

степени тем же накоплением и качеством программы математической обработки отклика. В этих отношениях можно привести ряд примеров с лучшими характеристиками по чувствительности и разрешению (те же интерферометры). Преимущества разрабатываемых нами приборов состоят в их простоте, легкости управления, отсутствии движущихся деталей, больших токов и высоких напряжений и особой миниатюрности. Именно такие приборы представляется возможным эффективно использовать там, где нужно одновременно дистанционно контролировать концентрацию различных химических ингредиентов или их наличие (мобильные, полевые и высотные исследования).

ЛИТЕРАТУРА

1. Техника и практика спектроскопии / А. Н. Зайдель и др. – М.: Наука, 1972.
2. Кардона М. Модуляционная спектроскопия. – М.: Мир, 1972.
3. Кирияненко А. А., Спивакова Н. Н. Современные оптические методы исследований в экологии // Бюл. науч. сообщ. – М., 1996.
4. Курочкин С. С. Дистанционные анализаторы и спектрометры. – М.: Наука, 1985.
5. Физическая энциклопедия / Ред. А. М. Прохоров. – М.: БРЭ, 1999.
6. Чандрекар С. Жидкие кристаллы. – М.: Мир, 1980.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 22.11.2002

УДК 699.86:621

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫЙ ТРУБОПРОВОД С САМОКОМПЕНСИРУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМОЙ ДВОЙНЫХ ТРУБ

Инж. АБРАЖЕВИЧ С. И.

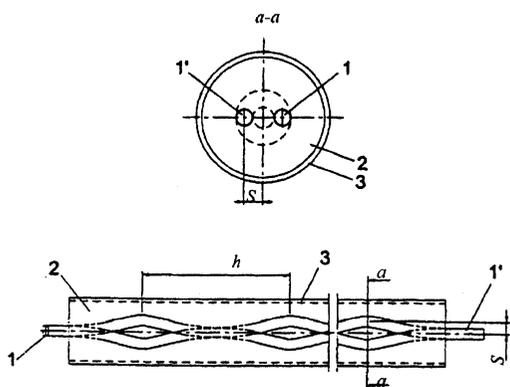
Белорусско-германское совместное предприятие «Бел-Изолит»

При строительстве теплофикационного трубопровода предварительно должны быть решены вопросы оптимальной экономичности, а также вопросы эксплуатационного плана.

Проектирование и производство предварительно изолированных труб для систем теплоснабжения (прокладка непосредственно в грунт) получили развитие в странах Западной Европы и Америки еще в 60-х гг. прошлого столетия. Однако проблема совершенствования конструкций таких труб и их адаптации к условиям конкретных регионов остается актуальной и в наши дни. Использование высококачественных, надежных и долговечных предварительно изолированных самокомпенсирующихся труб (рис. 1) при

при прокладке тепловых сетей в различных средах (подземные, подводные и воздушные теплотрассы) обеспечивает неоспоримые преимущества как с экономической (снижение тепловых потерь, расходов на подготовительные работы и монтаж теплотрассы при бесканальной прокладке, сокращение сроков прокладки теплотрасс и т. п.), так и с эксплуатационной точек зрения (надежность дистанционного автоматического контроля состояния изоляции, практическое исключение необходимости ежегодных профилактических работ, простота замены поврежденных участков). Использование предварительно изолированных труб (конструкция представлена на рис. 1) позволяет эксплуатировать теплотрассы практически в безаварийном режиме на протяжении 30...50 лет в зависимости от различных параметров сред, в частности качества и химического состава воды – теплоносителя и условий окружающей среды.

Рис. 1. Самокомпенсирующаяся система предварительно изолированных труб (Ст20сп гр. В): 1 – труба для горячего теплоносителя; 1' – обратная труба (Ст20сп гр. В); 2 – тепловая изоляция; 3 – полимерная труба-оболочка; h – шаг пружины (витка); S – высота пружины (витка)



Производство предварительно изолированных труб развивается по разным направлениям, включающим разработку: многоканальных систем в общей изоляции; предварительно изолированных фасонных изделий (муфты, отводы, тройники, колена и др.); самокомпенсирующихся систем. В этой связи актуальным становится создание системы, которая обеспечивала бы высокотехническое решение вопросов, относящихся если не ко всем, то к максимально возможному количеству перспективных направлений развития производства предварительно изолированных труб. При этом следует учитывать, что процесс проектирования, в том числе предварительно изолированных тепловых сетей, постоянно усложняется за счет введения дополнительных, более жестких технико-экономических требований.

В начале 90-х г. XX в. были предприняты попытки объединения некоторых из этих направлений развития. Был разработан предварительно изолированный участок двухканального трубопровода, предусматривающий возможность самокомпенсации тепловых линейных деформаций, возникающих в подводящей и отводящей трубах в результате разности температур сред и отдельных элементов такой системы. Описанный участок теплоизолированного трубопровода, являющийся наиболее близким по своей технической сущности к изображенному на рис. 1...3, предназначен для сети централизованного отопления при прокладке непосредственно в грунте.

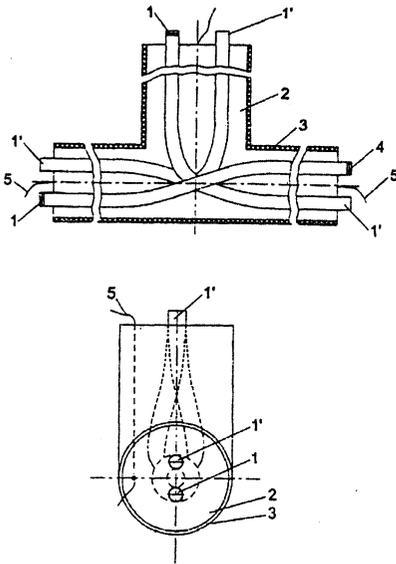


Рис. 2. Самокомпенсирующаяся предварительно изолированная система теплофикационных труб (Ст20сп гр. В), прокладываемых в открытом грунте: 1 – труба для прямой воды; 1' – труба для обратной воды; 2 – тепловая изоляция; 3 – внешняя труба-оболочка из полимерного материала; 4 – маркировка прямой трубы; 5 – датчик автоматического контроля качества тепловой изоляции

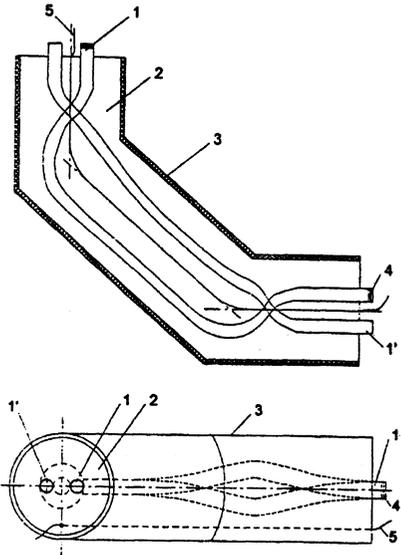


Рис. 3. Самокомпенсирующаяся предварительно изолированная система теплофикационных труб, прокладываемых в грунте: 1 – труба (Ст20сп гр. В) для прямой воды; 1' – труба (Ст20сп гр. В) для обратной воды; 2 – тепловая изоляция; 3 – внешняя труба-оболочка из полимерного материала; 4 – маркировка прямой трубы; 5 – датчик для автоматического контроля качества тепловой изоляции

Во внешней трубе-оболочке расположены две внутренние, как правило металлические, трубы, спиралеобразно завитые и установленные с зазором по отношению друг к другу. Межтрубное пространство заполнено теплоизоляцией (пенополиуретаном). Контроль за целостностью и качеством изоляции осуществляется посредством системы контрольных приборов. Концы внутренних труб выступают из теплоизоляции за пределы трубы-оболочки, что обеспечивает возможность соединения участка трубопровода в процессе монтажа с соответствующим аналогичным участком трубопровода. Спиралеобразная навивка внутренних труб может быть выполнена как на части трубы, так и на всем ее участке, однако на выходе из теплоизоляции концы труб должны быть расположены параллельно оси трубы-оболочки. Описанная конструкция с учетом сохранения постоянно значения зазора между внутренними трубами также обеспечивает простоту и удобство монтажа теплопровода. Такое конструктивное исполнение участка двухканального трубопровода гарантирует, кроме того, компенсацию тепловых линейных деформаций (удлинения) внутренних труб, в частности подводящей трубы, возникающих на участке вследствие разности температур. Самокомпенсация, в свою очередь, исключает возможность разрыва или повреждения как теплоизоляционного слоя, так и стыков со смежными участками трубопровода. В описанной конструкции исключается необходимость применения специальных компенсаторов и,

кроме того, вследствие отсутствия провисания внутренних труб сокращается количество элементов, обеспечивающих фиксацию их положения по отношению к трубе-оболочке (в данном случае такие элементы достаточно разместить только у концов трубы-оболочки).

