

шипника 1032930 ТВД в двигателе семейства ПС-90, имеют значительные расхождения с эксплуатационными данными. Наибольшую достоверность дают варианты 3 и 4.

2. Для совершенствования методики расчёта необходимы экспериментальные данные по контактной усталости подшипниковых стале́й для большого числа циклов нагружений  $N > 10^8$ , что особенно актуально для двигателей с большим ресурсом – 30 тысяч часов и более.

#### Библиографический список

1. Методика расчётной оценки долговечности подшипников качения авиационных двигателей и их агрегатов, требования к кон-

структивным параметрам опор. ЦИАМ, АО ВНИПП. – М.: 1996.

2. Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник. – М.: Машиностроение, 1975. 572 с.

3. SKF2006. Каталог 6000RU – октябрь 2006. 1129 с.

4. Беломытцев О.М. Определение влияния различных факторов на зазоры (натяги) и влияние натягов на распределение нагрузки по телам качения в быстроходных роликоподшипниках // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С.П. Королева, №3 (19), Ч. 3 – Самара: Самарский гос. аэрокосм. ун-т., 2009. С. 67-75.

УДК 621.59

## ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ИСТОЧНИКОВ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА

©2016 Д.А. Угланов, А.О. Согонова, А.И. Довгялло

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### EVALUATION OF LOW-GRADE HEAT SOURCES ENERGY CAPACITY

Uglanov D.A., Sogonova A.O., Dovgyallo A.I. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article presents the calculation results of low-grade heat source energy capacity taking into account their phase state. The calculations have been performed for six working agents: methane, argon, krypton, nitrogen, oxygen, hydrogen.

В настоящее время криогенные вещества могут использоваться в жидком, газообразном и твёрдом состоянии. Во всех случаях существует возможность использовать низкотемпературный потенциал криопродукта. Механизм преобразования криогенной энергии будет осуществляться с учётом его фазового состояния в соответствии со схемой, представленной на рис. 1. Из схемы видно, что эффективность использования низкопотенциальной энергии криопродукта влияет энергия потенциала его фазового перехода.

На основании справочных данных [1] составлена энергетическая диаграмма преобразования криогенной энергии при фазовых переходах для различных веществ (рис. 2).

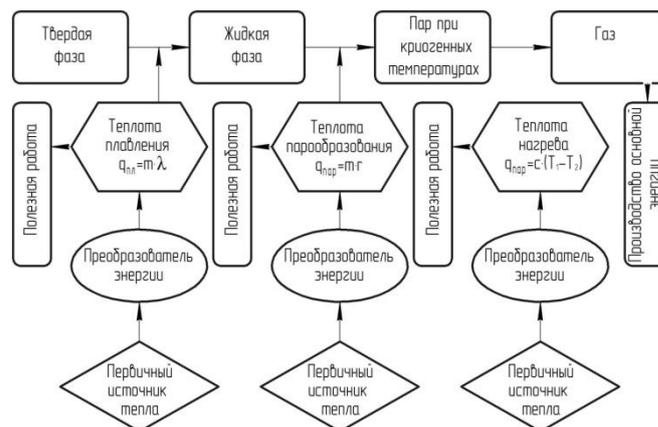


Рис. 1. Механизм преобразования криогенной энергии

Криопродукт имеет температуру  $T_2 = 20\text{--}150\text{K}$ , а температура окружающей среды  $T_1 = 250\text{--}300\text{K}$ . Таким образом, два различных температурных уровня позволяют создать энергетическую машину.

КПД такой системы по циклу Карно (рис.3), определяется следующим образом:

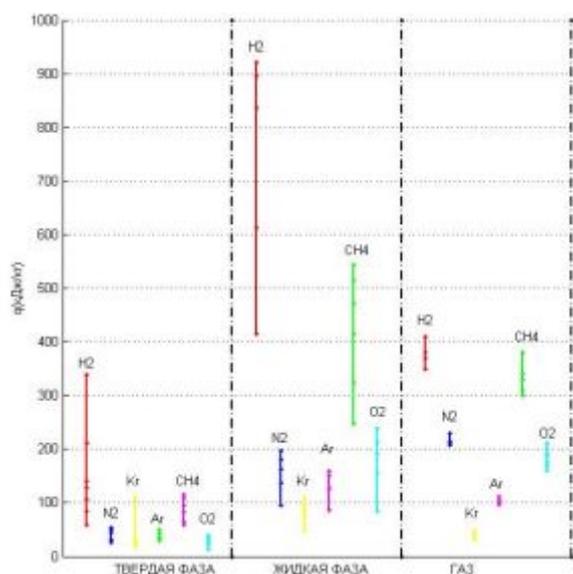


Рис. 2. Энергетическая диаграмма преобразования криогенной энергии при фазовых переходах для различных веществ

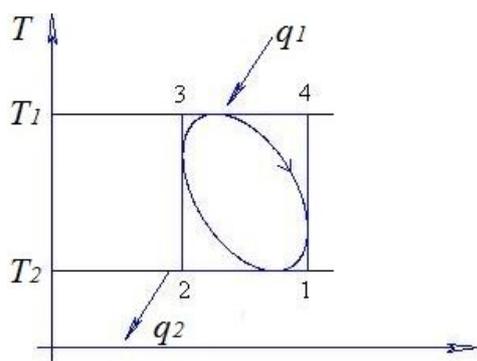


Рис. 3. Термодинамический цикл тепловой машины

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}, \quad (1)$$

$$\eta = \frac{l}{q_1}, \quad (2)$$

$$l = q_1 - q_2 \rightarrow q_1 = l + q_2, \quad (3)$$

$$l = \frac{q_2 \eta}{1 - \eta}, \quad (4)$$

где  $\eta$  - коэффициент полезного действия,  $q_1$  - тепло, подводимое из окружающей среды,  $q_2$  - энергия криопродукта,  $l$  - располагаемая работа по циклу Карно.

Выполнение простейших вычислений (формулы 1-4) при всех представленных выше значениях тепла криопродукта в различных фазовых состояниях (рис. 2) позволяет построить зависимости располагаемой работы по циклу Карно за счёт использования в качестве низшего источника тепла криопродукта в различных фазовых состояниях (рис. 4).

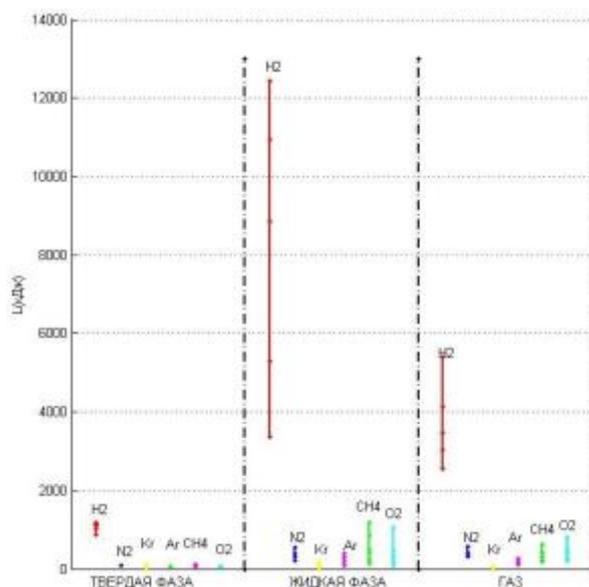


Рис. 4. Располагаемая работа по циклу Карно при использовании в качестве низшего источника тепла криопродукта в различных фазовых состояниях

На полученных диаграммах представлены энергетические характеристики при следующих условиях: Водород  $H_2$ : Твёрдая фаза –  $P = 0,1...54,6$  МПа,  $T = 13,8...80$  К, Жидкая фаза  $P = 0,09...1,1$  МПа,  $T = 20...32$  К, Газ:  $P = 0,09...1,1$  МПа,  $T = 20...35$  К; Азот  $N_2$ : Твёрдая фаза –  $P = 0,1...3,0$  МПа,  $T = 63...120$  К, Жидкая фаза  $P = 0,17...2,52$  МПа,  $T = 77,4...120$  К, Газ:  $P = 0,17...2,52$  МПа,  $T = 80...120$  К; Криптон ( $Kr$ ): Твёрдая фаза –  $P = 0,1...2,4$  МПа,  $T = 116,6...180$  К, Жидкая фаза  $P = 0,1...4,22$  МПа,  $T = 120...200$  К, Газ:  $P = 0,1...4,22$  МПа,  $T = 120...200$  К; Аргон ( $Ar$ ): Твёрдая фаза –  $P = 0,1...3,16$  МПа,  $T = 83...140$  К, Жидкая фаза  $P = 0,1...3,16$  МПа,  $T = 83...140$  К, Газ:  $P = 0,1...3,16$  МПа,  $T = 83...140$  К; Метан  $CH_4$ : Твёрдая фаза –  $P = 0,1...3,6$  МПа,  $T = 90...180$  К, Жидкая фаза  $P = 0,012...3,24$  МПа,  $T = 91...180$  К, Газ:  $P = 0,012...3,24$  МПа,  $T = 110...180$  К; Кислород  $O_2$ : Твёрдая фаза –  $P = 0,1...4,0$  МПа,  $T = 54...150$  К, Жидкая фаза  $P = 0,001...4,2$  МПа,  $T = 54...150$  К, Газ:  $P = 0,01...4,2$  МПа,  $T = 54...150$  К.

Полученные данные позволяют применять их для решения задач повышения энергоэффективности криогенных систем за счёт использования их низкопотенциального тепла

#### Библиографический список

1. Jacobsen, Richard T. Thermodynamic properties of cryogenic fluids / Springer Science Business Media New York. 312p.