

Рис. 1. Расход топлива на ТЭЦ, эквивалентный затраченной электроэнергии, на выработку 1 МВт тепла в зависимости от значения $\epsilon_{\text{отоп}}$

ния в 4 раза по сравнению с расходом топлива на выработку электроэнергии при переводе ее в джоулевое тепло и в 2,3 раза меньше по сравнению с расходом топлива для традиционных котельных.

На рис. 1 показан расход топлива $G_{\text{э}}$, затраченный на электростанции для выработки электроэнергии, используемой для привода теплового насоса, в зависимости от значения "отопительного коэффициента преобразования" $\epsilon_{\text{отоп}}$ при выработке тепловым насосом одного МВт тепла с учетом расхода 0,4 кг у.т. на 1 кВт·ч.

Таким образом, применение электроэнергии для централизованного

теплоснабжения сельскохозяйственного производства на промышленной основе и сельских населенных пунктов путем использования низкотемпературных даровых источников тепла с применением тепловых насосов — эффективный и технико-экономически оправданный способ.

УДК 536.242

П.И. Дячек, канд. техн. наук
(БПИ)

О ТЕПЛОМ РЕЖИМЕ ПОЛОВ И ЗАГЛУБЛЕННЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ

Анализ методики расчета теплопотерь через полы по СНиП II-33-75 показывает, что она не учитывает влияния характера заглублиения, значения теплофизических коэффициентов грунта и прочих параметров на величину теплопередачи от внутреннего к наружному воздуху. Моделирование этого процесса на электропроводной бумаге (совместно с Г.Ельшевичем и П. Найманом) показало, что методика СНиП II-33-75 ошибочна на величину до 200%.

Разработка методики расчета теплопотерь через полы и заглублиенные части зданий связана с большими трудностями. Необходимо учитывать влияние годовой амплитуды изменения температуры наружного воздуха, переменность теплофизических коэффициентов и влагосодержания грунта по глубине, величину и особенности снежного покрова, теплоту фазовых переходов при замерзании (оттаивании) влаги в почве (задача Стефана) и т.д.

При оценке теплового режима грунта влияние годового хода температур некоторые авторы [1] ошибочно объясняли тепловым потоком, идущим от центра земли. Этот поток ничтожно мал ($0,023-0,17 \text{ Вт/м}^2$) [2]. Более значительный тепловой поток из глубины в зимний период ($3,5-10,5 \text{ Вт/м}^2$) объясняется прогревом грунта до $5-20 \text{ м}$ [3] летом.

Наличие влаги в составе грунта и ее миграция существенно усложняют задачу. Этому вопросу посвящен ряд разработок [3,4 и др.], которые применительно к нашим условиям не представляют практического интереса. На основании анализа литературных данных [3] можно принять, что миграция влаги существенно не влияет на процесс теплопроводности. Влияние влаги следует учитывать только при определении теплофизических коэффициентов грунта как сложной системы.

Известно, что распределение влаги по глубине – величина случайная, и чаще всего может быть установлена только экспериментально [5]. Это испытание проводится согласно нормативной литературе [6] и помогает установить гидрогеологические характеристики грунта перед строительством здания. Значение зависимости объемной массы $\rho_{\Gamma} = f(h)$ и влагосодержания $\omega = f(h)$ от глубины позволяет, используя формулы Керстена [7], рассчитать изменение коэффициентов по глубине.

Для насыпных грунтов можно рекомендовать методику расчета $\rho_{\Gamma} = f(h)$, исходящую из основных законов механики грунтов [8]. Следует учитывать, что теплота фазовых переходов воды при промерзании грунта существенно влияет на динамику процесса. В отличие от известной методики, в которой температурный режим описывается системой уравнений с подвижной границей раздела фаз [9], учтем теплоту фазовых переходов в величине теплоемкости

$$c_{\text{эф}} = c_h - r'' \omega_{\text{oh}} \frac{di}{dt}, \quad (1)$$

где c_h – истинная теплоемкость грунта; r'' – теплота фазового перехода вода–лед; i – льдистость грунта (4).

З.А. Нерсесова исследовала льдистость различных грунтов в виде $i=f(t)$ [10]. Автор обработал результаты исследования [10]. Предлагается следующий вид функции:

$$i = \begin{cases} 0 & \text{при } t > t^* ; \\ \left\{ a [\text{mod}(t)] + 1 \right\}^{-c} & \text{при } t \leq t^* , \end{cases} \quad (2)$$

где a , n , c – эмпирические коэффициенты; t^* – температура начала замерзания.

Эта формула лучше аппроксимирует экспериментальные данные, чем зависимость Н.С. Иванова [4].

Использование результатов З.А.Нерсесовой и зависимостей Керстена [7], а также формул (1) и (2) приводит к выводу, что функции $c_{эф} = f(h)$ и $\lambda = f(h)$ будут в точке замерзания $t = t^*$ иметь разрывы первого рода. Вид кривой $i = f(t)$ для некоторых грунтов представлен на рис. 1.

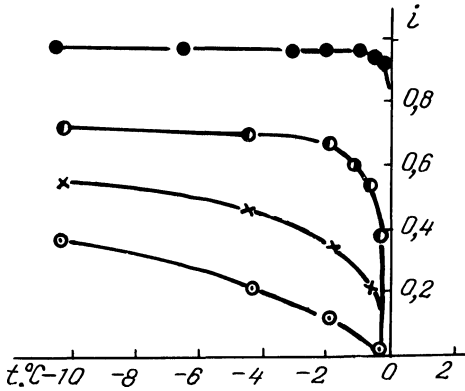


Рис. 1. Изменение льдистости некоторых типов грунтов:
 о – песок $w = 11,5\%$; о – глина юрская $w = 37\%$; х – глина юрская $w = 24,5\%$; о – глина юрская $w = 16,5\%$.

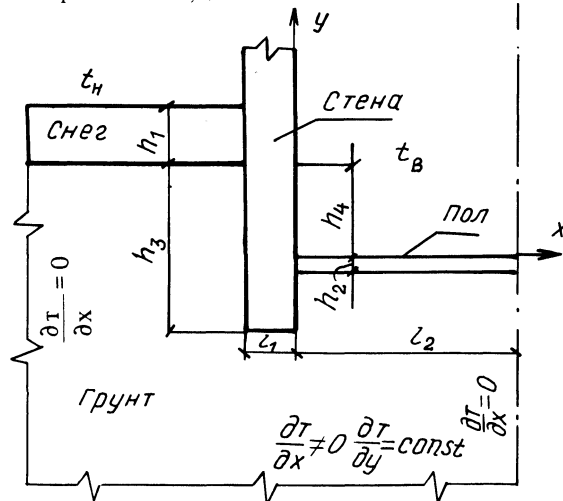


Рис. 2. К уравнению теплопроводности для заглубленных частей зданий.

$$\lambda_1 \frac{\partial t_1}{\partial y} = a_1 (t_1 - t_H)$$

Для стены и пола функции $\varphi(y, t)$ и $f(y, t)$ есть константы.

Теплофизические характеристики снежного покрова можно получить по [11].

Обобщая сказанное, приходим к дифференциальному уравнению теплообмена для заглубленных частей здания

$$f(y, t) \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial y} \left[\varphi(y, t) \frac{\partial t}{\partial y} \right] + \varphi(y, t) \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}, \quad (3)$$

где $f(y, t)$ – функция, определяющая зависимость удельной объемной теплоемкости от y и t ; $\varphi(y, t)$ – функция, определяющая зависимость коэффициента теплопроводности от y и t .

Считаем, что зависимость $t(x, y)$ задана. На границах сопряжения областей i, j необходимо выполнять условия

$$t_i = t_j; \lambda_i \frac{\partial t_i}{\partial n} = \lambda_j \frac{\partial t_j}{\partial n}. \quad (4)$$

Граничные условия на поверхностях, имеющих контакт с внутренним t_B и наружным t_H воздухом

$$\pm \lambda_K \frac{\partial t_K}{\partial n} = a_K (t_K - t_B),$$

Ввиду того что влияние здания на тепловой режим грунта сказывается в зоне сравнительно небольших размеров, расчетная область в задаче ограничивается и для границ задаются условия, представленные на рис. 2.

Решение уравнения (3) позволит уточнить методику расчета теплопотерь через полы и заглубленные части зданий и сооружений при проектировании систем отопления и вентиляции.

Л и т е р а т у р а

1. Лукьянов В.С. Методика расчета глубины промерзания грунтов. — М., 1951, с. 52.
2. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. — Л., 1956, с. 255.
3. Чудновский А.Ф. Теплофизика почв. — М., 1976, с. 532.
4. Иванов Н.С. Теплообмен в криолитозоне. — М., 1962, с. 199.
5. Роде А.А. Водный режим почв и его регулирование. — М., 1963, с. 119.
6. Указания по зондированию грунтов для строительства/Госстрой СССР СН 448-72. — М., 1973, с. 31.
7. Чудновский А.Ф. Теплообмен в дисперсных средах. — М., 1954, с. 456.
8. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. — М., 1968, с. 632.
9. Мартынов Г.А. К выводу основного уравнения теплопроводности для промерзающих и протаивающих грунтов. — В кн.: Материалы к основам учения о мерзлых зонах земной коры. М., 1956, вып. III, с. 132-144.
10. Нерсисова З.А. Фазовый состав воды в грунтах при замерзании и оттаивании. — В кн.: Материалы по лабораторным исследованиям мерзлых грунтов. М., 1953, № 1, с. 98-115.
11. Фельдман Г.М. Методы расчета температурного режима мерзлых грунтов. — М., 1973, с. 254.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Солдаткин М.Т., Фиалко И.Ф., Эйдельштейн Л.Б. Исследование воздействия комплекса метеорологических факторов на тепловлажностный режим трехслойных стеновых панелей с полимерцементным покрытием	3
Лебедев А.П. Исследование интенсивности сушки слоя глазури на керамических плитках радиационным потоком тепла	7
Архитович В.В., Нестеров Л.В., Протасевич А.М. Методика расчета режимов тепловой обработки изделий из бетона в "сухой" среде	11
Блещик Н.П., Крылов Б.А., Солдаткин В.М. Изменение прочностных характеристик аглопоритобетона, термообработанного в высокотемпературной среде	14
Солдаткин В.М. Изменение теплового потока и скорости разогрева легкого бетона при его прогреве в высокотемпературной среде с пониженной влажностью . . .	18
Станецкая И.И. К вопросу об экономии тепловой энергии на заводах сборного железобетона.	23
Войтехович В.Н. О критическом влагосодержании	25
Войтехович В.Н. Влияние укладки пиломатериала на продолжительность сушки для сушильных камер Больман	27
Бетько Богумир. Теплотехнические качества жилого дома из многослойных ограждающих конструкций на базе дерева в зимних условиях	31
Томашович Петр. Акустические качества внутренних ограждающих конструкций административных зданий на основе древесноволокнистых плит.	35
Акельев В.Д., Стаховская Л.Е. Влияние условий твердения на строение порового пространства бетона	38