

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЦИЛИНДРОВЫХ ВТУЛОК ДВИГАТЕЛЕЙ ФИРМЫ
MAN B&W СЕРИИ S70 И S80

В.П. Савчук

Произведен анализ надежности цилиндровых втулок малооборотных судовых дизельных двигателей производства фирмы MAN B&W серий S70MC и S80MC. Используются статистические данные скорости изнашивания 696-ти цилиндровых втулок. Для определения вероятности возникновения предельно-допустимой скорости изнашивания рабочей поверхности цилиндрической втулки использованы статистические законы: нормального распределения и Вейбулла-Гнеденко, для которых определены параметры распределения. На основании использования критерия Пирсона установлено, что наиболее точно эмпирическому распределению скорости изнашивания соответствует аппроксимирующая функция закона Вейбулла-Гнеденко. Полученная аппроксимирующая функция позволяет установить реальные показатели долговечности, которые отвечают заданным показателям надежности цилиндровых втулок

THE ANALYSIS OF RELIABILITY OF CYLINDER LINERS OF ENGINES OF FIRM
MAN B&W SERIES S70 AND S80

V.P.Savchuk

The analysis of reliability of cylinder liners on low speed marine diesel engines of production of firm MAN B&W series S70MC and S80MC is effected. 696 cylinder liners are used the statistical given wear rates. For definition of probability of origin of a maximum-permissible wear rate of a working surface of the cylinder liner was used statistical laws: Gaussian distribution and Weibull-Gnedenko for whom it is defined distribution parameters. On the basis of usage of criterion of Pirsona it was established that it is the most exact to empirical distribution of a wear rate to most precisely empirical distribution there matches approximating function of the law of Weibull-Gnedenko. The received approximating function allows to install real parameters of durability which answer the set parameters of reliability of cylinder liners.

УДК 621.431.3

М.Р. Ткач, Б.Г. Тимошевский, С.М. Доценко, Ю.Н. Галынкин

ВЛИЯНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ
НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА МЕТАЛЛОГИДРИДНОЙ УСТАНОВКОЙ
НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Показано, что при утилизации тепла малооборотных ДВС КПД металлгидридной утилизационной установки непрерывного действия с регенерацией энергии может превысить 25%. Определены температурные напоры в регенерационном теплообменнике в зависимости от степени регенерации и температуры десорбции. Даны рекомендации по применению существующих гидридообразующих материалов. Показано, что КПД утилизационной установки составляет 25% в случае использования материала $ZrCrFe_{1,6}$ при $P_{max}=15$ МПа, $P_{min}=0,5$ МПа, $\eta_{PM}^P=0,9$, $\eta_H^P=0,9$, $r_t=0,8$ $T_0=450$ К.

Постановка проблемы. Двигатели внутреннего сгорания являются одним из наиболее эффективных преобразователей химической энергии топлива в механическую работу. Высокая надежность и эффективность привели к их широкому распространению на наземном и водном транспорте, в стационарной энергетике. Эффективность ДВС оценивается эффективным КПД, наибольшее значение которого достигнуто в малооборотных двигателях и составляет 45-51% [1, 2, 3]. Это значение близко к предельному на современном технологическом уровне. Одним из путей повышения эффективности малооборотных ДВС является утилизация их вторичных энергоресурсов с целью выработки механической энергии. К вторичным энергоресурсам ДВС традиционно относят тепловую энергию выхлопных газов, наддувочного воздуха, охлаждающей воды и циркуляционного масла. Особенностью тепла вторичных энергоресурсов малообо-

ротного двигателя является низкий температурный уровень, который, как правило, не превышает 520 К.

Обзор публикаций. Использование принципов поглощения/выделения водорода гидридообразующим материалом позволило создать ряд гидридных машин: тепловые насосы [4], холодильные машины [5], компрессоры водорода [6]. Однако они работают циклически, что ведёт к снижению эффективности и увеличению массогабаритных показателей, по сравнению с непрерывно работающими машинами.

Известна возможность некоторых гидридных материалов поглощать водород, находясь в слое инертной к реакции адсорбции/десорбции жидкости [7, 8]. На этой основе появилась возможность создавать гидридные машины непрерывного действия, где гидридообразующий материал перекачивается между реакторами. Термодинамическому ана-

лизу применения гидридной суспензии в тепловом насосе посвящена работа [9]. Более подробное описание теплообменных процессов приведено в [10]. В ряде работ теоретически исследованы процессы, происходящие в гидридных суспензиях при поглощении/выделении водорода [11, 12].

