

**ПРИМЕНЕНИЕ УТЕПЛЕННЫХ ОТМОСТОК ДЛЯ СНИЖЕНИЯ  
ДЕФОРМАЦИЙ ПУЧЕНИЯ МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ  
В УСЛОВИЯХ СИБИРИ**

**Бедова М.Н., Громов П.А.**

**научный руководитель канд. техн. наук Холодов С.П.**

*Сибирский федеральный университет*

В связи с большим распространением пучинистых грунтов, в климатических условиях Сибири принято принимать глубину заложения фундаментов ниже глубины промерзания  $d_f$ . Однако для малоэтажных зданий (1-3 этажа) такие фундаменты являются неэкономичными. При строительстве легких зданий несущая способность глубокого фундамента используется не более, чем на 10-20 %. То есть, 80-90 % вкладываемых материалов и средств, используемых при строительстве фундамента, расходуются впустую. Это увеличивает общую стоимость строительства на 20-50 %.

Вместе с тем существуют конструкции мелкозаглубленных фундаментов (МЗФ) подошва которых закладывается в сезонно-промерзающий грунт на глубину 30 – 60 см. Конструкция фундамента, представляет собой жесткую раму, которая в зимне-весенний период перемещается вместе с относительно легким домом, что не сказывается негативно на его эксплуатации. В качестве такой рамы выступает монолитный железобетонный ленточный фундамент, уложенный на подушку из непучинистого материала, уменьшающего величину и неравномерность перемещений фундамента. При таком конструктивном решении расход бетона сокращается на 50-80 % по сравнению с заглубленным фундаментом, а трудозатраты на 40-70 %. Для Подмосковья даже разработаны «Территориальные строительные нормы ТСН МФ-97 МО» на проектирование, расчет и устройство таких фундаментов [1].

Определим наибольшую глубину промерзания, при которой могут использоваться МЗФ для усредненных условий пучения. Для этого используем методику [1].

Для расчета выберем среднепучинистый грунт с  $\varepsilon_{fn} = 0,05$ , кирпичное здание, ленточный фундамент с глубиной заложения  $d = 0,6$  м и толщиной песчаной подушки  $h_n = 0,2$  м. Величина предельно-допустимых деформаций основания для данных условий по таблице 3.1 [1] равна  $S_u = 2,5$  см.

Подставим эти величины в расчетные формулы и решим систему уравнений относительно  $d_f$ . Глубина промерзания, найденная таким способом, составляет 1,65 м. Это означает, что при большей  $d_f$  условие  $h_{fp} \leq S_u$  для наиболее распространенных грунтовых и конструктивных условий не выполняется, применение МЗФ невозможно.

Однако на территории России существуют районы с более суровыми климатическими условиями. Эта область расположена между изолинией глубины промерзания  $d_{fn} = 1,65$  м и границей многолетнемерзлых грунтов. Сюда входят: северо-восток Европейской части России (Республика Коми, Пермский край), Урал (Свердловская и Челябинская области), средняя часть и юг западной Сибири (Курганская, Омская, Томская, Новосибирская, Кемеровская области, часть Тюменской области и Красноярского края), юг Дальнего Востока (часть Хабаровского и Приморского краев).

На эту область приходится 20% территории России (включая основные районы нефтедобычи) и 23% ее населения. Условно будем называть эту область регионом с большой глубиной промерзания.

Для средней части и юга западной Сибири глубина промерзания  $d_{fn} > 1,65$  м, поэтому для зданий с неотапливаемым и переменным режимом эксплуатации МЗФ неприменимы  $d_f = d_{fn} \cdot n > 1,65$  м ( $n = 1,0$ ).

В условиях Сибири для снижения деформаций пучения грунта целесообразно применение утепленных отмосток. Одним из последних документов, определяющих порядок расчета таких конструкций, является Стандарт организации ФГУП «НИЦ «Строительство» ООО «Пеноплэкс» «Применение теплоизоляции из плит полистирольных вспененных экструзионных Пеноплекс при проектировании и устройстве малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах» СТО 36554501-012-2008 [2], который использует опыт Западной Европы и США.

Однако использование утепленных отмосток с полным исключением промерзания грунта под фундаментом (зарубежный опыт) для Сибирских условий нецелесообразно. При существующих ценах на материалы, такие конструкции получаются более дорогими, чем традиционные и не решают вопроса об экономичном фундаменте.

Для предварительной оценки эффективности предлагаемого приема целесообразно определять величину снижения деформаций пучения с помощью имеющихся аналитических решений. Для определения глубины промерзания грунта под слоем теплоизоляции  $d_{fi}$  используем выражение (134) [3].

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

где  $S_c = \lambda_f (1/\alpha_c + \delta_i/\lambda_i)$ . 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;  $\delta_i$  – толщина теплоизоляции, м;  $\alpha_c$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $\lambda_f$  – коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, Вт/(м·°С);  $\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт/(м·°С).

Определим глубину промерзания под внешней гранью фундамента в нашем случае 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.

За счет утепленной отмостки глубина промерзания под фундаментом будет уменьшаться на величину  $Z$ , равную под внешней гранью фундамента

$$Z = d_{f0} - d_{fi} = 2,5 - 1,91 = 0,59 \text{ м.}$$

Для оценки величины  $h_{fi}$  в этом случае используем формулы [1] с добавлением в числитель  $Z$ , м.

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

$$h_f = \varepsilon_{fn} \cdot d_f,$$

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

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 показана величина снижения деформаций пучения грунта для различных размеров утепленной отмостки в нашем случае.

Таблица

Влияние ширины отсыпки  $B$  на деформации пучения  $h_{fi}$ 

Ширина отсыпки $B$ , 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

Анализ материалов таблицы позволяет сделать следующие выводы:

- в пределах региона России с большой глубиной промерзания (при  $d_{fn} > 1,65$  м) традиционные фундаменты на пучинистых грунтах (имеющие  $d \geq d_f$ ) с давлением под подошвой меньше  $1,4 \text{ кг/см}^2$  (кирпичные и деревянные здания высотой 1 – 3 этажа) неэкономичны;

- для этих условий также невозможно применение малозаглубленных фундаментов без дополнительных приемов снижения пучинистых свойств основания. Для снижения деформаций пучения МЗФ возможно использование утепленной отсыпки;

- использование утепленной отсыпки с полным оттаиванием основания под малозаглубленным фундаментом в условиях региона с большой глубиной промерзания нецелесообразно. Даже для условий Европейской части России такие конструкции увеличивают стоимость фундаментов по сравнению с традиционными до четырех раз;

- целесообразно использование утепленной отсыпки меньших размеров с целью уменьшения глубины промерзания грунта  $d_f$  и доведения величины подъема малозаглубленного фундамента  $h_{fi}$  до  $S_u$ . Однако инженерная методика расчета таких конструкций недостаточно проработана. В данной работе рассматриваются только деформации пучения;

- использование утепленной отсыпки предложенным способом позволит снизить деформации пучения малозаглубленных фундаментов в 2,5 - 3,5 раза, до допустимых, и сделает возможным применение этих экономичных конструкций в условиях региона с большой глубиной промерзания.

## 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. СТО 36554501-012-2008. Применение теплоизоляции из плит полистирольных вспененных экструзионных Пеноплекс при проектировании и устройстве малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах. – М.: НИИОСП Госстроя РФ, ФГУП НИЦ Строительство, ООО Пеноплекс СПб, 2008.

3. Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов / ПНИИИС. – М.: Стройиздат, 1986.