

# Исследование технологических возможностей локальных низкотемпературных испытаний криогенных трубопроводов

© Жировов Е.В, Чубаров О.Е., Кобзев В.А., Зверев А.М., Феимов Ф.А.

oe\_chubarov@mail.ru

*В статье приведены результаты экспериментального исследования влияния конденсата атмосферной влаги, образующейся при термоциклировании, на кинетику обезгаживания испытываемой зоны и изложены основы технологии локальных низкотемпературных испытаний на герметичность участка криогенного гелиевого коллектора.*

*The article presents the results of an experimental study of the effect of atmospheric moisture condensate formed during thermal Cycling on the kinetics of decontamination of the tested zone and presents the basics of technology of local low-temperature tests on the tightness of the cryogenic helium reservoir section.*

Повышение эксплуатационной надежности монтажных стыков криогенных трубопроводов в узлах стыковки выдвинуло задачу разработки технологии локальных низкотемпературных испытаний (ЛНТИ) соединений на герметичность при которых воспроизводятся интенсивные, имитационные, рабочие температурно-сливные воздействия на них. Необходимо было также расширить ранее выполненные исследования данными о кинетике обезгаживания испытываемой зоны и о трудоемкости ЛНТИ узлов стыковки в целом.

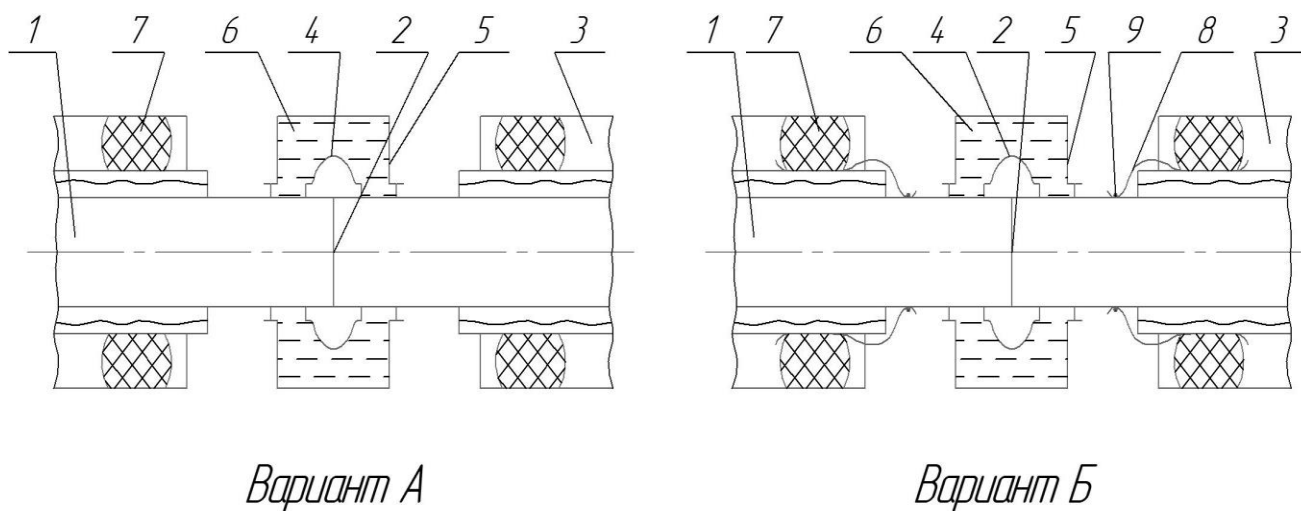
## Цели исследования

Оценить влияние конденсата атмосферной влаги, образующейся при термоциклировании, на кинетику обезгаживания испытываемой зоны.

