

УДК 621.56/59

С. П. ГорбачевООО «ВНИИГАЗ», пос. Развилка, Ленинский район, Московская область, 142717, РФ
e-mail: sgorb@infoline.su

ОПИСАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ВСКИПАНИЯ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ В СОСУДЕ ПРИ СНИЖЕНИИ ДАВЛЕНИЯ

Снижение давления в сосуде с криогенной жидкостью может приводить к выбросу смеси пар-жидкость через дренажный трубопровод и последующему росту давления в сосуде. Для описания этого явления поставлена и решена задача нестационарного процесса набухания жидкости. Получено аналитическое решение задачи для переходного процесса снижения давления в сосуде с криогенной жидкостью. Это позволяет определить максимально допустимый темп снижения давления в сосуде в зависимости от начальных давления и уровня жидкости в нем, а также степени заполнения сосуда. Приводятся примеры для случаев хранения сжиженного природного газа в сосудах с объемами 6 и 25 м³.

Ключевые слова: Криогенная жидкость. Набухание жидкости. Паросодержание. Максимально допустимый темп снижения давления.

S. P. Gorbachev

THE DESCRIPTION OF NON-STATIONARY BOILING OF THE CRYOGENIC LIQUID IN THE VESSEL AT PRESSURE REDUCTION

Pressure reduction in a vessel with cryogenic liquid can result in emission of admixture vapor-liquid through the drainage pipeline and to the subsequent growth of pressure in a vessel. The task of non-stationary process of liquid swelling is put and solved for the description of this fact. The analytical decision of the task for transient of pressure reduction in a vessel with a cryogenic liquid is received. It allows to define the maximum rate of pressure reduction in a vessel depending on initial pressure and level of liquid in it, and also of degree of vessel filling. Examples for cases of storage of the liquefied natural gas in vessels with volumes 6 and 25 m³ are resulted.

Keywords: Cryogenic liquid. Swelling of liquid. Vapor-content. Maximum rate of pressure reduction.

1. ВВЕДЕНИЕ

Процесс снижения давления в сосуде с криогенной жидкостью часто сопровождается выбросом парожидкостной смеси через дренажный трубопровод с последующим повышением давления в сосуде. Причина этого явления — парообразование в объеме жидкости (процесс вскипания), которое сопровождается увеличением кажущегося объема жидкости (эффект набухания). Эффект набухания при подводе теплоты или барботаже достаточно хорошо изучен в настоящее время (см., например, [1]). Особенность набухания жидкости при снижении давления обусловлена перемещением границы жидкость-пар (зеркала жидкости) на начальной стадии. В связи с этим процесс необходимо рассматривать в нестационарной постановке.

Задача о вскипании криогенной жидкости в сосуде может быть сформулирована следующим образом. В сосуде, частично заполненном жидкостью,

поддерживается начальное давление. В момент времени $\tau=0$ давление начинает снижаться. При этом происходит парообразование в объеме жидкости, и кажущийся уровень жидкости начинает увеличиваться. Скорость перемещения границы жидкость-пар обусловлена, с одной стороны, объемной скоростью генерации пара, а с другой — объемным расходом пара через зеркало жидкости. Когда скорость генерации пара и расход пара через зеркало жидкости сравняются, переходный процесс закончится и установится квазистационарный режим. Цель данной работы — расчетным путем определить максимальное значение кажущегося уровня жидкости в сосуде во время переходного процесса при заданном темпе снижения давления.

2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ВСКИПАНИИ ЖИДКОСТИ В СОСУДЕ

Задача решалась при следующих допущениях: жидкость и пар находятся в термодинамическом

© С. П. Горбачев, 2005