

РАСЧЕТ ТЕРМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ЗОН НЕУТЕПЛЕННОГО ПОЛА

Авторы: Анастасия Жереблюк, Сергей Путивец

Технический Университет Молдовы

Резюме: Сравниваются расчетные значения термических сопротивлений зон неутепленного пола, представленные в нормативной литературе, с их значениями, рассчитанными по результатам численного моделирования процессов теплопередачи с учетом влажности грунта.

Ключевые слова: теплопотери, расчет теплопотерь пола по зонам, численное моделирование.

Нормативная литература [1,2] предлагает рассчитывать теплопотери помещений через полы на грунте по 4 зонам – полосам, шириной 2 метра, отсчитываемых от внутренних граней наружных стен, для которых заранее заданы термические сопротивления. При этом не учитываются важные показатели - свойства грунта на месте строительства.

На теплопроводность грунта оказывает значительное влияние его влажность. В практике принято грунты влажностью до 5% считать сухими (или маловлажными), свыше 30% — мокрыми, а от 5 до 30% — нормальной влажности. Так, коэффициент теплопроводности сухого грунта равен 0,4 Вт/(м²•С), грунта влажностью 10% – 1,75 Вт/(м²•С), а грунта влажностью 20% – 2,1 Вт/(м²•С). То есть, в реальных условиях термические сопротивления зон полов будут отличаться от указанных в нормативной литературе величин. С целью уточнения термических сопротивлений зон неутепленного пола выполнены численные эксперименты с использованием программного комплекса ELCUT [3], который в автоматическом режиме выполняет расчеты температурного поля в толще ограждений и в окружающем грунте.

Составлена расчетная схема, которая представляет собой поперечный разрез здания. Полы помещения имеют 4 зоны шириной по 2 метра. В автоматическом режиме выполнена разбивка строительных конструкций и окружающего грунта на конечные элементы в виде треугольников, представленная на рисунке 1. Размеры конечных элементов зависят от размеров отдельных конструкций: чем меньше элемент, тем гуще сетка разбивки.

Пол на грунте с бетонным основанием и цементно-песчаной стяжкой, также имеется бетонная отмостка по периметру здания. Влажность грунта в расчетах была принята равной 10% и 20%, при температуре внутреннего воздуха 18 °С и температуре наружного воздуха -16 °С. Температура грунта на глубине 2 метра принималась 8 °С, 10 °С и 12 °С.

Программный комплекс ELCUT позволяет решать задачи расчета температурного поля, рассчитывает локальные и интегральные тепловые потоки. На рис.2 представлен график локальных тепловых потоков через неутепленный пол на грунте, а на рис. 3 - поле температур в толще ограждающих конструкций и в грунте, а также векторы тепловых потоков.

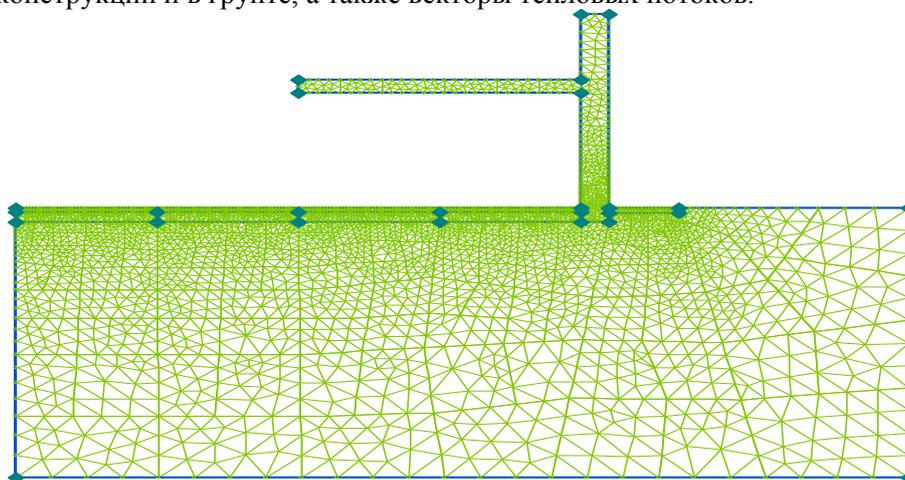


Рис.1. Разбивка строительных конструкций и грунта на конечные элементы

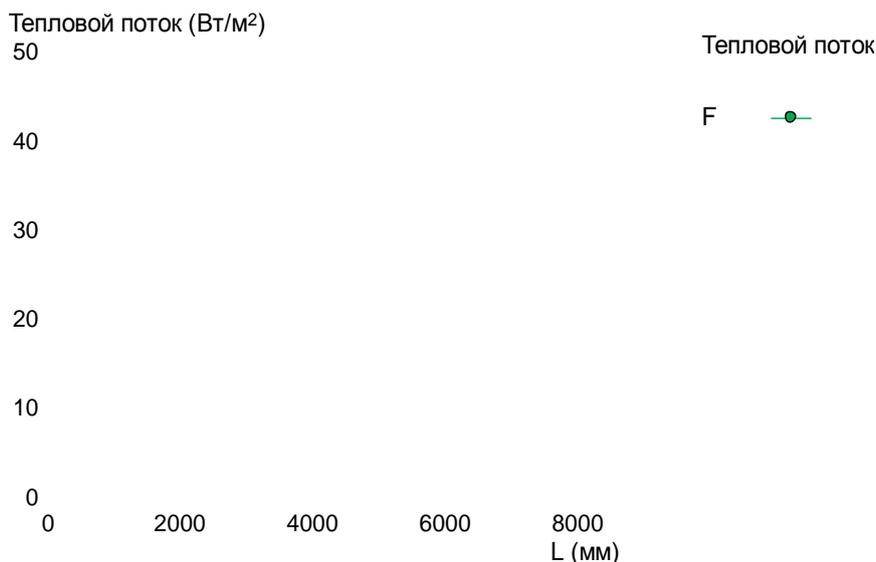


Рис.2. График локальных тепловых потоков через неутепленный пол на грунте

Тепловой поток в стационарных условиях через наружные ограждения принято рассчитывать по формуле:

$$Q = A \cdot (t_{в} - t_{н}) / R, \quad (1)$$

где A – площадь ограждения в м²; R – термическое сопротивление конструкции; $(t_{в} - t_{н})$ – разность температур, °С.

Из выражения (1) находим значения R для каждой зоны пола:

$$R = A \cdot (t_{в} - t_{н}) / Q. \quad (2)$$

По формуле (2) при известных тепловых потоках (определенных с помощью программы ELCUT) выполнен расчет термических сопротивлений для 4 зон неутепленного пола. В качестве граничных условий для расчетов использованы условия теплоотдачи на внутренних и внешних поверхностях ограждающих конструкций и грунта (коэффициенты теплоотдачи и температура воздуха), а также температура грунта на глубине 2 м.

