

## Гибкие криогенные трубопроводы с экранно-вакуумной изоляцией

Компания NEXANS применила передовые технологии, достигнутые при производстве кабелей различного назначения, для разработки и производства гибких криогенных трубопроводов для сжиженных продуктов разделения воздуха ( $N_2$ ,  $O_2$ , Ar), а также других сжиженных газов, в том числе метана, водорода и гелия.

КРИОФЛЕКС - гибкие трубопроводы с экранно-вакуумной изоляцией, состоящие из двух и более концентрических гофрированных труб. Трубопроводы вместе с концевыми элементами собраны, протестированы на герметичность и отвакуумированы на заводе в Германии.

Особенность поставки заключается в том, что с завода заказчику отправляется полностью готовый к эксплуатации криогенный трубопровод необходимого диаметра и длины, свернутый в бухту как кабель.



Это обеспечивает простоту монтажа на объекте и снижение затрат времени и материальных ресурсов.

Трубопроводы предназначены для сжиженных кислорода, азота, аргона, гелия, водорода, природного газа и других продуктов.

Условный проход (DN) от 10 до 264 мм.

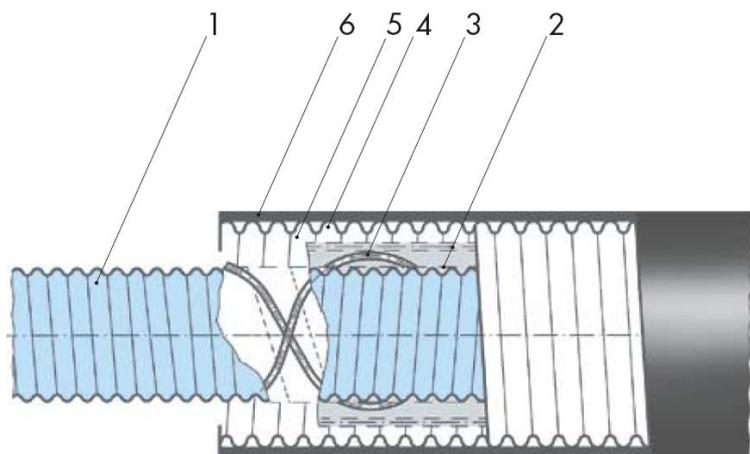
Длина не ограничена и определяется заказчиком.

Полная готовность к эксплуатации при поставке на площадку заказчика.

## Конструкция и основные характеристики трубопроводов CRYOFLEX

Трубопровод для N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar, СПГ состоит из двух коаксиальных гофрированных труб из нержавеющей стали (304L, 321, 316Ti, F316LN, 316L). Пространство между трубами имеет высокоэффективную экранно-вакуумную изоляцию. Снаружи внешняя труба имеет защитное покрытие из полиэтилена.

1. Продольно сваренная и спирально зигованная внутренняя труба
2. Слой экранной изоляции
3. Распорки, обеспечивающие минимальные тепловые притоки
4. Продольно сваренный и спирально зигованный стальной кожух
5. Вакуумная полость
6. Защитный внешний полиэтиленовый кожух



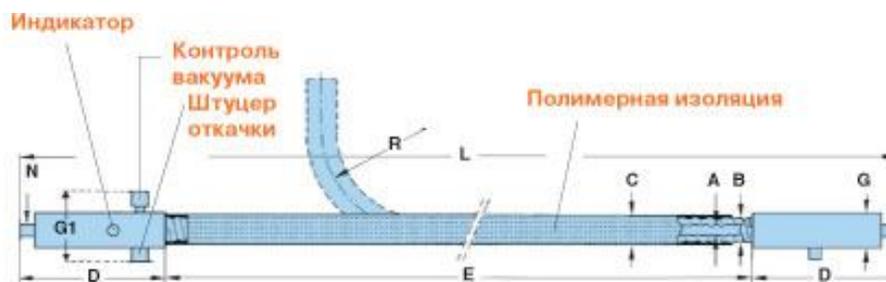
Для жидких гелия и водорода трубопровод имеет более сложную конструкцию.

