

УДК 621.565

<sup>1</sup>*А.В. Троценко, доктор техн. наук;* <sup>2</sup>*А.В. Валякина, канд. техн. наук*<sup>1</sup>Одесская национальная академия пищевых технологий, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082<sup>2</sup>Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, ст. 5, РФ, 105005e-mail: <sup>1</sup>trotalex@rambler.ru; <sup>2</sup>avaliakyna@rambler.ruORCID: <sup>1</sup>http://orcid.org/0000-0003-1408-1764; <sup>2</sup>http://orcid.org/0000-0002-7709-1209

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОПРИТОКОВ ИЗ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДВУХПОТОЧНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ

*Для двухпоточных теплообменников приведены соотношения, позволяющие вычислять потери от необратимости процессов по эксергетическому и энтропийному методам термодинамического анализа. Проведены термодинамические расчёты двухпоточного теплообменника с целью исследования влияния теплопритоков на его показатели. Проанализированы результаты увеличения теплопритоков на изменения эксергетических потерь, эксергетического КПД, среднего логарифмического температурного напора и температуры охлаждения прямого потока.*

**Ключевые слова:** Криогенная установка. Двухпоточный теплообменник. Термодинамический расчёт. Методы термодинамического анализа. Теплопритоки из окружающей среды.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Теплообменный аппарат относится к числу наиболее интересных и исследуемых различными методами термодинамического анализа [1, 2] объектов криогенных установок, что обусловлено следующими причинами. Во-первых, он является самым распространенным элементом этих установок. Во-вторых, для него достаточно просто можно выделить различные причины необратимостей протекающих в нем отдельных процессов.

Последнее обстоятельство дает возможность рассматривать задачу о величинах составляющих потерь от необратимостей процессов и об их взаимном влиянии на общие значения показателей термодинамической эффективности.

Точное решение данной задачи в рамках любого из методов термодинамического анализа невозможно, так как их соответствующие модели описываются уравнениями энергетического и эксергетического балансов, на основании которых вычисляются показатели термодинамической эффективности. Эти уравнения могут быть составлены лишь для материальных объектов, вокруг которых может быть проведен замкнутый контур (контрольная поверхность). Такой контур, в частности, ограничивает весь теплообменник или его часть.

Для определения потери от одной причины необратимости можно воспользоваться уравнением эксергетического баланса в том случае, если эта причина единственная в анализируемом элементе. Но такой элемент трудно себе представить. Например, для

участка трубопровода, в котором движение рабочего тела происходит в изотермических условиях при температуре окружающей среды, но с падением давления, имеются две причины необратимости: трение потока о стенку трубопровода и отдельных слоев потока между собой. Не представляется возможным определить составляющие этих потерь, используя сугубо термодинамический подход.

Таким образом, в общем случае нет трудностей с расчетом суммарных потерь от необратимостей в элементах установки, но нет и возможности строго вычислять на термодинамическом уровне составляющие этих потерь. Между тем, изменение управляющих воздействий некоторых из этих составляющих является ключом к разработке алгоритмов повышения термодинамической эффективности установок.

Как известно, энтропийный и эксергетический методы термодинамического анализа приводят к одинаковым результатам при вычислении потерь от необратимости процессов, но они используют при этом различные формулы. При наличии у исследуемого объекта энергетического взаимодействия с окружающей средой в форме тепла изменяется выражение для вычисления в случае использования энтропийного метода. Его вид зависит от расположения объекта относительно температуры окружающей среды.

Равенство для определения потерь от необратимостей для криогенного теплообменника, записанное через энтропии, имеет вид, который может приводить к неверной трактовке относительно влияния теплопритоков на величину этих потерь. Цель данной работы состоит в изучении путём математического модели-