Благодаря использованию различных гидридообразующих материалов, температурный режим гидридной машины может быть согласован с температурным режимом вторичных энергоресурсов малооборотного ДВС, что позволит эффективно утилизировать низкопотенциальное тепло малооборотных ДВС [13]. Возможность использовать гидридные машины непрерывного для утилизации низкопотенциального тепла двигателя предложена в [14].

В металлогидридной утилизационной установке выявлена возможность повышения КПД путём регенерации тепловой энергии в регенерационном теплообменнике, и регенерации механической энергии – в гидравлической машине, приводящей подкачивающий насос (блок таких устройств назван турбонасосным агрегатом (ТНА)) [15].

Изложение основного материала. При утилизации тепла вторичных энергоресурсов малообо-

ротного ДВС, источником тепла утилизационной металлогидридной установки (рис. 1) служит промежуточный теплоноситель, циркуляцию которого обеспечивает циркуляционный насос 8 последовательно через десорбер 9, утилизационные теплообменники отходящих газов 4 после утилизационного парогенератора 3, наддувочного воздуха 5 за турбокомпрессором 2 и охлаждающей жидкости 6 ДВС 1. В металлогидридной установке выделяют контуры циркуляции водорода и суспензии металлогидрида. Водород высокого давления, генерируется в десорбере 9, нагревается в перегревателе водорода 7, и поступает в турбогенератор 16, где происходит преобразование его потенциальной энергии в механическую энергию. Это сопровождается снижением давления и температуры потока водорода. Поток водорода низкого давления последовательно подогревается (в рассматриваемом варианте схемы) в охладителе наддувочного воздуха – 15, конечном охладителе 12 и поступает в сорбер 11. Здесь происходит поглощение водорода суспензией металлогидрида с низкой водородоёмкостью, сопровождаемое повышением водородоёмкости суспензии и выделением теплоты сорбции.

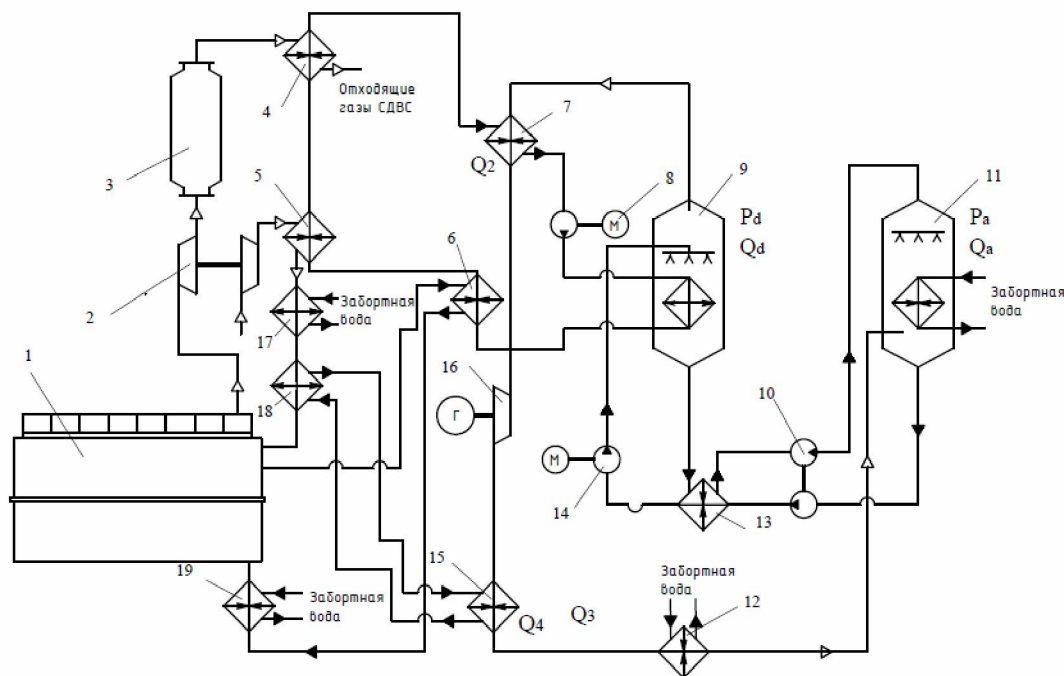


Рис. 1. Технологическая схема утилизации тепла ДВС:

1 - ДВС, 2 - турбокомпрессор, 3 - утилизационный парогенератор, 4, 5, 6 - утилизационные теплообменники отходящих газов, наддувочного воздуха и охлаждающей жидкости, 7 - перегреватель водорода, 8 - циркуляционный насос промежуточного контура, 9 - десорбер, 10 - турбонасосный агрегат, 11 - сорбер, 12 - конечной охладитель, 13 - регенеративный теплообменник, 14 - питательный насос, 15 - охладитель, 16 - водородная расширительная машина, 17 - охладитель наддувочного воздуха 2-й ступени, 18 - охладитель наддувочного воздуха 3-й ступени, 19 - конечной охладитель жидкости

Суспензия металлгидрида, насыщенная водородом в сорбере 11, прокачивается насосной секцией турбонасосного агрегата 10, через холодную сторону регенеративного теплообменника 13 и питательным насосом 14 подается в десорбер 9. Здесь, за счет подвода теплоты десорбции, происходит выделение водорода из металлгидрида и снижение водородоемкости суспензии, которая затем направляется через горячую сторону регенеративного теплообменника 13 и турбинную часть турбонасосного агрегата 10 в сорбер 11.

Достижение необходимой температуры охлаждающей жидкости ДВС осуществляется (при необходимости) в конечном охладителе жидкости 19.

Эффективность утилизационной установки определена по следующим зависимостям [15]:

$$\eta_e = \frac{N_{мех}}{Q_n + Q_d + Q_n};$$

$$N_{мех} = N_{рм} - N_{нс} - N_{нз} - N_{нх};$$

$$\ln P_a = \frac{\Delta H}{T_a R} + \frac{\Delta S}{R};$$

$$\ln P_d = \frac{\Delta H}{T_d R} + \frac{\Delta S}{R};$$

$$P_2 = P_d v_2;$$

$$P_3 = \frac{P_a}{v_3};$$

$$N_{рм} = \Delta G_H (H_H f(P_2, T_2) - H_H f(P_3, S_2)) \eta_{вн};$$

$$N_{нс} = \Delta V_{свс} (P_d - P_a);$$

$$N_{нз} = \Delta V_{ГТ} \Delta P_G;$$

$$\Delta V_{ГТ} = \frac{G_{ГТ}}{\rho_{ГТ}};$$

$$G_{ГТ} = \frac{Q_G}{C_P^{ГТ} (T_{2Г} - T_{1Г})};$$

$$N_{нх} = \Delta V_{ХТ} \Delta P_X;$$

$$\Delta V_{ХТ} = \frac{G_{ХТ}}{\rho_{ХТ}};$$

$$G_{ХТ} = \frac{Q_X}{C_P^{ХТ} (T_{2X} - T_{1X})};$$

$$Q_n = (G_{МГ} C_P^{МГ} + G_{НОС} C_P^{НОС}) (T_d - T_a);$$

$$c_{МГ} = \frac{G_H}{G_{МГ}};$$

$$Q_d = G_H \Delta H;$$

$$Q_n = G_H C_P^H (T_2 - T_d).$$

Известно, что КПД гидридной утилизационной установки без регенерации механической и

тепловой энергии не превышает 8,3 % [15]. Эффективность таких установок может быть существенно повышена за счет использования регенерации механической и тепловой энергии. Регенерация механической энергии позволяет уменьшить затраты на перекачку гидридной суспензии благодаря выработке дополнительной механической энергии в турбонасосном агрегате 10 (см. рис. 1). Регенерация тепловой энергии обеспечивает снижение количества подводимой тепловой энергии для нагрева суспензии перед десорбером за счет охлаждения суспензии после десорбера. Это реализуется в дополнительном регенерационном теплообменнике 13.

Определение влияния регенерации на эффективность утилизационной установки основано на описанном выше алгоритме. Мощность турбинной секции ТНА:

$$N_{PM}^P = \Delta V_{свс} (P_d - P_a) \eta_{PM}^P.$$

Мощность насосной секции ТНА:

$$N_H^P = N_{PM}^P \eta_H^P = \Delta V_{свс} (P_d - P_a) \eta_{PM}^P \eta_H^P.$$

Влияния регенерации механической энергии рассмотрено в диапазоне значений коэффициентов полезного действия расширительной машины и насоса ТНА (η_{PM}^P , η_H^P) 0..0,9. При определении суммарной эффективной мощности утилизационной установки, значение N_H^P вычтено из мощности, необходимой для перекачки суспензии $N_{нс}$.

