

УДК 622.691.4

*Т. В. Ефремова, В. А. Приколота*

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ ФУТЛЯРЫ**

Проведено исследование влияния тепловых потоков на полиэтиленовые футляры. Построены температурные поля от тепловых сетей, прокладываемых в непроходных каналах, в рабочем и аварийном режимах. Полученные расчетным путем данные указывают на возможность использования полиэтиленовых футляров при пересечении с тепловыми сетями. Определены условия прокладки полиэтиленовых газопроводов при пересечении с теплосетями и минимальные расстояния, при которых полиэтилен сохраняет свои прочностные характеристики.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** газопровод, тепловой поток, температурное поле, тепловые сети, температура.

### **Введение**

При прокладке газопроводов в черте населенных пунктов нормативными документами рекомендуется подземная прокладка. Это же положение относится и к другим коммуникациям, в т. ч. тепловым сетям. При совместной прокладке газопровода и тепловых сетей возможны как параллельная прокладка, так и пересечение, причем при пересечении, в зависимости от конкретных условий, газопровод может прокладываться над теплотрассой или под ней. Наиболее распространенный способ прокладки теплотрассы — в непроходных каналах. Согласно СП 42-101—2003<sup>1</sup> при пересечении с тепловыми сетями рекомендуется предусматривать прокладку газопроводов в футлярах, стойких к температурным воздействиям среды, транспортируемой по трубопроводам тепловых сетей, и в соответствии с [1—11]. Наиболее часто полиэтиленовые подземные газопроводы прокладываются в полиэтиленовых футлярах. Однако при пересечении газопровода с теплотрассой рекомендуется использовать футляры из стальных труб. Такое решение вполне обосновано, хотя и повышает стоимость прокладки подземного газопровода.

При подземной прокладке теплопровода каналным способом необходимо учитывать распространение теплового потока трубопровода от теплоносителя через стенку трубы, тепловую изоляцию, стенки канала и далее через грунт. Данный тепловой поток может оказать негативное влияние на функционирование пересекаемых инженерных коммуникаций, выполненных из материалов, подверженных деформации при высоких температурах. Поэтому параметры теплового поля и температура грунта вокруг теплопровода непосредственно влияют на нормальное функционирование подземных инженерных сетей с футлярами, выполненными из материалов, не допускающих воздействие высоких температур.

---

<sup>1</sup> СП 42-101—2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032042>.

В данном исследовании проводится анализ распространения тепловых потоков от тепловых сетей, прокладываемых в непроходных каналах при разных параметрах теплоносителя в рабочем и аварийном режимах. Рабочий режим предусматривает транспортировку по теплопроводам горячей воды с параметрами 150 °С (подающий) и 70 °С (обратный). При аварийном режиме предполагается, что произошла разгерметизация тепловых сетей с распространением горячей воды на всю исследуемую область. За основной критериальный параметр принимается расстояние от канала тепловой сети до футляра газопровода. Согласно СП 124.13330.2012<sup>2</sup> минимальное расстояние между каналом или трубопроводом теплотрассы (при бесканальной прокладке) составляет 0,2 м.

Цель данного исследования заключается в определении минимальных расстояний от канала тепловой сети до полиэтиленового футляра газопровода, обеспечивающих сохранение прочностных характеристик полиэтиленовой трубы.

Актуальность данного исследования обуславливается возможностью замены стальных футляров на газопроводе при пересечении им тепловых сетей на полиэтиленовые, что значительно уменьшит экономические затраты на материал и создаст дополнительные удобства при монтаже.

#### Определение удельного теплового потока вокруг непроходного канала

Удельный тепловой поток представляет собой отношение разницы значения температурного параметра в точке и температурой грунта к термическому сопротивлению грунта  $R_{\text{гр}}^k$  [12—15]:

$$q = \frac{\Delta t}{R_{\text{гр}}^k}, \text{ Вт/м}, \quad (1)$$

где  $\Delta t$  — температурная разница между температурой в расчетной точке  $A$ , и температурой грунта, °С.

В многотрубном одноячейковом канале тепловые потоки от каждого трубопровода нагревают воздух в канале, затем общий тепловой поток от нагретого воздуха через стенки канала рассеивается в грунте. При таком теплопереходе тепловые потери одного трубопровода зависят от теплопотерь других теплопроводов.

