

**ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ И УСТРАНЕНИЯ  
МИКРОДЕФЕКТОВ (ТЕЧЕЙ) ВО ВНУТРЕННИХ СОСУДАХ И  
ТРУБОПРОВОДАХ КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ С ВАКУУМНОЙ  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ БЕЗ НАРУШЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ КОЖУХА С  
ПОМОЩЬЮ АНАЭРОБНЫХ ГЕРМЕТИКОВ**

**TECHNICAL ASPECTS OF LOCALIZATION AND ELIMINATION OF  
MICRODEFECTS IN INTERNAL VESSELS AND PIPELINES OF CRYOGENIC  
SYSTEMS WITH VACUUM INSULATION WITHOUT VIOLATING THE  
INTEGRITY OF THE CASING USING ANAEROBIC SEALANTS**

**Е.В.Жировов, Е.В.Чубаров, В.А.Кобзев, О.Е.Чубаров, А.М.Зверев / [www.cryomont.ru](http://www.cryomont.ru)**

**E.V.Zhirovv, E.V.Chubarov, V.A.Kobzev, O.E.Chubarov, A.M.Zverev**

АО "Криогенмонтаж", г. Москва

*В статье обобщается практический опыт технологии локализации и устранения микродефектов в сварных швах и околошовной зоне во внутренних сосудах и трубопроводах криогенных систем без нарушения вакуума в их теплоизоляционных полостях с помощью проникающих анаэробных герметиков, удельная скорость газовыделения которых после 50 часов вакуумирования составляет  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  Па·м/с. Описаны методы контроля качества проводимых испытаний.*

*The article summarizes the practical experience of the technology of localization and elimination of microdefects in welds and the near-seam zone in internal vessels and pipelines of cryogenic systems without breaking the vacuum in their thermal insulation cavities using penetrating anaerobic sealants, whose specific gas release rate after 50 hours of vacuuming is  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  Pa·m/s. Methods of quality control of tests are described.*

*Ключевые слова: теплоизоляционная полость, негерметичность сварных швов, анаэробные герметики*

*Key words heat isolation cavity, microdefects in welds, anaerobic sealants*

Основными техническими параметрами, определяющими техническое состояние криогенных резервуаров и трубопроводов, являются степень герметичности и остаточное давление в их теплоизоляционных полостях (ТИП).

Оценка технического состояния резервуаров и трубопроводов начинается с визуального осмотра кожухов на отсутствие обмерзания, снеговых пятен и измерения остаточного давления в ТИП. Контроль соответствия технических параметров, указанных в конструкторской документации производится манометрическим методом по ГОСТ Р 51780-2001. При обнаружении несоответствия технических параметров ТИП, устанавливают причины и приступают к их устранению. Выявление негерметичности осуществляется масс-спектрометрическим методом течеискания по ГОСТ 28517-90.

При обнаружении течи по кожуху резервуара или трубопровода, ее устранение, как правило, не вызывает особых трудностей, в отличие от обнаруженной течи во внутреннем сосуде или трубопроводе. Для устранения выявленного дефекта во внутреннем сосуде или трубопроводе после определения его местоположения необходимо вскрыть кожух, освободить ТИП от порошковой вакуумной теплоизоляции (слоисто-вакуумной теплоизоляции СВТИ).

Трудоемкость на демонтаж и производство ремонтно-восстановительных работ, восстановление изоляции сопряжено с большими трудовыми и материальными затратами и сопоставимы со стоимостью нового изделия.

Специалистами АО "Криогенмонтаж" опробирован на практике способ восстановления работоспособности криогенного резервуара с порошковой вакуумной теплоизоляцией с обнаруженной течью во внутреннем сосуде без вскрытия вакуумного кожуха. Устранение течи производилось с помощью анаэробных герметиков.

Анаэробные герметики Анатерм-1У, унигерм УГ 2С, унигерм УГ 2Н, унигерм УГ 4ПР обладают высокой проникающей способностью и плотно заполняют микродефекты сварных швов, обеспечивая высокую степень герметичности.

Масс-спектрометрический состав газов, выделяющихся из анаэробных герметиков после 50 часов откачки приведены в таблице 1.

Таблица 1.  
Состав и удельные скорости газовой выделения из анаэробных герметиков после 50 часов откачки.

Состав газовой выделения	Удельная скорость газовой выделения, мПа/с			
	Анатерм-1У	Унигерм УГ 2Н	Унигерм УГ 2С	Унигерм УГ 4ПР
Вода	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-7}$
Водород	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$
Азот и окись углерода	$8,4 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-6}$
Двуокись углерода	$7,2 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$
Метан	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$5,5 \cdot 10^{-7}$
Суммарное газовой выделение	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$

Из Таблицы 1 следует, что суммарная скорость газовой выделения герметиков по истечении 50 часов вакуумирования составляет для Анатерм-1У -  $4,3 \cdot 10^{-5}$  мПа/с, максимальное значение газовой выделения у герметика Унигерм УГ 2С -  $1,8 \cdot 10^{-4}$  мПа/с и минимальное у герметика Унигерм УГ 4ПР -  $1,1 \cdot 10^{-5}$  мПа/с.

Значительное количество десорбирующихся паров H<sub>2</sub>O для герметика Анатерм-1У связано с гигроскопичностью анаэробного материала данной марки. Для герметиков марки Анатерм 1У после 50 часов откачки основными компонентами газовой выделения являются пары воды H<sub>2</sub>O (40 %), H<sub>2</sub> (40 %), группа N<sub>2</sub>+CO (18 %), CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> (2 %); для герметика Унигерм УГ 2Н соответственно H<sub>2</sub> (40 %), группа N<sub>2</sub>+CO (40 %), пары воды H<sub>2</sub>O (18 %), CH<sub>4</sub> (2 %), для герметика Унигерм УГ 2С соответственно H<sub>2</sub> (60 %), группа N<sub>2</sub>+CO (22 %), пары H<sub>2</sub>O (14 %), CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> (4 %); для герметика Унигерм УГ 4ПР соответственно H<sub>2</sub> (55 %), группа N<sub>2</sub>+CO (34 %), CH<sub>4</sub> (5 %), CO<sub>2</sub> (4 %), пары воды H<sub>2</sub>O (2 %).

Поскольку площадь поверхности герметиков при герметизации микродефектов сварных швов криогенных систем составляет величину порядка  $10^{-8}$  м<sup>2</sup>, то при суммарном газовом потоке порядка  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  Па м/с герметики рекомендуется использовать для устранения микродефектов криогенных систем.

Устранение течи во внутреннем сосуде резервуара типа ЦТК (ТРЖК) производилась с помощью герметика Анатерм-1У, технические характеристики которого приведены в Таблице 2.

Таблица 2.

Технические характеристики герметика Анатерм-1У

Марка герметика	Цвет	Вязкость, мПа/с	Предел прочности при сдвиге, МПа	Температурный диапазон эксплуатации, °С	Предел прочности через 24 часа отвердевания на ст. 12Х18Н10Т, МПа
Анатерм-1У	красный	8 - 15	8 - 12	-196...+150	14

Устранение течи производилось в следующей последовательности:

- теплоизоляционная полость резервуара вакуумировалась форвакуумным насосом;
- проводилось измерение остаточного давления в ТИП резервуара;
- при остаточном давлении  $P \leq 66,5$  Па ( $5 \cdot 10^{-1}$  мм рт. ст.) в ТИП, во внутренний сосуд распрылялся предварительно разогретый раствор анаэробного герметика Анатерм-1У;
- прекращалась подача герметика и производилась выдержка в течение 30 минут, герметик отвердевался и остаточное давление в ТИП уменьшалось в 5 (пять) раз;
- через сутки измерялся суммарный газовый поток в ТИП, суммарный газовый поток соответствовал параметру, указанному в технической документации;
- затем проводились испытания на герметичность внутреннего сосуда масс-спектрометрическим методом по ГОСТ 28517-90, при пороге чувствительности течеискания  $1,33 \cdot 10^{-6}$  Па м<sup>3</sup>/с;
- проводились испытания внутреннего сосуда на прочность с контролем технического состояния методом акустической эмиссии в соответствии с требованиями ПБ 03-593-03;
- проводилась промывка, обезжиривание и осушка внутреннего сосуда; заправка резервуара криопродуктом и контроль остаточного давления в ТИП резервуара.

Примечание:

Техническое применение устранения течей с помощью анаэробного герметика Анатерм-1У ограничено максимально допустимой величиной натекания  $Q \leq 2 \cdot 10^{-3}$  Па·м<sup>3</sup>/с (15 л мк рт. ст./с).

При устранении течей с  $Q > 2 \cdot 10^{-3}$  Па·м<sup>3</sup>/с рекомендуется применять более вязкие герметики.

Выполнялись ремонтно-восстановительные работы по технологии, описанной в статье и последующие вакуумные испытания на герметичность и прочность резервуара типа ЦТК (ТРЖК) с порошковой теплоизоляцией, свидетельствуют о соответствии контрольных параметров требованиям технической документации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 28517-90. Контроль неразрушающий. Масс-спектрометрический метод течеискания. Общие требования.
2. ГОСТ Р 51780-2001. Контроль неразрушающий. Методы и средства испытаний на герметичность. Порядок и критерии выбора.
3. ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов.