01.01.02. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2000. – 33 с.
11. Проектирование оснований и фундаментов в пучинистых при промерзании грунтах : П9-2000 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 01.07.01. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2001. – 20 с.
12. Проектирование и устройство буронабивных свай : П13-01 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 01.01.02. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2002. – 43 с.
13. Проектирование и устройство фундаментов из свай набивных с уплотненным основанием : П19-04 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 01.07.05. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2006. – 88 с.
14. Рекомендации по проектированию и строительству винтовых свай для гражданских, промышленных и инженерных сооружений в грунтовых условиях Республики Беларусь : Р5.01.069.10. – Введ. 10.05.10. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2011. – 70 с.
15. Рекомендации по проектированию и устройству вертикально армированных оснований (геомассивов) для плитных фундаментов зданий и сооружений в грунтовых условиях Республики Беларусь : Р1.02.133-2014. – Введ. 04.03.14. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2014. – 28 с.

REFERENCES

1. Seskov V. Ye., Kravtsov V.N., Lyakh V.N. *Construction Science and Technology.* 2007. No 5(14). pp. 131–142. (rus)
2. *Provesti kompleks nauchno-issledovatelskikh rabot po razrabotke nomenklatury ratsionalnykh konstruktsiy fundamentov i ikh proektirovaniyu dlya massovogo maloetazhnogo stroitelstva s uchetom osobennostey gruntovykh usloviy razlichnykh regionov Belarusi, chto pozvolit umenshit materialoemkost i trudoemkost pri ustroystve osnovaniy i fundamentov na 20%* [Implement the set of scientific-research works on elaboration of reasonable foundation structures and on their design for the massive low-rise construction taking into account the

characteristics of soil conditions of different Belarusian regions that allow to reduce the material consumption and labour content at the arrangement of foundations and bases by 20%] : Otchet o NIR (zaklyuch.) / RUP «Institut BelNIIS»; ruk. temy V. Ye. Seskov. – Minsk, 2015. 330 p. – №GR 20131806. (rus)

3. *Fundamenty plitnye. Pravila proektirovaniya* [Slabby foundations. Design norms]: TKP 45-5.01-67-2007. Vved. 01.09.07. Minsk: Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2008. 136 p. (rus)
4. *Osnovaniya i fundamenty zdaniy i sooruzheniy. Osnovnye polozheniya. Stroitelnye normy proektirovaniya* [Foundations and bases of buildings and structures. Fundametal priciples. Construction design norms]: TKP 45-5.01-254-2012. Vved. 01.07.12. Minsk : Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2012. 102 p. (rus)
5. *Osnovaniya i fundamenty zdaniy i sooruzheniy. Svai zabivnye. Pravila proektirovaniya i ustroystva* [Foundations and bases of buildings and structures. Rammed in piles. Design and arrangement norms] : TKP 45-5.01-256-2013. Vved. 01.07.12. Minsk : Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2013. 137 p. (rus)
6. *Osnovy proektirovaniya stroitelnykh konstruktsiy* [Basis of design of building structures]. Evrokod. TKP EN 1990-2011. Vved. 01.07.12. Minsk : Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2012. 61 p. (rus)
7. *Geotekhnicheskoe proektirovanie* [Geotechnical design]. Evrokod 7. Obshchie pravila. Chast 1 : TKP EN 1997-1-2009. Vved. 01.01.10. Minsk : Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2012. 121 p. (rus)
8. *Konstruktsii betonnye i zhelezobetonnye fundamentov. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya* [Concrete and reinforced concrete foundation structures. General technical requirements] : STB 1076-97. Vved. 01.03.98. Minsk: Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 1998. 9 p. (rus)
9. *Betonnye i zhelezobetonnye konstruktsii. Normy proektirovaniya* [Concrete and reinforced concrete structures. Design norms] : SNB 5.03.01-02. Vved. 01.07.03. Minsk : Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2003. 139 p. (rus)
10. *Proektirovanie i ustroystvo tekhnogennykh geomassivov iz peschano-graviynykh i shchebenochnykh svay* [Design and arrangement of technogenic and geotechnical bodies consisting of sand-and-gravel and macadam piles] : P6-2000 k SNB 5.01.01-99. Vved. 01.01.02. Minsk : Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2000. 33 p. (rus)
11. *Proektirovanie osnovaniy i fundamentov v puchinistykh pri promerzanii gruntakh* [Design of foundations and bases in heaving at freezing soils] : P9-2000 k SNB 5.01.01-99. Vved. 01.07.01. Minsk : Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2001. 20 p. (rus)

12. *Proektirovanie i ustroystvo buronabivnykh svay* [Design and arrangement of bored piles] : P13-01 k SNB 5.01.01-99. Vved. 01.01.02. Minsk: Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2002. 43 p. (rus)
13. *Proektirovanie i ustroystvo fundamentov iz svay nabivnykh s uplotnennym osnovaniem* [Design and arrangement of foundations of cast-in-place piles with compacted basement] : P19-04 k SNB 5.01.01-99. Vved. 01.07.05. Minsk: Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2006. 88 p. (rus)
14. *Rekomendatsii po proektirovaniyu i stroitelstvu vintovykh svay dlya grazhdanskikh, promyshlennykh i inzhenernykh sooruzheniy v gruntovykh usloviyakh Respubliki Belarus* [Recommendations on design and construction of screw piles for civil, industrial and engineering structures in the soil conditions of the Republic of Belarus] : R5.01.069.10. Vved. 10.05.10. Minsk : Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2011. 70 p. (rus)
15. *Rekomendatsii po proektirovaniyu i ustroystvu vertikalno armirovannykh osnovaniy (geomassivov) dlya plitnykh fundamentov zdaniy i sooruzheniy v gruntovykh usloviyakh Respubliki Belarus* [Recommendations on the design and arrangement of upright reinforced bases (geotechnical bodies) for foundation slabs of buildings and constructions in the soil conditions of the Republic of Belarus]: R1.02.133-2014. Vved. 04.03.14. Minsk: Minstroyarkhitektury Respubliki Belarus, 2014. 28 p. (rus)

Статья поступила в редколлегию 11.11.2015