В качестве концевых элементов криогенного трубопровода могут быть:

- Стандартный неизолированный ниппель с накидной гайкой или фланцем
- Вакуумный разъем
- Другие соединения по желанию заказчика

Как минимум один из концевых элементов имеет:

- защитную мембрану
- штуцер подключения датчика контроля вакуума
- откачной штуцер



Для трубопроводов длиной более 20 м требуется второй откачной штуцер.

Таблица 1.

Технические характеристики гибких трубопроводов некоторых стандартных диаметров для кислорода, азота, аргона и СПГ:

Технические параметры	Размеры					
	Внутренний диаметр внутренней трубы	A	14	21	30	39
Наружный диаметр внешней трубы	B	34	44	58	66	110
Наружный диаметр по изоляции	C	38	48	62	70	115
Длина концевой элемента	D	335	340	355	360	470
Длина гибкого участка трубопровода	E	Определяется заказчиком				
Диаметр концевой элемента	G	54	54	76	76	128
	G1	170	170	190	190	240
Общая длина	L	Не ограничена				
Способ подключения	N	Стандартное подсоединение или по заказу специальное				
Минимальный радиусгиба:						
при нескольких изгибах	R	600	700	900	1100	1200
при одном изгибе	R	300	350	450	550	1000
Теплопритоки, Вт/м*		0,5	0,8	1,2	1,2	1,7
Вес погонного метра трубопровода, кг		0,5	0,8	1,2	1,3	4

## Гидравлическое сопротивление

Основные закономерности движения жидкости по гофрированному трубопроводу были исследованы и опубликованы д-ром К. Каудером (K. Kauder, Ph.D.Th., Technical University Hannover, 1971).

На основании этих исследований, а также других данных, полученных опытным путем, возможна оценка гидравлического сопротивления любой проектируемой магистрали.

Для расчета потребуются следующие данные:

- Тип среды
- Давление в резервуаре
- Длина трубопровода
- Максимальный требуемый расход
- Перепад высот трубопровода.

По сравнению с гладким криогенным трубопроводом гофрированные трубопроводы КРИОФЛЕКС имеют несколько больше сопротивление, однако это компенсируется за счет увеличения условного прохода трубопровода КРИОФЛЕКС примерно на 20%.

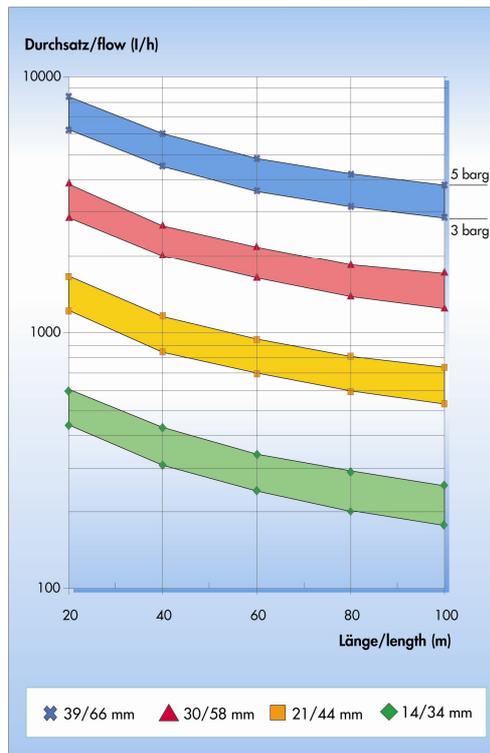


Таблица 2.

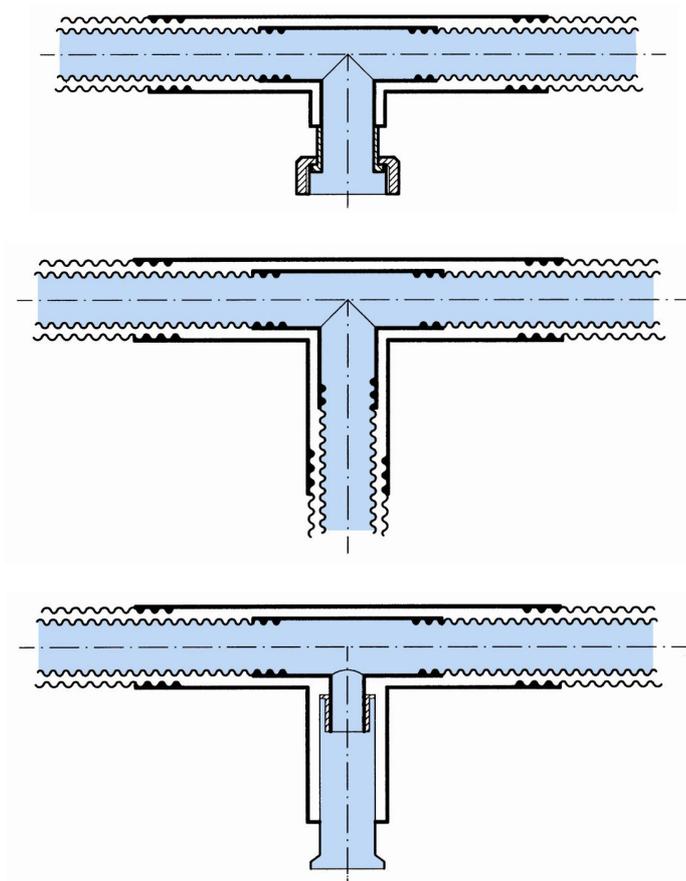
Зависимость пропускной способности трубопровода от его длины при фиксированном перепаде давления:

Длина, м	Расход, л/ч (Ду14)	Расход, л/ч (Ду21)	Расход, л/ч (Ду30)	Расход, л/ч (Ду39)	Расход, л/ч (Ду14)	Расход, л/ч (Ду21)	Расход, л/ч (Ду30)	Расход, л/ч (Ду39)
20	442	1232	2824	6213	606	1643	3800	8318
40	308	852	2003	4467	421	1171	2670	5956
60	241	698	1643	3594	339	955	2208	4878
80	205	606	1386	3184	293	822	1900	4262
100	180	534	1273	2824	257	739	1746	3800
	pressure = 3 barg pressure drop = 2 bar				pressure = 5 barg pressure drop = 4 bar			

## Отводы и тройники

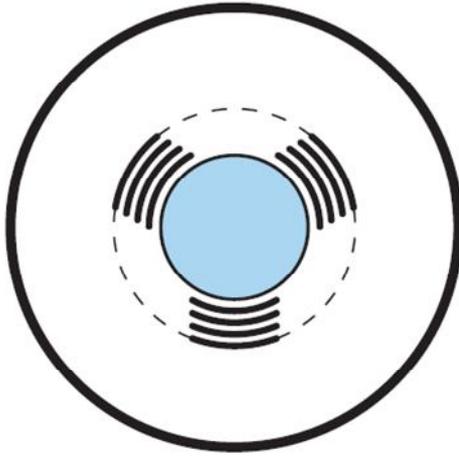
В большинстве случаев отводы для гибкого трубопровода КРИОФЛЕКС не требуются, так как трубопровод может быть изогнут «по месту». В таблице 1 указаны минимальные радиусыгиба трубопроводов с разными условными проходами.

Разнообразные типы тройников могут быть поставлены в зависимости от допускаемых теплопритоков и пространства монтажа.



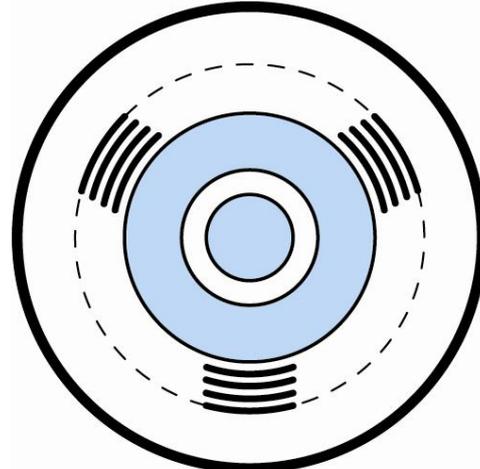
## Типы трубопроводов Cryoflex

### 1. Стандартные трубопроводы

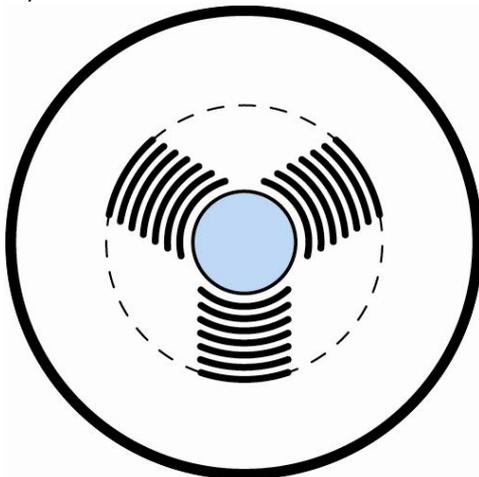


Трубопровод с экранно-вакуумной изоляцией, теплопритоки - около 0.5 - 2 Вт/м

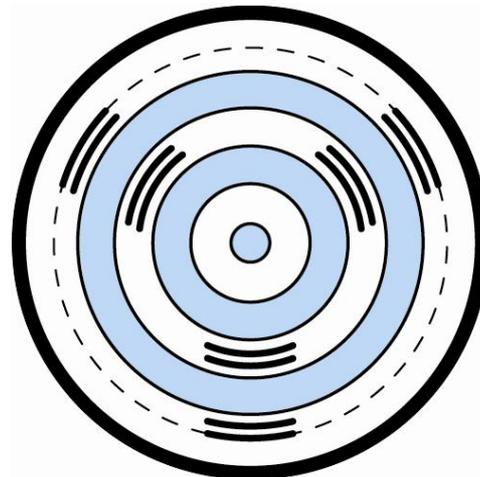
### 2. Специальные трубопроводы



Трубопровод с экранно-вакуумной изоляцией и азотным экраном (CERN)