Согласно [1, 16], температурное поле вокруг одноячейкового канала в определенной точке рассчитывается как:

$$t_A = t_o + (t_k - t_o) \frac{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \sqrt{\frac{x^2 + (y+h)^2}{x^2 + (y-h)^2}}}{R}, \quad (2)$$

где величина  $R$  подразумевает сумму термических сопротивлений теплоотдаче стенок канала, от воздуха к поверхности канала  $R_{\text{кан}}$  и грунта  $R_{\text{гр}}^k$ ;  $x$ ,  $y$  — вспомогательные расстояния для определения расположения рассматриваемой точки;  $h$  — высота канала, м.

<sup>2</sup> СП 124.13330.2012. Тепловые сети. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095545>.

Для определения теплотерь каждого трубопровода необходимо определить температуру воздуха в канале.

Согласно [17—21] для удельных тепловых потерь через изолированную поверхность двухтрубных тепловых сетей, прокладываемых в непроходном канале, уравнение теплового баланса записывается в виде:

$$\frac{t_1 - t_{\text{кан}}}{R_1} + \frac{t_2 - t_{\text{кан}}}{R_2} = \frac{t_{\text{кан}} - t_o}{R_3}$$

или

$$q_1 + q_2 = q.$$

Температура воздуха в канале  $t_{\text{кан}}$  определяется:

$$t_{\text{кан}} = \frac{\frac{t_{\text{в1}}}{R_{\text{из1}}^L + R_{\text{н1}}^L} + \frac{t_{\text{в2}}}{R_{\text{из2}}^L + R_{\text{н2}}^L} + \frac{t_o}{R_{\text{кан}} + R_{\text{гр}}^K}}{\frac{1}{R_{\text{из1}}^L + R_{\text{н1}}^L} + \frac{1}{R_{\text{из2}}^L + R_{\text{н2}}^L} + \frac{1}{R_{\text{кан}} + R_{\text{гр}}^K}}.$$

Здесь в (3) и (4):  $t_1, t_2$  — температуры подающего и обратного трубопровода, °С;  $t_{\text{кан}}$  — температура воздуха в канале, °С;  $t_o$  — расчетная температура окружающей среды, принимаемая для прокладки непроходных каналов равной среднегодовой температуре грунта на глубине заложения оси теплопровода, °С;  $q_1$  и  $q_2$  — линейные плотности теплового потока от подающего и обратного трубопроводов, Вт/м;  $q$  — суммарные удельные теплотери в грунт, Вт/м;  $R_1$  и  $R_2$  — сумма термических сопротивлений изоляции;  $R_{\text{из1}}^L, R_{\text{из2}}^L$  — сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции,  $R_{\text{н1}}^L, R_{\text{н2}}^L$  — подающего и обратного трубопровода;  $R_3$  — сумма термических сопротивлений теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, грунта  $R_{\text{гр}}$  и термическое сопротивление стенок канала  $R_{\text{кан}}$ .

Выражение (4) состоит из нескольких расчетных параметров, таких как термические сопротивления теплоотдаче от изоляции, от поверхности изоляции, от подающего и обратного трубопроводов, которые определяются:

$$R_{\text{из1}}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{из}}} \cdot \ln \frac{d_1 + 2\delta_{\text{из1}}}{d_1},$$

$$R_{\text{из2}}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{из}}} \cdot \ln \frac{d_2 + 2\delta_{\text{из2}}}{d_2},$$

$$R_{\text{н1}}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_{\text{к}}(d_1 + 2\delta_{\text{из1}})},$$

$$R_{\text{н2}}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_{\text{к}}(d_2 + 2\delta_{\text{из2}})},$$

$$R_{\text{кан}} = \frac{1}{\pi \alpha_{\text{к}} \frac{2bh}{b+h}}, \quad (9)$$

$$R_{\text{гр}}^{\text{к}} = \frac{\ln \left[ 3,5 \frac{H}{h} \left( \frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left( 5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_{\text{гр}}}, \quad (10)$$

где  $d_1, d_2$  — наружные диаметры подающего и обратного трубопроводов, м;  
 $\delta_{\text{из1}}, \delta_{\text{из2}}$  — толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, м;  
 $\lambda_{\text{из}}$  — теплопроводность изоляции в конструкции, Вт/(м·°C);  $\alpha_{\text{к}}$  — коэффициент теплоотдачи в канале, принимается равным 11 Вт/(м·°C);  $b$  — ширина канала, м;  $\lambda_{\text{гр}}$  — теплопроводность грунта, Вт/(м·°C);  $H$  — глубина заложения, расстояние от оси трубы до поверхности земли, м.

В исследовании выполнен расчет параметров теплового поля двухтрубного непроходного одноячейкового канала с размерами:  $L = 1,99$  м,  $b = 1,44$  м,  $H = 0,4$  м (рис. 1) со следующими параметрами тепловой сети:

температура подающего теплоносителя  $t_1 = 150$  °C;

температура обратного теплоносителя  $t_2 = 90$  °C;

температура окружающей среды (грунта)  $t_0 = 11$  °C;

теплопроводность изоляции  $\lambda_{\text{из}} = 0,025$  Вт/(м·°C);

теплопроводность бетона  $\lambda_{\text{бет}} = 1,68$  Вт/(м·°C);

диаметр подающего трубопровода  $d_1 = 325$  мм;

диаметр обратного трубопровода  $d_2 = 325$  мм;

толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов  $\delta_{\text{из1}}, \delta_{\text{из2}}$  — 50 мм;

коэффициент теплопроводности грунта (суглинок) — 1,27 Вт/(м·°C);

глубина заложения от поверхности земли до верха канала 2 м.

Расчеты проведены при различных режимах работы теплосети для произвольных точек  $A$  на различных расстояниях  $\Delta h$  от поверхности канала по вертикали.

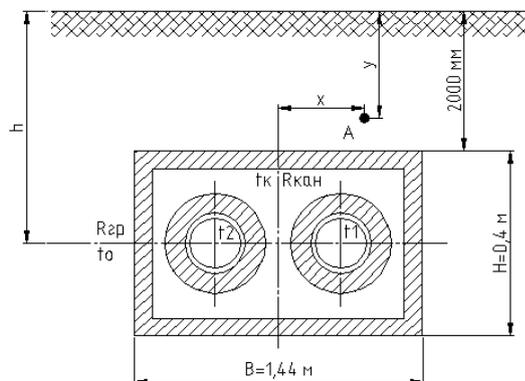


Рис. 1. Прокладка тепловой сети в непроходном канале

Результаты расчета температуры воздуха в канале приведены в табл. 1. Результаты расчета температурного поля и теплового потока вокруг непроходного канала приведены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты расчета температуры воздуха в канале

| Грунт                      | $\lambda_{гр}$ ,<br>Вт/(м·°С) | $t_{в1}$ ,<br>°С | $t_{в2}$ ,<br>°С | $t_o$ ,<br>°С | $R_{из1}^L / R_{из2}^L$ ,<br>м·°С/Вт | $R_{н1}^L / R_{н2}^L$ ,<br>м·°С/Вт | $R_{кан}$ ,<br>м·°С/Вт | $t_{кан}$ ,<br>°С |
|----------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|---------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------|
| Рабочий режим              |                               |                  |                  |               |                                      |                                    |                        |                   |
| Суглинок                   | 1,27                          | 150              | 70               | 11            | 1,71/1,71                            | 0,03/0,03                          | 0,047                  | 41,09             |
|                            |                               | 130              |                  |               |                                      |                                    |                        | 38,05             |
|                            |                               | 90               |                  |               |                                      |                                    |                        | 31,97             |
| Аварийный режим (подающий) |                               |                  |                  |               |                                      |                                    |                        |                   |
| Суглинок                   |                               | 150              | 70               | 11            | —/1,71                               | 0,04/0,03                          | 0,047                  | 133,97            |
|                            |                               | 130              |                  |               |                                      |                                    |                        | 116,47            |
|                            |                               | 90               |                  |               |                                      |                                    |                        | 81,46             |
| Аварийный режим (обратный) |                               |                  |                  |               |                                      |                                    |                        |                   |
| Суглинок                   |                               | 150              | 70               | 11            | 1,71/—                               | 0,03/0,04                          | 0,047                  | 65,74             |
|                            |                               | 130              |                  |               |                                      |                                    |                        | 65,30             |
|                            |                               | 90               |                  |               |                                      |                                    |                        | 64,40             |