Определение влияния регенерации тепловой энергии на эффективность утилизационной установки проведено для степени регенерации тепла r_t :

$$r_t = \frac{Q_{нод}}{Q_{омс}} = 0..0,9.$$

Значение температуры суспензии холодного контура после регенеративного теплообменника T_{np} и теплового напора в регенерационном теплообменнике ΔT_{pec} :

$$T_{np} = r_t (T_d - T_a) + T_a;$$

$$\Delta T_{pec} = T_d - T_{np}.$$

Влияние регенерации энергии на эффективность металлгидридной установки непрерывного действия определено для материалов с удельной теплотой гидридообразования $\Delta H = 10...40$ МДж/(моль H_2) и температурой десорбции при давлении одна атмосфера $T^* = 270...320$ К. Приняты ограничения ограничений по минимальному давлению $P_{min} = 0,5$ МПа (точечная линия), максимальному давлению $-P_{max} = 15$ МПа (пунктирная линия). Диапазон варьирования температуры десорбции $T_d = 350...500$ К (рис.2). Результаты расчетов представлены в виде изоли-

ний КПД утилизационной установки для соотношений ΔH и T^* . Области допустимых сочетаний параметров отмечены серым цветом. Существующие гидридообразующие материалы обозначены крестообразными маркерами, химические формулы материалов, которые рационально использовать приведены по данным [16]. В качестве примера на рис. 2 приведены зависимости КПД утилизацион-

ной металлгидридной установки при $\Delta H=10...40$ МДж/(моль H_2), $T^*=270...320$ К, степени регенерации тепловой энергии $r_t=0,9$ и КПД ТНА 0,9. Как следует из приведенных результатов, в указанных условиях максимально достижимый КПД утилизационной металлгидридной установки непрерывного действия несколько превышает 0,25.

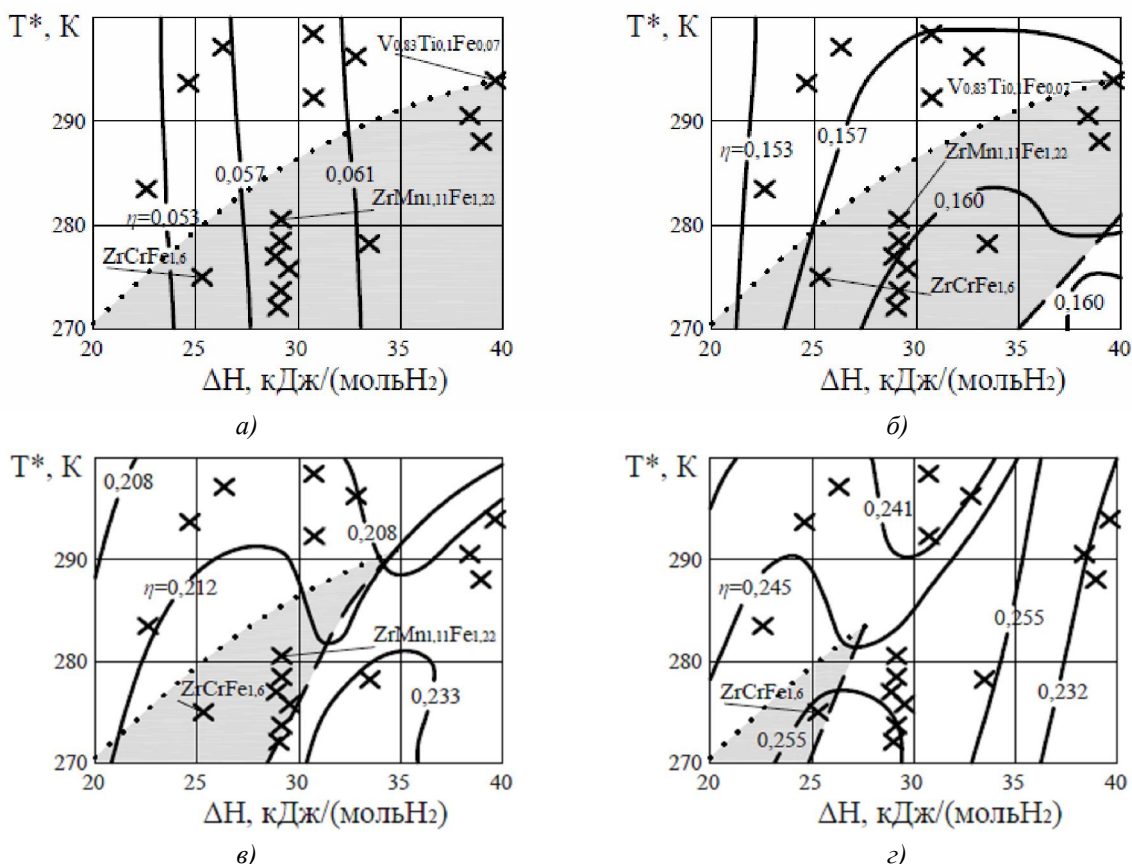


Рис. 2. КПД утилизационной металлгидридной установки непрерывного действия с $r_t=0,9$, КПД ТНА 0,9. Температура десорбции: а) $T_d=350$ К, б) $T_d=400$, в) $T_d=450$ К, з) $T_d=500$ К
x – свойства существующих металлгидридов

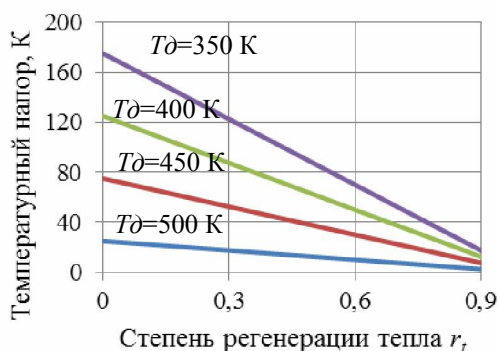


Рис. 3. Температурный напор в регенеративном теплообменнике в зависимости от степени регенерации r_t при различных температурах десорбции T_d

Значение температурного напора в регенеративном теплообменнике уменьшается с ростом степени регенерации (рис.3). Рационально ограничить его минимальное значение величиной $\Delta T=5$ К, при этом максимально допустимое значение степени регенерации тепла составит $r_t=0,9$.

Влияние регенерации тепловой и механической энергии на КПД утилизационной металлгидридной установки непрерывного действия показано на рис. 4. Как следует из приведенных результатов, при изменении КПД ТНА от 0 до 0,9 КПД установки увеличивается на 1-3 % в зависимости от температуры десорбции. Влияние регенерации тепловой энергии более существенно. Так при изменении степени регенерации тепловой энергии r_t от 0 до 0,9 КПД утилизационной установки увеличивается на 14 %.

