

РАСЧЁТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕКОНДЕНСАЦИИ В БАЛЛОНЕ КРИОГЕННОЙ ЗАПРАВКОЙ

Довгьялло А.И.¹, Угланов Д.А.¹, Шиманова А.Б.¹
¹Самарский университет, г. Самара, a_tsapkova@mail.ru

Ключевые слова: баллон с криогенной заправкой, криопродукт, массоотдача.

Обычно рабочие тела технологического и специального назначения хранятся и транспортируются либо в газообразном сжатом виде в баллонах высокого давления, либо в состоянии жидкости при криогенных температурах, после чего использование рабочего тела осуществляется после регазификации в газообразном виде. Примером совмещения существующих и перспективных технологий является баллон с криогенной заправкой (БКЗ) [1, 2].

Перенос тепла в газовой полости БКЗ рассматривается как теплопроводность основного газа и теплообмен между поступающими порциями газа, испарившегося в термосе. При этом возможно образование конденсата на внешней поверхности термоса. Поэтому в настоящей работе предлагается рассмотреть влияние массоотдачи с возможностью фазового перехода вещества при теплообмене газа в газовой полости с холодной стенкой термоса в БКЗ.

Количество массы конденсата, образовавшееся на поверхности термоса, можно определить из выражения (1)

$$m_b = \frac{F}{i_{ж}} \cdot [\sigma \cdot (i'' - i) - \xi \cdot \alpha \cdot (t_{ж} - t_{г})]. \quad (1)$$

где F – площадь боковой поверхности термоса; $i_{ж}$ – энтальпия жидкости; σ – коэффициент испарения; i'' – удельная энтальпия насыщенного пара жидкости; i – удельная энтальпия ненасыщенного пара жидкости; ξ – коэффициент влаговываждения; α – коэффициент теплоотдачи; $t_{ж}$ – температура жидкости; $t_{г}$ – температура газа.

Коэффициент конденсации пара можно записать как (2)

$$\theta = \frac{\Delta m_b}{\Delta m_x} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $\Delta m_b = m_b \cdot \Delta \tau$ – масса пара в газовой полости, возвратившаяся обратно в жидкую фазу, за промежуток времени $\Delta \tau$, (кг); Δm_x – масса газа, натекающая в газовую полость из термоса, за промежуток времени $\Delta \tau$, (кг).

Полученные зависимости изменения массы пара в газовой полости, возвратившейся обратно в жидкость, и коэффициента конденсации пара от времени представлены на рис. 1.

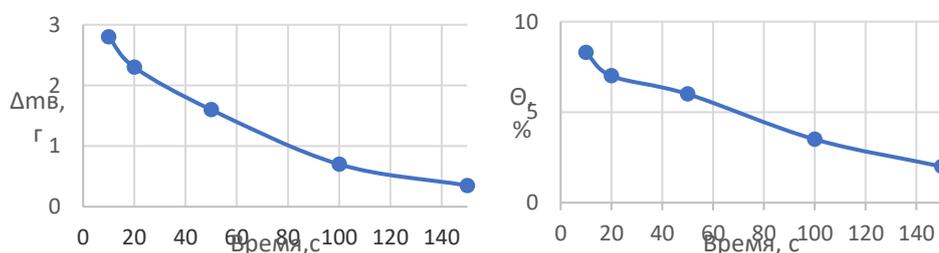


Рис. 1 – Зависимости массы пара в газовой полости, возвратившейся обратно в жидкость, и коэффициента конденсации пара от времени

Выполненные расчетные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. При регазификации криопродукта в БКЗ происходит реконденсация части газифицированного продукта, обусловленная разностью температур стенки термоса и внутренней стенки баллона.

2. Этот процесс наблюдается в начале регазификации (в первые 3-5 минут), при этом интенсивность этого процесса невысока и составляет около 2-8 %.

3. Время полной регазификации рабочего тела в БКЗ составляет около 6-7 ч, поэтому процесс реконденсации с показанной низкой интенсивностью не оказывает значительное влияние на него, хотя замедляет его примерно на 2-3% от полного времени регазификации.

Результаты работы получены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Межкафедральный учебно-производственный научный центр САМ-технологий» при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № 0777-2020-0019).

Список литературы

1. Патент «Топливный баллон» RU 2163699 С1, опубл. 27.02.2001 г.
2. Довгялло А.И., Угланов Д.А., Сармин Д.В., Цапкова А.Б. Использование баллона с криогенной заправкой в различных областях техники // Вестник МАХ №3/Санкт-Петербург: Общественная организация Международная академия холода, 2014 г., с. 30-34
3. Богданов С.И., Бучко Н.А., Гуйко Э.И. Теоретические основы хладотехники. Тепломассообмен [Текст]: учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений / Под ред. Э.И. Гуйко. – М.: Агропромиздат, 1986. – 320 с.

Сведения об авторах

Довгялло Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник. Область научных интересов: бортовая энергетика, рабочие процессы тепловых и холодильных машин, криогенная техника, термоакустика, энергосбережение.

Угланов Дмитрий Александрович, канд. техн. наук, доцент, младший научный сотрудник. Область научных интересов: бортовая энергетика, рабочие процессы тепловых и холодильных машин, криогенная техника, термоакустика, энергосбережение.

Шиманова Александра Борисовна, младший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы тепловых и холодильных машин, криогенная техника, энергосбережение.

CALCULATION STUDIES OF THE RECONDENSATION PROCESS IN A CYLINDER WITH CRYOGENIC FUELING

Dovgyallo A.I.¹, Uglanov D.A.¹, Shimanova A.B.¹

¹Samara National Research University, Samara, Russia, a_tsapkova@mail.ru

Keywords: a cylinder with cryogenic fueling, a cryogenic product, mass transfer.

Thermal conduction in the gas cavity of the cylinder with cryogenic fueling is considered as the thermal conduction of the main gas and heat transfer between the incoming portions of the gas evaporated in the thermos. In this case, condensation may form on the outer surface of the thermos. Therefore, in this work, it is proposed to consider the effect of mass transfer with the possibility of a phase transition of a cryogenic product during heat transfer of a gas in a gas cavity with a cold wall of a thermos in the cylinder with cryogenic fueling.