

УДК 624.1:625.7:656.1

Апталаев Марат Назимович

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский университет»

О МЕТОДАХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ВНУТРИГРУНТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

Количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) допущенных по причине неудовлетворительного состояния дорог и улиц в России растет год от года. На протяжении 2010 – 2015 годов до двадцати пяти процентов всех ДТП было допущено из-за неудовлетворительного состояния дорог [1]. Одной из основных причин, вызывающих ухудшение состояния объектов дорожной инфраструктуры, является морозное пучение, вызываемое замерзанием влаги, находящейся в грунте основания дорожных одежд. Главным фактором интенсификации морозного пучения является наличие в грунте источников тепла. Такими источниками в городских условиях являются сети инженерных коммуникаций, проложенные в непосредственной близости от объектов транспортной инфраструктуры[2].

Исследования показали, что в зоне прокладки подземного трубопровода происходит удлинение талого периода, увеличивается количество циклов «промерзание-оттаивание», что приводит к продлению годового периода накопления остаточных деформаций в земляном полотне и дорожных одеждах [3].

Для оценки эффективности применяемых методов снижения влияния трубопроводов подземной прокладки на ход сезонного промерзания, оттаивания и других процессов, протекающих в грунте, было выполнено данное исследование.

Для количественной оценки влияния внутригрунтового источника тепла на ход сезонного промерзания и оттаивания требуется выполнить изотермическое моделирование земляного полотна.

Первым этапом при решении данной задачи становится получение и апробация математического выражения для расчёта температур от излучаемого через трубопровод теплового потока.

Требуемое выражение базируется на уравнении теплопроводности полого цилиндра (трубы) произвольной трубы (1):

$$Q = \lambda * \left(\frac{2 * \pi * L}{h * \frac{d_2}{d_1}} \right) * (t_2 - t_1), \quad (1)$$

где

Q – количество тепла, проходящего за единицу времени, Вт;

λ – теплопроводность, Вт/(м·°C);

L – длина полого цилиндра, м;

d_1, d_2 – внутренний и внешний диаметры трубы соответственно, м;
 t_1, t_2 – температура между противоположными поверхностями цилиндра, °С.

Развёрнутое выражение для определения температуры в произвольной точке грунтового массива вокруг двухтрубного теплопровода, полученное преобразованием уравнения Ламе и Клапейрона, предложено А.П. Сафоновым (2) [4]:

$$t = t_0 + \frac{q_1}{2 * \pi * \lambda_{гр}} * \ln \sqrt{\frac{x^2 + (y + h)^2}{x^2 + (y - h)^2}} + \frac{q_2}{2 * \pi * \lambda_{гр}} * \ln \sqrt{\frac{(x - b)^2 + (y + h)^2}{(x - b)^2 + (y - h)^2}},$$

где

t_0 – температура грунта на глубине оси трубопровода, °С;

q_1, q_2 – удельные тепловые потери первой и второй трубы соответственно, Вт/м;

$\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м · °С);

x и y – координаты расположения точки в грунте, м;

b – горизонтальное расстояние между осями труб, м;

h – глубина заложения оси теплопровода от поверхности земли, м.

С использованием программного пакета Scilab было проведено моделирование температуры грунта, в котором присутствуют внутригрунтовые источники тепла и искусственные сооружения. Затем эти результаты сравнивались с данными натурного эксперимента, проводившегося в течение 6 месяцев на территории г. Лысьва Пермского края. Сравнение показало удовлетворительную сходимость, поэтому в дальнейшем исследования велись с применением данной методики расчета температур грунта.

Наиболее эффективным методом снижения влияния трубопровода на тепловой режим грунтового массива является применение теплоизолирующих материалов и защитных железобетонных каналов. Пользуясь методикой, приведенной выше, для осуществления выбора оптимального теплоизоляционного материала и геометрических параметров канала. Был выполнен расчет температуры некоторых точек грунтового массива в окрестностях трубопровода при различных условиях теплоизоляции. Расчет был выполнен для двухстороннего трубопровода с диаметром прохода 600 мм, с толщиной стенки 9 мм [5]. Расчёты выполнены для глубины заложения сети 2,0 м и температуры грунта на уровне оси трубы $t_0 = 1^\circ\text{C}$:

- трубопровод, проложенный в железобетонном канале с теплоизоляцией из пенополиуретана (рисунок 1);
- трубопровод бесканальной прокладки с теплоизоляцией из минеральной ваты (рисунок 2).