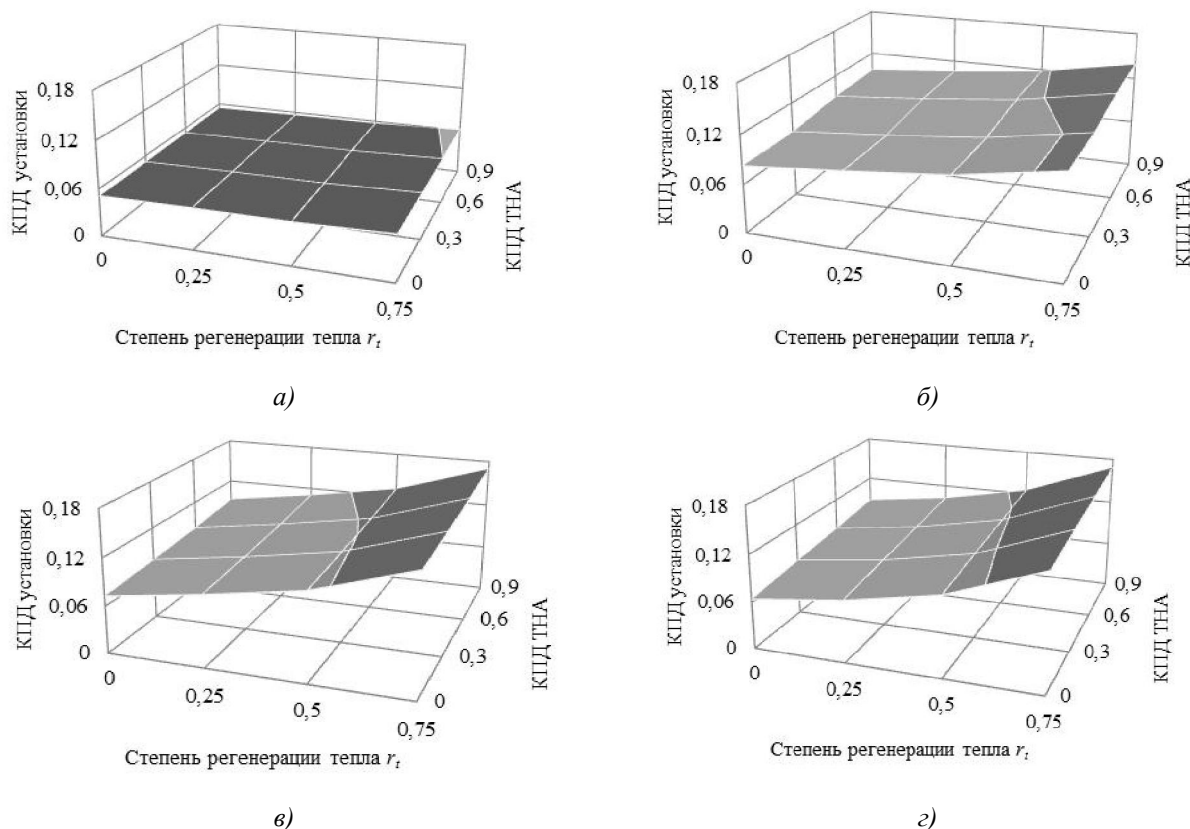


Рис. 4. Эффективность металлгидридной утилизационной установки непрерывного действия с регенерацией энергии при температурах десорбции T_d :

а) $T_d=350$ К, б) $T_d=400$, в) $T_d=450$ К, г) $T_d=500$ К

Выводы

1. Регенерация тепловой и механической энергии позволяет увеличить эффективность утилизации тепла в утилизационных установках непрерывного действия на 3 и 14 %, соответственно.

2. В условиях принятых ограничений ($P_{max}=15$ МПа, $P_{min}=0,5$ МПа, $\eta_{PM}^P=0,95$, $\eta_H^P=0,95$, $r_t=0,9$) рационально использовать максимальное значение температуры десорбции $T_d=450-500$ К.

3. В указанных условиях использование материала $ZrCrFe_{1,6}$ позволит повысить КПД утилизационной установки 25 %.

Список литературы:

1. MAN Diesel & Turbo [Электронный ресурс] / <http://http://apps.mandieselturbo.com/ceas/client/erd.aspx>. 2. Wärtsilä [Электронный ресурс] / <http://www.wartsila.com/en/marine-solutions/products/net> 3. Mitsubishi heavy industries marine machinery & engine co. LTD [Электронный ресурс] / <http://www.mhi-mme.com/products/engine.html>. 4. Srinivasa Murthy, S Metal hydride based cooling systems with hydrogen as working fluid [Text] / S. Srinivasa Murthy // 1st European Conference on Poly-generation. — Tarragona (Spain). — October 2007). — p.p. 199-215. 5. Иньков, А.П. Абсорбционные холодильные металлгидридные машины [Текст] / А.П. Иньков // Холодильная техника. — 1992, № 6. — С. 13-15. 6. Соловей В.В. Повышение эффективности водородных термо-

