

УДК 621

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК, УТИЛИЗИРУЮЩИХ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ТЕПЛО КРИОПРОДУКТА

Заика А. В., Терещенко О. В., Благин Е. В., Угланов Д. А.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

В современном мире в различных структурах аэрокосмической техники, транспорта, а также в энергетических спецкомплексах различного назначения использование низкопотенциального тепла криогенных жидкостей приобретает всё большее распространение. Это объясняется увеличением объемов производства сжиженного природного газа (СПГ), удобством их хранения, улучшением экологических характеристик и увеличением ресурса работы техники [1]. На получение СПГ тратится энергия, которая может быть частично возвращена во время его регазификации. Возврат осуществляется несколькими способами, одним из которых является использование низкопотенциальных установок, работающих по циклу Брайтона.

В данной работе представлена оценка эффективности установок, работающих по циклу Брайтона.

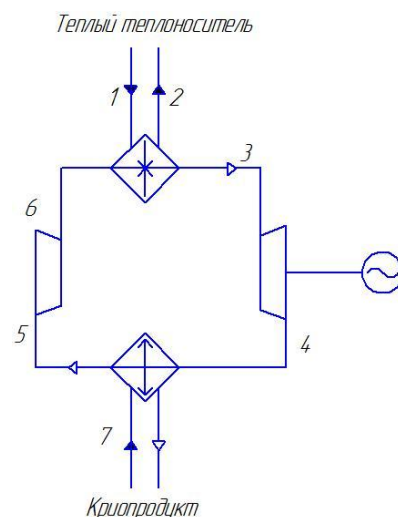


Рис. 1. Схема алгоритма расчета

Расчет начинается с определения параметров точки 5. Температура точки задается таким образом, чтобы ее значение немного превышало параметры криопродукта. После этого необходимо задаться 2 параметрами, характеризующими цикл – начальному давлению и степени повышения давления. По давлению p_5 и температуре находится энтальпия в точке 5.

После этого необходимо задать давлением p_6 , которое будет получено в компрессоре.

Затем определяем работу сжатия компрессора:

$$l_k = \frac{k}{k-1} RT_5 (\pi_k^{\frac{k-1}{k}} - 1) \frac{1}{\eta_{ок}}$$

Тогда величина энтальпии в точке 6 будет определяться как $i_6 = i_5 + L_k$. По известным значениям i_5 и p_5 определяется температура T_5 . После этого определяется температура в точке 6:

$$T_6 = T_5 \cdot \left(\frac{p_5}{p_6} \right)^{\frac{1-k}{k}}$$

Давление в точках 3 и 6 одинаково, поэтому по известному давлению и температуре (300 К) определяем энтальпию i_3 .

После этого определяем работу расширения в турбине:

$$l_m = \eta_{om} \frac{k}{k-1} RT_3 \left(1 - \frac{1}{\left(\frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{k-1}{k}}} \right).$$

После определения параметров цикла определяется КПД цикла, также можно определить предельный и эксергетический КПД цикла, соответственно

Были рассчитаны следующие варианты установок:

1) Рабочее тело – Азот, температура внешнего источника тепла меняется от 300К до 600К, давление в компрессоре постоянное (1 бар), степень повышения давления π_k изменяется.

2) Рабочее тело – Азот, температура, до которой догреваем рабочее тело $T_3 = \text{const} = 300\text{К}$, степень повышения давления в компрессоре меняется от 2 до 25.

В результате были получены графики зависимости термического КПД от температуры верхнего источника теплоты, от степени повышения давления.

Цикл Брайтона целесообразно использовать при степенях повышения давления от 20 до 25. При степени повышения давления, равной 20, значение термического КПД цикла составляет 0,6, эксергетического – 0,9. Представлена зависимость термического КПД от температуры, можно заметить, что зависимость нелинейная. Термический КПД растет в зависимости от роста температуры верхнего источника теплоты и степени повышения давления, из чего можно сделать вывод, что вторичное тепло и тепло сжиженного природного газа можно использовать с большей эффективностью.