

Construction of Unique Buildings and Structures



Теплопотери здания через неотапливаемые подвальные помещения

А.Н. Белоус^{1*}, М.В. Оверченко²

¹⁻² Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 86123, Украина, Донецкая область, Макеевка, ул. Державина, 2

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 697.148	Подана в редакцию 9 ноября 2015	цокольный узел; термомодернизация; энергоэффективность; теплопотери; методика расчета;

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены вопросы и установлены факторы, влияющие на теплопотери здания через подвальные помещения в зимний период года, а также приведены конструктивные требования к ограждающим конструкциям подвальных помещений. Приведены две методики расчета теплопотерь подвальных неотапливаемых помещений. Согласно приведенным методикам, выполнены расчеты и произведен сравнительный анализ методик расчета теплопотерь подвальных помещений, а также установлены достоинства и недостатки приведенных методик. Произведен анализ граничных условий численного моделирования температурных полей грунтового массива. Установлены геометрические параметры моделирования температурных полей и теплового потока для узлов с грунтовым массивом.

Содержание

1.	Введение	8
2.	Обзор литературы	8
3.	Цели и задачи	8
4.	Основная часть	8
5.	Выводы	12

^{1*} Контактный автор:
+380 990 599 566, us28@ua.ru (Белоус Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доц.)
² +380 990 733 538, miro4ka8@mail.ru (Оверченко Мира Викторовна, лаборант)

1. Введение

В последнее время все актуальнее становится проблема улучшения теплотехнических качеств ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий первых массовых серий 1960-1980 гг. Большинство этих зданий взводились с требованиями к сопротивлению теплопередаче согласно [1].

В соответствии с этими нормами, сопротивление теплопередаче рассчитывалось без учета мостиков холода; одним из мостиков холода в здании является цокольный узел. Помимо этого, первый этаж расположен непосредственно у поверхности земли, поэтому он более всего подвержен воздействию влаги от атмосферных осадков, талых и грунтовых вод, в работе [2] отмечено влияние конденсации влаги под конструкцией пола на температурное поле массива грунта, что также актуально для неотапливаемых подвалов с высокой влажностью.

2. Обзор литературы

Большое негативное влияние на полы первых этажей оказывают низкие температуры подвалов зданий. Во избежание низких температур на внутренних поверхностях ограждающих конструкций на этапе проектных работ возможно использовать метод построения трехмерных температурных полей. Для корректного задания расчетной модели необходимо знать граничные условия грунтового массива. Одним из параметров является температурный градиент, в своих работах Ж. Фурье [3] указывал на то, что температура грунтового массива, лежащего ниже некоторой глубины, сохраняется примерно постоянной, хотя грунт, находящийся выше, имеет конечное значение теплопроводности. По данным измерений [4-6] в верхней части на глубине до 4 – 5 м лежат слои грунта, где сезонные колебания температуры достигают 6–8 °С. Ниже, на глубине 8–10 м наблюдается температурный режим практически стационарный, с изменением температуры не более 1°С. Помимо этого, необходимо задаться геометрическими размерами грунтового массива, в [7] приведены геометрические размеры границ зоны моделирования температурного поля и граничные условия для грунтового массива без теоретического обоснования.

Количественным фактором оценки принятых проектных решений тепловой оболочки подземной части здания могут выступать теплопотери здания. В работе [8] приведен расчет тепловой оболочки здания и нормативные величины на основании [9], также проанализированы нормативные требования [10] и [9] к полам по грунту, и выявлено, что в современных нормах РФ требования ниже в 2,5-3 раза. Но как показывает практика, фактическое значение сопротивления теплопередаче полов находится в пределах, предъявляемых [9]. Методики расчета теплопотерь согласно [11] отличаются от [1, 9, 10, 12] четким математическим выводом на основании физических процессов в системе «грунт-здание», но в работе в качестве исходных данных приведены величины для конкретного случая и при использовании модели для других объектов требуются сложные математические преобразования. В методике расчета теплопотерь подземной части здания [7] в качестве климатических данных принимается «типовой» год [13], таким образом, для неотапливаемых подвалов с непостоянной температурой, зависящей от наружной температуры, более приемлема методика расчета с месячной оценкой теплопотерь [14].

