

УДК 624.131.524.2

Эффективность малозаглубленных фундаментов с утепленной отмосткой в условиях сиббири

С.П. Холодов¹

¹Сибирский федеральный университет, пр. Свободный 79, Красноярск, Россия. E-mail: holodovsp@mail.ru
Статья поступила 13.12.2011, принята 29.05.2012

Отмечается, что в суровых климатических условиях (при глубине промерзания $d_{fn}=1,84\text{м}$) целесообразно применение утепленных малозаглубленных фундаментов (МЗФ). При этом утепленная отмостка применяется с целью уменьшения глубины промерзания грунта и доведения величины подъема малозаглубленного фундамента до предельно-допустимого. Отмечается также, что инженерная методика расчета таких конструкций недостаточно проработана, размеры конструктивных элементов этих фундаментов неопределены. В работе предложена методика расчета деформаций пучения малозаглубленных фундаментов с утепленной отмосткой в суровых климатических условиях (при глубине промерзания $d_{fn} = 1,84\text{м}$). Показана возможность снижения деформаций пучения фундаментов за счет применения утепленной отмостки в 2,5-3,5 раз и доведения их до допустимых. Определены требуемые размеры элементов таких конструкций обеспечивающие возможность применения МЗФ в суровых условиях Сибири. Показано, что использование предложенной методики расчета утепленного МЗФ делает возможным (для неотапливаемых и с переменным режимом зданий) применение экономичных малозаглубленных фундаментов для условий средней части и юга Сибири и снизить стоимость фундаментов в 2,2 раза по сравнению с традиционными.

Ключевые слова: деформации пучения, утепленная отмостка, малозаглубленные фундаменты, глубина промерзания, допустимые деформации.

Effectiveness of shallow foundations having frost-protected blind areas under siberia's climatic conditions

S.P. Kholodov¹

¹Siberian Federal University, 79 Svobodny av., Krasnoyarsk, Russia. E-mail: holodovsp@mail.ru
The article received 13.12.2011, accepted 29.05.2012

It is noted that in the rigorous climatic conditions (at the depth of frost penetration $d_{fn} = 1,84\text{m}$) it is reasonable to employ frost-protected shallow foundations (SF). Besides, the frost-protected blind areas are employed to reduce the depth of frost penetration d_f and bring the amount of shallow foundation raising up to the maximum permissible level S_u . The engineering design procedure for such constructions is said to be insufficiently worked out, the structural elements dimensions of such foundations are indeterminate. The paper proposes the design procedure for swelling deformation of shallow foundations having frost-protected blind areas in the rigorous climatic conditions (at the depth of frost penetration $d_{fn}=1,84\text{m}$). It has been shown the possibility of reduction by 2.5-3.5 times in swelling deformation of shallow foundations due to employing frost-protected blind areas. The required elements dimensions of such constructions have been determined providing the possibility of SF employment under Siberia's climatic conditions. It has been demonstrated that the employment of the suggested design procedure for a frost-protected shallow foundation makes it possible (for non-heated buildings and the ones with varying mode) to employ economical shallow foundations under the conditions of Central and Southern Siberia and reduce the foundation costs by 2.2 times as compared to conventional ones.

Key words: swelling deformations, frost-protected blind areas, shallow foundations, depth of frost penetration, acceptable deformations.

При использовании экономичных малозаглубленных фундаментов (МЗФ) в суровых климатических условиях (при) деформации пучения оказываются больше допустимых. Это делает невозможным их применение.

Для снижения деформаций пучения МЗФ возможно использование утепленной отмостки. Однако инженерная методика расчета таких конструкций недостаточно проработана, размеры конструктивных элементов фундаментов с утепленной отмосткой для условий Сибири неопределены. Эффективность применения утепленной отмостки не установлена.

В нашем случае районом строительства является г. Красноярск. Грунт представлен суглинками тугопластичными. Физические характеристики грунта следующие: ; ; ; ; ; ; ; (;). По [1] , грунт среднепучинистый

. Подземные воды до глубины 6,0 м не встречены. Глубина промерзания .

Здание одноэтажное, кирпичное, не отапливаемое, на малозаглубленных фундаментах. Размеры фундамента , , толщина песчаной подуш-

ки $h_n = 0,2$ м. Подушка из песка крупного, средней плотности, влажного $W = 0,14$; $\rho_d = 1,60 \frac{м}{м^3}$; $\rho = 1,82 \frac{м}{м^3}$; $e = 0,66$. Полю по грунту, утепленные слоем пенополистирола марки ПСБ-С-35 толщиной 0,1 м. Расчет деформаций пучения ведем по нормам [1].