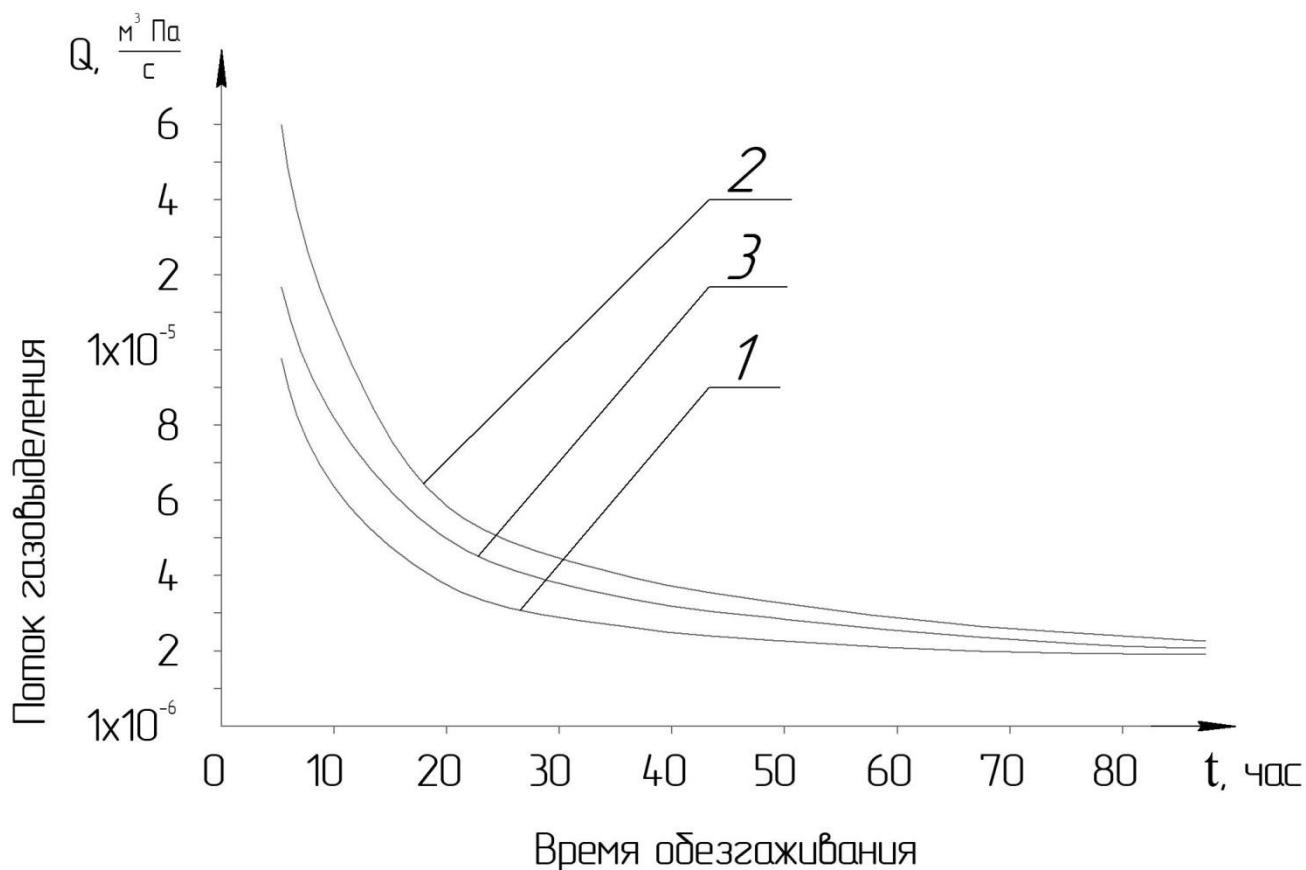
Отработать конструкцию мягкой криокамеры из резины для ЛНТИ трубок малого размера.

Оценить технологичность ЛНТИ при монтажных испытаниях штатного участка коллектора Ду 50/200 с слоистой вакуумной термоизоляцией (СВТИ) 40 слоев.

Были испытаны две схемы предохранения узлов стыковки трубопроводов и прежде всего торцевых участков пакетов СВТИ от конденсата атмосферной влаги, образующегося при отогреве испытываемой зоны после локального захлаживания. По первой схеме (рис. 1А) кольцевое пространство между трубками перекрывалось теплоизолирующими заглушками из стекловолокна АТМ-3-10. По второй схеме (рис. 1Б) оно дополнительно герметизировалось защитной оболочкой 8 из пленки ПЭТ-К-ДА.



**Рис. 1.** Схема защиты испытываемой зоны от конденсата атмосферной влаги.  
 1-внутренняя труба; 2-испытываемое соединение; 3-кожух; 4-камера накопления; 5-криокамера; 6-жидкий азот; 7-заглушка теплоизолирующая; 8-оболочка защитная; 9-бандаж.



**Рис. 2.** Данные о влиянии конденсата атмосферной влаги на кинетику обезгаживания испытываемой зоны гелиевого трубопровода Ду 50/200 с 40 слоев при ЛНТИ.

Кинематика суммарного потока газоразделения узла стыковки трубопровода после ЛНТИ для различных вариантов защиты от атмосферной влаги (при температуре 293К):

- 1-испытуемая зона не подвергалась ЛНТИ (газовая характеристика газовыделения);
- 2-вариант А защиты испытуемой зоны при ЛНТИ;
- 3-вариант Б защиты испытуемой зоны при ЛНТИ;

Для первого варианта газовыделение испытуемой зоны по водной составляющей увеличилось в 1,5-2 раза по сравнению с незахожденным участком, для второго - не более (15-20)%. Этот метод защиты узлов стыковки от атмосферного конденсата следует считать пригодным к практическому применению.

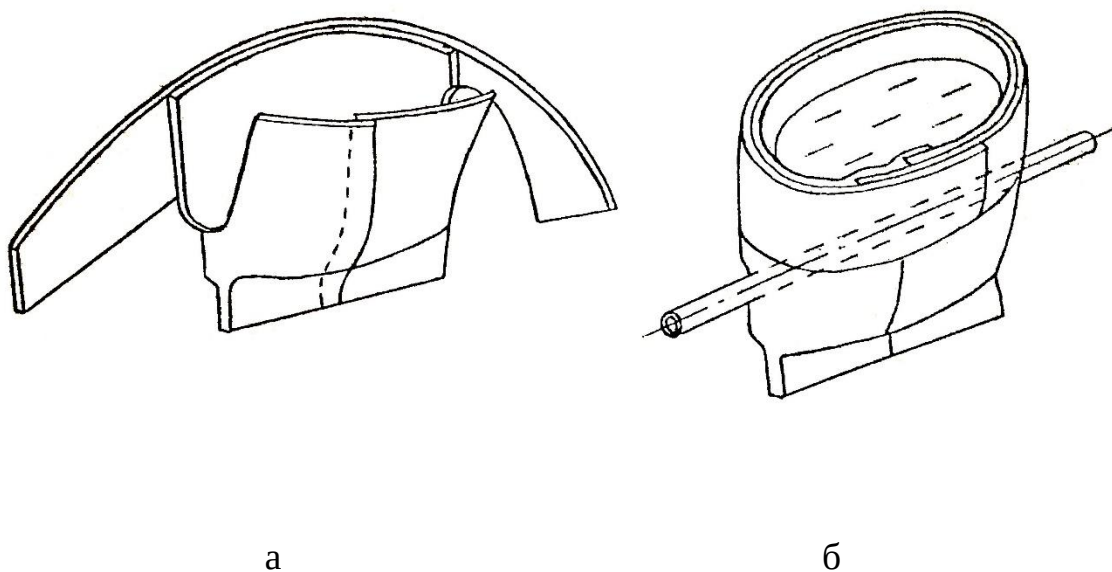
В целях снижения трудоемкости ЛНТИ стыков труб малого диаметра (10-20 мм) была разработана конструкция мягкой криокамеры, вмещающей (100-150 см<sup>3</sup>) жидкого азота для локального захолаживания (рис. 3). Трудоемкость установки одной такой криокамеры составляет 2-3 минуты. При групповых испытаниях установка 8 криокамер в двух узлах стыковки гелиевого трубопровода не превысила 20 минут. Все разработанные конструкции криокамер можно рассматривать как некий ряд, позволяющий испытывать существующую номенклатуру трубопроводов. Мягкая криокамера эффективна при ЛНТИ труб диаметром (8-20)мм, коробчатая разъемная криокамера - для труб диаметром (20-56мм) и мягкая криокамера из пленки ПЭТ-К-ДА - для труб диаметром более 56 мм. Таким образом, имеющая оснастка обеспечивает возможность проведения ЛНТИ трубопроводов от Ду 8 до Ду 56 и более. Технология

ЛНТИ была применена при монтажных испытаниях штатного участка криогенного гелиевого коллектора. Испытано 45 стыков, т.е. около 35% от их общего количества. Трудоемкость групповых испытаний двух узлов стыковки не превысила 110 минут (см. таблицу 1) при пороговой чувствительности не более  $5 \cdot 10^{-9}$  м<sup>3</sup>Па/с. Последовательность операций включала:

1. Соединение сваркой внутренней трубы в узлах стыковки.
2. Опрессовку внутренней трубы гелием.
3. Контроль герметичности трубы способом накопления в атмосферном чехле.
4. Контроль герметичности трубы способом накопления при атмосферном давлении и температурных воздействиях.
5. Соединение пайкой трубок азотного и гелиевого экранов.
6. Опрессовку трубок экранов гелием.
- 7 и 8. Аналогично 3 и 4.

**Таблица 1.** Трудоемкость операций установки-съема мягкой оснастки при ЛНТИ криогенного гелиевого трубопровода с 2-мя экранами (для двух человек)

Наименование технологической операции	Трудоемкость выполнения операции, мин
Установка комплекта из 8-ми камер накопления и криокамер на 2-х узлах стыковки	20
Трехкратное термоциклирование с накоплением 20 минут в последнем цикле	60
Контроль герметичности после отогрева	30
Итого	110



**Рис. 3.** Мягкая криокамера из резины  
 а. - общий вид, б. - камера в рабочем положении

В испытанных стыках были обнаружены и устранены четыре низкотемпературные течи, из которых две в клееных и две в сварных соединениях датчиков температуры. Их пропуск при отсутствии ЛНТИ привел бы к значительным трудностям, связанным с локализацией течей в трубопроводе, смонтированном на высотной эстакаде. Опыт применения технологии ЛНТИ на монтаже показывает ее пригодность и в ряде случаев дает возможность отказаться от общих низкотемпературных испытаний изделий.

## Выводы

Предложена конструкция мягкой криокамеры вместимостью 100-150 см<sup>3</sup> для ЛНТИ трубок гелиевых и азотных экранов диаметром (10-20)мм. Трудоемкость групповой установки 8 криокамер в двух узлах стыковки гелиевых трубопроводов составила 20 минут.

Применение технологии ЛНТИ при монтажных испытаниях штатного участка криогенного гелиевого коллектора показало ее высокую эффективность при испытаниях монтажных стыков трубопроводов. Трудоемкость групповых испытаний двух узлов стыковки не превысила 110 минут при пороговой чувствительности испытаний не более  $5 \cdot 10^{-9}$  м<sup>3</sup>Па/с. Опыт лабораторного и монтажного применения технологии ЛНТИ показывает ее пригодность к применению на монтаже ответственных криогенных гелиевых трубопроводов.

Локальные низкотемпературные испытания являются эффективной формой и имитационных испытаний, обеспечивающих в условиях производства и монтажа

наиболее и интенсивных режимов работы криогенных систем при минимальных затратах криогенных сред на испытательное охлаждение.