

<sup>1)С.П. Горбачев, доктор техн. наук;</sup><sup>2)К.И. Кириенко, аспирантка</sup>  
 ООО «Газпром ВНИИГАЗ», пос. Развилка, Ленинский р-н, Московская обл., РФ, 142717  
 e-mail: <sup>1)s\_gorbachev@vniigaz.gazprom.ru;</sup> <sup>2)k\_kirienko@vniigaz.gazprom.ru</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ БЕЗДРЕНАЖНОЙ ЗАПРАВКИ ТОПЛИВНОГО БАКА КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТЬЮ

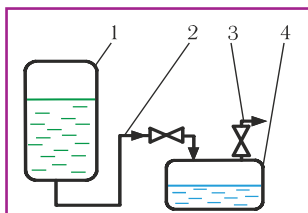
Большой интерес проявляется к бездренажной заправке теплового топливного бака автомобиля, т. е. без сброса его паров в окружающую среду. Поэтому актуальным является определение скорости изменения давления в баке при его бездренажной заправке и сбросе паров из бака, а также установление длительности процесса заправки. Процесс заправки тёплого топливного бака разделён на два этапа, первый из которых относится к заправке бака криопродуктом, а второй — к сбросу пара в технологический резервуар. Для описания термодинамических и теплофизических процессов во время заправки бака построены две модели. В них учитывается теплообмен между стенкой топливного бака паром и жидкостью. Создана теоретическая модель, характеризующая изменения основных показателей при этапе сброса пара из топливного бака. Приведены три серии экспериментов, в ходе которых были исследованы изменения основных показателей процессов заправки топливного бака СПГ или жидким азотом и сброса их паров. Было установлено удовлетворительное совпадение расчётных и экспериментальных показателей сложных термодинамических процессов, происходящих при заправке и опорожнении топливного бака.

**Ключевые слова:** Криогенный топливный бак. Бездренажная заправка. Сброс паров. Теплообмен. Сжиженный природный газ. Жидкий азот. Длительность заправки.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В связи с широким использованием сжиженного природного газа (СПГ) в качестве газомоторного топлива особый интерес представляет бездренажная заправка теплового автомобильного топливного бака сжиженным природным газом, т. е. без сброса паров СПГ в окружающую среду.

Обычно заправка бака проводится по схеме, показанной на (рис. 1). Жидкость из технологического резервуара перекачивается или с помощью насоса подаётся в криогенный бак. Пары жидкости, которые образуются в результате теплообмена со стенками, могут сбрасываться в атмосферу (заправка с открытым дренажем).



**Рис. 1.** Схема заправки криогенного резервуара сверху: 1 — технологический резервуар; 2 — заправочные коммуникации; 3 — дренажные коммуникации; 4 — криогенный резервуар

При этом давление в баке остается практически постоянным. Если пары жидкости из сосуда не выводятся (бездренажная заправка), то давление в сосуде меняется.

Если температура стенок бака близка к температуре жидкости, то бак считается «холодным», и при бездренажной заправке за счёт теплообмена между паром и поступающей жидкостью дав-

ление может как возрастать, так и снижаться. Вопросы заправки «холодного» бака рассмотрены в [1].

В случае небольшого количества жидкости в баке температура его стенок выше температуры жидкости («теплый» бак). При заправке жидкость охлаждает стенки и испаряется, что в случае бездренажной заправки приводит к повышению давления в баке. Когда давление в баке достигает рабочего значения, то заправка прекращается и для продолжения заправки необходимо снизить давление в баке за счет сброса части пара из сосуда.

Цель данной работы состоит в определении скорости изменения давления в баке при бездренажной заправке и сбросе давления из бака, а также в установлении длительности процесса заправки.

### 2. ПЕРВЫЙ ЭТАП — ЗАПРАВКА

Процесс заправки теплового резервуара можно разделить на два этапа: первый этап — заправка бака жидкостью, второй — сброс пара из бака в технологический резервуар.

В теплый криогенный бак сверху поступает холодная жидкость (СПГ), которая в перфорированном коллекторе распадается на капли. Часть жидкости попадает на стенки бака и там испаряется, а другая часть — взаимодействует с паром в баке, так как капли нагреваются и частично испаряются. Определить долю каждого потока не представляется возможным, поэтому рассмотрим два крайних случая: