

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ

УДК 536.24

ЭКОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ В СВЕТЕ ТОЧНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ

А. Г. Бойков

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Произведен анализ распределения температур и тепловых потоков для ряда частных случаев, встречающихся на практике. Проиллюстрирована картина температурного поля при затоплении канала водой из подающего теплопровода. Сделан обзор двух вариантов расчета линейных тепловых потерь.

Ключевые слова: теплопередача, теплопотери, теплотрасса.

ECOLOGY AND ECONOMY IN THE FUEL-ENERGY COMPLEX WITH ACCURACY OF THE ENGINEERING CALCULATIONS

A. G. Boykov

Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering

The analysis of the temperature distribution was produced and heat fluxes for a number of special cases that occur in practice. The picture of the temperature field was presented by flooding the channel with water from a supply-conductive heat conductor. The two options for calculating the linear heat losses were discovered.

Keywords: heattransfer, heatloss, heatingmain.

В последние годы на фоне энергетического кризиса и все ухудшающейся общей экологической обстановки мы вынуждены более внимательно подходить к вопросам экономного потребления топливно-энергетических ресурсов. Вполне понятно, что точное определение потерь тепла теплотрассами имеет большое значение. Погрешности в расчетах могут повлечь за собой перерасход топлива и, как следствие, увеличение загазованности атмосферы городов чрезмерными выбросами продуктов сгорания от крупных источников теплоснабжения (районных котельных и ТЭЦ) и от мелких децентрализованных систем.

Процесс теплопередачи в условиях канальной прокладки теплопроводов включает в себя перенос тепла теплопроводностью от наружной поверхности стенок подающего и обратного трубопроводов через слои изоляционной конструкции к наружной поверхности кровного слоя. Теплообмен в канале осуществляется одновременно конвекцией и излучением, в стенках канала и грунте – путем теплопроводности.

Наличие повышенных температурных градиентов в области грунта вблизи канальных прокладок и неограниченные размеры массива грунта требуют применения в численных расчетах неравномерной пространственной сетки. Численное решение описанной задачи теплопе-

реноса осуществляется на основе итерационного метода Зейделя [1]. Погрешность расчета контролируется методом Рунге. Для реализации задачи разрабатывается вычислительная программа, в основу которой положена разностная схема аппроксимации дифференциальных уравнений теплопроводности и краевых условий на неравномерной сетке. Программа позволяет учитывать тип конструкции тепловой изоляции, характер и степень ее разрушения, характеристики окружающей среды, режим работы теплосети. При проведении расчетов принимаются во внимание изменения коэффициентов теплопроводности теплоизоляции и грунта в зависимости от температуры и степени увлажненности, а коэффициентов теплоотдачи на границе грунт-атмосфера – от температуры и скорости ветра.

Предложенный подход позволяет анализировать распределение температур и тепловых потоков для ряда частных случаев, встречающихся на практике: разрушение изоляционного или кровного слоя, затопление канала водой, увлажнение грунта и тепловой изоляции и т. д. Для иллюстрации на рис. 1 показана картина температурного поля при затоплении канала водой из подающего теплопровода. Левый рисунок характеризует нормальный (проектный) режим работы теплотрассы.

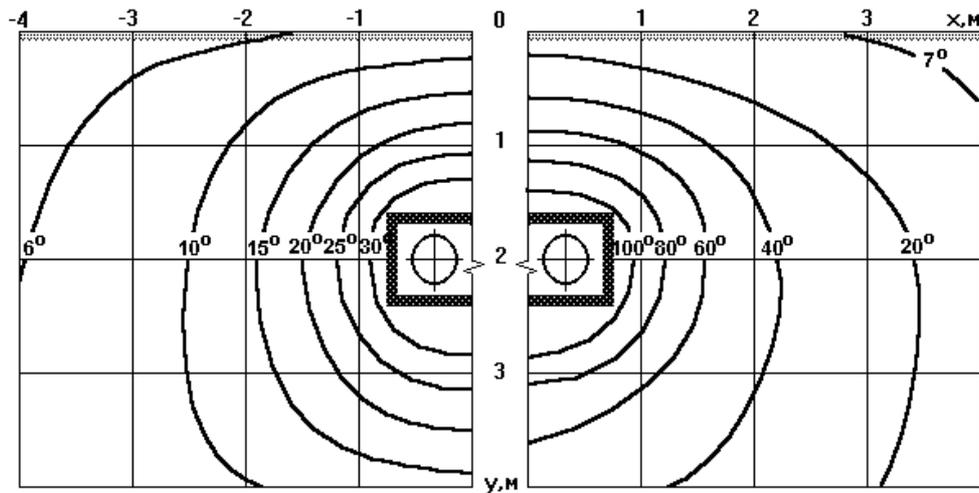


Рис. 1. Температурное поле грунта вокруг канальной прокладки (случай затопления канала водой из подающего трубопровода)

Расчет тепловых потерь трассой чаще всего производится стандартным способом – это нормативный метод, основанный на строительных нормах и правилах (СНиП 2.04.14-88). Сначала задается норма линейной плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов. Далее суммируются все термические сопротивления между теплоносителем и атмосферным воздухом. Зная общее термическое сопротивление, разность температур теплоносителя и атмосферного воздуха, находят линейные потери тепла. После этого рассчитывается толщина слоя изоляции при известном коэффициенте ее теплопроводности. Однако существенным недостатком такого расчета является упрощение, связанное с заменой прямоугольного сечения канала круглым эквивалентным сечением, искажающим реальное температурное поле в грунте вокруг канала. Это может существенно отразиться на точности потерь тепла при неглубоком заложении трассы.

Другой способ – итерационный метод с использованием разностной сетки (или принцип релаксации температурного поля). В данном случае все сечение грунта вокруг канала разбивается сеткой с квадратными ячейками релаксации. Для любой узловой точки сетки грунта составляется тепловой баланс. Таким же образом тепловой баланс составляется для любой точки на внутренней поверхности канала и поверхности земли. При стационарном режиме температура в каждой узловой точке должна подчиняться закону теплового баланса: приход тепла в точку равняется его уходу. Программа для ЭВМ составляется так, чтобы все температуры в узловых точках сетки были приведены во взаимное соответствие с законом релаксации. Если окажется, что теплопередача от поверхности земли и от объемной влажности изоляции воз-

духа в канале неодинакова, то задают новое, более точное распределение (первая итерация), и так до тех пор, пока линейные тепловые потоки в канале и на поверхности земли не совпадут. В отличие от нормативного метода прямоугольное сечение канала здесь сохраняется.

При расчете итерационным методом сеток делаются некоторые допущения. Так, толщина стенки канала заменяется эквивалентным по термическому сопротивлению слоем грунта. Как показали исследования, такая замена не вносит искажений в процесс расчета. Далее температура внутренней поверхности изоляции трубопроводов принималась равной температуре теплоносителя. Но это тоже не вносит заметной ошибки, так как при турбулентном движении воды значение коэффициента теплоотдачи от нее к стенке трубы приближается к бесконечности. А затем тепло посредством теплопроводности передается через тонкий слой металла с большим коэффициентом теплопроводности.

Надо заметить, что чем меньше ячейки релаксации, тем более точные результаты дает итерационный метод сеток. Окончательная точность проверяется методом Рунге. Вначале расчет ведется при одних размерах ячейки, а затем – при ячейке в два раза меньше. Если в фиксированной точке температура оба раза оказалась одной и той же, то принимается сетка с такими размерами ячейки.

Зависимости линейных тепловых потерь, построенные на основе итерационного метода для конкретного примера, от объемной влажности грунта (рис. 2) и от объемной влажности изоляции (рис. 3) трубы показывают, что наиболее резкое изменение (возрастание) величины тепловых потерь наблюдается в зоне малых значений объемных влажностей. Связь между

коэффициентами теплопроводности изоляции, грунта и объемной влажностью выбирались по данным А. Ф. Чудновского [1].

Проведенные исследования показали, что при одинаковых условиях (диаметры теплопро-

водов, малая глубина заложения, размеры канала в свету, толщина стенки канала, изоляции, кровного слоя и т. д.) тот же самый расчет, выполненный нормативным методом, дает завышение потерь тепла.

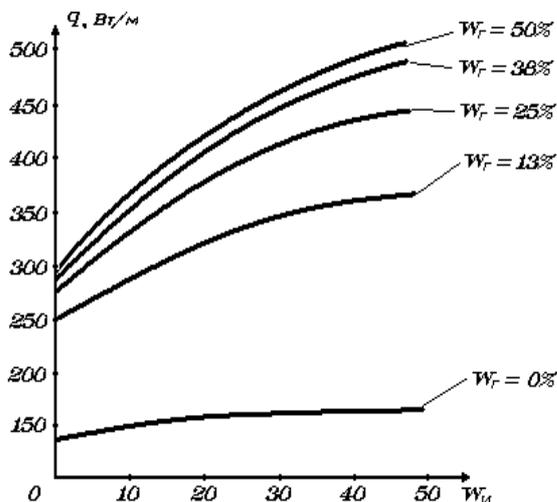


Рис. 2. Зависимость линейных тепловых потерь от объемной влажности грунта

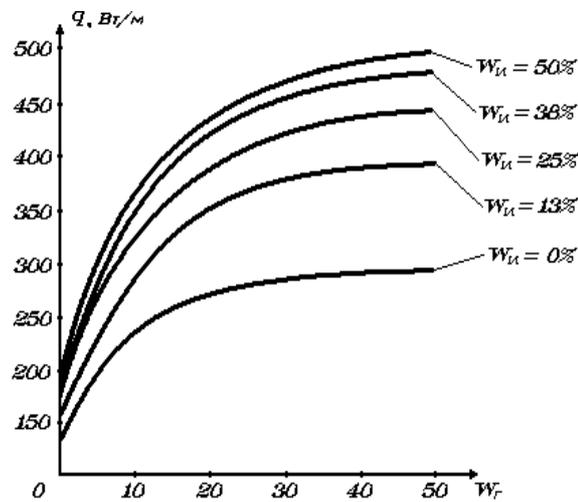


Рис. 3. Зависимость линейных тепловых потерь от объемной влажности изоляции

Список литературы

1. Чудновский А. Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. М. : Госиздат физико-математической литературы, 1962. 456 с.
2. Иванов В. В., Бойков А. Г., Кудрявцев Л. В. Определение тепловых свойств материалов, используемых в системах тепло-снабжения и строительстве : учеб.-метод. пособие. Волгоград : ВолгГАСА, 1998. 92 с.
3. Бойков А. Г., Букаров Н. В., Дунин И. Л. Влияние увлажнения теплоизоляции на тепловые потери подземных теплотрасс : деп. в ВИНТИ, № 3397-В95. 9 с.

© А. Г. Бойков

Ссылка для цитирования:

Бойков А. Г. Экология и экономика в топливно-энергетическом комплексе в свете точности инженерных расчетов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2016. № 1–2 (15–16). С. 78–80.