Таблица 2

Результаты расчета температурного поля и теплового потока  
вокруг непроходного канала

| Грунт         | $t_{в1}/t_{в2}$ ,<br>°С | $t_o$ ,<br>°С | $\lambda_{гр}$ ,<br>Вт/(м·°С) | $t_{кан}$ , °С | Расстояние<br>от канала<br>$\Delta h$ , мм | $t_A$ , °С | $q$ , Вт/м |
|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------------|----------------|--|------------|------------|
| Рабочий режим |                         |               |                               |                |  |            |            |
| Над каналом   |                         |               |                               |                |  |            |            |
| Суглинок      | 150/70                  | 11            | 1,27                          | 41,09          | 50   | 35,30      | 69         |
|               |                         |               |                               |                | 100  | 33,62      | 65         |
|               |                         |               |                               |                | 150  | 32,18      | 61         |
|               |                         |               |                               |                | 200  | 30,91      | 57         |
|               | 130/70                  |               |                               | 38,05          | 50   | 32,84      | 62         |
|               |                         |               |                               |                | 100  | 31,33      | 58         |
|               |                         |               |                               |                | 150  | 30,04      | 54         |
|               |                         |               |                               |                | 200  | 28,90      | 51         |
|               | 90/70                   |               |                               | 31,97          | 50   | 27,93      | 48         |
|               |                         |               |                               |                | 100  | 26,76      | 45         |
|               |                         |               |                               |                | 150  | 25,76      | 42         |
|               |                         |               |                               |                | 200  | 24,88      | 40         |

Продолжение табл. 2

| Грунт                             | $t_{в1}/t_{в2},$<br>°C | $t_o,$<br>°C | $\lambda_{гр},$<br>Вт/(м·°C) | $t_{кан},$ °C | Расстояние<br>от канала<br>$\Delta h,$ мм | $t_A,$ °C | $q,$ Вт/м |      |        |     |        |     |
|-----------------------------------|------------------------|--------------|------------------------------|---------------|---|-----------|-----------|------|--------|-----|--------|-----|
| <i>Под каналом</i>                |                        |              |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |
| Суглинок                          | 150/70                 | 11           | 1,27                         | 41,09         | 50  | 36,28     | 72        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 100                                       | 34,8      | 68        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 150                                       | 33,56     | 64        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 200                                       | 32,49     | 61        |      |        |     |        |     |
|                                   | 130/70                 |              |                              | 38,05         | 50  | 33,73     | 65        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 100                                       | 32,39     | 61        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 150                                       | 31,28     | 58        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 200                                       | 30,32     | 55        |      |        |     |        |     |
|                                   | 90/70                  |              |                              | 31,97         | 50  | 28,62     | 50        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 100                                       | 27,58     | 47        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 150                                       | 26,72     | 45        |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 200                                       | 25,98     | 43        |      |        |     |        |     |
| <b>Аварийный режим (подающий)</b> |                        |              |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |
| <i>Над каналом</i>                |                        |              |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |
| Суглинок                          | 150/70                 | 11           | 1,27                         | 133,97        | 50  | 110,30    | 284       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 100                                       | 103,43    | 264       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 150                                       | 97,54     | 247       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 200                                       | 92,39     | 233       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 300                                       | 83,60     | 207       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 400                                       | 76,24     | 186       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 500                                       | 69,85     | 168       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 600                                       | 64,16     | 152       |      |        |     |        |     |
|                                   | 130/70                 |              |                              | 116,47        | 680                                       | 60,00     | 140       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 50  | 96,17     | 243       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 100                                       | 90,27     | 226       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 150                                       | 85,23     | 212       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 200                                       | 80,80     | 199       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 300                                       | 73,27     | 178       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 400                                       | 66,96     | 160       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 500                                       | 61,47     | 144       |      |        |     |        |     |
|                                   | 90/70                  |              |                              | 81,46         | 530                                       | 60,00     | 140       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 50  | 67,90     | 163       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 100                                       | 63,96     | 151       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 150                                       | 60,59     | 142       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | 200                                       | 57,63     | 133       |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | <i>Под каналом</i>                        |           |           |      |        |     |        |     |
|                                   |                        |              |                              |               | Суглинок                                  | 150/70    | 11        | 1,27 | 133,97 | 50  | 114,32 | 295 |
|                                   |                        |              |                              |               |   |           |           |      |        | 100 | 108,25 | 278 |
| 150                               | 103,18                 | 263          |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |
| 200                               | 98,83                  | 251          |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |
| 300                               | 91,67                  | 230          |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |
| 400                               | 85,94                  | 214          |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |
| 500                               | 81,19                  | 201          |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |
| 600                               | 77,16                  | 189          |                              |               |   |           |           |      |        |     |        |     |