Величина подъема свободной поверхности грунта h_f определяется по формуле (5) [1].

$$h_f = \varepsilon_{fh} \cdot d_f;$$

$$h_f = 0,05 \cdot 2,5 = 0,125 \text{ м},$$

где d_f – расчетная глубина промерзания грунта по СНиП 2.02.01-83* [2].

Величина подъема малозаглубленного фундамента определится для обычных условий увлажнения по (4) [1].

$$h_{fi} = h_f \left(1 - \frac{d+h_n}{0,75d_f} \right)^{3/2},$$

$$h_{fi} = 0,125 \left(1 - \frac{0,6+0,2}{0,75 \cdot 2,5} \right)^{3/2} = 0,052 \text{ м}.$$

Это больше предельных деформаций $S_u = 0,025$ м, приведенных в таблице 3.1 [1]. Требуется перепроектирование.

Используем утепленную отмостку из плит пенополистирола марки ПСБ-С-35 шириной $B = 1,0$ м в виде горизонтальной теплоизоляции, расположенной на глубине 0,3 м от поверхности грунта. Теплопроводность пенополистирола этой марки $\lambda = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ при 25 °С, однако, учитывая тяжелые условия эксплуатации, примем $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Требуемое термическое сопротивление слоя утеплителя определим из условия равенства нулю температуры на его нижней поверхности. Эта величина будет равна термическому сопротивлению пп. 2.5 [3] слоя промерзания.

Величину теплопроводности мерзлого грунта определим по таблице 3 приложения 1 [4], $\lambda_f = 1,107 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ при $T = -10^\circ\text{C}$.

$$R_{mp} = \delta/\lambda = d_f/\lambda_f = 2,5/1,07 = 2,34 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Толщина утеплителя определится:

$$\delta = R_{mp} \cdot \lambda = 2,34 \cdot 0,05 = 0,11 \text{ м}.$$

Для предварительной оценки эффективности предлагаемого приема целесообразно определить величину снижения деформаций пучения с помощью имеющихся аналитических решений. Для определения глубины промерзания грунта под слоем теплоизоляции d_{fi} используем выражение (134) [5].

$$d_{fi} = d_{f0} - (b_i/d_{f0}) \cdot (d_{f0} - (d_{f0}^2 + S_c^2)^{0,5} + S_c), \quad (1)$$

где $S_c = \lambda_f \cdot (1/\alpha_c + \delta_i/\lambda_i)$.

Здесь S_c – толщина эквивалентного слоя, м; d_{f0} – расчетная глубина промерзания грунта у фундамента при оголенной поверхности, м; b_i – ширина слоя теплоизоляции, м; α_c – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; λ_f – коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$; λ_i – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Точность этого аналитического решения определим сравнением значений d_f под отмосткой, найденных по (1), с точными, рассчитанными по программе TEMP/W [6, с. 111-114].

Рассчитываемый фундамент для жилого здания с размерами $b = 0,4$ м, $d = 0,6$ м, имеет вертикальную и горизонтальную теплоизоляцию из пенополистирола с $\lambda = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$. Вертикальная теплоизоляция на внешней грани фундамента имеет толщину $\delta = 0,05$ м, горизонтальная теплоизоляция шириной $b = 1,0$ м и толщиной $\delta = 0,1$ м расположена за внешней гранью фундамента на глубине 0,2 м от поверхности грунта. Грунт имеет суммарную влажность $W = 0,25$; коэффициент теплопроводности $\lambda_f = 1,68 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ при $T = -10^\circ\text{C}$; содержание незамерзшей воды $W_w = 0,05$ при $T = -10^\circ\text{C}$; глубина промерзания грунта $d_f = 1,4$ м.

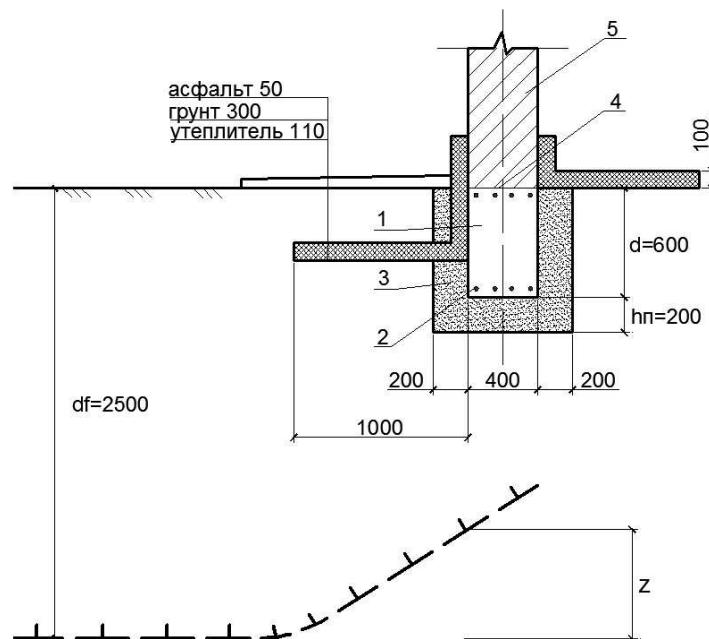


Рис. 1. Малозаглубленный фундамент с утепленной отмосткой: 1 – ленточный фундамент; 2 – арматура; 3 – песчаная подушка; 4 – гидроизоляция; 5 – кирпичная кладка.

Расчет выполнен дважды, при наличии горизонтальной теплоизоляции и без нее. Глубина промерзания грунта около фундамента во втором случае $d_{f0} = 1,0$ м.

Ниже представлена таблица значений d_{fi} , найденных по выражению (1)

($d_{f0} = 1,0$; $b_i = 1,0$; $\delta_i = 0,1$; $\alpha_c = 23$; $\lambda_f = 1,68$; $\lambda_i = 0,04$) и рассчитанных по программе TEMP/W [6].

Таблица 1

Сравнение d_{fi} , найденных по (1) и программе TEMP/W

Расстояние от фундамента $R, м$	Глубина промерзания d_{fi} по (1), м	Глубина промерзания d_{fi} по TEMP/W, м	Расхождение, %
0,25	0,34	0,37	-8
0,50	0,56	0,65	-14
0,75	0,78	0,86	-9
1,00	1,00	1,10	-10

Средняя погрешность при определении d_{fi} составляет 10,25 %, при этом формула занижает значение d_{fi} .

Таким образом, с точностью, достаточной для практических целей, положение границы промерзания может быть аппроксимировано по (1).

Определим глубину промерзания под внешней гранью фундамента для нашего случая при наличии горизонтальной теплоизоляции ($d_{f0} = 2,5$; $b_i = 1,0$; $\delta_i = 0,11$; $\alpha_c = 23$; $\lambda_f = 1,07$; $\lambda_i = 0,05$). Формула (1) дает значение $d_{fi} = 1,91$ м.

Из рисунка видно, что за счет утепленной отмостки глубина промерзания под фундаментом будет уменьшаться на величину Z , равную под внешней гранью фундамента:

$$Z = d_f - d_{fi} = 2,5 - 1,91 = 0,59 \text{ м.} \quad (2)$$

Для оценки величины h_{fi} в этом случае используем формулу (4) [1] с добавлением в числитель Z м по (2). Учитывая, что (1) занижает значение d_{fi} , в расчете используем наибольшую d_{fi} под фундаментом.

$$h_{fi} = 0,125 \cdot \left(1 - \frac{0,6 + 0,2 + 0,59}{0,75 \cdot 2,5}\right)^{3/2} = 0,015 \text{ м} < S_u = 0,025 \text{ м.}$$

Условие выполняется. При этом ширина отмостки может быть уменьшена до 0,8 м за счет увеличения h_{fi} до 0,022 м $< S_u = 0,025$ м.

Рисунок также показывает, что силы пучения под фундаментом неравномерны, с возрастанием к внешней грани фундамента. Неравномерность в нашем слу-

чае составляет 24 %, что создаст эксцентриситет приложения нагрузок.

Однако ленточные монолитные железобетонные фундаменты, при наличии перекрестных лент, устойчивы к опрокидывающим и горизонтальным нагрузкам.

Кроме того, при ширине ленточного фундамента b , не превышающей существенно толщину кирпичной стены δ ($b \leq 1,2 \cdot \delta$), опирающейся на него, подошва фундамента может считаться жесткой. Представляется, что такой фундамент даже при наличии эксцентриситета нагрузки будет иметь в основном вертикальные перемещения. Такие случаи возникают в практике строительства, но обычно не приводят к разрушению (например [7, с. 288]). Для деревянных зданий этот вопрос требует дополнительного исследования.

Таблица 2

Влияние ширины отмостки B на деформации пучения h_{fi}

Ширина отмостки $B, м$	Уменьшение $d_f Z, м$	Деформация пучения $h_{fi}, м$	Процент снижения h_{fi}
0,0	0,00	0,052	0
0,2	0,12	0,043	17
0,4	0,24	0,036	31
0,6	0,35	0,029	44
0,8	0,47	0,022	58
1,0	0,59	0,015	71

Расчеты показывают высокую эффективность утепленной отмостки в случае сохранения большей части мерзлого грунта под фундаментом.

Пройдя планируемый натурный эксперимент и накопление опыта эксплуатации таких фундаментов, эта конструкция может существенно расширить область применения экономичных МЗФ.

В таблице 2 показана величина снижения деформаций пучения грунта для различных размеров утепленной отмостки нашего случая.

