

**РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ КРИОГЕННОГО ГАЗИФИКАТОРА  
НА ОСНОВЕ БАЛЛОНА С КРИОГЕННОЙ ЗАПРАВКОЙ**

**Воротынцева К.Е.** (Самарский университет им. Королёва)

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Довгялло А.И.**

**(Самарский университет им. Королёва), д.т.н., доцент Угланов Д.А.**

**(Самарский университет им. Королёва)**

**Введение.** В современных летательных аппаратах авиационного и космического назначения все более широкое применение находит использование криогенных рабочих тел и газа высокого давления в различных бортовых систем космического аппарата (КА). Система производства и подачи криогенных веществ и газов высокого давления должны обеспечивать высокую эффективность и надежность их работы.

Таким образом, исследования в области эффективного использования криогенных жидкостей (в том числе и их низкопотенциальной энергии) актуальны в связи с возрастающими объемами производства криопродуктов и развитием технологий их применения, в частности утилизации энергетического потенциала криогенных жидкостей (в виде энергии, ранее затраченной на ожижение [1]), а также с общей тенденцией энергосбережения.

В качестве одной из подобных систем является криогенный газификатор на основе баллона с криогенной заправкой, который относится к технике хранения и распределения газов и жидкостей.

**Основная часть.** Криогенный газификатор (КГ), предлагаемый в данной работе, имеет ряд преимуществ перед другими типами систем, основным из которых будет управление процессом газификации.

За основу взят топливный баллон с криогенной заправкой [2] с управляемым процессом газификации за счет установки специального контура. Он содержит трубопровод подачи жидкого криопродукта, подключенный снизу к внутреннему сосуду баллона с криогенной заправкой и соединенный с вентилем, за которым последовательно установлены испаритель, теплообменник, трубопровод подачи газифицированного криопродукта, вентиль, соединенный через трубопровод подачи газифицированного криопродукта с внешним сосудом баллона с криогенной заправкой [3]. Таким образом, применение такого устройства позволяет управлять процессом газификации с гарантированным преодолением гидравлического сопротивления испарившегося криогенного продукта в трубопроводе подачи газифицированного продукта.

Разработана методика расчета параметров криогенного газификатора.

Алгоритм содержит следующую последовательность расчётных действий:

- задаются конструктивные параметры баллона, параметры термоса, начальные параметры рабочего тела в баллоне и др.;
- для первого шага расчёта определяются параметры состояния жидкости (азота) на участке до полости испарителя, параметры жидкости: расход и скорость, занимаемый её объёмы и массы;
- задаваясь в качестве шага расчёта величину испарившейся доли жидкости, рассчитываются параметры испарителя;
- определяется время процесса регазификации каждой доли испарившейся жидкости для текущего шага расчёта;
- по заданной формуле находится температура жидкости на входе в испаритель и температура газа на выходе из испарителя;
- масса испарившейся жидкости расчётным образом распределяется между освободившимся в термосе объёмом и газовой полостью баллона;

- по температуре и удельному объёму в газовой полости находится давление в баллоне;
- по изменению внутренней энергии в газовой полости за счёт притока низкотемпературных паров из термоса уточняется значение температуры стенки;
- с новыми данными по состоянию рабочего тела и стенки баллона расчёт входит в новый цикл.

**Выводы.** Предлагаемая система совмещает в себе функции регазификатора, теркокомпрессора и аккумулятора давления. В составе системы есть баллон с криогенной заправкой, который по предварительным исследованиям является универсальной емкостью, управляемой как компримированием, так и заливкой криопродукта.

В результате исследований было выявлено и получено следующее:

1. На уровне численного эксперимента выполнены расчёты основных теплофизических параметров рабочего тела с учётом фазовых переходов и реального состояния криогенной жидкости;
2. Создана теоретическая модель термодинамических процессов в баллоне с криогенной заправкой как системы с переменной массой и двухфазным состоянием рабочего тела;
3. Полученные расчётные данные доказывают перспективность использования работы криогенного газификатора при заданных параметрах состояния рабочего тела.

Новизна исследуемой системы, сложность теплофизических процессов, возможность управлением времени газификации, отсутствие аналогов и ожидаемая перспективность делает её изучение необходимым и актуальным, а также требуют разработки экспериментальных образцов и проведения опережающих исследований.

#### **Список использованных источников:**

1. Бармин, И. В. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра [Текст]/ И. В. Бармин, И. Д. Кунис; под ред. А.М. Архарова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 256 с.
2. Пат. 2163699 Российская Федерация, МПК F17C 9/02. Топливный баллон / Довгялло А.И.; заявитель и патентообладатель Самарский университет им. Королёва. – № 99114577/06; заявл. 1999.07.02; опубл. 2001.02.27.
3. Пат. 207829 Российская Федерация, МПК F17C 9/02. Криогенный газификатор / Угланов Д.А.; заявитель и патентообладатель Самарский университет им. Королёва. – № 2021100240; заявл. 2021.01.11; опубл. 2021.11.18.