Окончание табл. 2

| Грунт              | $t_{в1}/t_{в2},$<br>°C | $t_{о},$<br>°C | $\lambda_{гр},$<br>Вт/(м·°C) | $t_{кан},$ °C | Расстояние<br>от канала<br>$\Delta h,$ мм | $t_A,$ °C | $q,$ Вт/м |  |  |  |  |
|--------------------|------------------------|----------------|------------------------------|---------------|---|-----------|-----------|--|--|--|--|
|                    |                        |                |                              |               | 700                                       | 73,67     | 179       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 800                                       | 70,61     | 170       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 900                                       | 67,89     | 163       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 1000                                      | 65,45     | 156       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 1100                                      | 63,24     | 149       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 1200                                      | 61,24     | 144       |  |  |  |  |
| Суглинок           | 130/70                 | 11             | 1,27                         | 116,47        | 1265                                      | 60,03     | 140       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 50  | 99,62     | 253       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 100                                       | 94,41     | 238       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 150                                       | 90,06     | 226       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 200                                       | 86,33     | 215       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 300                                       | 80,19     | 198       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 400                                       | 75,28     | 184       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 500                                       | 71,20     | 172       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 700                                       | 64,75     | 154       |  |  |  |  |
| Суглинок           | 90/70                  | 11             | 1,27                         | 84,46         | 800                                       | 62,12     | 146       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 890                                       | 60,01     | 140       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 50  | 70,20     | 169       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 100                                       | 66,72     | 159       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 150                                       | 63,82     | 151       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 200                                       | 61,32     | 144       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 230                                       | 59,99     | 140       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | Аварийный режим (обратный)                |           |           |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | <i>Над каналом</i>                        |           |           |  |  |  |  |
| Суглинок           | 150/70                 | 11             | 1,27                         | 65,74         | 50  | 55,20     | 126       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 100                                       | 52,14     | 118       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 150                                       | 49,52     | 110       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 200                                       | 47,23     | 104       |  |  |  |  |
|                    | 130/70                 |                |                              | 65,3          | 50  | 54,85     | 125       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 100                                       | 51,81     | 117       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 150                                       | 49,22     | 109       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 200                                       | 46,94     | 103       |  |  |  |  |
|                    | 90/70                  |                |                              | 64,4          | 50  | 54,12     | 123       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 100                                       | 51,14     | 115       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 150                                       | 48,58     | 107       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 200                                       | 46,34     | 101       |  |  |  |  |
| <i>Под каналом</i> |                        |                |                              |               |   |           |           |  |  |  |  |
| Суглинок           | 150/70                 | 11             | 1,27                         | 65,74         | 50  | 56,99     | 131       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 100                                       | 54,29     | 124       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 150                                       | 52,03     | 117       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 200                                       | 50,1      | 112       |  |  |  |  |
|                    | 130/70                 |                |                              | 65,3          | 50  | 50,02     | 118       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 100                                       | 47,73     | 111       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 150                                       | 45,81     | 105       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 200                                       | 44,17     | 101       |  |  |  |  |
|                    | 90/70                  |                |                              | 64,4          | 50  | 44,34     | 108       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 100                                       | 42,38     | 101       |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 150                                       | 40,75     | 96        |  |  |  |  |
|                    |                        |                |                              |               | 200                                       | 39,34     | 91        |  |  |  |  |

Из проведенных расчетов видно, что в ряде случаев температура в расчетных точках находится в допустимых пределах.

На рисунках 2—4 представлено графическое изображение теплового поля вокруг одноячейкового канала при заданных параметрах теплоносителя 70...150 °С в рабочем режиме (рис. 2) и аварийных режимах (рис. 3, 4).

На данных изображениях наглядно видны изменения температурного параметра по мере отдаления от стенок канала, что дает возможность визуально оценить результаты проводимого исследования.