Анализ материалов таблицы позволяет сделать следующие выводы:

- использование утепленной отмостки делает возможным (для не отапливаемых и с переменным режимом отопления зданий) применение экономичных малоуглубленных фундаментов в суровых климатических условиях (при $d_f > 1,84$ м). При этом стоимость их в 2,2 раза меньше по сравнению с традиционными.

- использование утепленной отмостки предложенным способом позволяет снизить деформации пучения малоуглубленных фундаментов в 2,5-3,5 раза, до допустимых, и даже в суровых климатических условиях Сибири обеспечить нормальные условия эксплуатации здания.

– предложена методика расчета малозаглубленных фундаментов с утепленной отмосткой, определены требуемые размеры элементов таких конструкций для условий средней части и юга Сибири.

Литература

- 1.-ТСН МФ-97 МО Территориальные строительные нормы. «Проектирование, расчет и устройство мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных жилых зданий в Московской области». – М.: НИИОСП Госстроя РФ, ЦНИИЭПсельстрой, Мосгипронисельстрой, НИИ Мосстрой, 1998.
- 2.- СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1984.
- 3.- СНиП II-3-79* Строительная теплотехника. – М.: Минстрой России, 1995.
- 4.- СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М.: Госстрой СССР, 1990.
- 5.- Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов / ПНИИИС. – М.: Стройиздат, 1986.
- 6.- Невзоров А.Л. Фундаменты на сезоннопромерзающих грунтах. – М.: Изд. АСВ, ISBN 5-93093-031-7, 2000.
- 7.- Кудрявцев С.А. Расчетно-теоретическое обоснование проектирования и строительства сооружений в условиях промерзающих

пучинистых грунтов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2004

References

1. TSN MF-97 MO. Territorial Building Codes. "Design, calculation and arrangement of shallow foundations for low-rise residential buildings in Moscow region." М.: НИОСП Gosstroy RF, ЦНИИЭПсельстрой, Мосгипронисельстрой, НИИ Мосстрой, 1998, 51 p.
2. SNiP 2.02.01-83 * Foundations for buildings and structures. – М.: TsITP Gosstroya SSSR, 1984, 64 p.
3. SNiP II-3-79 * Heat engineering construction. М.: Minstroy Rossii, 1995, 50 p.
4. SNiP 2.02.04-88 Foundations on permafrost grounds. М.: Gosstroy SSSR, 1990, 69 p.
5. Guidelines for accounting and deformation and potential frost heave prevention. / PNIIS. М.: Stroyizdat, 1986, 72 p.
6. Nevzorov A.L. Foundations on seasonally frozen grounds . М.: Izd. ASB, ISBN 5-93093-031-7, 2000, 156 p.
7. Kudryavtsev S.A. Estimated engineering justification for the design and construction of buildings under the conditions of freezing heaving grounds: diss. ... dokt. tekhn. nauk.. – SPb.: Sankt-Peterburgsky gosudarstvenny arkhitekturno-stroitel'ny universitet, 2004, 344 p.

УДК 514.18+744.425

Применение информационных технологий в педагогических исследованиях

Е.В. Мещерякова¹, Г.А. Иващенко¹, В.М. Камчаткина¹

¹ Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail: primorsk5710@rambler.ru
Статья поступила 19.01.2012, принята 20.05.2012

Статья посвящена разработке и внедрению программных продуктов в области педагогических исследований с целью повышения эффективности образовательного процесса. Необходимость применения информационных технологий обусловлена рядом существенных преимуществ за счет экономии аудиторного времени и трудозатрат профессорско-преподавательского состава. Кроме того, индивидуализация и дифференциация учебного процесса требует существенного пересмотра в проектировании лично-ориентированных технологий обучения. Эффективность использования средств компьютерных технологий в учебном процессе во многом зависит от успешности решения задач педагогического характера, связанных с информационным содержанием и способом использования контролирующих и обучающих, а также психодиагностических программ. Разработка автоматизированных программных продуктов для педагогических целей на сегодняшний день является актуальной составляющей в модернизации системы высшего образования.

Ключевые слова: индивидуализация, педагогика, психодиагностика, автоматизированный подход, программный продукт, контроль знаний, тестирование, начертательная геометрия

Application of information technologies in educational researches

E.V. Meshheryakova¹, G.A. Ivashhenko¹, V.M. Kamchatkina¹

¹Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia. E-mail: primorsk5710@rambler.ru
The article received 19.01.2012, accepted 20.05.2012

The article is devoted to the development and implementation of software products in the field of educational research to improve educational performance. The need for information technology due to a number of significant advantages by saving time and labor classroom faculty. In addition, individualization and differentiation of the learning process requires a substantial revision in the design of student-centered learning technologies. Effective use of computer technology in education depends largely on the success of the pedagogical nature of the tasks related to information content and method of controlling the use and training, as well as psychodiagnostic programs. Development of automated software for educational purposes to date is an actual component in the modernization of higher education.