сорбционных компрессоров / В.В. Соловей, Н.А. Черная // Компрессорное и энергетическое машиностроение. — 2005. — № 2 (2). — С. 98-101. 7. Reyly, J.J. The kinetics of the absorption of hydrogen by $LaNi_5H_x$ — n -undecane suspensions [Text] / J.J. Reyly, J.R. Johnson // Journal of the Less-Common metals, № 104. — 1984. — p.p. 175-190. 8. Gamo, T. Kinetics of the absorption of hydrogen by $LaNi_5H_x$ suspended in aqueous solutions [Text] / T. Gamo, J.R. Johnson, J.J. Reyly // Journal of the Less-Common metals, № 131. — 1987. — p.p. 81-85. 9. Kim, K.J. Heat-driven hydride slurry heats pumps [Text] / K.J. Kim, K.T. Feldman, A. Razani // Refrig, Vol.20, № 5. — 1997. — p.p. 339-351. 10. Beenackers, A.A.S.M. Mass transfer in gas-liquid slurry reactors [Text] / A.A.S.M. Beenackers, W.P.M. Van Swaaij // Chemical Engineering Science, Vol.48, № 18. — 1993. — p.p. 3109-3139. 11. Holstvoogd, R.D. Penetration model for gas absorption with reaction in a slurry containing fine insoluble particles [Text] / R.D. Holstvoogd. K.J. Ptasiński. W.P.M. van Swaaij // Chemical Engineering Science, Vol. 41, No. 4, pp. 867-873, 1986. 12. Snijder, E.D. Theoretical study on hydrogenation catalysts containing a metal hydride as additional hydrogen supply [Text] / E.D. Snijder, G.F. Versteeg, W.P.M. Van Swaaij, // Chemical Engineering Science, Vol. 47, №13/14, 1992 — p.p. 3809-3816. 13 Тимошевский, Б.Г. Эффективность гидридных систем в составе судовых энергетических установок [Текст]: дис. доктор тех. наук : 05.08.05 / Тимошевский Борис Георгиевич. - Николаев, 1991.- 428 с. 14. Патент України 96083354. Металогідрідна енергетична установка [Текст] / Б.Г.Тимошевський, М.Р.Ткач — № 28033; заявл. 27.08.1996; опубл. 16.10.2000, Бюл №5. 15. Ткач М.Р.

Эффективность утилизации низкопотенциального тепла металлгидридными установками непрерывного действия [Текст] / М.Р. Ткач, Б.Г. Тимошевский, С.М. Доценко, Ю.Н. Галынкин // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – №1. – С.35-41. 16. Timoshevsky, B.G. Hydrogen Materials science and Chemistry of Metal hydrides [Text] / B.G. Timoshevsky, M.R. Tkach // 5th International conference, Katsiveli, 1997.

Bibliography (transliterated):

1. MAN Diesel & Turbo [EHlektronnyj resurs] / <http://http://apps.mandieselturbo.com/ceas/client/erd.aspx..2>. Wärtsilä [EHlektronnyj resurs] / <http://www.wartsila.com/en/marine-solutions/products/net> 3. Mitsubishi heavy industries marine machinery & engine co. LTD [EHlektronnyj resurs] / <http://www.mhi-mme.com/products/engine.html>. 4. Srinivasa Murthy, S Metal hydride based cooling systems with hydrogen as working fluid [Text] / S. Srinivasa Murthy // 1st European Conference on Polygeneration. – Tarragona (Spain). – October 2007). – p.p. 199-215.5. In'kov, A.P. Absorbcionnye holodil'nye metallogidridnye mashiny [Tekst] / A.P. In'kov // Holodil'naya tekhnika. – 1992, № 6. – s.s. 13-15. 6. Solovej V.V., CHernaya N.A. Povyshenie ehffektivnosti vodorodnyh termosorbcionnyh kompressorov // Kompessornoe i ehnergeticheskoe mashinostroenie. – 2005. – № 2 (2). – S. 98-101. 7. Reyly, J.J. The kinetics of the absorption of hydrogen by LaNi5Hx – n-undecane suspensions [Text] / J.J. Reyly, J.R. Johnson // Journal of the Less-Common metals, № 104. – 1984. – p.p. 175-190. 8.

Gamo, T. Kinetics of the absorption of hydrogen by LaNi5Hx suspended in aqueous solutions [Text] / T. Gamo, J.R. Johnson, J.J. Reyly // Journal of the Less-Common metals, № 131. – 1987. – p.p. 81-85. 9. Kim, K.J. Heat-driven hydride slurry heats pumps [Text] / K.J. Kim, K.T. Feldman, A. Razani // Refrig, Vol.20, № 5. – 1997. – p.p. 339-351. 10. Beenackers, A.A.S.M. Mass transfer in gas-liquid slurry reactors [Text] / A.A.S.M. Beenackers, W.P.M. Van Swaaij // Chemical Engineering Science, Vol.48, № 18. – 1993. – p.p. 3109-3139. 11. Holstvoogd, R.D. Penetration model for gas absorption with reaction in a slurry containing fine insoluble particles [Text] / R.D. Holstvoogd. K.J. Ptasinski. W.P.M. van Swaaij // Chemical Engineering Science, Vol. 41, No. 4, pp. 867-873, 1986. 12. Snijder, E.D. Theoretical study on hydrogenation catalysts containing a metal hydride as additional hydrogen supply [Text] / E.D. Snijder, G.F. Versteeg, W.P.M. Van Swaaij, // Chemical Engineering Science, Vol. 47, №13/14, 1992 – p.p. 3809-3816. 13. Timoshevskij, B.G. EHffektivnost' gidridnyh sistem v sostave sudovyh ehnergeticheskikh ustanovok [Tekst]: dis. doktor tekhn. nauk : 05.08.05 / Timoshevskij Boris Georgievich. - Nikolaev, 1991.- 428 s. 14. Patent Ukraïni 96083354. Metalogidridna energetichna ustanovka [Tekst] / B.G.Timoshevs'kij, M.R.Tkach — № 28033; zayavl. 27.08.1996; opubl. 16.10.2000, Byul №5. 15. Tkach M.R. EHffektivnost' utilizacii nizkopotencial'nogo tepla metallogidridnymi ustanovkami nepreryvnogo dejstviya [Tekst] / // Dvigateli vnutrennego sgoraniya M.R. Tkach, B.G. Timoshevskij, S.M. Docenko, YU.N. Galynkin, 2014 (in press). 16. Timoshevsky, B.G. Hydrogen Materials science and Chemistry of Metal hydrides [Text] / B.G. Timoshevsky, M.R. Tkach // 5th International conference, Katsiveli, 1997.

Поступила в редакцию 10.06.2014

Ткач Михаил Романович – доктор техн. наук, проф., зав. кафедры теоретической механики Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев, Украина, e-mail: mykhaylo.tkach@gmail.com.

Тимошевский Борис Георгиевич – доктор техн. наук, проф., зав. кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев, Украина, e-mail: btym@mksat.net.

Доценко Сергей Михайлович – канд. техн. наук, доцент, директор Первомайского политехнического института Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, Первомайск, e-mail: admin@ppi.net.ua.

Галынкин Юрий Николаевич – аспирант кафедры Двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев, Украина, e-mail: MerchikDVS@yandex.ru.

ВПЛИВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ УТИЛІЗАЦІЇ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОГО ТЕПЛА МЕТАЛОГІДРОДНОЮ УСТАНОВКОЮ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

М.Р. Ткач, Б.Г. Тимошевський, С. М. Доценко, Ю.М. Галынкин

Показано, що при утилізації тепла малооборотних ДВЗ ККД металогідридної утилізаційної установки безперервної дії з регенерацією енергії може перевищити 25%. Регенерація теплової енергії дозволила підвищити ККД установки на 14%, а механічної енергії на валу двигуна – ще на 3%, залежно від температури десорбції. Визначено температурні напори в регенераційному теплообміннику залежно від ступеня регенерації і температури десорбції. Дано рекомендації щодо застосування існуючих металогідридних матеріалів. Встановлено, що ККД утилізаційної установки становить 25% у випадку застосування матеріалу ZrCrFe_{1,6} при P_{max} = 15 МПа, P_{min} = 0,5 МПа, η_{РМР} = 0,9, η_{НР} = 0,9, r_t = 0,8 T_д = 450 К.

INFLUENCE OF THE ENERGY RECUPERATION ON LOW-GRADE HEAT RECOVERY IN THE METAL-HYDRIDE INSTALLATION OF CONTINUOUS OPERATION

M.R. Tkach, B.G. Tymoshevskyy, S.M. Dotsenko, J.N. Halynkin

It is shown that the heat recovery efficiency for the low-speed ICE based on metal-hydride equipment of the continuous operation and energy recuperation can exceed 25%. Thermal energy recuperation has allowed to increase the efficiency of the installation on 14%, and mechanical energy on the engine crankshaft additionally on 3%, depending on desorption temperatures. It is defined the temperature gradients in the recuperation heat exchanger depending on the range of the recuperation and desorption temperature. It is proposed recommendations on the use of existing metal hydride materials. It is obtained that heat recovery efficiency is 25% if material ZrCrFe_{1,6} is used, and P_{max} = 15 MPa, P_{min} = 0.5 MPa η_{РМР} = 0.9 η_{НР} = 0.9, r_t = 0.8 T_д = 450 K.