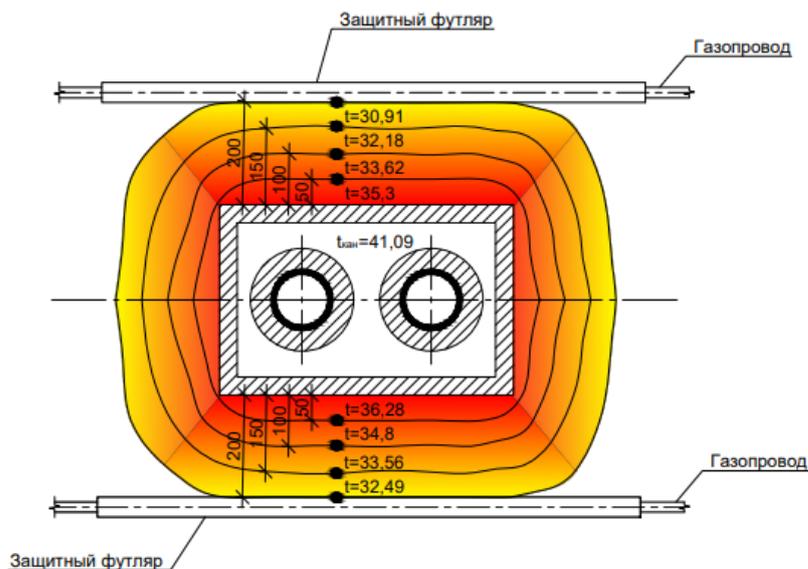


Рис. 2. Графическое изображение теплового поля вокруг непроходного канала в рабочем режиме при температуре теплоносителя 70...150 °С

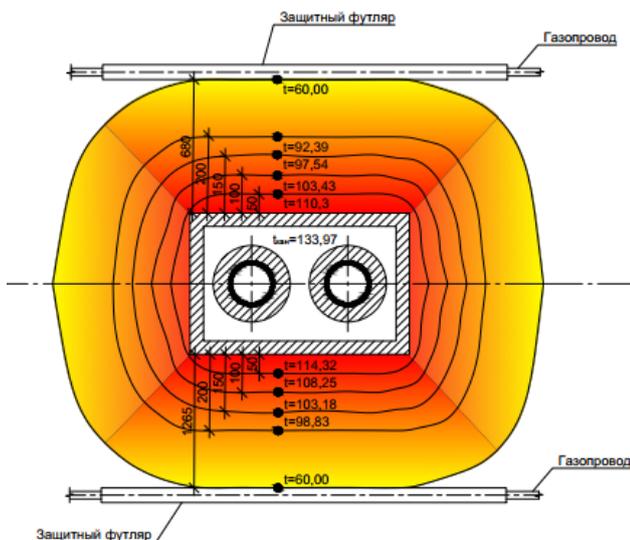


Рис. 3. Графическое изображение теплового поля вокруг непроходного канала в аварийном режиме подающего трубопровода при температуре теплоносителя 150 °С

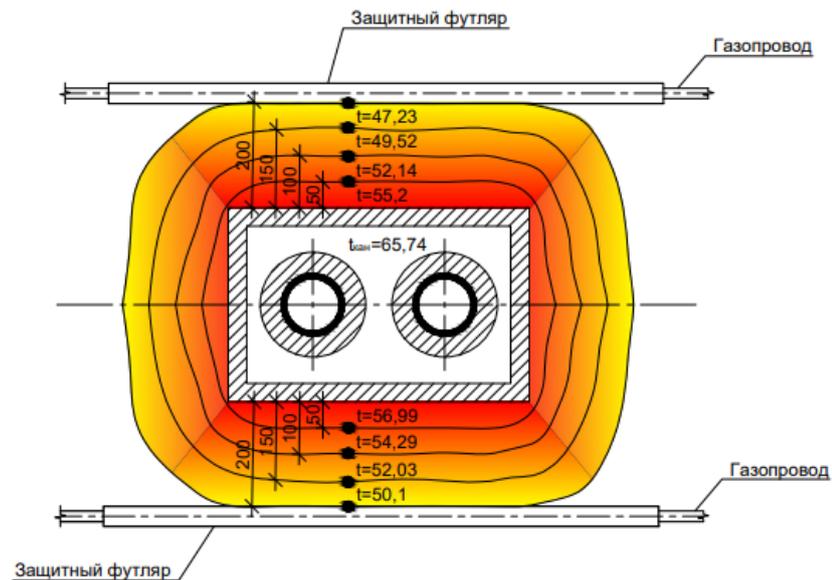


Рис. 4. Графическое изображение теплового поля вокруг непроходного канала в аварийном режиме обратного трубопровода при температуре теплоносителя 70 °С

