

УДК 621.565.952.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА АТМОСФЕРНЫХ ИСПАРИТЕЛЕЙ СПГ

Наумов Ф.В., Зайцев А.В. (Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Зайцев А.В.

(Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Аннотация

В данной работе сообщается о новой методике расчета атмосферных испарителей, разработанной на основании предыдущих моделей. Кроме того, в методике предложен новый способ расчета температуры поверхности инея; учтено наличие гидравлического сопротивления потоку криопродукта.

В последнее время, атмосферные испарители сжиженного природного газа занимают свою нишу среди других типов испарителей. У атмосферного испарителя есть явные преимущества: простота конструкции, надежность и экономичность в эксплуатации, экологичность, минимальное воздействие на окружающую среду, использование легкодоступного теплоносителя (воздуха). Однако, имеются и явные недостатки: из-за низкого коэффициента теплопередачи, данные испарители имеют большие габариты. Особенно увеличивается необходимая площадь теплообмена при падении температуры воздуха ниже 0 °С. Такой недостаток ослабляется интенсификацией поверхности теплообмена: увеличением удельной площади теплообмена, увеличением коэффициента теплоотдачи воздушным обдувом, электрическими нагревателями, особым расположением потоков испарителя и др. Попытки устранить низкую теплопередачу испарителя, зачастую ведёт к ослаблению его преимуществ.

В данной работе рассматривается простой атмосферный испаритель с оребрением типа “звездочка”. Эффективное применение данного испарителя определяется качеством оценки его оптимальной работы в специфических и изменчивых условиях.

В настоящее время, вопросу оптимального проектирования атмосферных испарителей уделено недостаточно внимания. Из зарубежной и отечественной литературы найдено небольшое число работ, посвященных решению этого вопроса. Однако, и в найденной литературе предлагаемые решения ограничены: в методиках расчета атмосферных испарителей отбрасываются факторы, имеющие значимое влияние на работу испарителей. Так, например, группа авторов (Шаньшань Люа, Вэньлин Цзяо, Лемей Жэнь и др.) представила в статье модель сопряженной динамической теплопередачи, которая включает в себя образование наледи и теплопередачу при кипении потока СПГ. Также эта модель учитывает такие внешние параметры процесса газификации в испарителе: влажность и температуру окружающего воздуха; содержит расчет характеристик намерзаемого инея (теплопроводность и плотность) через её пористость и температуру поверхности. Однако, одно из существенных допущений – это отбрасывание радиационного подвода теплоты от воздуха к криогенному продукту. Напротив, в отечественном источнике, Архаровым А.М. приведена методика расчета, которая учитывает радиационный подвод теплоты. Методика учитывает и остальные вышеназванные факторы из предыдущей модели, за исключением упрощенного представления о структуре намораживаемого слоя наледи и расчета его характеристик.

Анализируя найденные преимущества и недостатки в предыдущих математических моделях, автор предлагает на их основе новую методику расчета, комплексно отражающую работу атмосферных испарителей. Кроме того, предложен новый вариант расчета температуры поверхности инея. В математическую модель добавлен раздел расчета теплофизических свойств природного газа. Учтено гидравлическое сопротивление криогенному продукту, протекающему внутри трубок теплообменника.

Предложенная методика расчета реализована с помощью компьютерного моделирования. Проведена верификация и валидация разработанной программы. Результаты расчетов показали возможность программы и методики давать предварительную и комплексную оценку работе атмосферных испарителей.

Наумов Ф.В. (автор)

Подпись

Зайцев А.В. (соавтор, научный руководитель) Подпись