



УДК 536.248.2

ВПЛИВ НЕКОНДЕНСОВНИХ ГАЗІВ НА УМОВИ ТЕПЛООБМІНУ В ДВОФАЗНОМУ АМІАЧНОМУ КОНТУРІ ТЕПЛОПЕРЕНОСЕННЯ

Є. Е. Роговий

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"*

Системи забезпечення теплового режиму для потужних стаціонарних супутників раціонально будувати на базі двофазних контурів (ДФК) теплоперенесення з насосною прокачкою теплоносія. Під час тривалої експлуатації ДФК на орбіті внаслідок радіолізу та хімічних реакцій можливе появлення в контурі неконденсованих газів (НКГ) [1], які можуть знаходитися в газоподібній формі або у вигляді розчину та негативно впливати на працездатність системи.

Зазначається, що НКГ може негативно впливати на умови теплообміну в конденсаторах та випарниках ДФК. У випарниках НКГ може впливати як на умови зародження кипіння (на гістерезис за тепловим навантаженням), так і на коефіцієнт теплообміну при розвинутому кипінні [2].

Досвіду тривалої експлуатації потужних ДФК на орбіті не існує. Тому актуальним є аналіз впливу НКГ на працездатність ДФК теоретичними та експериментальними методами.

Ця робота присвячена дослідженню впливу НКГ на умови теплообміну в випарнику та на початок кипіння.

Експериментальне дослідження проводилося на стенді ВВМ МРЛ ХАІ, який представляє собою помповий контур теплоперенесення у вигляді однієї петлі, з термоплатами штатної конструкції, на яких встановлено імітатори приладів. Теплоносій-аміак. Матеріал каналу термоплати - нержавіюча сталь.

Тиск у контурі регулюється за допомогою гідроаккумулятора з тепловим регулюванням (ТГА). У ТГА вприскувалася необхідна кількість азоту. Забезпечувалося розчинення газу в аміаку до рівноважного стану, для чого контур тривалий час працював на однофазному режимі (без підводу тепла) з рециркуляцією частини рідини через ТГА. Після цього підводилось тепло в термоплатах і проводилися експерименти на двофазному режимі. На стаціонарних однофазному і двофазному режимах проводилися всі необхідні вимірювання.

При збільшенні теплового навантаження q , при переході ДФК з однофазного в двофазний режим роботи, для початку кипіння необхідно, щоб стінка каналу випарника термоплати була перегріта відносно температури насичення. Як наслідок, перегрів спостерігається також на рівні охолоджуваного приладу. При критичному тепловому потоці температура приладу різко зменшується, що свідчить про перехід теплообміну від однофазної конвекції до розвинутого кипіння. У зворотному процесі зменшення теплового навантаження температури стінки випарника та приладу зменшуються монотонно, плавно, без



стрибків. Різне поведінка залежності $q = f(\Delta T_w)$ при збільшенні і зменшенні q називають "гістерезисом за тепловим навантаженням" або гістерезисом початку кипіння. Максимальний перегрів приладу може бути значним, що може позначитися на надійності приладу [3].

За оцінками [2], кількість НКГ, яке може накопичуватись протягом тривалого експлуатаційного періоду супутника (до 30 років), становить 0,04 моль/кг аміаку. У виконаному дослідженні досліджувалось вплив НКГ на параметри контуру теплопереносу при максимальній молярній концентрації НКГ 0,075 моль азоту/кг аміаку, що значно перевищує прогноз. При цьому молярна концентрація НКГ у рідині була достатньо мала (не більше 0,00053), що дозволяє вважати розчин ідеальним і будувати відповідну термодинамічну модель стану теплоносія.

Методика випробування термоплати включає два сценарії проведення експериментів. Перший сценарій полягає в побудові класичної кривої кипіння. Другий сценарій полягає в імітації реального запуску пристрою.

При максимальній подачі потужності термоплата працює в режимі розвиненого кипіння. У цьому режимі були проведені дослідження коефіцієнта теплообміну.

Проведені експерименти показали, що:

- збільшення концентрації НКГ призводить до зменшення температури приладу і перегріву приладу в момент початку кипіння.
- НКГ може спровокувати початок кипіння без помітного перегріву приладу;
- коефіцієнт теплообміну зі збільшенням концентрації НКГ може незначно збільшуватись, зменшуватись або залишатись незмінним. Це залежить від конструкції термоплати.

Перелік використаних джерел

1. Ruzaikin, V. Ammonia two-phase mechanically pumped loop for geostationary application: Non-condensable gases factor [Text] / V. Ruzaikin, I. Lukashov, T. Fedorenko // Colloid and Interface Science Communications. – 2023. – № 52. – P. 100692. DOI: 10.1016/j.colcom.2022.100692.

2. Sawada, K. Development of Boiling and Two-phase Flow Experiments on Board ISS (Dissolved Air Effects on Subcooled Flow Boiling Characteristics) [Text] / K. Sawada // International Journal of Microgravity. – 2016. – Vol. 33, Iss. 1. – P. 330106. DOI: 10.15011/ijmsa.33.330106.

3. Скрипов, В. П. Теплофизические свойства жидкостей в метастабильном состоянии [Текст] / В. П. Скрипов. – М. : Атомиздат. – 1980.

4. Горбенко, Г. О. Явище гістерезису при тепловіддачі кипінням у двофазних контурах теплоперенесення [Текст] / Г. О. Горбенко, Є. Е. Роговий // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2022. – № 5 (183). – С. 4–16. - DOI: 10.32620/akt.2022.5.01.