### Заключение

*Теоретическая* значимость проведенного исследования заключается в построении температурных полей с одним источником теплоты (непроходной канал с двумя трубопроводами горячей воды), но с различными типами передачи тепла: горячей водой и грунтом (при аварийном режиме) или воздухом и грунтом (при рабочем режиме). Анализ показывает, что на граничном расстоянии (200 мм) температура значительно выше при аварийном режиме, поэтому параметры теплового поля при аварийном режиме являются критериальными и должны учитываться при определении материала инженерных коммуникаций при пересечении и параллельном следовании с каналами теплосети.

*Практическая* значимость исследования заключается в возможности выбора материала для футляров газопроводов и других коммуникаций при пересечении с теплотрассой в зависимости от параметров теплоносителя в тепловой сети и вероятности возникновения аварийных ситуаций. Стальные футляры дороже полиэтиленовых, сложнее в монтаже, подлежат коррозии. С другой стороны, стальные трубы имеют высокие прочностные характеристики и практически не подвержены воздействию температур.

При безаварийной работе теплосети при любых температурах теплоносителя применение полиэтиленовых футляров оправдано, т. к. температура на поверхности футляра при минимальном расстоянии между каналом и футляром не превышает 33 °С. При разгерметизации подающего трубопровода с температурой 150 °С минимальное расстояние, обеспечивающее сохранение прочностных характеристик полиэтиленового футляра, составляет 680 мм при расположении газопровода выше теплотрассы и 1265 мм, если газопровод прокладывается под каналом. При аварии на обратном теплопроводе с температурой теплоносителя 70 °С достаточно выдерживать нормируемые 200 мм между коммуникациями.

Таким образом, при пересечении газопровода с теплотрассой с параметрами 70...150 °С, проложенной в непроходных каналах, учитывая вероятность разгерметизации подающего трубопровода, целесообразно применять стальные футляры.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теплоснабжение / В. Е. Козин, Т. А. Левина, А. П. Марков, И. Б. Пронина, В. А. Слемзин. М. : Высшая школа, 1980. 480 с.
2. Приколова В. А., Ефремова Т. В. Влияние тепловых потоков на газопровод при пересечении с теплосетями канальной и бесканальной прокладки // Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды : мат. XIII международ. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2024. Уфа : УНПЦ «Издательство УГНТУ», 2024. С. 139—141.
3. Aleksakhin O., Yena S., Hordienko O., Novikov V. Comparison of options for the heat distribution network of the residential neighborhood // Integrated Technologies and Energy Saving. 2021. No. 3. Pp. 17—25. DOI: 10.20998/2078-5364.2021.3.02.
4. Ефремова А. И., Бирюзова Е. А. Влияние температурного поля от тепловой сети на сопутствующие коммуникации // Даниловские чтения. Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : мат. международ. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. Екатеринбург : УрФУ, 2018. С. 184—187.
5. Barashkov V. N., Shevchenko Yu. M. Elastic-plastic stress-strain state and strength of thick-walled pipe under the action of internal pressure // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1214. Pp. 012008.
6. Budhe S., Banea M. D., de Barros S. Analysis of failure pressure of defective pipes repaired with composite systems considering the plastic deformation of pipe // Journal of The Institution of Engineers (India) : series C. 2020. Vol. 101. Iss. 6. Pp. 929—936.
7. Осотова Н. Н. Выбор рациональной области применения систем газоснабжения при газификации населенных пунктов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 29(48). С. 167—173.
8. Чеботарев В. И., Новгородский Е. Е. Повышение гидравлической устойчивости систем газоснабжения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 29(48). С. 174—178.
9. Medvedeva O. N., Penenko V. D. Routes of laying gas supply system pipeline // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2021. No. 1. Pp. 153—163.
10. Бирюзова Е. А. Повышение энергоэффективности современных систем теплоснабжения // Эффективные строительные конструкции: теория и практика : сб. статей XIV МНТК. 2014. Пенза : Приволжский Дом знаний, 2014. С. 23—26.
11. Рыжков Е. В., Рыжков В. М. О влиянии внутреннего давления на изгиб трубопроводов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 29(48). С. 179—185.
12. Chen D., Hu X., Li Y., Wang R. Nodal-pressure-based heating flow model for analyzing heating networks in integrated energy systems // Energy Conversion and Management. 2020. Vol. 206. Pp. 112491. DOI: 10.1016/j.enconman.2020.112491.
13. Wang H., Meng H., Zhu T. New model for onsite heat loss state estimation of general district heating network with hourly measurements // Energy Convers. Manag. 2018. Vol. 157. Pp. 71—85.
14. Trends of European Research and Development in District Heating Technologies / M. A. Sayegh, J. Danielewicz, T. Nannou, M. Miniewicz, P. Jadwiszczak, K. Piekarska, H. Jouhara // Energy Rev. 2017. 18 p. DOI: 10.1016/j.rser.2016.02.023.
15. Ахмерова Г. М., Федоров А. В. Влияние влажности грунта на тепловые потери теплопроводов в непроходных каналах // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 2(36). С. 117—121.
16. Akhmerova G., Sibgatov A., Badrutdinov R., Khaziakhmetova E. Calculation of soil temperature at the intersection of the heating line of the underground gasket and gas pipeline taking into account real operating conditions // 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering. 2021. Vol. 274. P. 8009. DOI: 10.1051/e3sconf/202127408009.
17. Grebneva O. A. Investigation of monitoring tasks of the dynamics of heating networks temperature states // E3S Web of Conferences. 2022. Vol. 397. Altai : 2023. Pp. 03002. DOI: 10.1051/e3sconf/202339703002.

