

делить влажность пара на выходе из турбины:

$$\psi = \frac{i_n - i_4}{i_n - i_{жс}}$$

Если значение влажности больше определенной величины (0,1), то давление p_6 выбрано слишком высоким и необходимо задаться более низким значением.

После определения параметров цикла определяется КПД цикла:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{i_4 - i_5}{i_3 - i_6}$$

Также можно определить предельный и эксергетический КПД цикла соответственно:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_5}{T_3}; \eta_{ex} = \eta_{th} \cdot \eta_c.$$

Оптимизация проводилась для случая, когда рабочим телом паротурбинной установки является углекислый газ. Для неё оптимальным значением повышения давления является 5,5, что соответствует значению термического КПД цикла 0,16.

УДК 628.165

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ УСТАНОВОК, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ТЕПЛО СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

© 2018 Е.В. Благин, Р.А. Паньшин, Д.А. Угланов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT PLANTS UTILIZING COLD ENERGY OF LIQUID NATURAL GAS

Blagin E.V., Panshin R.A., Uglanov D.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

This article deals with comparative analysis of the energy plants, utilizing cold energy of liquid natural gas. Comparative analysis require development of certain criteria which must take into account generated energy, degree of liquid natural gas cold energy utilization etc. Analysis shows that one of the most effective ways to utilize cold energy is thermal compression.

За последние десятилетия добыча природного газа увеличилась вдвое. Такие темпы обуславливаются повышенным интересом использования природного газа как топлива для различных бытовых, промышленных и энергетических нужд.

Природный газ представляет собой преимущественно метан с различными примесями. Под этими примесями могут представляться, как и углеводороды-гомологи метана (этан, пропан, бутан) так и совершенно другие элементы (водород, гелий, углекислый газ, азот).

Для упрощения транспортировки и хранения природный газ переводят в сжиженное состояние – СПГ. СПГ – это криогенная жидкость, не имеющая запаха и цвета, полученное в результате охлаждения природного газа до температуры, равной

температуре конденсации (-161,5°C) с последующим сжатием. Одним из преимуществ СПГ является то, что при сжижении он уменьшает объём примерно в 600 раз, что на практике означает что, например, при давлении в 20 МПа при одинаковом объёме в сосуде может содержаться в 3 раза больше СПГ чем компримированного природного газа. СПГ, как и иные криогенные вещества, ввиду своих химических и тепловых свойств является экономически выгодным рабочим телом для использования в различных тепловых установках, работающих на таких типовых циклах как:

- Цикл Стирлинга;
- Цикл Ренкина;
- Цикл Брайтона.

Целью работы является создание методики сравнительной оценки различных уста-

новок с целью определения доли работы и эффективности использования различных криогенных веществ (в данном случае СПГ).

Для этого вводятся следующие оценивающие параметры:

Термический КПД – показывает эффективность преобразования теплоты в работу цикла:

$$\eta_{\text{Терм}} = \frac{N_{\text{сумм}}}{Q_{\text{сумм}}},$$

где $N_{\text{сумм}}$ – суммарная мощность всей установки, $Q_{\text{сумм}}$ – суммарная теплота.

Эксергетический КПД – показывает эффективность использования энергии:

$$\eta_{\text{Экс}} = \frac{N_{\text{сумм}}}{E_{\text{сумм экс}}},$$

где $E_{\text{сумм экс}}$ – суммарная эксергия установки.

КПД Карно – максимальный КПД в заданном диапазоне температур:

$$\eta_{\text{Карно}} = 1 - \frac{T_1}{T_2},$$

где T_1 и T_2 – значение самой низкой и самой высокой температур.

Удельная работа СПГ – показывает объём работы криогенного вещества (СПГ) от всей работы установки:

$$l_{\text{СПГ}} = \frac{N_{\text{сумм}}}{G_{\text{СПГ}}} * \left(\frac{E_{\text{СПГ}}}{E_{\text{сумм экс}}} \right),$$

где $G_{\text{СПГ}}$ – расход СПГ в данной установке, $E_{\text{СПГ}}$ – эксергия СПГ.

Расчёт оцениваемых параметров и дальнейшая их оценка проводились на основе данных полученных из массива статей.

Из полученных значений были построены и проанализированы точечные диаграммы зависимостей термического и эксергетического КПД и удельной работы СПГ от КПД Карно. КПД Цикла Карно показывает предельную эффективность цикла в зависимости от температурного уровня. Очевидно, что при большем значении предельного КПД значение термического КПД скорее всего будет больше. Однако величина удельной работы СПГ не зависит от верхнего уровня температур. Соответственно, ожидается, что функции $\text{КПД}_{\text{Терм}}=f(\text{КПД}_{\text{Карно}})$ и $\text{КПД}_{\text{Экс}}=f(\text{КПД}_{\text{Карно}})$ будут иметь вид наклонной прямой, а $l_{\text{СПГ}}=f(\text{КПД}_{\text{Карно}})$ - горизонтальной прямой.

На основе полученных значений в данном анализе можно сделать выводы об особенностях работы каждой исследуемой схемы, совершенство преобразования энергии и эффективность её использования.

Также можно сделать выводы о доле работы криогенных веществ в каждой схеме и эффективности преобразования энергии этих веществ в работу установки.

Из анализа видно, что наибольшее значение удельной энергии СПГ достигается либо в случаях высокого термического КПД и высокой общей эффективности системы, либо в случаях когда СПГ является единственным рабочим телом, а его энергия утилизируется в высокоэффективном цикле с термокомпримированием.

УДК 628.165

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ МОЩНОСТИ ТРУБЧАТОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ДИСТИЛЛЯЦИОННОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

© 2018 Е.В. Благин, А.А. Горшкалёв, А.А. Шиманов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

DETERMINATION OF THE REQUIRED POWER OF TUBE ELECTRIC HEATER FOR DISTILLATION DESALINATION PLANT

Blagin E.V., Gorshkalev A.A., Shimanov A.A. (Samara National Research University, Samara,
Russian Federation)

Tube electric heater is required for distillation process because it prepares input water for working process on the start regime of the desalination plant. Depending on its power, time consumed for start regime will vary. Correspondingly, selection of the power for tube electric heater depends on amount of water inside, mass-dimensional characteristics of the desalination plant and heat transfer with the environment. Algorithm for power selection is developed.