

Теплоизолированный малозаглубленный фундамент на пучинистых грунтах

Магистр ГОУ СПбГПУ А.А. Мойся, д.т.н., профессор ГОУ СПбГПУ Н.И. Ватин*

В настоящее время на рынке малоэтажного и коттеджного строительства наблюдается спрос на жилье в низшей ценовой категории, которое станет альтернативой элитному жилью. Программа малоэтажного строительства должна основываться на строительстве комфортных и экономичных зданий с применением новых материалов и технологий.

В Российской Федерации широко распространены сложные грунтовые условия. При возведении малоэтажных зданий строителям приходится сталкиваться с решением проблемы пучинистых грунтов в основании фундаментов. В районах с сезонным промерзанием грунтов на традиционные заглубленные фундаменты легких зданий по подошве действуют нормальные силы морозного пучения, а по развитой боковой поверхности фундамента – касательные силы. Воздействуя на фундамент снизу вверх, эти силы часто превосходят нагрузки от вышерасположенных конструкций (малонагруженных зданий). Как следствие, происходят значительные деформации малоэтажных зданий.

Наиболее эффективным путем решения проблемы строительства на пучинистых грунтах малоэтажных зданий является применение малозаглубленных фундаментов, устраиваемых на противопучинных подушках с применением теплоизоляционных материалов, которые частично или полностью исключают промерзание грунта под фундаментом. Подошвы в этих случаях закладываются выше расчетной глубины промерзания.

Широкое внедрение рассматриваемых малозаглубленных фундаментов с пенополистирольной изоляцией сдерживается отсутствием нормативной базы. Нет устоявшихся методик расчёта малозаглубленных фундаментов с пенополистирольной изоляцией с учётом деформационных свойств грунта и изоляции.

Решаемой задачей является разработка методики расчёта малозаглубленных фундаментов с пенополистирольной изоляцией с учётом деформационных свойств грунта и изоляции.

Объектом исследования является малозаглубленный сплошной фундамент в виде железобетонных плит с пенополистирольной изоляцией, моделируемой в программе, реализующей метод конечных элементов, двумя способами – оболочечной моделью и объёмными элементами. Фундамент расположен на пучинистом грунтовом основании.

Находящиеся в пучинистых грунтах фундаменты подвергаются выпучиванию, т.е. перемещаются вверх, если действующие на них нагрузки не уравновешивают силы пучения. В общем случае на фундамент действуют касательные (по боковой поверхности) и нормальные (по подошве) силы пучения. Особенно подвержены деформациям пучения легкие здания и сооружения, к числу которых относятся малоэтажные здания.

Как правило, фундаменты малоэтажных зданий устраивают так, чтобы их подошвы находились ниже границы промерзания грунта. При таком конструктивном решении фундамент освобождается от влияния нормальных сил пучения. Однако по развитой боковой поверхности фундамента, находящейся в контакте с пучинистым грунтом, действуют касательные силы пучения, которые во многих случаях превосходят нагрузки на фундаменты малоэтажных зданий.

Таким образом, заложение фундаментов ниже глубины промерзания не является гарантией устойчивости его против касательных сил пучения.

При применении малозаглубленных фундаментов суть строительного приема схематично заключается в следующем. При уменьшении заглубления фундаментов боковая поверхность, смерзаемая с грунтом, уменьшается. Уменьшаются также суммарные касательные силы пучения. Фундамент выглубляется до тех пор, пока касательные силы пучения не уравновесятся нагрузкой от дома. В этом случае отрыв фундамента от основания происходит не будет: фундамент устойчив, и нет условий для образования и накопления остаточных деформаций пучения. Фундамент надежен, но не в полной мере, т.к. при выглублении на подошву фундаментов начинают действовать значительные нормальные силы пучения. Так как у малозаглубленных фундаментов отрыв подошвы фундаментов от основания не происходит, становится возможным допущение ограниченных деформаций пучения под действием нормальных сил.

В соответствии с главой СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» [1] глубину заложения фундаментов допускается назначать независимо от расчетной глубины промерзания, если «специальными исследованиями и расчетами установлено, что деформации грунтов основания при их промерзании и оттаивании не нарушают эксплуатационную пригодность сооружения». То есть применение малозаглубленных фундаментов базируется на принципиально новом подходе к их проектированию, в основу которого заложен

расчет оснований по деформациям пучения¹. При этом допускаются деформации основания (подъем, в том числе неравномерный), однако они должны быть меньше предельных, которые зависят от конструктивных особенностей здания.

При расчете оснований по деформациям пучения учитываются пучинистые свойства грунта, передаваемое на него давление, жесткость фундамента и надфундаментных конструкций на изгиб.