18. *Tong B., Gao Z., Wang L., Li Y.* An empirical model for estimating soil thermal conductivity from soil water content and porosity // *Journal of Hydrometeorology*. 2016. Vol. 17. Iss. 2. Pp. 601—613. DOI: 10.1175/JHM-D-15-0119.1.

19. *Петрикеева Н. А., Копытин А. В., Попов Н. О.* Определение оптимальной толщины теплоизоляционного слоя трубопроводов систем теплоснабжения // *Инженерные системы и сооружения*. 2015. № 1. С. 15—23.

20. *Vaşoğul Y., Keçebaş A.* Economic and environmental impacts of insulation in district heating pipelines // *Energy*. 2011. Vol. 36. Iss. 10. Pp. 6156—6164. DOI: 10.1016/j.energy.2011.07.049.

21. *Кравченко Г. М., Карпенко С. П.* Тепловые потери на водяных тепловых сетях г. Ростова-на-Дону // *Известия высших учебных заведений. Северокавказский регион. Серия: Технические науки*. 2009. № 5(153). С. 105—107.

© *Ефремова Т. В., Приколота В. А., 2025*

*Поступила в редакцию*  
12.04.2025

*Ссылка для цитирования:*

*Ефремова Т. В., Приколота В. А.* Исследование влияния тепловых потоков на полиэтиленовые футляры // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2025. Вып. 2(99). С. 92—102. DOI: 10.35211/18154360\_2025\_2\_92.

*Об авторах:*

**Ефремова Татьяна Васильевна** — канд. тех. наук, доц., доц. каф. энергоснабжения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; [mama\\_t63@mail.ru](mailto:mama_t63@mail.ru)

**Приколота Владислав Алексеевич** — магистрант каф. энергоснабжения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

***Tatyana V. Efremova, Vladislav A. Prikolota***

***Volgograd State Technical University***

## **INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HEAT FLUXES ON POLYETHYLENE CASES**

A study of the effect of heat fluxes on polyethylene cases has been conducted. Temperature fields from heating networks laid in impassable channels, in operating and emergency modes are constructed. The calculated data indicate the possibility of using polyethylene cases at the intersection with heating networks. The conditions for laying polyethylene gas pipelines at the intersection with heating networks and the minimum distances at which polyethylene retains its strength characteristics are determined.

**Key words:** gas pipeline, heat flow, temperature field, heating networks, temperature.

*For citation:*

*Efremova T. V., Prikolota V. A.* [Investigation of the effect of heat fluxes on polyethylene cases]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 2, pp. 92—102. DOI: 10.35211/18154360\_2025\_2\_92.

*About authors:*

**Tatyana V. Efremova** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; [mama\\_t63@mail.ru](mailto:mama_t63@mail.ru)

**Vladislav A. Prikolota** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation