

УДК 621.59:536.24

¹Г.Г. Жунь, доктор техн. наук; ²О.Е. Борц

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Кирпичёва, 2, Харьков, Украина, 61002

e-mail: ¹zhuchishe2010@gmail.com; ²boe@kpi.krarkov.uaORCID: ¹http://orcid.org/0000-0003-3765-983X; ²http://orcid.org/0000-0001-9456-8016

УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ КРИОСОСУДОВ

Впервые разработана технология, позволяющая получать в теплозащите криососудов оптимальное давление $P_0 \leq 10^{-3}$ Па, при котором ее эффективный коэффициент теплопроводности практически не зависит от данного параметра. Основу технологии составляет предложенный ускоренный процесс термовакуумной дегазации изоляционных полостей криососудов в электропечах при температуре 390 К в течение 160–180 ч. В результате достигается экспериментально определенная величина оптимального газоотделения $W_0 \leq 10^{-4}$ м³Па/(кг·с). Создание способа изготовления криососудов с оптимальным давлением газа в теплозащите является важным этапом их совершенствования, который вызовет ускорение дальнейших исследований по улучшению их характеристик.

Ключевые слова: Криососуд. Теплозащита. Экранно-вакуумная теплоизоляция. Вакуумирование. Нагревание. Температура. Давление.

1. ВВЕДЕНИЕ

Изготавливаемые ранее десятками тысяч криососуды и криоёмкости для различных областей науки, техники и животноводства [1–3] (как в нашей стране, так и за рубежом) с самой низкотеплопроводной экранно-вакуумной теплоизоляцией (ЭВТИ) оказывались низкокачественными и характеризовались большими потерями жидких криоагентов. Причины этого для специалистов не были понятными.

Долгие годы теплозащитные характеристики криососудов не улучшались, поскольку не существовали экспериментальные методики для исследования особенностей трёхмерных процессов тепломассопереноса в их многоэлементной теплозащитной конструкции, неизвестными были способы определения теплопритоков по их отдельным элементам. Отсутствовали также достаточно апробированные теоретические соотношения для описания и анализа происходящих процессов в теплозащите криососудов. Поэтому они изготавливались по эмпирической (неоптимизированной) технологии.

Теоретически предполагалось [4], что в теплозащите криоустройств теплотенос осуществляется за счёт лучистой, контактно-кондуктивной и газовой составляющих эффективной теплопроводности $\lambda_{эф}$. Для сведения к минимуму теплотеноса по газу давление в слоях ЭВТИ P_0 должно поддерживаться (согласно теоретическим положениям [4]) равным оптимальному значению $P_0 \leq 10^{-3}$ Па. Однако экспериментально данное положение не было подтверждено.

Нами было принято решение о проведении поэтапного совершенствования теплозащиты криососу-

дов. На начальном этапе были разработаны конструкции и технологии, которые обеспечивали изготовление криососудов с оптимальным давлением P_0 в слоях ЭВТИ. После этого приступили к нахождению способов уменьшения в них других составляющих суммарного теплотеноса.

Материалы, используемые в теплозащите криососудов и различных криосистем (экраны и прокладки ЭВТИ, адсорбенты вакуумных насосов, стеклопластиковые горловины, подвески и другие элементы), содержат на поверхности в адсорбированном и в их структуре в растворенном состоянии значительные объёмы различных газов [5]. Подтверждается это впервые проведенными длительными исследованиями процесса диффузионного газоотделения из данных материалов. Они показали, что и через много лет вакуумирования газоотделение из них не прекращается [5].

Поэтому для достижения оптимального давления P_0 в слоях ЭВТИ и длительного его поддержания криососуды после изолирования слоями теплоизоляции и сварки корпусов должны подвергаться многодневной глубокой дегазации путём общего нагрева в специальных электропечах с одновременным вакуумированием изоляционных полостей. Данный процесс является наиболее энергоёмкой и длительной технологической операцией при производстве криососудов. Это связано с малым диаметром штуцера (равным 0,018 м), через который проводят вакуумирование изоляционной полости, а также значительным сопротивлением слоёв ЭВТИ (толщиной 0,07–0,08 м) процессу откачки. При диаметре откачного штуцера, превышающем 0,018 м, попытки ускорения процесса вакуумирования криососуда создают проблемы с надёж-