Лучшие условия теплоизоляции внутригрунтового источника тепла достигаются при одновременном применении коллектора и пенополиуретановой изоляции.

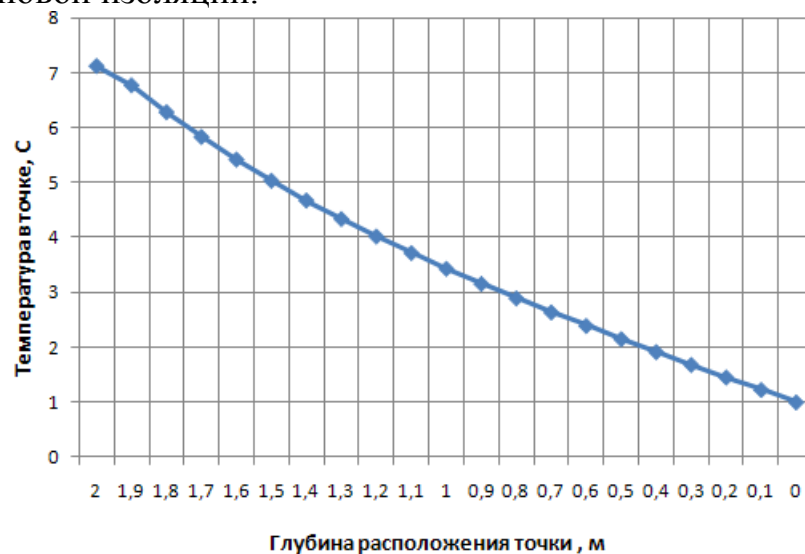


Рисунок 1. Канальный трубопровод и теплоизоляцией из пенополиуретана
Источник: составлено автором

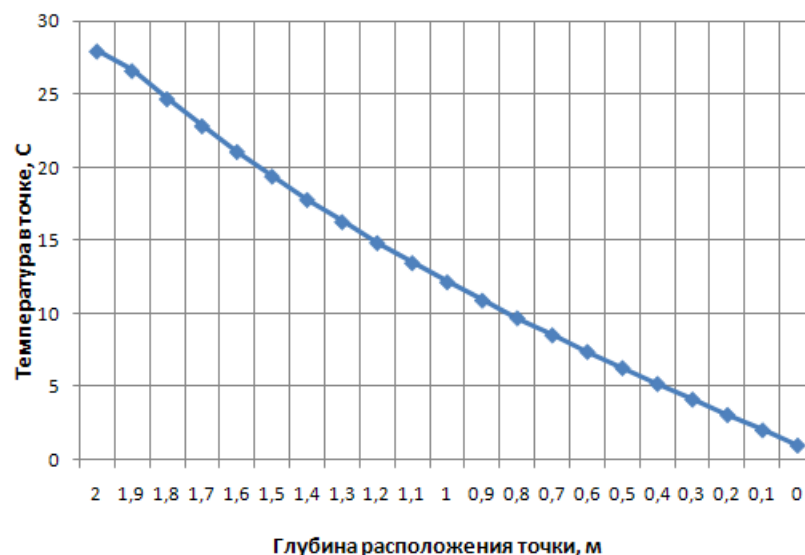


Рисунок 2. Бесканальный трубопровод с изоляцией из минеральной ваты
Источник: составлено автором

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регламентные таблицы ГИБДД РФ
2. Д.С. Горбатенко, А.И. Рябчинский Методические основы создания многофакторных регрессионных моделей аварийности на автомобильных дорогах//Вестник МАДИ, М. №2 2007 90с.
3. Горячев М.Г., Довикян А.Н. Влияние бесканальных теплосетей в футляре на водно-тепловой режим земляного полотна // Наука и техника дорожной отрасли, №1, 2008 г
4. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 232 с

5. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей.
Курган: Интеграл, 2010. 357 с.