Трубопровод с экранно-вакуумной изоляцией, теплопритоки - около 0.3 Вт/м

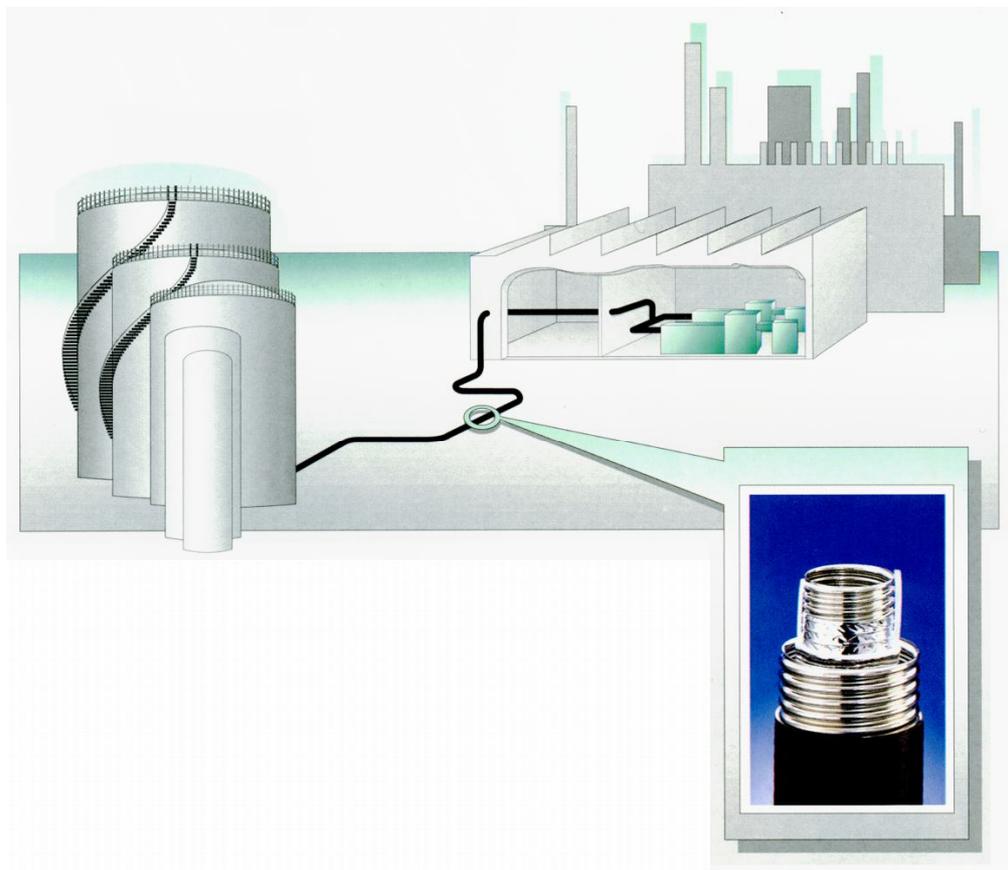


Трубопровод с экранно-вакуумной изоляцией, состоящий из 6 концентрических труб – предназначен для одновременной прокачки трех продуктов

По запросу стандартные трубопроводы могут быть изготовлены с более низкими теплопритоками (до 0,3 ватт/м).

Стандартный ряд гофрированных труб применяемых для криогенных трубопроводов ( $d_{внутр.}/d_{внеш.}$ ): 10/13, 14/18, 21/25, 30/34, 39/44, 46/52, 51/58, 60/66, 75/85, 84/92, 100/110, 127/143, 147/163, 198/220, 264/300.

## Области применения



### ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- в процессах, связанных с глубоким охлаждением деталей  
- в процессах связанных с применением криогенных ловушек перед вакуумным насосом, например:

- в производстве полупроводников и микрочипов
- в производстве электронных ламп
- в процессах напыления материалов
- в процессах металлизации стекла и пластика

### ЗАМОРОЗКА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

- фруктов и овощей  
- рыбы и морепродуктов  
- мясных полуфабрикатов  
- мучных изделий и выпечки  
- готовых блюд  
- криопомол специй

### МЕДИЦИНА

- лечение ревматизма  
- ядерно-магнитный резонанс  
- заморозка спермы и бактериальных культур  
- заморозка трансплантатов  
- заморозка крови  
- криохирургия

### ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА

- переработка шин  
- криоочистка лакированных поверхностей  
- удаление резиновых прослоек  
- переработка композитных материалов  
- переработка стартерных двигателей

### МЕТАЛЛУРГИЯ

- декомпозиция аустенитов  
- экструзия (прессование) алюминия  
- непрерывное литье стали

### ПРОИЗВОДСТВО ПЛАСТИКА

- зачистка изделий из резины  
- дутьевое формование пустотелых изделий

### СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ

- заморозка бетона  
- заморозка почвы  
- заморозка труб

## Монтаж гибких трубопроводов

Монтаж гибких криогенных трубопроводов CRYOFLEX выполняется с помощью обычной крепежной системы по технологии аналогичной технологии монтажа силовых электрических кабелей.

Монтажные работы на площадке сведены к минимуму за счет того, что трубопроводы поставляются в максимальной заводской готовности – полностью готовые к монтажу и отвакуумированные.

Если трасса трубопровода изгибается всего один раз, то радиусгиба приведенный в таблице 1 может быть уменьшен вдвое.

Возможные ошибки при измерении трассы могут быть нивелированы посредством соответствующей укладки трубопровода.

Трубопроводы могут быть закреплены на стенах или потолке с помощью стандартных крепежных элементов электрических кабелей.