Если по расчетам деформации пучения превышают допустимые значения, часть пучинистого грунта заменяется на непучинистый настолько, чтобы оставшийся слой пучинистого грунта давал деформации, не превышающие допустимые значения. Под фундаментами устраивается так называемая противопучинная подушка.

Наличие подушки из непучинистого грунта позволяет:

- резко сократить величину нормальных сил морозного пучения (по подошве фундамента) и полностью исключить касательные силы морозного пучения;
- погасить часть деформаций от действия нормальных сил морозного пучения упругостью слоя подсыпки – если произойдет пучение (подъем) здания, то оно будет незначительным и, как правило, более равномерным;
- создать благоприятные условия для миграции воды из-под здания к периферии, где промерзание обычно идет быстрее, т.е. уменьшить влажность грунта под зданием.

Таким образом, фундамент, взаимодействуя с пучинистым основанием, зимой поднимается на регулируемую высоту, а весной всегда приходит в исходное положение. Нет условий для образования остаточных деформаций. И с этой стороны обеспечивается надежность мелкозаглубленных фундаментов.

Нагрузки на основание в разных частях здания могут существенно различаться. Поэтому в легких домах повышаются требования к пространственной жесткости фундаментов. Чем выше степень пучинистости грунтов, тем большие требования предъявляются к пространственной жесткости и прочности фундаментов.

Надфундаментные конструкции рассматриваются не только как источник нагрузок на фундаменты, но и как активный элемент, участвующий в совместной работе фундамента с основанием.

Наибольшее пучение грунта у отапливаемых зданий происходит под углами здания, т.к. именно здесь меньше всего оказывается влияние тепла, выделяемого зданием, а у неотапливаемого, как правило, оно происходит в середине здания. Поэтому здание в целом должно обладать достаточной жесткостью, чтобы не деформироваться под влиянием возможного неравномерного подъема пучащегося грунта и последующей осадки (просадки) при оттаивании.

Очевидно, что придание жесткости коробке здания потребует некоторого усложнения ее конструкции и связанного с этим увеличения стоимости. Однако это удорожание компенсируется отказом от традиционных заглубленных фундаментов и земляных работ.

Таким образом, малозаглубленный фундамент полностью приспособлен для восприятия сил пучения и отвечает требованиям надежности.

Малозаглубленный теплоизолированный фундамент – фундамент на естественном основании, подошва которого находится в слое сезонного промерзания, а сам фундамент защищен от выпучивания с помощью плит экструдированного пенополистирола и устройства в его основании подушки из непучинистого грунта, которым также засыпаются пазухи котлованов.

Технология малозаглубленного теплоизолированного фундамента не противоречит существующим на данный момент строительным нормам, а является развитием отдельных пунктов этих норм.

- Пункт 12.2.5 СП 50-101-2004 [2], допускающий назначать глубину заложения наружных фундаментов независимо от расчетной глубины промерзания, если «предусмотрены специальные теплотехнические мероприятия, исключающие промерзание грунтов».
- Пункт 5.14. ТСН МФ-97 МО [3]: уменьшение глубины промерзания может быть достигнуто применением утеплителей, укладываемых под отмостку. Для исключения замачивания утеплители могут использоваться, например, в целлофановых мешках в виде матов.

¹ п.14.6 [1]: «При заложении фундаментов выше расчетной глубины промерзания (малозаглубленные фундаменты) необходимо производить расчет деформаций морозного пучения грунтов основания с учетом касательных и нормальных сил морозного пучения»

Технология малозаглубленного теплоизолированного фундамента позволяет:

- сэкономить более 50% стоимости фундамента за счет уменьшения стоимости материалов и работ;
- на 15-20% уменьшить теплопотери здания, что сократит расходы на отопление;
- в 2-3 раза продлить срок службы гидроизоляции фундамента;
- увеличить срок службы фундамента;
- защитить здание от деформаций, вызванных силами морозного пучения грунта.

В процессе работы было построено три модели объекта исследования.

Первая модель (рис. 1): замоделирован только плитный фундамент; конечный элемент – оболочка с размерами $0,75 \times 0,75$ м; $t=0,20$ м; граничные условия (запрет линейных перемещений вдоль осей X и Y, запрет поворота вокруг Uz) установлены в 2-х противоположных углах плиты; модель грунта принята усложнённая – билинейная, неоднородная и многослойная в плане; нагрузка – собственный вес.

Вторая модель (рис. 2): плитный фундамент замоделирован объёмными элементами с размерами $0,75 \times 0,75 \times 0,2$ м; граничные условия (запрет линейных перемещений вдоль осей X и Y, запрет поворота вокруг Uz) установлены в 2-х противоположных углах плиты; утеплитель замоделирован оболочками с размерами $0,75 \times 0,75$ м; $t=0,15$ м; модель грунта принята усложнённая – билинейная, неоднородная и многослойная в плане; нагрузка – собственный вес.

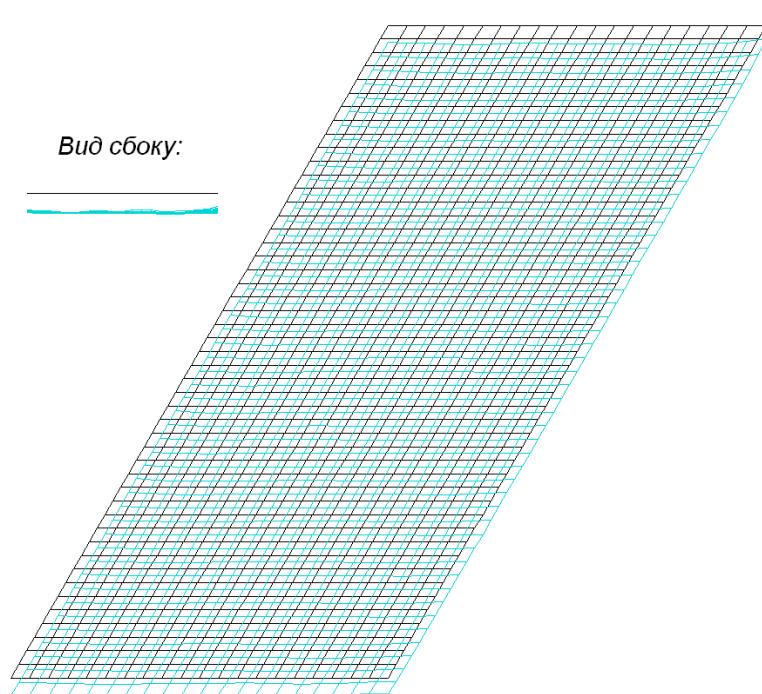


Рисунок 1. Совместное отображение исходной и деформированной схемы при моделировании плиты оболочечными конечными элементами.

Изополя перемещений первой модели по оси Z находятся в интервале от -0,027 до -0,018

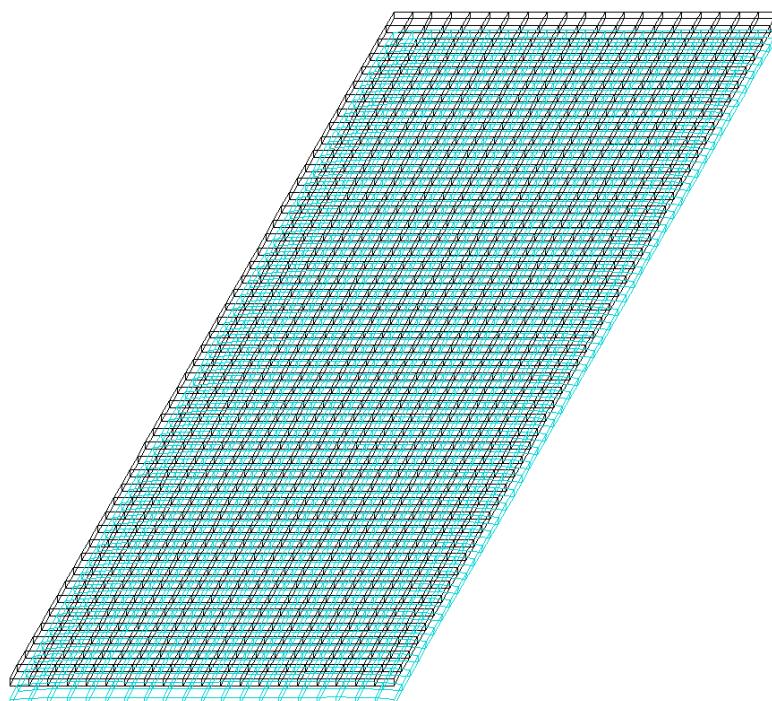
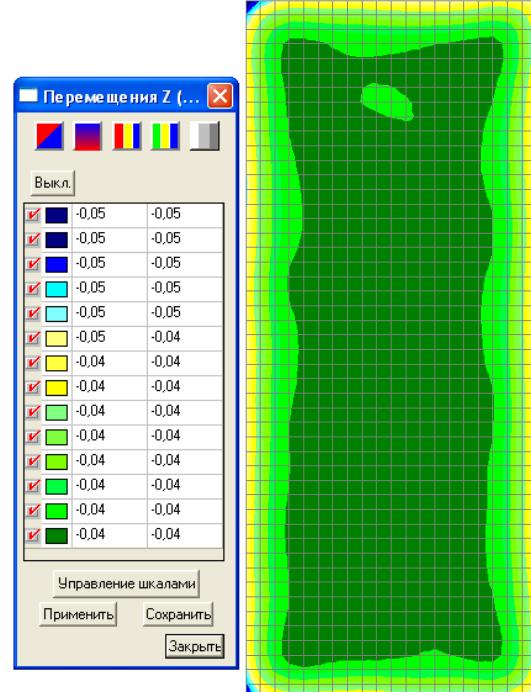


