

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЕМКОСТИ С КРИОГЕННОЙ ЗАПРАВКОЙ

Арестова П.А., Башарова А.В., Благин Е.В.  
Самарский университет, г. Самара

*Ключевые слова:* баллон с криогенной заправкой, жидкий азот, расходный режим, тепловые процессы, экспериментальная установка

В работе представлены результаты экспериментального исследования баллона с криогенной заправкой (БКЗ) в расходном режиме. БКЗ представляет собой специализированный сосуд, предназначенный для хранения и транспортировки криогенных жидкостей, таких как жидкий азот, при экстремально низких температурах. Основной целью исследования являлось изучение изменения давления, температуры и расхода криопродукта в процессе эксплуатации.

Как отмечается в работах [2, 3], БКЗ обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными системами хранения газов, включая снижение энергозатрат при заправке и увеличение ресурса эксплуатации. В частности, исследования [4] показали, что термические напряжения в стенках БКЗ при криогенных температурах на два порядка ниже, чем напряжения от внутреннего давления, что делает такие баллоны перспективными для использования в качестве топливных емкостей для транспортных средств.

Экспериментальная установка включала БКЗ, систему заправки, термодары, датчики давления, нагревательные элементы и электронную систему управления. Баллон был выполнен по схеме «сосуд в сосуде» с вакуумированным пространством между стенками. Внутренний сосуд изготовлен из стали 30ХМА, наружный — из Ст3.

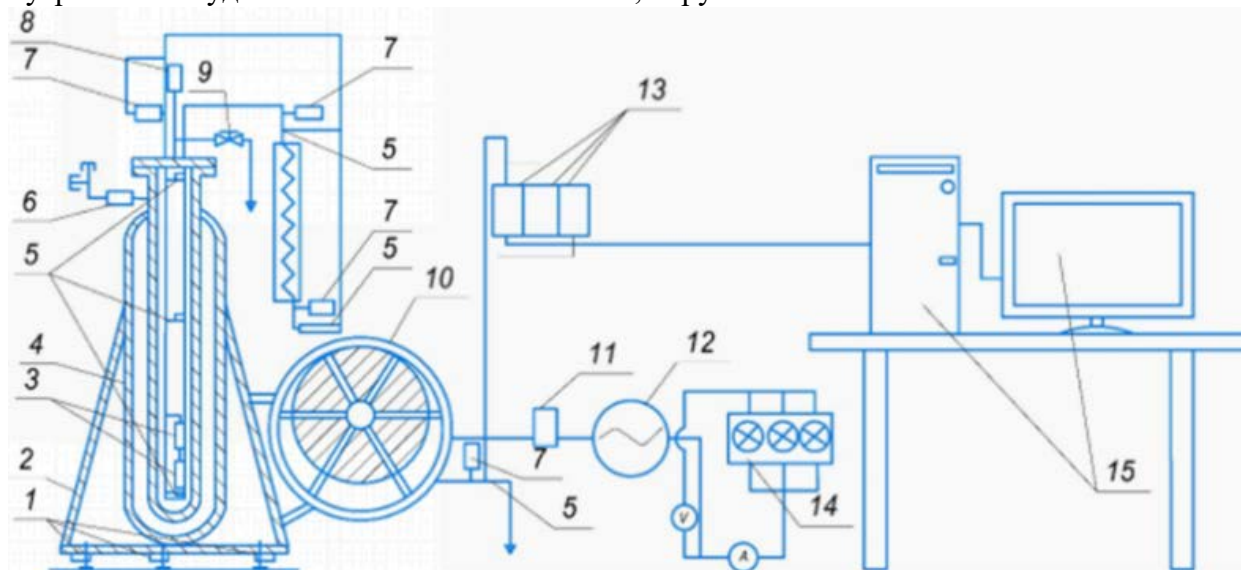


Рис. 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки

Исследование проводилось в три этапа:

Заправка баллона:

Длительность: 7740 секунд. Интервал измерений: 5 секунд.

Прогрев:

Длительность: 18300 секунд. Интервалы измерений:

1 секунда (первые 1800 секунд);

1 минута (оставшееся время).

Сброс давления:

Длительность: 510 секунд. Интервал измерений: 1 секунда.

В ходе эксперимента были получены зависимости массы от времени  $m(t)$ , давления от времени  $p(t)$ , расхода криопродукта  $G(t)$  и температур  $T(t)$ .

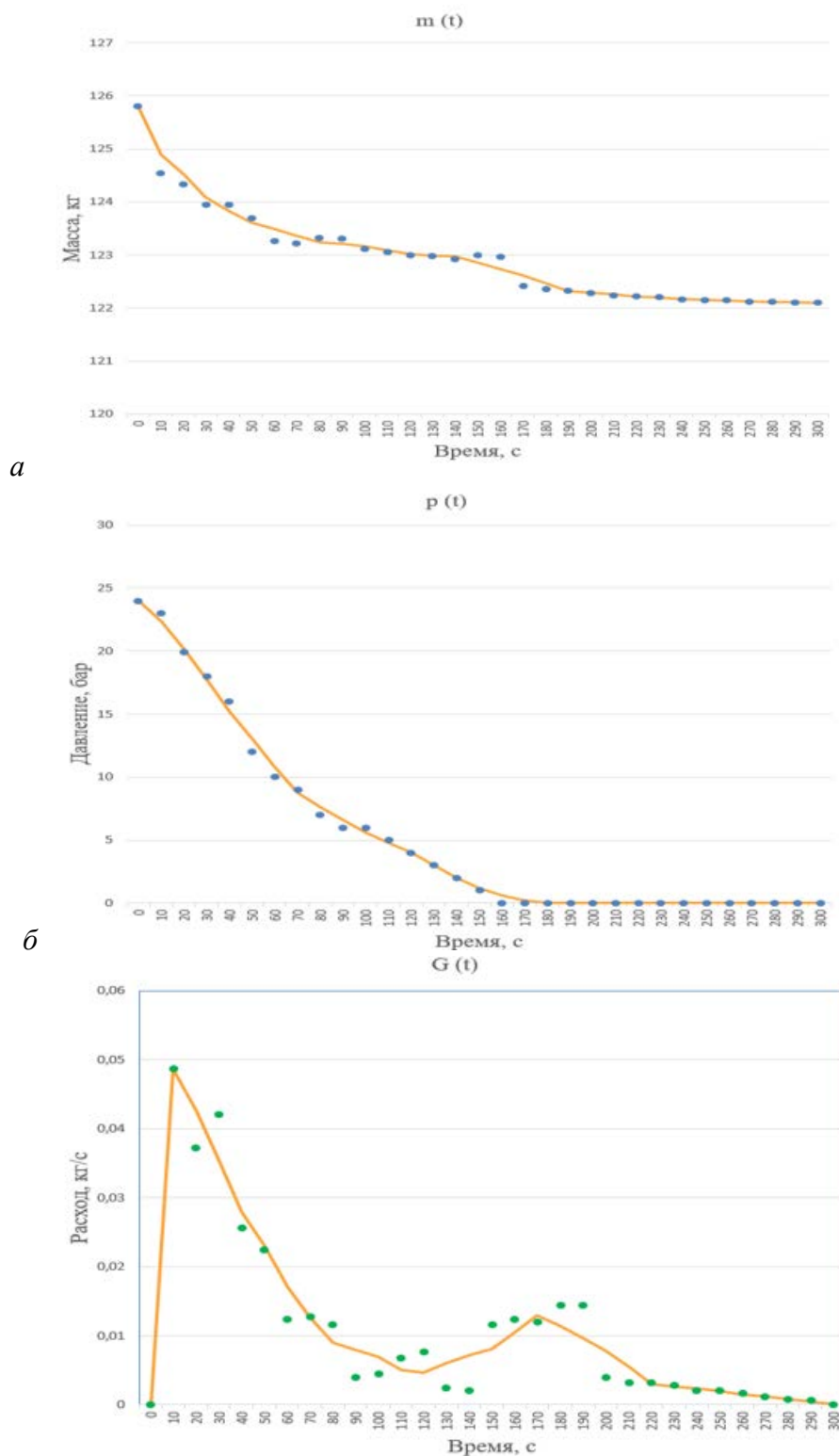


Рис. 2 – Экспериментальные параметры в БКЗ

а – График зависимости массы от времени; б - График падения давления от времени; в - График расхода криопродукта от времени

Эксперимент подтвердил работоспособность БКЗ в расходном режиме. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации конструкций криогенных систем, включая бортовые энергетические установки. Полученные результаты могут быть использованы для

оптимизации конструкций БКЗ и их применения в энергетических установках, включая бортовые системы охлаждения и топливные системы транспортных средств.

Результаты работы получены при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № FSSS-2024-0017).

### **Список литературы**

1. Ашихмина Т.В., Довгялло А.И. Особенности постановки задачи расчета процессов для универсального газового баллона как неклассической двухфазной системы и оценка его температурного состояния. 2006.
2. Ашихмина Т.В. Численное моделирование процессов в топливном баллоне с криогенной заправкой природным газом при бездренажном хранении. 2007.
3. Довгялло А.И., Угланов Д.А., Ашихмина Т.В. Оценка термодинамической прочности в топливном баллоне с криогенной заправкой. 2011.
4. Довгялло А.И., Сармин Д.В., Угланов Д.А. Предварительные исследования тепловых процессов в баллоне с криогенной заправкой бортовой дроссельной системы. 2011.
5. Довгялло А.И., Некрасова С.О., Сармин Д.В., Угланов Д.А. Имитационные испытания баллона с криогенной заправкой для дроссельной системы охлаждения и ее сравнительные характеристики. 2013.
6. Угланов Д.А., Шиманова А.Б., Шиманов А.А., Лопатина А.Л. Экспериментальные исследования процессов в баллоне с криогенной заправкой на основе энергетической установки. 2023.

### **Сведения об авторах**

Арестова Полина Андреевна, студент 4 курса кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского университета.

Башарова Анна Викторовна, студент 4 курса кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского университета.

Благин Евгений Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, область научных интересов: термодинамика, теплопередача, криогенная техника.

## **EXPERIMENTAL STUDY OF A CRYOGENIC FILLED CONTAINER**

Arestova P.A., Basharova A.V.

Samara National Research University, Samara, Russia

*Keywords: cryogenically filled cylinder, liquid nitrogen, flow rate, thermal processes, experimental setup.*

This paper presents the results of experimental studies of a cryogenic fuel tank (CFT) with liquid nitrogen. The research focused on analyzing changes in mass, pressure, and temperature during the discharge mode. The experimental setup included pressure sensors, thermocouples, and a control system. The obtained data showed good agreement with theoretical models, although deviations were observed due to the complexity of processes in two-phase systems. The results confirm the potential of CFT for use in energy installations and cooling systems.