Трубопроводы описанной конструкции могут использоваться лишь в качестве линейных участков, что влечет проблемы проектирования аналогичных по конструкционному замыслу участков трубопроводов, содержащих фасонные элементы (рис. 2, 3). Поэтому серьезной задачей является создание трубопровода с самокомпенсирующейся системой двойных труб, который наряду с линейными участками содержал бы участки разветвленной структуры (рис. 2, 3). Такой трубопровод должен обеспечивать упрощение и повышение надежности схемы контроля за состоянием теплоизоляции, улучшение самокомпенсации тепловой линейной деформации во всех ветвях, сокращение времени и упрощение монтажа отдельных участков различной структуры, сокращение расхода материалов, используемых для изготовления, повышения надежности системы трубопровода в целом.

Автоматизированный расчет предварительно изолированного самокомпенсирующегося участка теплофикационного трубопровода должен выполняться на базе тепловой и термодформационной моделей. Последняя должна состоять из взаимосвязанных [1] термодформационных моделей:

- участка трубопровода;
- тепловой изоляции;
- участка «изоляция – труба-оболочка».

Аналитическое решение сводится к оценке напряжений на самокомпенсирующемся участке; передаваемого усилия на тепловую изоляцию; сдвиговых напряжений в полимерной трубе-оболочке. Получив такое решение, можно выполнить расчет размеров витка пружины (ее длины h и высоты S). Расчет обязательно должен учитывать диаметр прямых и обратных труб, выполненных из стали марок Ст20сп гр. В.

Рассмотрим характеристики полимерных труб-оболочек и тепловой изоляции [2, 3].

1. Механические характеристики полимерной трубы-оболочки. Согласно требованиям целостности оболочки труба-оболочка (ПУ22НК84) после старения должна иметь следующие механические характеристики:

- осевое сопротивление сдвигу (23 °С) – 0,12 Н/мм²;
- осевое сопротивление сдвигу (140 °С) – 0,08 Н/мм²;
- тангенциальное сопротивление сдвигу (23 °С) – 0,20 Н/мм².

Исследования проводились на трубах при температурах старения 170, 175 и 180 °С. Отрезок трубы-оболочки подвергался старению при одностороннем (несимметричном) прогреве (термическая нагрузка) без наложения механической нагрузки. Полученные механические характеристики для наложения термической нагрузки представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

ПУ22НК84	Общая плотность трубы, кг/м ³	Прочность при сжатии, Н/мм ²	Гигроскопичность, %	Закрытость ячеек, %
Среднее значение	93,2	0,64	4,18	91
Разброс значений	91,4...95,3	0,59...0,68	4,07...4,38	–

Таблица 2

PU22HK84	Осевое сопротивление сдвигу, Н/мм ²	Тангенциальное сопротивление сдвигу, Н/мм ²
Среднее значение при температуре 23 °С	0,3	0,69
Разброс значений, при температуре 23 °С	0,28...0,35	0,58...0,78
Среднее значение при температуре 140 °С	0,27	0,27
Разброс значений при температуре 140 °С	0,22...0,29	0,24...0,36

Экспериментальные данные, полученные при термическом старении (в днях), представлены в табл. 3...6.

Таблица 3

Время, дн.	Тангенциальное сопротивление сдвигу при температурах испытания 140 °С и старения 180 °С, Н/мм ²
7	0,35
30	0,39
45	0,36
58	0,30
66	0,24
99	0,12
106	0,09
116	0,10
124	0,08
128	0,12
138	0,10
152	0,08

Таблица 4

Время, дн.	Тангенциальное сопротивление сдвигу при температурах испытания 140 °С и старения 175 °С, Н/мм ²
61	0,20
78	0,20
100	0,15
114	0,1
117	0,08
144	0,09
213	0,07
239	0,06