Рисунок 2.1. Совместное отображение исходной и деформированной схемы при моделировании пенополистирольной изоляции оболочечными конечными элементами



Третья модель (рис. 3): фундамент замоделирован оболочечными элементами с размерами 0,75x0,75 м; t=0,20 м; граничные условия (запрет линейных перемещений вдоль осей X и Y, запрет поворота вокруг Uz) установлены в 2-х противоположных углах плиты; утеплитель – объёмными элементами с размерами 0,75x0,75x0,15 м; модель грунта принята усложнённая – билинейная, неоднородная и многослойная в плане; нагрузка – собственный вес.

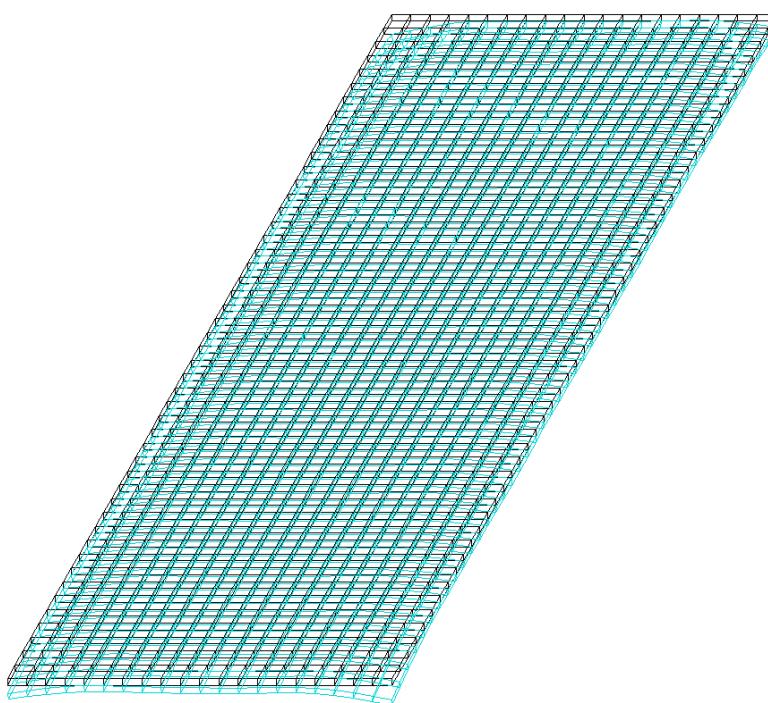


Рисунок 3.1. Совместное отображение исходной и деформированной схемы при моделировании пенополистирольной изоляции объёмными конечными элементами

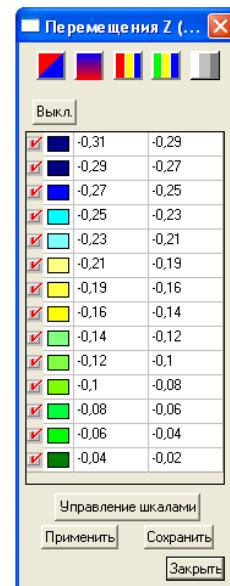


Рисунок 3.2. Изополя перемещений плиты при моделировании пенополистирольной изоляции объёмными конечными элементами

Из рисунков видно: наиболее адекватная картина перемещений плиты и пенополистирольной изоляции отражена в третьей модели (рис. 3.1). Также видно, что у третьей модели получаются более точные значения перемещений (рис. 3.2), картина их распределения более равномерна. Из этого можно сделать вывод, что моделирование пенополистирольной изоляции объёмными конечными элементами даёт более точный и адекватный реальной работе плиты вариант.

Таким образом, проведенные теоретические обоснования показали перспективность применения конструкций теплоизолированного малозаглубленного фундамента при строительстве на пучинистых грунтах. Рациональным способом моделирования малозаглубленного фундамента и экструдированного пенополистирола, работающих совместно с пучинистым грунтовым основанием, является моделирование фундамента оболочками, а теплоизоляции – объёмными элементами. Данный способ позволяет увеличить точность расчётов теплоизолированного малозаглубленного фундамента.

Литература

1. СНиП 2.02.01.-83*. Основания зданий и сооружений.
2. СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений», Москва, 2005.
3. ТСН МФ-97 МО, ТСН 50-303-99 Московской области, «Проектирование, расчет и устройство мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных жилых зданий в Московской области», Москва, 1998.

*Анастасия Александровна Мойся
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Тел. моб.: +7(911)285-10-65; эл. почта: moijsa@mail.ru