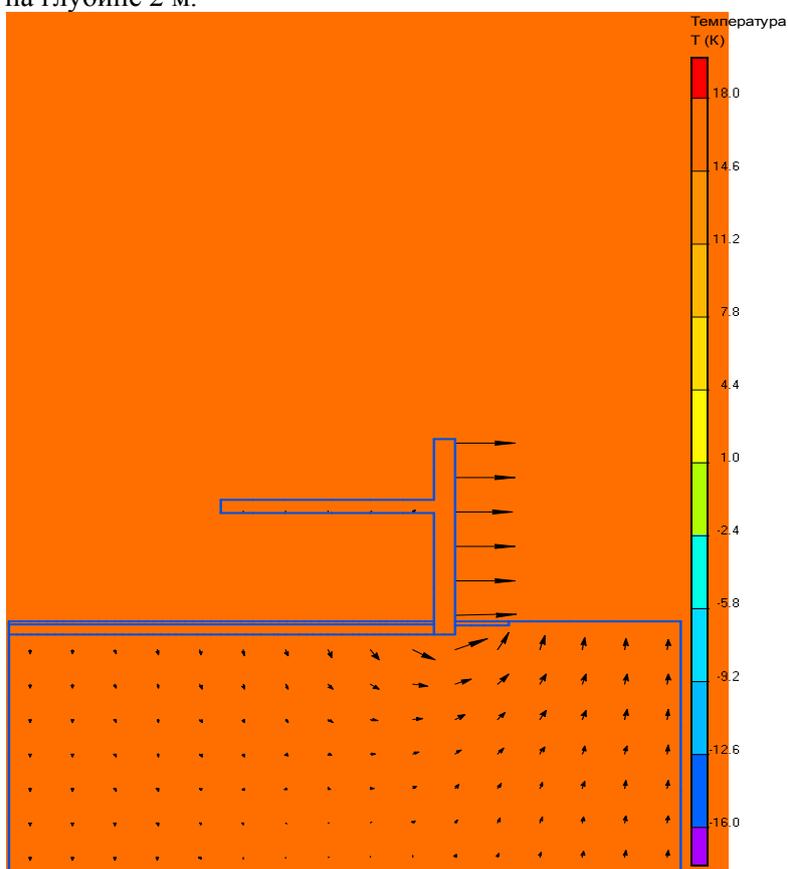


Рис. 3. Поле температур и векторы тепловых потоков

Результаты расчетов при температуре грунта на глубине 2 м равной 12 °С и их сравнение с нормативными значениями представлены в таблице 1. Результаты расчетов при температуре грунта на глубине 2 м равной 8 °С представлены в таблице 2.

Обозначения в таблицах: $R_{\text{норм}}$ -термические сопротивления, представленные в нормативной литературе; $R_{10\%}$, $R_{20\%}$ - рассчитанные термические сопротивления при влажности грунта 10% и 20% соответственно.

Таблица 1

№№ зон	$R_{\text{норм}}$	$R_{10\%}$	$R_{20\%}$	$(R_{\text{норм}} - R_{10\%}) / R_{\text{норм}}$	$(R_{\text{норм}} - R_{10\%}) / R_{\text{норм}}$
1	2,1	2,38	2,18	-0,133	-0,038
2	4,3	7,87	6,69	-0,830	-0,556
3	8,6	13,4	11,24	-0,558	-0,307
4	14,2	16,4	14,67	-0,155	-0,033

Таблица 2

№№ зон	$R_{\text{норм}}$	$R_{10\%}$	$R_{20\%}$	$(R_{\text{норм}} - R_{10\%}) / R_{\text{норм}}$	$(R_{\text{норм}} - R_{10\%}) / R_{\text{норм}}$
1	2,1	2,20	2,02	-0,048	+0,038
2	4,3	6,21	5,32	-0,444	-0,237
3	8,6	9,20	7,74	-0,07	+0,10
4	14,2	10,6	8,96	+0,252	+0,369

Выводы:

1. В представленной работе выполнено сравнение нормативных значений термических сопротивлений зон неутепленного пола на грунте с результатами, полученными методом численного моделирования для влажных грунтов при заданной температуре грунта на глубине 2 м. Получено удовлетворительное совпадение результатов расчетов термических сопротивлений зон неутепленного пола на грунте с значениями, приведенными в нормативной литературе.
2. Наибольшие отличия рассчитанных значений R от нормативных получены для 2-й зоны (от 44,4% до 83% в сторону увеличения).
Наиболее близкие к нормативным значения R были получены для 1-й зоны (3,8% в сторону уменьшения и от 3,8% до 13,3% в сторону увеличения), а также для 3-й зоны при расчетной температуре грунта 8 °С (от 7 до 10%) и для 4-й зоны при расчетной температуре грунта 12 °С (от 3,3 до 15,5%).

Литература

1. СНиП 2.04.05-91*. *Отопление, вентиляция и кондиционирование.* Москва, 1997.
2. СР Е.04.05-2006. *Proiectarea protectiei termice a cladirilor.*
3. Е. Г. Малявина. *Теплопотери здания. Справочное пособие.* Москва, «АВОК-ПРЕСС», 2007.
4. ELCUT: *Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.8. Руководство пользователя.* – СПб. : Производственный кооператив ТОР, 2010. – 345 с.