

Современные системы
водоснабжения
и отопления



СИСТЕМА **KAN-therm**

Справочник
по подогреву открытых
поверхностей

JA 04/2014



ТЕХНОЛОГИЯ УСПЕХА



ISO 9001

СИСТЕМА **KAN-therm**

ПОДОГРЕВ ОТКРЫТЫХ ПЛОЩАДОК

Составители:

маг. инж. Кшиштов Сеньковский
маг. инж. Яцек Юхницкий

Перевод с польского:

инж. Валентина Куно

Варшава март 2004

Фирма **KAN** Sp. z o. o.

Перепечатка и копирование без согласия фирмы **KAN** Sp. z o. o.
ЗАПРЕЩЕНЫ!

Содержание

| | |
|--|----------|
| Вступление | 4 |
| 1. Подогрев открытых площадок | 5 |
| 1.1. Общая характеристика | 5 |
| 1.2. Конструкция нагревательного элемента | 5 |
| 1.3. Величины, характеризующие конструкцию нагревателя | 6 |
| 1.4. Поток тепла через открытую поверхность | 9 |
| 1.5. Требуемая температура воды в греющем контуре | 10 |
| 1.6. Сопротивления потоку и охлаждение теплоносителя в греющем контуре | 11 |
| 1.7. Тепловой и гидравлический расчет | 12 |
| 1.8. Схема подводки теплоносителя для подогрева открытых площадок | 16 |

Вступление

Система **KAN-therm**, в состав которой, в частности, входят трубы PE-RT, PE-Xc, предоставляет широкую возможность для применения их в отоплении типа панельное отопление, где соответствующим образом заделанные трубы представляют греющий элемент.

К панельному отоплению можно отнести:

- подогрев открытых площадок, контактирующих с наружным воздухом (спортивных площадок и полей стадионов, коммуникационных трасс, ступенек в переходах, подъездных путей и террас).
- отопление внутри зданий типа обогрева через пол (подпольное отопление), через потолок и стены.

В случае отопления внутри зданий можно использовать различную конструкцию греющих элементов (панелей) в зависимости от архитектурных условий, а также предназначения объектов, например:

- спортивные залы с обогреваемыми полами типа эластичных (с воздушной прослойкой)
- деревянные полы с воздушной прослойкой,
- конструкция подпольного отопления с греющей плитой, полученной путем заливки бетоном - выполнение строительных работ т. н. "мокрым методом".
- конструкция подпольного отопления с выполнением работ "сухим методом" - особенно полезно при ремонте и реконструкции объектов.

Цель данной разработки - это ознакомление проектировщика со спецификой такого типа решения, а также с методикой проектирования. Нынешнее издание, которое предлагается Вашему вниманию, посвящено подогреву открытых поверхностей, контактирующих с наружным воздухом.

Фирма **KAN** предоставляет программу **KAN co-Graf**, имеющую опцию проектирования подпольного отопления, и программу подбора теплоотдачи обогреваемых полов с воздушной прослойкой в их конструкции (эластичные полы).

Принципы расчета и монтажа системы подпольного отопления приводятся в Справочнике проектировщика и производителя работ, изданном фирмой **KAN**, который представляет собой пособие к системе **KAN-therm**, а соблюдение принципов, приведенных в нем, является основным условием предоставления гарантии.

Программные продукты фирмы **KAN** для проектирования систем отопления, холодного и горячего водоснабжения вместе с циркуляцией доступны на Интернет-сайте www.kan.com.pl.

1. Подогрев открытых площадок

Подогрев открытых площадок может иметь место в следующих случаях:

- подогрев спортивных площадок и полей стадионов, покрытых травой,
- подогрев дорог и коммуникационных трасс, ступенек в переходах и подъездных путей, имеющих контакт с наружным воздухом,
- подогрев взлетных площадок для вертолетов на крышах зданий и т. п.

1.1. Общая характеристика

Подогрев поверхности, контактирующей с наружным воздухом, осуществляется, как правило, в следующих случаях:

- предупреждение обледенения поверхности,
- поддержание заданной температуры на поверхности и ее осушение,
- размораживание слоя льда на этих поверхностях.

Такой тип отопления реализуется за счет заделывания труб PE-RT или PE-Xc непосредственно под этими поверхностями (аналогично подпольному отоплению).

С целью предупреждения замерзания теплоносителя используется водный раствор гликоля.

В виду непостоянства внешних условий (при сильном ветре происходит быстрое охлаждение поверхности) следует считаться с тем, что не всегда можно достигнуть вышеописанной цели.

За характерные скорости ветра в типичных ситуациях, имеющих экономично-техническое обоснование, необходимо принимать:

- 1 м/с для защищенных поверхностей (стена леса и т.п.)
- 3 м/с для незащищенных поверхностей
- 0,5 м/с для стадионов и поверхностей с травяным покровом

Максимальную температуру подачи теплоносителя в греющий контур следует принимать равной:

- + 45°C для поверхности с растительным покровом (стадионы),
- + 60°C в остальных случаях.

Положительную температуру на поверхности рекомендуется на уровне +1°C, но не выше +5°C.

В зависимости от характера работы, а также от предназначения поверхности, наружную температуру можно выбирать в соответствие с нормами или иным способом, если допускается функционирование этих подогреваемых поверхностей в определенном диапазоне наружных температур.

Внимание:

Если наружные параметры отличаются от приведенных, как стандартных, то необходимо консультироваться, например, в фирме KAN.

В зимнее время следует обратить внимание на очистку снега с площадки, которая будет подогреваться вышеописанным способом.

1.2. Конструкция нагревательного элемента

Можно выделить два вида конструкции:

- трубы прокладываются в сыпучих слоях (песок, смешанный с бетоном, утрамбованный грунт), покрытых сверху травой (спортивные площадки) или брусчаткой, асфальтом. Толщина всех слоев над трубой не должна превышать 25 см при прокладке в грунте, а в песке - не больше 10 см.
- трубы замоноличиваются в бетоне, сверху укладываются каменные плитки (ступеньки переходов, подъездные пути). Над трубами требуется минимум 6 см раствора бетона.

В случае травяного покрытия глубина укладки труб зависит от способа ухода за этой поверхностью (трубы должны быть так заглублены, чтобы не возможно было их повредить в ходе обработки этой поверхности), а в случае прокладки коммуникационных трасс глубина укладки может быть обусловлена архитектурно-конструктивными требованиями.

Под трубами, как правило, присутствует природная подложка или дополнительные подсыпки и природная подложка (грунт).

Пример конструкции подогрева открытых поверхностей представлен на рисунке ниже:

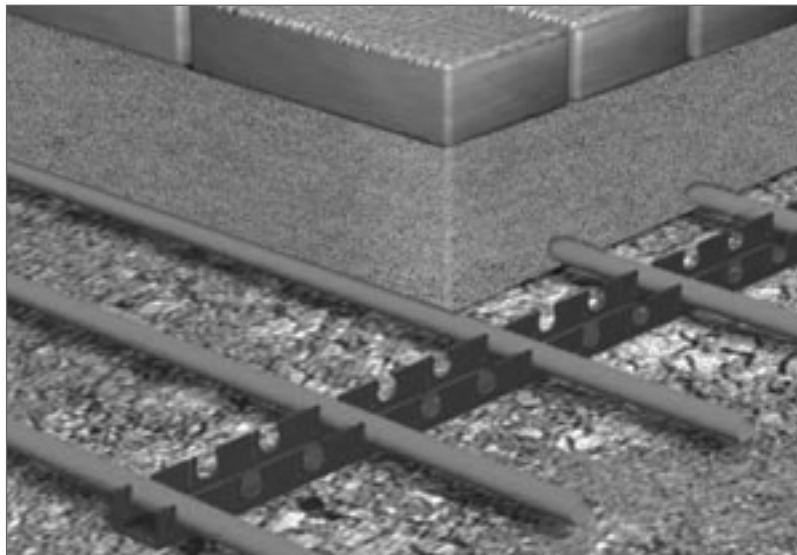


Рис. 1. Подогрев площадки, выложенной плиткой.



Рис. 2. Подогрев поверхности стадиона с травяным покрытием.

1.3. Величины, характеризующие конструкцию нагревателя

Конструкцию нагревателя характеризует приведенная толщина слоев над и под трубами:

$$H_0 = \sum e_i/a_i \times 1,16 \text{ [м]}$$

e_i - толщина слоя [м];

a_i - коэффициент теплопроводности слоя [Вт/мК].

Ввиду ограничений на потери тепла вниз, отношение приведенной толщины слоев сверху (над трубами) $H_{об}$ к эквивалентной толщине слоев внизу (под трубами) $H_{он}$ должно быть меньше или равно 0,1. Причем, $H_{он}$ рассчитывается для всех слоев до глубины промерзания грунта. Если отношение $H_{об}/H_{он}$ не соответствует вышеприведенным условиям, то следует предусмотреть дополнительные изоляционные подсыпки грунта под трубами.

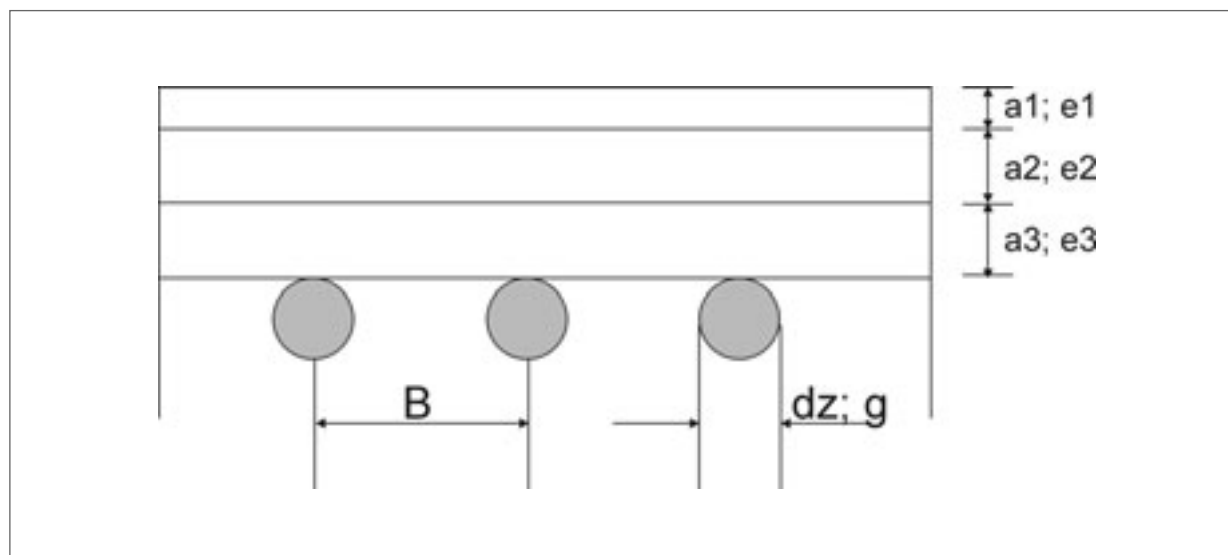


Рис. 2. Величины, характеризующие конструкцию нагревателя.

Геометрия труб (dz, g) и их шаг (B) при заданной величине H_0 характеризует термическое сопротивление R [$m^2K/Вт$].

Таб. 1. Значения термического сопротивления R в зависимости от приведенной толщины слоя H_0 над трубой и шага между трубами B для трубы $\varnothing 18 \times 2,0$.

| H_0 [м] | B [м] | | | | |
|-----------|-------------------|------|------|------|------|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 |
| | R [$m^2K/Вт$] | | | | |
| 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,18 |
| 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,21 |
| 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 |
| 0,12 | 0,15 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,28 |
| 0,14 | 0,18 | 0,21 | 0,25 | 0,28 | 0,31 |
| 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,31 | 0,35 |
| 0,18 | 0,22 | 0,27 | 0,31 | 0,35 | 0,38 |
| 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,34 | 0,38 | 0,42 |
| 0,22 | 0,27 | 0,33 | 0,37 | 0,41 | 0,45 |
| 0,24 | 0,29 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,49 |
| 0,26 | 0,32 | 0,38 | 0,43 | 0,48 | 0,52 |
| 0,28 | 0,34 | 0,41 | 0,47 | 0,51 | 0,56 |
| 0,30 | 0,36 | 0,44 | 0,50 | 0,55 | 0,59 |
| 0,32 | 0,39 | 0,47 | 0,53 | 0,58 | 0,63 |
| 0,34 | 0,41 | 0,49 | 0,56 | 0,62 | 0,67 |
| 0,36 | 0,44 | 0,52 | 0,59 | 0,65 | 0,70 |
| 0,38 | 0,46 | 0,55 | 0,62 | 0,68 | 0,74 |
| 0,40 | 0,48 | 0,58 | 0,65 | 0,72 | 0,77 |

Таб. 2. Значения термического сопротивления R в зависимости от приведенной толщины слоя H_0 над трубой и шага между трубами B для трубы $\varnothing 25 \times 3,5$.

| H_0 [м] | B [м] | | | | |
|-----------|---------------------------|------|------|------|------|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 |
| | R [м ² К/Вт] | | | | |
| 0,06 | 0,07 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,17 |
| 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,14 | 0,17 | 0,20 |
| 0,10 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,20 | 0,22 |
| 0,12 | 0,13 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,25 |
| 0,14 | 0,15 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,28 |
| 0,16 | 0,17 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,32 |
| 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,31 | 0,35 |
| 0,20 | 0,22 | 0,26 | 0,31 | 0,34 | 0,38 |
| 0,22 | 0,24 | 0,29 | 0,33 | 0,37 | 0,41 |
| 0,24 | 0,26 | 0,31 | 0,36 | 0,40 | 0,44 |
| 0,26 | 0,28 | 0,34 | 0,39 | 0,43 | 0,47 |
| 0,28 | 0,30 | 0,36 | 0,41 | 0,46 | 0,50 |
| 0,30 | 0,32 | 0,39 | 0,44 | 0,49 | 0,54 |
| 0,32 | 0,34 | 0,41 | 0,47 | 0,52 | 0,57 |
| 0,34 | 0,36 | 0,44 | 0,50 | 0,55 | 0,60 |
| 0,36 | 0,38 | 0,46 | 0,52 | 0,58 | 0,63 |
| 0,38 | 0,40 | 0,48 | 0,55 | 0,61 | 0,66 |
| 0,40 | 0,42 | 0,51 | 0,58 | 0,64 | 0,70 |

1.4. Поток тепла через открытую поверхность

Величина потока тепла, передаваемого через поверхность с заданной температурой, зависит от:

- температуры этой поверхности - T_F
- наружной температуры - T_H
- скорости ветра - W

В случае кратковременной работы нагревателя, дополнительно следует учитывать период запуска системы оборудования, когда происходит нагревание слоев подложки, а также таяние слоя льда, покрывающего эту поверхность.

Требуемый поток тепла в фазе запуска, в основном, зависит от заложенного времени таяния слоя льда. Из таблиц, приведенных ниже, можно определить требуемый поток тепла вверх Q [Вт/м²] для различных наружных температур T_H [K], температуры поверхности T_F [K] и скорости ветра W [м/с].

Таб. 3. Поток тепла Q_1 , передаваемый вверх, в фазе стабилизации параметров (после достижения заданной температуры на поверхности T_F).

| T_F [K] | 274 | | | | | | | 278 | | | | | | |
|-----------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| T_H [K] | 268 | 263 | 257 | 255 | 253 | 251 | 249 | 268 | 263 | 257 | 255 | 253 | 251 | 249 |
| W [м/с] | Q_1 [Вт/м ²] | | | | | | | Q_1 [Вт/м ²] | | | | | | |
| 0,50 | 77 | 143 | 223 | 250 | 277 | 304 | 331 | 132 | 199 | 280 | 308 | 335 | 363 | 391 |
| 1,00 | 89 | 164 | 254 | 284 | 315 | 345 | 375 | 151 | 227 | 318 | 349 | 379 | 410 | 441 |
| 3,00 | 139 | 254 | 392 | 437 | 483 | 528 | 573 | 233 | 349 | 486 | 532 | 578 | 623 | 669 |

Таб. 4. Максимальный поток тепла Q_2 , передаваемый вверх, с учетом таяния тонкого слоя льда, образованного на поверхности, в течение 2 часов.

| T_F [K] | 274 | | | | | | | 278 | | | | | | |
|-----------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| T_H [K] | 268 | 263 | 257 | 255 | 253 | 251 | 249 | 268 | 263 | 257 | 255 | 253 | 251 | 249 |
| W [м/с] | Q_2 [Вт/м ²] | | | | | | | Q_2 [Вт/м ²] | | | | | | |
| 0,50 | 105 | 171 | 250 | 277 | 303 | 330 | 357 | 105 | 171 | 250 | 277 | 303 | 330 | 357 |
| 1,00 | 116 | 190 | 280 | 310 | 340 | 370 | 400 | 116 | 190 | 280 | 310 | 340 | 370 | 400 |
| 3,00 | 157 | 272 | 409 | 455 | 500 | 545 | 591 | 157 | 272 | 409 | 455 | 500 | 545 | 591 |

Таб. 5. Максимальный поток тепла Q_3 , передаваемый вверх, с учетом таяния тонкого слоя льда, образованного на поверхности, в течение 1 часа.

| T_F [K] | 274 | | | | | | | 278 | | | | | | |
|-----------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| T_H [K] | 268 | 263 | 257 | 255 | 253 | 251 | 249 | 268 | 263 | 257 | 255 | 253 | 251 | 249 |
| W [м/с] | Q_3 [Вт/м ²] | | | | | | | Q_3 [Вт/м ²] | | | | | | |
| 0,50 | 147 | 212 | 291 | 318 | 345 | 372 | 399 | 147 | 212 | 291 | 318 | 345 | 372 | 399 |
| 1,00 | 157 | 231 | 321 | 351 | 381 | 411 | 441 | 157 | 231 | 321 | 351 | 381 | 411 | 441 |
| 3,00 | 198 | 313 | 450 | 496 | 541 | 587 | 632 | 198 | 313 | 450 | 496 | 541 | 587 | 632 |

При расчетах для заданных T_F , T_H и w следует выбрать наибольшее значение из Q_1 , Q_2 или Q_3 в зависимости принятого времени таяния льда).

1.5. Требуемая температура воды в греющем контуре

Таб. 6. Значения минимальной температуры воды в греющем контуре T_{pw} [°C] как функции потока тепла Q [Вт/м²], а также термических сопротивлений R [м²К/Вт] и температуры поверхности $T_F=274$ К.

| TF [K] | 274 | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Q [Вт/м ²] | 70 | 120 | 170 | 220 | 270 | 320 | 370 | 420 | 470 | 520 | 570 | 620 | 670 |
| R [м ² К/Вт] | T _{pw} [°C] | | | | | | | | | | | | |
| 0,08 | 6,6 | 10,6 | 14,6 | 18,6 | 22,6 | 26,6 | 30,6 | 34,6 | 38,6 | 42,6 | 46,6 | 50,6 | 54,6 |
| 0,10 | 8,0 | 13,0 | 18,0 | 23,0 | 28,0 | 33,0 | 38,0 | 43,0 | 48,0 | 53,0 | 58,0 | | |
| 0,12 | 9,4 | 15,4 | 21,4 | 27,4 | 33,4 | 39,4 | 45,4 | 51,4 | 57,4 | | | | |
| 0,14 | 10,8 | 17,8 | 24,8 | 31,8 | 38,8 | 45,8 | 52,8 | | | | | | |
| 0,16 | 12,2 | 20,2 | 28,2 | 36,2 | 44,2 | 52,2 | | | | | | | |
| 0,18 | 13,6 | 22,6 | 31,6 | 40,6 | 49,6 | 58,6 | | | | | | | |
| 0,20 | 15,0 | 25,0 | 35,0 | 45,0 | 55,0 | | | | | | | | |
| 0,22 | 16,4 | 27,4 | 38,4 | 49,4 | | | | | | | | | |
| 0,24 | 17,8 | 29,8 | 41,8 | 53,8 | | | | | | | | | |
| 0,26 | 19,2 | 32,2 | 45,2 | | | | | | | | | | |
| 0,28 | 20,6 | 34,6 | 48,6 | | | | | | | | | | |
| 0,30 | 22,0 | 37,0 | 52,0 | | | | | | | | | | |
| 0,32 | 23,4 | 39,4 | 55,4 | | | | | | | | | | |
| 0,34 | 24,8 | 41,8 | | | | | | | | | | | |
| 0,36 | 26,2 | 44,2 | | | | | | | | | | | |
| 0,38 | 27,6 | 46,6 | | | | | | | | | | | |
| 0,40 | 29,0 | 49,0 | | | | | | | | | | | |
| 0,42 | 30,4 | 51,4 | | | | | | | | | | | |
| 0,44 | 31,8 | 53,8 | | | | | | | | | | | |
| 0,46 | 33,2 | | | | | | | | | | | | |
| 0,48 | 34,6 | | | | | | | | | | | | |
| 0,50 | 36,0 | | | | | | | | | | | | |
| 0,52 | 37,4 | | | | | | | | | | | | |
| 0,54 | 38,8 | | | | | | | | | | | | |
| 0,56 | 40,2 | | | | | | | | | | | | |
| 0,58 | 41,6 | | | | | | | | | | | | |
| 0,60 | 43,0 | | | | | | | | | | | | |

Таб. 7. Значения минимальной температуры воды в греющем контуре T_{pw} [°C] как функции потока тепла Q [Вт/м²], а также термических сопротивлений R [м²К/Вт] и температуры поверхности $T_F=278$ К.

| TF [K] | 278 | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Q [Вт/м ²] | 70 | 120 | 170 | 220 | 270 | 320 | 370 | 420 | 470 | 520 | 570 | 620 | 670 |
| R [м ² К/Вт] | T _{pw} [°C] | | | | | | | | | | | | |
| 0,08 | 10,6 | 14,6 | 18,6 | 22,6 | 26,6 | 30,6 | 34,6 | 38,6 | 42,6 | 46,6 | 50,6 | 54,6 | 58,6 |
| 0,10 | 12,0 | 17,0 | 22,0 | 27,0 | 32,0 | 37,0 | 42,0 | 47,0 | 52,0 | 57,0 | 62,0 | | |
| 0,12 | 13,4 | 19,4 | 25,4 | 31,4 | 37,4 | 43,4 | 49,4 | 55,4 | 61,4 | | | | |
| 0,14 | 14,8 | 21,8 | 28,8 | 35,8 | 42,8 | 49,8 | 56,8 | | | | | | |
| 0,16 | 16,2 | 24,2 | 32,2 | 40,2 | 48,2 | 56,2 | | | | | | | |
| 0,18 | 17,6 | 26,6 | 35,6 | 44,6 | 53,6 | 62,6 | | | | | | | |
| 0,20 | 19,0 | 29,0 | 39,0 | 49,0 | 59,0 | | | | | | | | |
| 0,22 | 20,4 | 31,4 | 42,4 | 53,4 | | | | | | | | | |
| 0,24 | 21,8 | 33,8 | 45,8 | 57,8 | | | | | | | | | |
| 0,26 | 23,2 | 36,2 | 49,2 | | | | | | | | | | |
| 0,28 | 24,6 | 38,6 | 52,6 | | | | | | | | | | |
| 0,30 | 26,0 | 41,0 | 56,0 | | | | | | | | | | |
| 0,32 | 27,4 | 43,4 | 59,4 | | | | | | | | | | |
| 0,34 | 28,8 | 45,8 | | | | | | | | | | | |
| 0,36 | 30,2 | 48,2 | | | | | | | | | | | |
| 0,38 | 31,6 | 50,6 | | | | | | | | | | | |
| 0,40 | 33,0 | 53,0 | | | | | | | | | | | |
| 0,42 | 34,4 | 55,4 | | | | | | | | | | | |
| 0,44 | 35,8 | 57,8 | | | | | | | | | | | |
| 0,46 | 37,2 | | | | | | | | | | | | |
| 0,48 | 38,6 | | | | | | | | | | | | |
| 0,50 | 40,0 | | | | | | | | | | | | |
| 0,52 | 41,4 | | | | | | | | | | | | |
| 0,54 | 42,8 | | | | | | | | | | | | |
| 0,56 | 44,2 | | | | | | | | | | | | |
| 0,58 | 45,6 | | | | | | | | | | | | |
| 0,60 | 47,0 | | | | | | | | | | | | |

1.6. Сопротивления потоку и охлаждение теплоносителя в греющем контуре

Таб. 8. Скорость воды в трубопроводах, сопротивление потоку и количество транспортируемого тепла Q_w при различных охлаждениях воды dt для труб $\varnothing 18 \times 2$.

| dt [°C] | | 20 | 15 | 10 | 5 |
|---------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| V [м/с] | P _l [Па/м] | Q _w [Вт] | Q _w [Вт] | Q _w [Вт] | Q _w [Вт] |
| 0,05 | 7 | 559 | 419 | 279 | 140 |
| 0,1 | 22 | 1 117 | 838 | 559 | 279 |
| 0,2 | 75 | 2 234 | 1 676 | 1 117 | 559 |
| 0,3 | 154 | 3 351 | 2 513 | 1 676 | 838 |
| 0,4 | 255 | 4 468 | 3 351 | 2 234 | 1 117 |
| 0,5 | 377 | 5 585 | 4 189 | 2 793 | 1 396 |
| 0,6 | 520 | 6 702 | 5 027 | 3 351 | 1 676 |
| 0,7 | 683 | 7 819 | 5 864 | 3 910 | 1 955 |
| 0,8 | 864 | 8 936 | 6 702 | 4 468 | 2 234 |
| 0,9 | 1065 | 10 053 | 7 540 | 5 027 | 2 513 |
| 1,0 | 1283 | 11 170 | 8 378 | 5 585 | 2 793 |
| 1,2 | 1774 | 13 404 | 10 053 | 6 702 | 3 351 |
| 1,4 | 2333 | 15 638 | 11 729 | 7 819 | 3 910 |
| 1,6 | 2961 | 17 872 | 13 404 | 8 936 | 4 468 |
| 1,8 | 3654 | 20 106 | 15 080 | 10 053 | 5 027 |
| 2,0 | 4413 | 22 340 | 16 755 | 11 170 | 5 585 |

Таб. 9. Скорость воды в трубопроводах, сопротивление потоку и количество транспортируемого тепла Q_w при различных охлаждениях воды dt для труб $\varnothing 25 \times 3,5$.

| dt [°C] | | 20 | 15 | 10 | 5 |
|---------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| V [м/с] | P _l [Па/м] | Q _w [Вт] | Q _w [Вт] | Q _w [Вт] | Q _w [Вт] |
| 0,05 | 5 | 923 | 692 | 462 | 231 |
| 0,1 | 16 | 1 847 | 1 385 | 923 | 462 |
| 0,2 | 55 | 3 693 | 2 770 | 1 847 | 923 |
| 0,3 | 112 | 5 540 | 4 155 | 2 770 | 1 385 |
| 0,4 | 186 | 7 386 | 5 540 | 3 693 | 1 847 |
| 0,5 | 275 | 9 233 | 6 924 | 4 616 | 2 308 |
| 0,6 | 380 | 11 079 | 8 309 | 5 540 | 2 770 |
| 0,7 | 499 | 12 926 | 9 694 | 6 463 | 3 231 |
| 0,8 | 631 | 14 772 | 11 079 | 7 386 | 3 693 |
| 0,9 | 778 | 16 619 | 12 464 | 8 309 | 4 155 |
| 1,0 | 937 | 18 465 | 13 849 | 9 233 | 4 616 |
| 1,2 | 1296 | 22 158 | 16 619 | 11 079 | 5 540 |
| 1,4 | 1704 | 25 851 | 19 388 | 12 926 | 6 463 |
| 1,6 | 2163 | 29 544 | 22 158 | 14 772 | 7 386 |
| 1,8 | 2669 | 33 237 | 24 928 | 16 619 | 8 309 |
| 2,0 | 3223 | 36 930 | 27 698 | 18 465 | 9 233 |

1.7. Тепловой и гидравлический расчет

1.7.1. Требуемый поток тепла Q

Определяем поток тепла Q [Вт/м²] при заданных внешних условиях (заданы T_F , T_H , w и, если учитывается образование льда, то время его таяния) из таблиц 3, 4, 5.

1.7.2. Приведенная толщина N_o

Определяем значение N_o над трубой и проверяем условие: $N_{об}/N_{он}$ должно быть не больше 0,1.

1.7.3. Определение требуемого сопротивления R

Для принятого потока тепла Q [Вт/м²], температуры поверхности T_F и температуры воды T_{pw} из таблицы 6 или 7 выбираем требуемое сопротивление R [м²К/Вт].

1.7.4. Определение реального сопротивления R_{rz} .

По таблицам 1 и 2 для найденного значения N_o выбираем сопротивление R_{rz} [м²К/Вт] наиболее наиболее приближенное к рассчитанному в п. 1.7.3 и на основании этого выбираем диаметр трубы и шаг между ними B .

1.7.5. Определение реальной минимальной температуры воды T_{pw}

Для рассчитанного R_{rz} (п. 1.7.4.) определяем требуемую реальную температуру воды из выражения:

$$T_{pwr} = Q \times R_{rz} + T_F$$

1.7.6. Мощность греющего контура Q_w

Если известна длина греющего контура L_w , например, из геометрии нагреваемой поверхности (длина стороны площадки), определяем обслуживаемую через нее площадь поверхности F из выражения:

$$F = L_w \times B \text{ [м}^2\text{]}$$

и определяем требуемую мощность греющего контура:

$$Q_w = Q \times F \times 1.1 \text{ [Вт]}$$

Если известна площадь поверхности F и знаем, что она будет обслуживаться одним греющим контуром, то его длину можно определить из зависимости:

$$L_w = F / B \text{ [м]}$$

и определяем требуемую мощность греющего контура:

$$Q_w = Q \times F \times 1.1 \text{ [Вт]}$$

1.7.7. Линейные потери давления P_l

Из таблиц 8 и 9 в зависимости от принятого диаметра трубы выбираем охлаждение dt воды и для подсчитанного значения Q_w отсчитываем линейное сопротивление P_l .

1.7.8. Гидравлическое сопротивление греющего контура Р

Гидравлическое сопротивление греющего контура определяем по формуле

$$P = L_w \times P_l \text{ [Па]}$$

1.7.9. Анализ потерь давления Р в греющем контуре

Если расчетное сопротивление слишком большое, то необходимо повторить вычисления от пункта 1.7.6, и изменить:

- диаметр трубы на больший (выбрать новое R и в соответствии с пунктами 1.7.4 и 1.7.5 скорректировать температуру воды T_{pw}),
- или принять большее охлаждение воды dt и повторить шаги от п. 1.7.7,
- или разделить греющий контур на несколько меньших и повторить шаги от п. 1.7.6.

Пример 1

Подогрев греющей плиты стадиона с размерами 70×100 м.

Трубы уложены под поверхность на глубину 25 см.

Цель отопления - размораживание тонкого слоя льда в течение 2 часов, работа при низкой наружной температуре -5°C и поддержание температуры на поверхности $T_F + 1^\circ\text{C}$.

Согласно п. 1.7.1

для $w=0,5$ м/с, $T_H = 268$ К, $T_F = 274$ К из таблицы 4 выбираем $Q = 105$ Вт/м² (> от 77 Вт/м² - таб. 3).

| | а [Вт/мК] | е [м] | Н _о |
|---------------------|-----------|-------|----------------|
| грунт с растительн. | 0,9 | 0,1 | 0,13 |
| грунт | 1,74 | 0,15 | 0,10 |
| | | Сумма | 0,23 |

Согласно п. 1.7.2

определяем $H_o = 0,23$ м - расчет представлен ниже в таблице.

Согласно п. 1.7.3

для выбранного потока тепла $Q = 105$ [Вт/м²] (наиболее близкое значение 120 - таб. 6), температуры поверхности $T_F = 274$ К и принятой температуры воды $T_{pw} = 39,24$ из таблицы 6 выбираем требуемое сопротивление $R = 0,32$ [м²К/Вт].

Согласно п. 1.7.4

по таблицам 1 и 2 для рассчитанного значения $h_o = 0,23$ определяем сопротивление R_{rz} , наиболее близкое к требуемому (см. п. 1.7.3) и на основании этого выбираем варианты:

- труба диаметра $\varnothing 18$ и ее шаг $B = 0,15$ м отсюда $R_{rz} = 0,34$
- труба диаметра $\varnothing 25$ и ее шаг $B = 0,2$ м отсюда $R_{rz} = 0,34$
- труба диаметра $\varnothing 25$ и ее шаг $B = 0,25$ м отсюда $R_{rz} = 0,385$

Согласно п. 1.7.5

для рассчитанного R_{rz} устанавливаем требуемую реальную температуру воды из зависимости:

- для $\varnothing 18$ и $B = 0,15$ м $T_{pwr} = 105 \times 0,34 + 1 = 36,7^\circ\text{C}$
- для $\varnothing 25$ и $B = 0,2$ м $T_{pwr} = 105 \times 0,34 + 1 = 36,7^\circ\text{C}$
- для $\varnothing 25$ и $B = 0,25$ м $T_{pwr} = 105 \times 0,385 + 1 = 41,4^\circ\text{C}$

Согласно п. 1.7.6

принимаем длину греющего контура, равной 70 м (короткая сторона греющей плиты стадиона):

- для $\varnothing 25$ и шага $B = 0,2$ м

$$F = 70 \times 0,2 = 14 \text{ м}^2$$

$$Q_w = 14 \times 105 \times 1,1 = 1617 \text{ Вт}$$

- для $\varnothing 25$ и шага $B = 0,25$ м

$$F = 70 \times 0,25 = 17,5 \text{ м}^2$$

$$Q_w = 17,5 \times 105 \times 1,1 = 2021 \text{ Вт}$$

- для $\varnothing 18$ и шага $B = 0,15$ м

$$F = 70 \times 0,15 = 10,5 \text{ м}^2$$

$$Q_w = 10,5 \times 105 \times 1,1 = 1213 \text{ Вт}$$

Согласно п. 1.7.7

перепад давления P :

- из таблицы 9 для $\varnothing 25$ и для $dt = 5^\circ\text{C}$ получим:

$$Q_w = 2021 \text{ Вт отсюда: } P_l = 200 \text{ Па/м. Тогда: } P = 70 \times 200 = 14\,000 \text{ Па}$$

$$Q_w = 1617 \text{ Вт отсюда: } P_l = 150 \text{ Па/м. Тогда: } P = 70 \times 150 = 10\,500 \text{ Па}$$

- из таблицы 8 для $\varnothing 18$ и для $dt = 5^\circ\text{C}$ получим:

$$Q_w = 1213 \text{ Вт отсюда: } P_l = 300 \text{ Па/м. Тогда: } P = 70 \times 300 = 21\,000 \text{ Па.}$$

Так как падение давления слишком большое, то принимаем $dt = 10^\circ\text{C}$ отсюда: $P_l = 100 \text{ Па/м}$.
Тогда $P = 70 \times 100 = 7\,000 \text{ Па}$

Температура подачи воды:

- для $\varnothing 18$ и шага $B = 0,15$ м; $t_n = t_{pw} + dt = 36,7 + 10 = 46,7^\circ\text{C}$
- для $\varnothing 25$ и шага $B = 0,2$ м; $t_n = t_{pw} + dt = 36,7 + 5 = 41,7^\circ\text{C}$
- для $\varnothing 25$ и шага $B = 0,25$ м; $t_n = t_{pw} + dt = 41,4 + 5 = 46,4^\circ\text{C}$

выбираем трубу $\varnothing 25$ с шагом $B = 0,25$ м и $T_n = 45^\circ\text{C}$

Полная мощность для подогрева всей поверхности:

$$Q_c = 105 \times 100 \times 70 \times 1,1 = 808\,500 \text{ Вт.}$$

Полное количество труб:

$$L_c = 100 \times 70 / 0,25 = 28\,000 \text{ м}$$

Пример 2

Подогрев террасы 10×10 м, выложенной мрамором с толщиной 5 см.

Над трубой дополнительно 6 см бетона.

Наружная температура -20°C , температура на поверхности $+1^\circ\text{C}$. Необходимо растопить тонкий слой льда в течении 2 часов.

Согласно п. 1.7.1

для $W = 3 \text{ м/с}$, $T_H = 253 \text{ К}$ и $T_F = 274 \text{ К}$ из таблицы 5 выбираем $Q = 500 \text{ Вт/м}^2$.

Согласно п. 1.7.2

определяем $H_o = 0,08 \text{ м}$ - расчет представлен ниже в таблице.

| | а [Вт/мК] | е [м] | H_o |
|--------|-----------|-------|-------|
| мрамор | 3,54 | 0,05 | 0,02 |
| ветон | 1,16 | 0,06 | 0,06 |
| | | сумма | 0,08 |

Согласно п. 1.7.3

для выбранного потока тепла $Q = 500 \text{ [Вт/м}^2\text{]}$ (наиболее близкое значение 520 - таб. 6), температуры поверхности $T_F = 274\text{К}$ и принятой температуры воды $T_{pw} = 42,6^\circ\text{С}$ из таблицы 6 выбираем требуемое сопротивление $R = 0,08 \text{ [м}^2\text{К/Вт]}$.

Согласно п. 1.7.4

по таблицам 1 и 2 для значения $H_o = 0,08$ определяем сопротивление R_{rz} , наиболее близкое к требуемому (см. п. 1.7.3) и на основании этого выбираем диаметр трубы $\varnothing 18 \times 2$ и ее шаг $B = 0,1 \text{ м}$ отсюда $R_{rz} = 0,11$ или для трубы $\varnothing 25$ и $B = 0,15 \text{ м}$ отсюда $R_{rz} = 0,12$

Согласно п. 1.7.5

для выбранного $R = 0,11$ для $\varnothing 18$ и $R = 0,12$ для $\varnothing 25$ устанавливаем требуемую реальную температуру воды из зависимости:

- для $\varnothing 18$ $T_{pwr} = 500 \times 0,11 + 1 = 56^\circ\text{С}$
- для $\varnothing 25$ $T_{pwr} = 500 \times 0,12 + 1 = 61^\circ\text{С}$

Выбираем $\varnothing 18$ с шагом $B = 0,1 \text{ м}$.

Полная мощность, необходимая для подогрева всей поверхности:

$$Q_c = 10 \times 10 \times 500 \times 1,1 = 55\,000 \text{ Вт}$$

Рассчитаем полную длину укладываемых труб:

$$L_c = 10 \times 10 / 0,1 = 1000 \text{ м}$$

Рассчитаем мощность, приходящуюся на 1 м трубы:

$$Q_m = Q_c / L_c = 55000 / 1000 = 55 \text{ Вт/м}$$

Так как длина стороны подогреваемого поля 10 м, то длина греющего контура L_w может быть кратна этому значению, таким образом, 10 м, 20 м, 30 м и т.д.

Для различных длин контура, рассчитаем мощность греющего контура и падение давления в нем.

- $L_w = 10 \text{ м}$, тогда $Q_w = Q_m \times L_w = 10 \times 55 = 550 \text{ Вт}$. Из таб. 8 при $dt = 5$ выберем $V = 0,2 \text{ м/с}$ и $P_l = 75 \text{ Па/м}$, следовательно, $P = 10 \times 75 = 750 \text{ Па}$.
- $L_w = 30 \text{ м}$, тогда $Q_w = Q_m \times L_w = 30 \times 55 = 1650 \text{ Вт}$. Из таб. 8 при $dt = 5$ выберем $V = 0,6 \text{ м/с}$ и $P_l = 520 \text{ Па/м}$, следовательно, $P = 30 \times 520 = 15\,600 \text{ Па}$.
- $L_w = 40 \text{ м}$, тогда $Q_w = Q_m \times L_w = 40 \times 55 = 2200 \text{ Вт}$. Из таб. 8 при $dt = 5$ выберем $V = 0,8 \text{ м/с}$ и $P_l = 864 \text{ Па/м}$, следовательно, $P = 40 \times 520 = 34\,520 \text{ Па}$.

Выбираем $L_w = 30 \text{ м}$, потому что сопротивление потоку близко к принятому (не превышает 20 кПа). Температура подачи воды $t_n = T_{pwr} + dt = 56 + 5 = 61^\circ\text{С}$ - принимаем 60°С .

1.8. Схема подводки теплоносителя для подогрева открытых площадок.

В случае подогрева больших открытых площадок, например, спортивные площадки 70×100 м, подводка теплоносителя к греющим трубопроводам должна осуществляться с помощью коллекторов, выполненных из труб больших диаметров. Греющие трубопроводы должны непосредственно соединяться с коллекторами.

Ввиду неуместности применения регулирующих элементов типа вентиль для обеспечения равномерного потока теплоносителя по греющим трубам рекомендуется использовать схему Тичельмана разводки греющих трубопроводов (равные сопротивления потоку для каждого циркуляционного кольца).

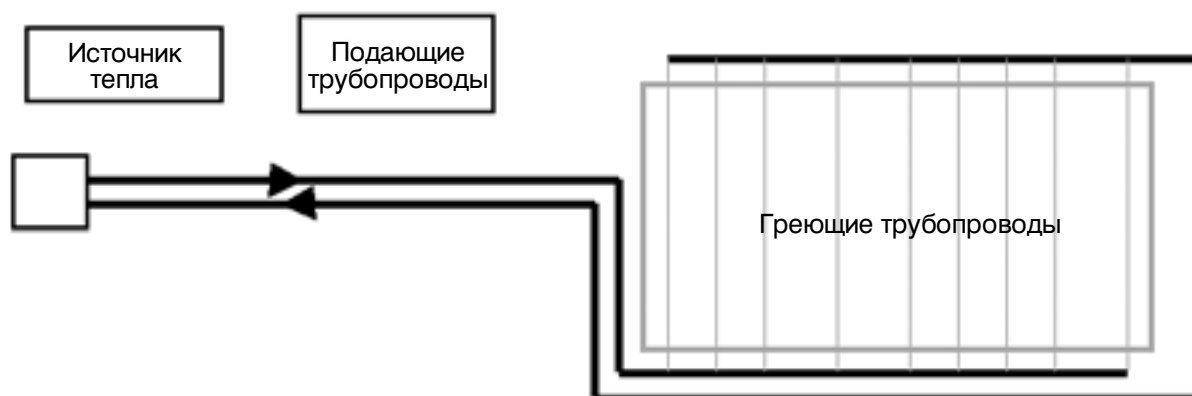


Рис. 4. Примерная схема подводки теплоносителя.



Представительство фирмы KAN в России

ООО **КАН-Р**

109147 Москва

ул. Марксистская, д. 34 корпус 8

тел. +7 495 9116-854, +7 903 0197-322

moscow@kan.com.ru

Представительство фирмы KAN в Украине

ООО **КАН**

04080 Киев

ул. Межигорская, 87-Б, корп.1

тел./факс +38 044 4170-229 - маркетинг

kiev@kan.net.ua

тел./факс +38 044 5024-826 - продажа

sales@kan.net.ua

Представительство фирмы KAN в Беларуси

ИП **КАН-БЕЛ**

220033 Минск

пр. Партизанский 2

тел./факс +375 17 2213-029

GSM +375 29 693 10 41

minsk@kan.by

Официальный Торговый Партнёр KAN Sp. z o.o.

KAN Sp. z o.o.

ул. Zdrojowa 51

16-001 Białystok-Kleosin

тел. +48 85 7499-200

факс +48 85 7499-201

тел. +48 85 7499-205 - продажа

Internet

sprzedaz@kan.com.pl

www.kan.com.pl



ISO 9001



ЗТО ПОЛЬСКОЕ '99
знак качества за лучший
польский продукт



ЗОЛОТОЙ ИНСТАЛЛЯТОР '97
за разработку
Системы **KAN-therm**

ЗОЛОТОЙ ИНСТАЛЛЯТОР '99
за обучение специалистов

ЗОЛОТОЙ ИНСТАЛЛЯТОР '02
в категории новые технологии PPSU
Системы **KAN-therm**



ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ МПВ'06
за разработку
Системы **KAN-therm**
Press

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ МПВ'02
за внедрение полимерных
соединителей из PPSU
Системы **KAN-therm**