Таблица 5

Время, дн.	Тангенциальное сопротивление сдвигу при температурах испытания 140 °С и старения 170 °С, Н/мм ²
61	0,29
71	0,35
93	0,32
131	0,26
175	0,24
190	0,22
205	0,15
234	0,21
252	0,20
266	0,14
298	0,12
312	0,10

Таблица 6

Время, дн.	Осевое сопротивление сдвигу (Н/мм ²) при температурах испытания 140 °С и старения		
	180 °С	175 °С	170 °С
144			0,16
144			0,20
144			0,20
266			0,11
126		0,11	
131		0,12	
190		0,08	
228		0,03	
239		0,04	
106	0,12		
124	0,10		
152	0,11		

Анализ данных показывает, что после длительного старения (наложение термической нагрузки) трубы-оболочки (PU22НК84) отвечают отмеченным выше требованиям. В результате испытаний и оценки сопротивления сдвигу при температурах 170, 175 и 180 °С уровень значений тангенциального сопротивления сдвигу находится в пределах 0,1 Н/мм², а это дает основание утверждать, что эксплуатация труб-оболочек возможна в течение 30 лет при температуре порядка 140 °С.

2. Характеристики изоляции. Пространство между внешней оболочкой 3 (рис. 1) и спиральными трубами 1 и 1' заполнено полиэтиленовой изоляцией (полимеризат этилена). Изоляция представляет собой жесткую пену, объемная плотность которой в центре трубы (рис. 1) не должна превышать 60 кг/м³ (при длине трубы до 18 м).

Характеристики запенивания следующие:

- время старта – 50 с;
- время схватывания – 155 с;
- объемная плотность – 42 кг/м³;
- вязкость:
 - компонент полиоль – 1500 мПа;
 - компонент изоцианит – 300 мПа.

Характеристики пеноизоляции даны в табл. 7.

Таблица 7

Измеряемая величина	Значение
Объемная плотность (ядро), кг/м ³	63
Прочность при сжатии, Н/мм ²	0,43
Деформация при сжатии, %	7
Прочность при изгибе, Н/мм ²	0,70
Прогиб, мм	13
Гигроскопичность после 24 ч, % (объемн.)	0,8
Гигроскопичность после испытания кипячением, % (объемн.)	5,5
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,032
Закрытые ячейки, %	94

Анализ приведенных данных свидетельствует о том, что пеноизоляция из полиэтилена удовлетворяет требованиям, обеспечивающим ее длительную эксплуатацию (30...50 лет).

Ее объемная плотность находится на уровне 60 кг/м^3 ; прочность при сжатии и изгибе соответственно равны $0,43$ и $0,70 \text{ Н/мм}^2$; гигроскопичность – небольшая; достаточно малая величина коэффициента теплопроводности – $0,032 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$. Изоляция также характеризуется большим числом закрытых ячеек (94 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бэр Х. В., Абражевич С. И. Патент № 1035 от 25.12.2003, пер. № 0000363.
2. Бэр Х. В., Абражевич С. И. Патент № 1043 от 02.06.2003, пер. № 0000371.
3. Бэр Х. В., Абражевич С. И. Патент № 1145 от 02.06.2003, пер. № 0000373.

Представлена кафедрой
промышленной теплоэнергетики
и теплотехники БНТУ

Поступила 19.01.2004

УДК 62-503.5

АНАЛИЗ СИТУАЦИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ РАБОТОЙ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Канд. техн. наук ЯНИЦКИЙ В. А.

*Научно-исследовательское и проектное
республиканское унитарное предприятие «БЕЛТЭИ»*

В [1] изложены основные принципы построения автоматизированных систем принятия решений (АСПР) при оперативном управлении работой оборудования тепловых электрических станций. В АСПР анализ технологических ситуаций и формирование рекомендаций оперативному персоналу осуществляются в процессе совместной работы следящей программы (СП), наблюдающей за изменениями важнейших параметров, диспетчера (Д), согласовывающего режимы работы отдельных частей системы и программных модулей анализа нарушений работы (АНР) оборудования.

Структура модуля анализа конкретного нарушения работы соответствует структуре графа древовидной формы, в котором корень дерева соответствует нарушению работы, стволы, ветви, листья – возможным причинам нарушения с последовательно понижающимся уровнем обобщения.

Структура АНР существенно зависит от того, насколько точно можно определить причину нарушения на основе автоматически вводимой информации. В противном случае для получения вывода требуется информа-