

Оптимизация толщины теплоизоляции фундамента с подвалом в условиях г.Биробиджан

Бабашов Даниэль Эльманович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

В статье исследуются факторы, влияющие на выбор толщины утеплителя для фундамента с подвалом, и анализируются методы его расчёта — нормативный, зонирования и по предотвращению промерзания грунта. Выполнен практический расчёт для кирпичного здания, подтверждающий важность комплексного подхода к обеспечению энергоэффективности и надёжности фундаментов в условиях сурового климата.

Ключевые слова: расчёт, фундамент, утеплитель, подвал, кирпичное здание, строительство.

Optimization of the thickness of foundation insulation with a basement in Birobidzhan

Babashov Daniel Elmanovich

Sholom-Aleichem Priamurskiy State University

Student

Abstract

The article explores the factors that influence the choice of insulation thickness for a basement foundation and analyzes the methods of calculating it, including the regulatory method, zoning method, and method for preventing soil freezing. A practical calculation is performed for a brick building, demonstrating the importance of a comprehensive approach to ensuring energy efficiency and reliability of foundations in harsh climates.

Keywords: calculation, foundation, insulation, basement, brick building, construction.

Введение

Энергоэффективность зданий является ключевым фактором устойчивого развития строительной отрасли в условиях глобального энергетического кризиса и ужесточения экологических требований. Особое внимание уделяется подземным конструкциям — фундаментам с подвалами, которые в регионах с экстремальным климатом становятся основным источником теплопотерь. По данным Минстроя РФ, на долю неутеплённых или недостаточно утеплённых фундаментов приходится до 25% общих

теплопотеря здания, что в условиях длительных зим (200–220 суток) критически влияет на эксплуатационные затраты и комфорт в помещениях.

Современные исследования подчеркивают взаимосвязь энергоэффективности и надежности фундаментов. Е.А. Смирнова доказывает, что оптимальная теплоизоляция ограждающих конструкций снижает теплопотери и обеспечивает микроклимат в помещениях [1]. В области фундаментостроения Т. Джумадурдыев с соавт. отмечают переход к инновационным решениям, адаптированным к региональным условиям [2]. А.С. Зимина и Н.Я. Кузин показывают, что внедрение энергосберегающих технологий в теплоснабжение позволяет сократить потребление ресурсов на 20–35% [3], а Я.И. Мишенина предлагает методы зимнего бетонирования с применением противоморозных добавок для сохранения прочности конструкций [4]. А.В. Матвиенко акцентирует комплексный подход к проектированию фундаментов, учитывающий, как несущую способность, так и теплотехнические параметры [5].

Целью исследования является рассмотрение ключевых факторов, влияющих на выбор толщины утеплителя для фундамента, проанализировать существующие методики расчётов и выполнить практический расчёт оптимальной толщины утеплителя для фундамента здания с подвалом.

В ходе исследования проанализированы ключевые факторы, влияющие на определение толщины утеплителя под фундамент, изучены основные методы соответствующих расчётов, а также выполнен практический расчёт толщины утеплителя для фундамента кирпичного здания с подвалом.

Факторы, влияющие на выбор утеплителя под фундамент

Основные факторы, влияющие на выбор утеплителя для фундамента, включают следующие аспекты:

1. **Климатические условия региона** – Средняя температура зимой и глубина промерзания грунта определяют необходимую толщину и тип утеплителя. В северных регионах требуется более эффективная теплоизоляция.
2. **Тип фундамента** – Выбор утеплителя зависит от конструкции: ленточный, плитный, свайно-ростверковый и т.д., например, для монолитной плиты чаще применяют экструдированный пенополистирол (ЭППС), укладываемый под плиту.
3. **Условия эксплуатации (внутреннее или наружное утепление)** – Наружное утепление защищает фундамент от промерзания и влаги, поэтому материал должен быть устойчив к механическим нагрузкам и влаге. Внутреннее утепление менее эффективно, но иногда применяется при реконструкции.
4. **Влагостойкость материала** – Фундамент постоянно контактирует с грунтом и влагой, поэтому утеплитель должен иметь низкое водопоглощение (например, ЭППС или ПИР-плиты).
5. **Прочность на сжатие** – Утеплитель под фундаментом или вокруг него испытывает значительные нагрузки, особенно под плитой или в

- зоне отмоксти. Материал должен выдерживать длительные механические нагрузки без деформации.
6. **Долговечность и устойчивость к биологическим воздействиям** – Утеплитель не должен разрушаться под действием грибка, плесени, грызунов и микроорганизмов в течение всего срока службы здания.
 7. **Теплопроводность** – Чем ниже коэффициент теплопроводности, тем лучше теплоизоляционные свойства. Это позволяет использовать меньшую толщину слоя утепления.
 8. **Паропроницаемость** – Для фундаментов, как правило, предпочтителен малопроницаемый утеплитель, так как основная задача — не вывод пара, а защита от холода и влаги.
 9. **Стоимость и доступность** – Бюджет строительства влияет на выбор материала. Однако дешёвые варианты могут оказаться неэффективными или недолговечными.
 10. **Экологичность и пожаробезопасность** – Особенно важно при внутреннем утеплении или в жилых домах. Некоторые материалы (например, пенополистирол) требуют дополнительной защиты от возгорания.

Методы расчёта выбора оптимальной толщины фундаментного утеплителя.

Выбор оптимальной толщины утеплителя для фундамента — важный этап проектирования, направленный на обеспечение энергоэффективности здания, предотвращение промерзания грунта под основанием и защиту конструкции от влаги и деформаций.

Основные методы расчёта:

Нормативный метод основан на требованиях действующих строительных норм и правил, таких как СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» и СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений». Согласно этим документам определяется нормируемое сопротивление теплопередаче R_{req} для цокольной части или пола по грунту. Требуемая толщина утеплителя рассчитывается по формуле:

$$\delta = \lambda \cdot (R_{\text{req}} - R_{\text{other}})$$

где δ — толщина утеплителя, м; λ — коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°C); R_{other} — сопротивление теплопередаче остальных слоёв конструкции.

Для полов по грунту применяется метод зонирования: поверхность делится на зоны шириной 2 м от наружной стены, каждая из которых имеет своё нормативное сопротивление теплопередаче. Утепление, как правило, требуется только в первой и второй зонах. Это позволяет сосредоточить теплоизоляцию там, где теплопотери максимальны.

Расчёт по глубине промерзания грунта используется для предотвращения сезонного пучения. Определяется расчётная глубина промерзания согласно климатическим данным, после чего подбирается такая

толщина и конфигурация утепления (в том числе горизонтального — под плитой и в отмостке), при которой грунт под фундаментом остаётся незамёрзшим. В таких случаях могут применяться номограммы, рекомендации типа «Frost Protected Shallow Foundations» (FPSF) или специализированное программное обеспечение.

Определение толщины утеплителя под фундамент

Исходные данные (СП 131.13330.2012, СП 50.13330.2012)

- Климатические параметры для Биробиджана:
 - Расчётная температура наружного воздуха (t_{ext}): -33°C (СНиП 23-01-99),
 - Средняя температура отопительного периода (t_{ht}): -7.5°C ,
 - Продолжительность отопительного периода (Z_{ht}): 212 суток,
 - Температура грунта на глубине 2 м (t_{gr}): 0°C (консервативный расчёт, учитывая глубину промерзания 2.4 м),
 - Внутренняя температура подвала (t_{int}): $+10^{\circ}\text{C}$ (отапливаемый подвал).
- Геометрия конструкций:
Стена подвала: высота над грунтом — 0.5 м, заглублённая часть — 2 м, толщина — 0.4 м (бетон),
Пол подвала: размеры 6×8 м, толщина бетонного слоя — 0.1 м.
- Материалы:
Бетон: $\lambda_b = 1.7 \text{ Вт}/(\text{м } ^{\circ}\text{C})$
Экструдированный пенополистирол (ЭППС): $\lambda_y = 0.035 \text{ Вт}/(\text{м } ^{\circ}\text{C})$
- Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП):
$$\text{ГСОП} = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht} = (10 - (-7.5)) \cdot 212 = 3710^{\circ}\text{C сут.}$$

Нормативные требования (СП 50.13330.2012)

- Требуемое сопротивление теплопередаче:
Для наружных стен (циоколь):
$$R_{req, wall} = 0.00035 \cdot \text{ГСОП} + 1.4 = 0.00035 \cdot 3710 + 1.4 = 2.7 \text{ м}^2 \text{ C}/\text{Вт}$$

Для полов по грунту (1-я зона):
$$R_{req, floor} = 0.00045 \cdot \text{ГСОП} + 1.2 = 0.00045 \cdot 3710 + 1.2 = 2.87 \text{ м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Расчёт стены подвала над грунтом (циоколь)

Фактическое сопротивление без утепления

Коэффициенты теплоотдачи:

- Внутренняя поверхность: $\alpha_{int} = 8.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}) \rightarrow R_{si} = 1/8.7 = 0.115 \text{ м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
- Наружная поверхность: $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}) \rightarrow R_{se} = 1/23 = 0.043 \text{ м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$

Общее сопротивление:

$$R_{\text{факт}} = R_{\text{si}} + d_6 \lambda_6 + R_{\text{se}} = 0.115 + (0.4/1.7) + 0.043 = 0.393 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$$

Требуемая толщина утеплителя

$$R_{\text{ут}} = R_{\text{req, wall}} - R_{\text{факт}} = 2.7 - 0.393 = 2.307 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$$

$$d_y = R_{\text{ут}} / \lambda_y = 2.307 / 0.035 = 0.081 \text{ м} \approx 85 \text{ мм}$$

Расчёт пола по грунту (1-я зона)

Зонирование

Площадь 1-й зоны (ширина 2 м от стен):

$$A_1 = 2 \cdot (6 + 8) - 4 \cdot 22 = 28 - 16 = 12 \text{ м}^2$$

Фактическое сопротивление без утепления

$$R_{\text{факт, floor}} = d_6 / \lambda_6 = 0.1 / 1.7 = 0.059 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}.$$

Требуемая толщина утеплителя

$$R_{\text{ут, floor}} = R_{\text{req, floor}} - R_{\text{факт, floor}} = 2.87 - 0.059 = 2.811 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}.$$

Толщина ЭППС:

$$d_{y, \text{ floor}} = 2.811 / 0.035 = 0.098 \text{ м} \approx 100 \text{ мм}$$

Проверка на конденсацию влаги

Температура внутренней поверхности стены:

$$\tau_{\text{si}} = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot R_{\text{si}}}{R_{\text{total}}} = 10 - \frac{(10 - (-33)) \cdot 0.115}{2.7} = 8.17^\circ\text{C}.$$

Точка росы для $t_{\text{int}} = 10^\circ\text{C}$ и влажности 60%: $t_p = +2^\circ\text{C}$

Условие $\tau_{\text{si}} > t_p$ выполняется ($8.17 > 2$) → конденсация исключена.

Расчёт теплопотерь

Через цокольную стену

Площадь стены ($A_{\text{ст}}$): $6 \cdot 0.5 = 3 \text{ м}^2$

$$Q_{\text{ст}} = \frac{A_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_{\text{req, wall}}} = \frac{3 \cdot (10 - (-33))}{2.7} = 47.8 \text{ Вт}.$$

$$Q_{\text{пол}} = \frac{A_1 \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{gr}})}{R_{\text{req, floor}}} = \frac{12 \cdot (10 - 0)}{2.87} = 41.8 \text{ Вт}.$$

Общие теплопотери:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{пол}} = 47.8 + 41.8 = 89.6 \text{ Вт}$$

- Для цокольной стены: утепление ЭППС толщиной 85 мм.
- Для пола (1-я зона): утепление ЭППС толщиной 100 мм.
- Конденсация влаги на внутренних поверхностях исключена.
- Общие теплопотери: 89.6 Вт

Выводы

Оптимальная толщина утеплителя под фундаментом — ключевой фактор энергоэффективности и надёжности здания. Её расчёт требует учёта климатических условий (температура, глубина промерзания), свойств грунта (влажность, теплопроводность), характеристик материала (ЭППС, минвата) и рисков конденсации. Недооценка этих параметров ведёт к росту теплопотерь, промерзанию грунта и разрушению конструкций. Точный расчёт обеспечивает баланс между энергосбережением, долговечностью и экономическими затратами, защищая фундамент от деформаций и создавая комфорт в подвальных помещениях. Интеграция региональных данных в проектирование повышает устойчивость зданий в экстремальных условиях.

Библиографический список

1. Смирнова Е.А., Смирнов С.С., Смирнова А.В. Эффективность теплоизоляции ограждающих конструкций зданий // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности. 2015. С. 69-72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23634319>
2. Джумабурдыев Т., Эминов М., Комеков К. Развитие технологии фундамента в строительстве// Вестник науки. 2022. №12. С. 408-412. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49853174>
3. Зимина А.С., Кузин Н.Я. Экономия энергоресурсов существующей системы теплоснабжения в России с помощью энергосберегающих технологий //Современные проблемы науки и образования. 2024. №5. С. 372. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22566748>
4. Мишенина Я.И. Особенности зимней заливки бетонного фундамента// Современная наука и молодые учёные. 2021. С. 44-45. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44501322>
5. Матвиенко А.В. Фундамент и его применение в строительстве// Наука и образование сегодня. 2020. № 7. С. 26-27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43153024>
6. СНиП 23-01-99. Строительная климатология
7. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»,
8. СП 131.13330.2018 «Строительная климатология»
9. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»