3. Цели и задачи

Задачи исследования:

- 1) Проанализировать существующие методики расчета теплопотерь и выявить основные факторы, влияющие на результаты расчета.
- 2) Определить геометрические параметры до краевых условий для численного моделирования температурных полей грунтового массива.
- 3) Выявить численные значения граничных условий температуры и теплового потока грунтового массива.

Цель исследования: усовершенствование методик расчета теплопотерь здания через цокольный узел в зимний период года.

Объект исследования: цокольный узел крупноблочных зданий.

Предмет исследования: температурный режим и изменение теплопотерь вследствие термомодернизации здания в цокольном узле.

4. Основная часть

В современных нормах Украины [12] приводятся следующие требования к цокольным узлам: внешние ограждающие конструкции, контактирующие с грунтом, в зданиях с подвалом необходимо утеплять на глубину 1,0 м ниже поверхности грунта; срок эффективной эксплуатации теплоизоляционных изделий – не менее 50 лет. Также в [15] приводятся аналогичные требования и устанавливается толщина

теплоизоляционного материала из условия обеспечения требования $t_{\text{amin}} > t_{\text{min}}$ [12] для ограждающих конструкций отапливаемых помещений, но не менее 50 мм.

В нормах Российской Федерации [10] указаны следующие требования: полы на грунте, расположенные выше отмостки здания или ниже ее не более чем на 0,5 м, должны быть утеплены в зоне примыкания пола к наружным стенам шириной 0,8 м путем укладки по грунту слоя неорганического влагостойкого утеплителя толщиной, определяемой из условия обеспечения термического сопротивления этого слоя утеплителя не менее термического сопротивления наружной стены.

В рассматриваемом здании, расположенном в г. Донецке, с цокольным узлом (рисунок 1.), выполненным согласно типовой серии на основании требований [1], необходимо произвести термомодернизацию согласно действующих норм [12] и [15].

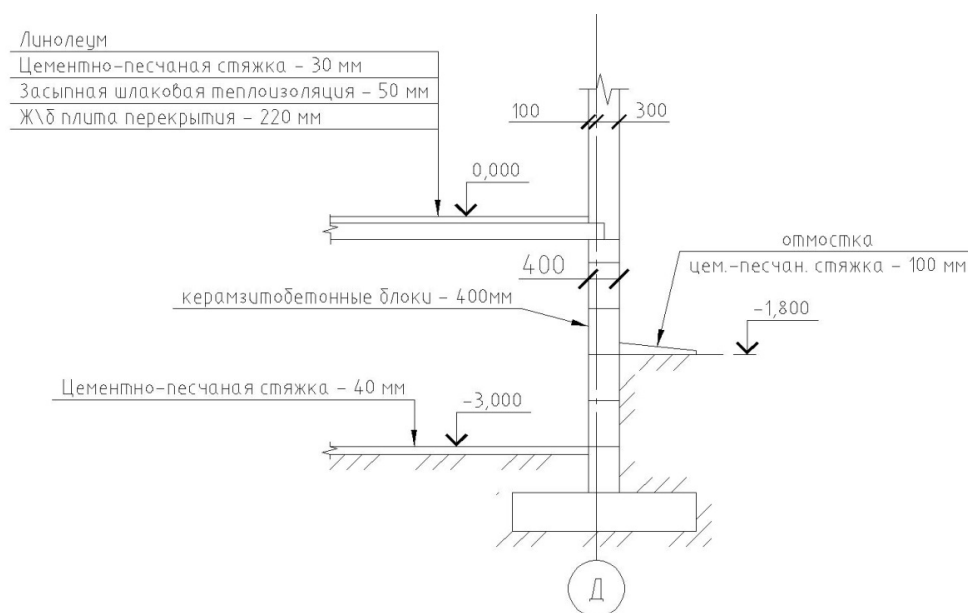


Рисунок 1. Цокольный узел рассматриваемого здания

Один из возможных вариантов термомодернизации цокольного узла, отвечающий действующим нормативам [12] и [15], с учетом принятых Украиной [16] и [17], представлен на рисунке 2.

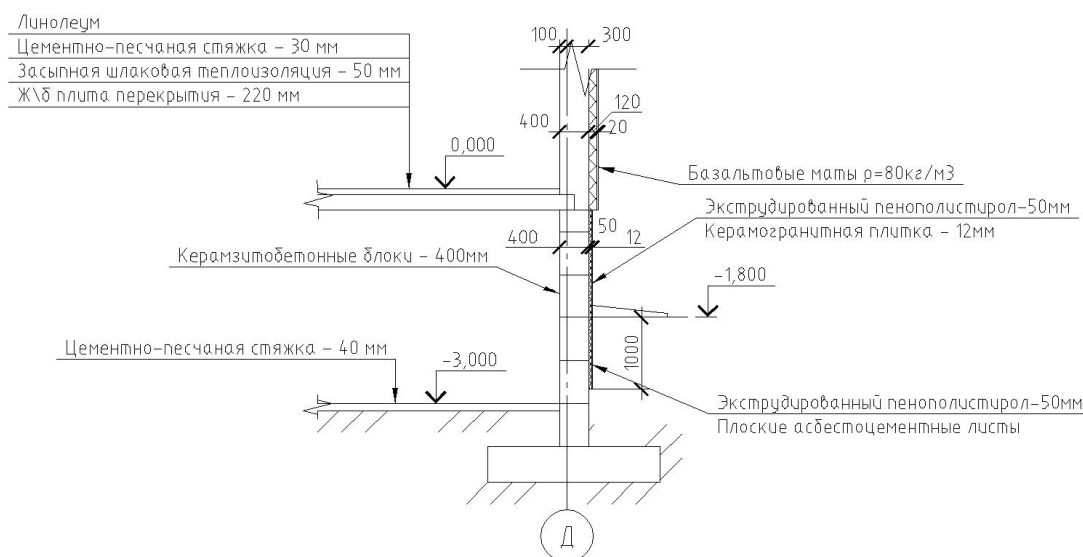


Рисунок 2. Термомодернизированный цокольный узел здания.

Для данного цокольного узла (как до термомодернизации – рисунок 1, так и после – рисунок 2) возможно просчитать теплотери по методикам, изложенным в [12] и [18], или используя методику [14].

Согласно методики, изложенной в [18], возможно определить общие теплопотери (Q_k) неотапливаемого подвала через ограждающую оболочку, кВт·ч, как (3) [18]:

$$Q_k = X_1 K_{б\text{уд}} D_d F_{\Sigma} = 10476 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (1)$$

где $\chi_1 = 0,024$ – размерный коэффициент;

D_d – количество градусо-суток отопительного периода, которое определяется в зависимости от температурной зоны эксплуатации в соответствии с [19]. Для неотапливаемого подвала здания составит $D_d = 1144$ °С·сут.

F_{Σ} – общая площадь внутренней поверхности внешних ограждающих конструкций, $F_{\Sigma} = 237 \text{ м}^2$;

$K_{б\text{уд}}$ – общий коэффициент теплопередачи теплоизоляционной оболочки здания, Вт/(м²·К), определяется по формуле (5) [18]:

$$k_{б\text{уд}} = k_{\Sigma\text{пр}} + k_{\text{инф}} = 1,61 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}) \quad (2)$$

где $k_{\Sigma\text{пр}}$ – приведенный коэффициент теплопередачи теплоизоляционной оболочки здания, Вт/(м²·К), определяется по формуле (7) [18]:

$$k_{\Sigma\text{пр}} = \xi \cdot \frac{\left(\frac{F_{\text{нп}}}{R_{\Sigma\text{прнп}}} + \frac{F_{\text{пк}}}{R_{\Sigma\text{прпк}}} + \frac{F_{\text{ц}}}{R_{\Sigma\text{прц}}} \right)}{F_{\Sigma}} = 1,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}) \quad (3)$$

$k_{\text{инф}}$ – условный коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций здания, Вт/(м²·К), учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции, определяется по формуле (8) [18]:

$$k_{\text{инф}} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot V_v \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}) \quad (4)$$

где $\chi_2 = 0,278$ – размерный коэффициент;

c – удельная теплоемкость воздуха, принимается $1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$

$n_{об}$ – средняя кратность воздухообмена за отопительный период, $n_{об} = 1,176 \text{ час}^{-1}$;

V_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, которым учитывается наличие внутренних ограждающих конструкций, принимается равным $0,85$;

V_h – отапливаемый объем здания, $V_h = 711 \text{ м}^3$;

F_{Σ} – то же, что в формуле (1), м².

γ_3 – средняя плотность воздуха, который поступает в помещение за счет инфильтрации и вентиляции, кг/м³, определяется по формуле (9) [18]:

$$\gamma_3 = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_b + t_{он.з})]} = 1,28 \text{ кг}/\text{м}^3 \quad (5)$$

где $t_b = t_{ц}$ – температура воздуха в неотапливаемом подвале, определяется по формуле (23) [18], °С;

$$t_{ц} = \frac{\frac{t_b \cdot F_{ц1}}{R_{qц1}} + (\sum_{i=1}^n q_i l_i) + 0,28 \cdot V_{п} \cdot n_{об} \cdot \gamma_{зп} \cdot t_3 + \frac{t_3 \cdot F_{пц1}}{R_{пц1}} + \frac{t_3 \cdot F_{сц1}}{R_{сц1}}}{\left[\frac{F_{ц1}}{R_{qц1}} + 0,28 \cdot V_{п} \cdot n_{об} \cdot \gamma_{зп} + \frac{F_{пц1}}{R_{пц1}} + \frac{F_{сц1}}{R_{сц1}} \right]} = 5,988 \text{ °С} \quad (6)$$

$t_{он.з}$ – средняя температура внешнего воздуха за отопительный период, °С, определяется в соответствии с [19] и составляет $t_{он.з} = -0,5$ °С;

η – коэффициент влияния встречного теплового потока в ограждающих конструкциях, принимается $\eta = 0,7$ – для стыков панелей стен, а также окон из ПВХ-профилей с заполнением стеклопакетами;

Согласно альтернативной методике [14], суммарную теплопередачу трансмиссией Q_{tr} , кВт·ч, рассчитывают для каждого месяца и для каждой зоны по формуле:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\theta_{\text{int,set,H}} - \theta_e) t, \quad (7)$$

где $H_{tr,adj}$ – общий коэффициент теплопередачи трансмиссией зоны, Вт/К, найденный для разности температур внутри – снаружи, определенный в соответствии с п.8.2 [14];

$\theta_{\text{int,set,H}}$ – заданная температура отапливаемой зоны здания, принимается равной $5,988$ °С;

θ_e – среднемесячная температура внешней среды, °С, определена в соответствии с приложением А [14];

t – продолжительность месяца, для которого проводится расчет, ч, определена в соответствии с приложением А [14].

Доля стационарного состояния теплопередачи определяется по формуле:

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \psi_g = 254,9 \text{ Вт}/\text{К} \quad (8)$$

где A – площадь пола, для рассматриваемого здания составляет 237 м^2 ;

U – коэффициент теплообмена между внутренней и внешней средой, Вт/(м²·К);

P – внешний периметр пола, $67,2 \text{ м}$;

ψ_g – линейная теплопередача, принимается равной $1,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Теплопередача в случае неотапливаемого подвала находится по формуле:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{AU_{bf} + zPU_{bw} + hPU_w + 0,33nV} = 1,36 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (9)$$

где U_f – коэффициент теплопередачи пола (плиты между внутренней средой и подвалом), 1,795 Вт/м²·К;

U_w – коэффициент теплопередачи стен подвала над уровнем поверхности земли, 0,316 Вт/м²·К;

n – кратность воздухообмена в подвале (при отсутствии точной информации можно использовать значение $n = 0,3$ смен воздуха за 1 час), час⁻¹;

V – объем воздуха в подвале, составляет 711 м³.

Расчет U_f и U_w производится согласно [20], используя коэффициент теплоотдачи поверхности.

Для определения U_{bf} , теплопередачи пола подвала, Вт/м²·К, воспользуемся формулой (12) [20]. При условии $d_t + 0,5z < B'$ (неизолированные и умеренно изолированные подвальные перекрытия):

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0,5z} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t + 0,5z} + 1 \right) = 0,316 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (10)$$

Теплопередача подвальных стен U_{bw} зависит от общей эквивалентной толщины подвальных стен, d_w , рассчитанных по формуле:

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) = 1,5 \cdot (0,17 + 1,419 + 0,04) = 2,444 \text{ м} \quad (11)$$

где R_w – тепловое сопротивление стен в подвале, 1,419 м²·К/Вт.

Затем получаем U_{bw} (теплопередача стен подвала, контактирующих с грунтом):

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right) = 0,4062 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (12)$$

U_{bw} – теплопередача стен подвала, Вт/м²·К;

z – высота подземной части стены подвала, 1,5 м.

Эквивалентная толщина подвала:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) = 1,551 \text{ м} \quad (13)$$

w – полная толщина стен в здании на первом этаже, с учетом всех слоев, 0,4 м;

R_f – тепловое сопротивление всех слоев плиты перекрытия, в том числе тепловое сопротивление любых слоев изоляции над, под или в середине плиты перекрытия, а также тепловое сопротивление какого-либо покрытия пола, 0,557 м²·К/Вт.

Таким образом, суммарная теплопередача трансмиссией подвального помещения составит:

$$Q_{tr} = \sum_{i=1}^6 H(\theta_{int, setH} + \theta_e)t = 6214 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

При определении приведенного сопротивления теплопередаче R_{np} согласно [12], были установлены линейные коэффициенты теплопередачи (Ψ_g), которые находятся путем численного моделирования температурных полей. Граничные условия для этих моделей описаны в [21], приведены в таблице 1 и представлены на рисунках 3 и 4:

Таблица 1. Размещение плоскостей сечения в основании (первые этажи, фундаменты)

Направление	Расстояние от центрального фрагмента	
	Расчеты поверхностной температуры см.рис. 3	Расчеты теплового потока см.рис. 4
Горизонтальное внутри здания	Не менее 1 м	0,5 b ¹⁾
Горизонтальное снаружи здания	То же расстояние, что и внутри здания	2,5 b ¹⁾
Вертикальное ниже уровня грунта	3 м	2,5 b ¹⁾
Вертикальное выше уровня этажа ²⁾	1 м	–
¹⁾ Если значение b не задано, то в случае замачивания необходимо использовать значение b = 8 м ²⁾ Этим значением пользуются только тогда, когда уровень исследуемого этажа более чем на 2 м ниже поверхности грунта		

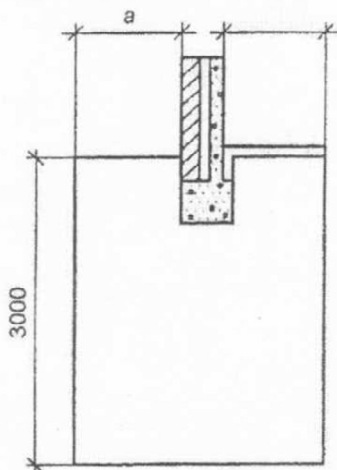


Рисунок 3. Размеры основания
для расчета поверхностной температуры

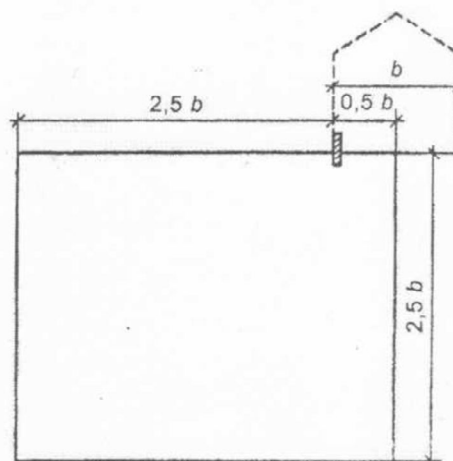


Рисунок 4. Размеры основания
для расчета теплового потока

Однако при построении двумерного температурного поля в программном комплексе Thermo 7.2, при определении линейного коэффициента теплопередачи (Ψ_g) были выявлены значительные различия в результатах моделирования, которые зависели от задания граничных условий массива грунта на глубине $2,5b$ (см. рис. 4). В данный момент отсутствуют значения температур и количественные характеристики теплового потока на данной глубине, а исследования, проводимые различными учеными [6, 22, 23] отличаются в количественной оценке теплового потока и температур в несколько раз. Таким образом, для уточнения граничных условий необходимо произвести ряд натурных исследований.

5. Выводы

1) Значение теплотерм неотапливаемого подвала, согласно методики расчета [18], составили $Q_k = 10476 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, а в результате расчетов по методике [14] – $Q_{tr} = 6214 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Разница в 41% между двумя расчетами объясняется тем, что при расчетах по методике [8] производится помесечный расчет, а согласно методике [18] берется среднее значение наружной температуры за отапливаемый период. Таким образом, рекомендуется в дальнейших расчетах применять методику [14].

2) Установленные численные значения геометрических параметров границ моделирования температурных полей грунтового массива, в результате построения двумерных полей, показали стабильные ровные температурные распределения, что подтверждает возможность их применения для численного моделирования в дальнейшем.

3) Значения граничных условий грунтового массива требуют натурных исследований, в результате которых необходимо установить более точные значения температуры и теплового потока.

Литература

- [1]. Строительная теплотехника: СНиП II – 3 – 79 [не действующий]. М.: Госстрой СССР, 1979. 49 с.
- [2]. Фам Дык Хань. Определение требуемых теплозащитных качеств полов по грунту в условиях жарко-влажного климата: диссертация. М.: МГСУ, 2005.
- [3]. Fourier, M. Les temperatures du globe terrestre des espaces planetaires / M. Fourier // Memoires de l'Academie des sciences de l'Institut de France. 1827. vol.7. pp.569–604.
- [4]. Коровкин В.П. Особенности создания микроклимата в подземных сооружениях в условиях вечномёрзлых грунтов / В.П. Коровкин, Л.А. Белкина // АВОК. 2003. №8. С. 48–56.
- [5]. Вишняк Н.Н. Исследование систем отопления почвы и субстрата зимних и весенних теплиц // Водоснабжение и санитарная техника. 1970. №11. С.31–34.
- [6]. Анапольская Л.Е. Метеорологические факторы теплового режима зданий. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 239с.
- [7]. Иванов Д.С. Определение теплотерь подземной части здания моделированием нестационарного теплового режима ограждающих конструкций и грунта: диссертация. М.: МГСУ, 2015.
- [8]. Горшков А.С. Формула энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 7.
- [9]. National Building Code of Finland, Part D3.
- [10]. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. 82 с.
- [11]. Сотников А.Г. Теплофизический расчет теплотерь подземной части зданий // Теплоэнергоэффективные технологии. 2010. № 4.
- [12]. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. К.: МінбудУкраїни, 2006. 64 с.
- [13]. Гагарин В.Г. Разработка климатической информации в форме специализированного «типового года» / В.Г. Гагарин, Е.Г. Малявина, Д.С.Иванов // Вестник ВолГАСУ. – 2013. – серия Строительство и архитектура, 139 вып. 31(50), ч. 1: «Города России. Проблемы проектирования и реализации». С.343–349.
- [14]. ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. К.: МінрегіонУкраїни, 2015. 157 с.
- [15]. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. К.: МінрегіонУкраїни, 2013. 52 с.
- [16]. DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings [Электронный ресурс] // Official Journal of the European Union. 23 p. URL: <http://www.energy.eu/directives/2010-31-EU.pdf> (дата обращения 02.01.2016).
- [17]. Закон України Про енергозбереження [Електронний ресурс] : Офіційний веб-сайт Верховної Ради України. 17с. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80> (дата обращения 02.01.2016).
- [18]. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. К.: МінрегіонбудУкраїни, 2008. 44 с.
- [19]. ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010. Будівельна кліматологія. К.: Укрархбудінформ, 2011. 123 с.
- [20]. ДСТУ ISO 6946:2007. Будівельні конструкції та елементи. Тепловий опір і коефіцієнт теплопередавання. Методика розраховування (ISO 6946:1996, IDT). К.: ДержспоживстандартУкраїни, 2007. 23 с.
- [21]. ДСТУ ISO 10211-2:2005. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків і поверхневих температур. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення (ISO 10211-2:2001, IDT). К.: ДержспоживстандартУкраїни, 2007. 16 с.
- [22]. Васильев Б. Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима зданий. М.: Гос. изд-во лит. по строительству и архитектуре, 1957. 208 с.
- [23]. Табунщиков Ю.А., Бродяч М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. 194 с.
- [24]. Зміна №1 до ДБН В.2.6-31:2006. К.: МінрегіонбудУкраїни, 2013. 8 с.
- [25]. Тимофєєв М. В., Сахновська С. О., Білоус О.М. Розрахунки теплової ізоляції будівель. Макіївка: ДонНАБА, 2008. 62 с.
- [26]. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. М.: Техносфера, 2005. 536 с.

- [27]. Білоус О.М., Колесник Є.С. Методи розрахунку теплопередачі через ґрунт //Вісник Донбаської нац. акад. буд-ва і арх-ри. 2012. Вип. 5 (97).
- [28]. DIN 4108-3 Klimabedingter Feuchteschutz. Deutsches Institut für Normung e. V. 40 p.
- [29]. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. М.: Стройиздат, 1979. 248 с.

Heat loss through the building unheated basement

A.N. Belous^{1*}, M.V. Overchenko²

¹⁻² Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 2, Derzhavin str., Makiyivka, Donetsk region, Ukraine, 86123

ARTICLE INFO

scientific article

doi:

Article history

Received 9 November 2015

Keywords

ground node;
thermo;
energy efficiency;
heat losses;
calculation procedure;

ABSTRACT

This article describes how to heat the building through the basement in the winter season. The factors which influence the basement heat loss and the design requirements for protective structures of basements are provided. Two methods of calculating heat losses of unheated basement rooms are presented. The first method of calculation assumes that all surfaces in contact with the soil array are divided into zones with coefficients taking into account the effect on the heat loss through the ground for the entire period of heating. The second method calculates the monthly heat loss from the building through the surface in contact with the ground. According to these methods, calculations and comparative analysis of methods for calculating the heat of basements are provided, as well as pros and cons of the above techniques are established. The analysis of the boundary conditions of numerical simulation of temperature fields of the soil mass is held. While building a two-dimensional temperature field to determine the linear heat transfer coefficient significant differences in the simulation results are found, which depends on the boundary conditions of the array of soil at depth. The work sets geometric parameters of the simulation of temperature fields and heat flux for the node with a soil file, but without providing data on the quantitative characteristics of the heat flux on the vertical of the soil mass.

^{1.*} Corresponding author:

+380 990 599 566, us28@ya.ru (Alexey Nikolaevich Belous, PhD, associate prof.)

²

+380 990 733 538, miro4ka8@mail.ru (Mira Viktorovna Overchenko, technician)

References

- [1]. Stroitel'naya teplotekhnika: SNiP II – 3 – 79 [ne deystvuyuschiy]. Moscow.: Gosstroy SSSR, 1979. 49 p. (rus)
- [2]. Fam Dyk Khan. Opredeleniye trebuyemykh teplozashchitnykh kachestv polov po gruntu v usloviyakh zharko-vlazhnogo klimata: dissertatsiya. Moscow.: MGSU, 2005. (rus)
- [3]. Fourier, M. Les temperatures du globe terrestre et des espaces planétaires / M. Fourier // Memoires de l'Academie des sciences de l'Institut de France. 1827. vol.7. Pp.569–604.
- [4]. Korovkin V.P. Osobennosti sozdaniya mikroklimata v podzemnykh sooruzheniyakh v usloviyakh vechnomerzlykh gruntov / V.P. Korovkin, L.A. Belkina // AVOK. 2003. №8. Pp. 48–56. (rus)
- [5]. Vishnyak N.N. Issledovaniye sistem otopeniya pochvy i substrata zimnikh i vesennikh teplits // Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 1970. №11. Pp.31–34. (rus)
- [6]. Anapolskaya L.Ye. Meteorologicheskiye faktory teplovogo rezhima zdaniy. Leningrad.: Gidrometeoizdat, 1973. 239p. (rus)
- [7]. Ivanov D.S. Opredeleniye teplopoter podzemnoy chasti zdaniya modelirovaniyem nestatsionarnogo teplovogo rezhima ograzhdayushchikh konstruksiy i grunta: dissertatsiya. Moscow.: MGSU, 2015. (rus)
- [8]. Gorshkov A.S. Formula energoeffektivnosti // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 7. (rus)
- [9]. National Building Code of Finland, Part D3.
- [10]. SP 50.13330.2012. Teplovaya zashchita zdaniy. Moscow.: Ministerstvo regional'nogo razvitiya RF, 2012. 82 p. (rus)
- [11]. Sotnikov A.G. Teplofizicheskiy raschet teplopoter podzemnoy chasti zdaniy // Teploenergoeffektivnyye tekhnologii. 2010. № 4.
- [12]. DBN V.2.6-31:2006. Konstruktsiï budinkiv ta sporud. Teplova izolyatsiya budivel. Kiev.: Minbud Ukraïni, 2006. 64 p. (ukr)
- [13]. Gagarin V.G. Razrabotka klimaticheskoy informatsii v forme spetsializirovannogo «tipovogo goda» / V.G. Gagarin, Ye.G. Malyavina, D.S.Ivanov // Vestnik VolgGASU. – 2013. – seriya Stroitel'stvo i arkhitektura, 139 vyp. 31(50), ch. 1: «Goroda Rossii. Problemy proyektirovaniya i realizatsii». Pp.343–349. (rus)
- [14]. DSTU-N B A.2.2-12:2015. Yenergetichna yefektivnist budivel. Metod rozrakhunku yenergospozhyvannya pri opalenni, okholodzhenni, ventilyatsii, osvittleni ta garyachomu vodopostachanni. Kiev.: Minregion Ukraïni, 2015. 157 p. (ukr)
- [15]. DSTU B V.2.6-189:2013. Metodi viboru teploizolyatsiynogo materialu dlya uteplennya budivel. Kiev.: Minregion Ukraïni, 2013. 52 p. (ukr)
- [16]. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings [Elektronnyy resurs] // Official Journal of the European Union. 23 r. URL: <http://www.energy.eu/directives/2010-31-EU.pdf> (data obrashcheniya 02.01.2016).
- [17]. Zakon Ukraïni Pro yenergozberezhennya [Yelektronnyy resurs]: Ofitsiyniy veb-sayt Verkhovnoï Radi Ukraïni. 17s. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80> (data obrashcheniya 02.01.2016). (ukr)
- [18]. DSTU-N B A.2.2-5:2007. Proyektuvannya. Nastanova z rozroblennya ta skladannya yenergetichnogo pasporta budinkiv pri novomu budivnitstvi ta rekonstruktsii. Kiev.: Minregionbud Ukraïni, 2008. 44 p. (ukr)
- [19]. DSTU-N B V.1.1-27: 2010. Budiveln klimatologiya. Kiev.: Ukrarkhbudinform, 2011. 123 p. (ukr)
- [20]. DSTU ISO 6946:2007. Budivelni konstruktsiï ta yelementi. Teploviy opir i koyefitsient teploperedavannya. Metodika rozrakhovuvannya (ISO 6946:1996, IDT). Kiev.: Derzhspozhivstandart Ukraïni, 2007. 23 p. (ukr)
- [21]. DSTU ISO 10211-2:2005. Teploprovidni vkladyennya v budivelnikh konstruktsiyakh. Obchislennya teplovikh potokiv i poverkhnevikh temperatur. Chastina 2. Liniyni teploprovidni vkladyennya (ISO 10211-2:2001, IDT). K.: Derzhspozhivstandart Ukraïni, 2007. 16 p. (ukr)
- [22]. Vasilyev B. F. Naturnyye issledovaniya temperaturno-vlazhnostnogo rezhima zdaniy. Moscow.: Gos. izd-vo lit. po stroitel'stvu i arkhitekture, 1957. 208 p. (rus)
- [23]. Tabunshchikov Yu.A., Brodach M.M. Matematicheskoye modelirovaniye i optimizatsiya teplovoy effektivnosti zdaniy. Moscow.: AVOK-PRESS, 2002. 194 p. (rus)
- [24]. Zmina №1 do DBN V.2.6-31:2006. Kiev.: Minregionbud Ukraïni, 2013. 8 p. (ukr)
- [25]. Timofeev M. V., Sakhnovska S. O., Bilous O.M. Rozrakhunki teplovoi izolyatsii budivel. Makiïvka: DonNABA, 2008. 62 p. (ukr)
- [26]. Blazi V. Spravochnik proyektirovshchika. Stroitel'naya fizika. Moscow.: Tekhnosfera, 2005. 536 p. (rus)

- [27]. Bilous O.M., Kolesnik Є.S. Metodi rozrakhunku teploperedachi cherez grunt // Visnik Donbaskoї nats. akad. bud-va i arkh-ri. 2012. Vip. 5 (97). (ukr)
- [28]. DIN 4108-3 Klimabedingter Feuchteschutz. Deutsches Institut für Normung e. V. 40 p.
- [29]. Bogoslovskiy V.N. Teplovoy rezhim zdaniya. Moscow.: Stroyizdat, 1979. 248 p. (rus).

Белоус А.Н., Оверченко М.В. Теплотери здания через неотапливаемые подвальные помещения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №4 (43). С. 7-17.

Belous A.N., Overchenko M.V. Heat loss through the building unheated basement. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, 4 (43), Pp. 7-17. (rus)