

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

УТИЛИЗАЦИЯ НИЗКОПOTЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ДВС 9G80 ME МЕТАЛЛОГИДРИДНОЙ УСТАНОВКОЙ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Разработана T-Q диаграмма вторичных энергетических ресурсов двигателя 9G80ME-C9.2-III. Установлено, что утилизация тепла металлгидридной установкой непрерывного действия позволяет выработать дополнительно до 3,2 МВт механической энергии. При использовании суспензии на основе гидридообразующего материала с 15% $MmNi_{4,5}Al_{0,5}$ и керосина КО 25 рациональное значение температуры десорбции лежит в интервале 360...395 К.

Постановка проблемы

Диапазон мощностей серийных ДВС составляет для фирм MAN 2,2..87,2 МВт, Wartsilä – 3,5..80,1 МВт, Mitsubishi (MHI) – 1,3..35,5 МВт [1,2,3]. Их КПД лежит в интервале 45-51%, увеличиваясь с повышением мощности. Несмотря на высокую термодинамическую эффективность современных ДВС, значительная часть энергии топлива отводится в окружающую среду в виде тепла вторичных энергоресурсов (ВЭР): выхлопных газов, наддувочного воздуха, охлаждающей воды и масла. Отношение величины ВЭР к энергии топлива иллюстрирует диаграмма теплового баланса на примере двигателя 9G80ME-C9.2-III, рис. 1 [1].

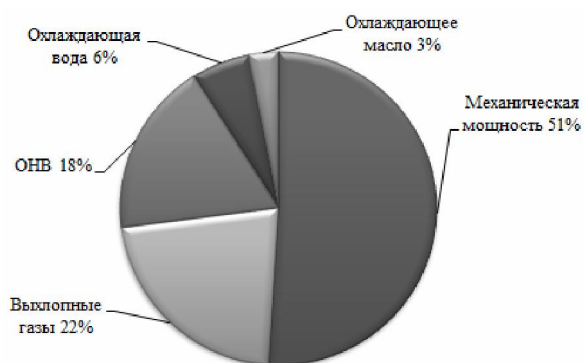


Рис. 1. Тепловой баланс двигателя 9G80ME-C9.2-III MAN B&W (42,3 МВт, 72 об/мин) [1]

Известным путем повышение эффективности малооборотных двигателей является утилизация тепла их ВЭР. Максимальная температура ВЭР современных малооборотных ДВС не превышает 520 К, что осложняет применение традиционных утилизационных систем на базе цикла Ренкина. Возможным путём повышения эффективности современных малооборотных ДВС является преобразование их низкопотенциального тепла в механическую работу на основе металлгидридных утилизационных установок непрерывного действия.

Анализ публикаций

Принцип действия металлгидридных утилизационных установок непрерывного действия за-

ключается в сжатии водорода в термосорбционном компрессоре (ТСК) за счёт подвода тепла (например ВЭР) и преобразовании потенциальной энергии сжатого водорода в механическую работу. Работа ТСК основана на способности ряда материалов (например металлгидридов), поглощать водород при низком давлении и выделять его при высоком. На сегодняшний день для многократного накопления и выделения водорода, а также его хранения в связанном состоянии используются интерметаллиды $LaNi_5$, $FeTi$, $MgNi$ и др. [4]. Эффективность их применения зависит от количества поглощаемого водорода, температуры и давлений десорбции (адсорбции). Важнейшими показателями являются также величина гистерезиса (отношение давления адсорбции к давлению десорбции), и плотность материалов. Так, для одного из наиболее распространённых материалов $MmNi_{4,5}Al_{0,5}$ давление десорбции составляет 3,87 МПа при 500 К, а отношение массы водорода к массе $MmNi_{4,5}Al_{0,5}$, то есть величина сорбционной ёмкости – 0,91 %, рис. 2.

Поглощение водорода гидридообразующим материалом сопровождается выделением теплоты адсорбции, а для выделения водорода – необходим подвод теплоты десорбции. Величина теплоты адсорбции и десорбции составляет 8..15 МДж/(кг H_2) для различных гидридообразующих материалов [5]. Тепловой эффект процесса поглощения/выделения водорода используется в тепловых насосах, холодильных машинах, водородных компрессорах периодического действия [6, 7, 8, 9].

Принципиальным недостатком реализованных схем (периодического действия) является циклическое изменение давления и температуры в тепло-массообменных аппаратах (адсорбере и десорбере), что ведет к снижению термодинамической эффективности за счет необратимых потерь тепла, увеличивает массогабаритные показатели и усложняет схему управления.

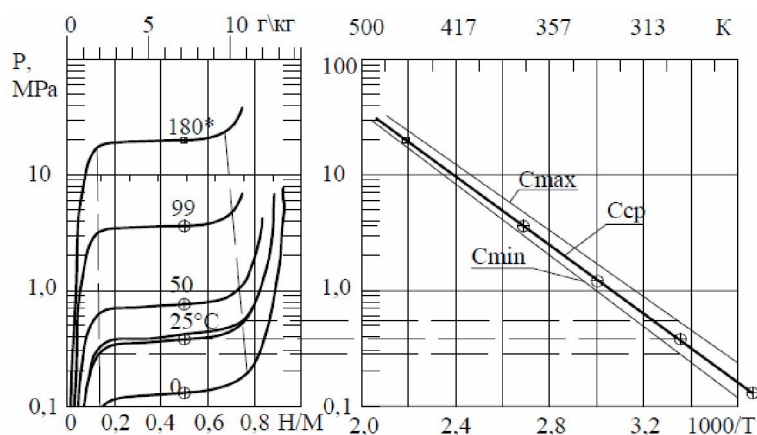


Рис. 2. Свойства гидридообразующего материала $MnNi_{4,5}Al_{0,5}$ [4]

• – получено путём экстраполяции

Эти недостатки возможно устранить путём создания гидридных термосорбционных установок непрерывного действия. Непрерывность работы такой схемы достигается за счёт постоянного перемещения рабочих тел между теплообменными аппаратами. Рациональным, на наш взгляд, является перемещение гидридообразующего материала в составе суспензии на основе жидкости,

практически инертной к процессам адсорбции/десорбции водорода [10].

В металлгидридных утилизационных установках непрерывного действия рис.3 выделяют контуры циркуляции водорода (I), компримирования водорода в ТСК непрерывного действия (II), подвода и отвода тепла (III).

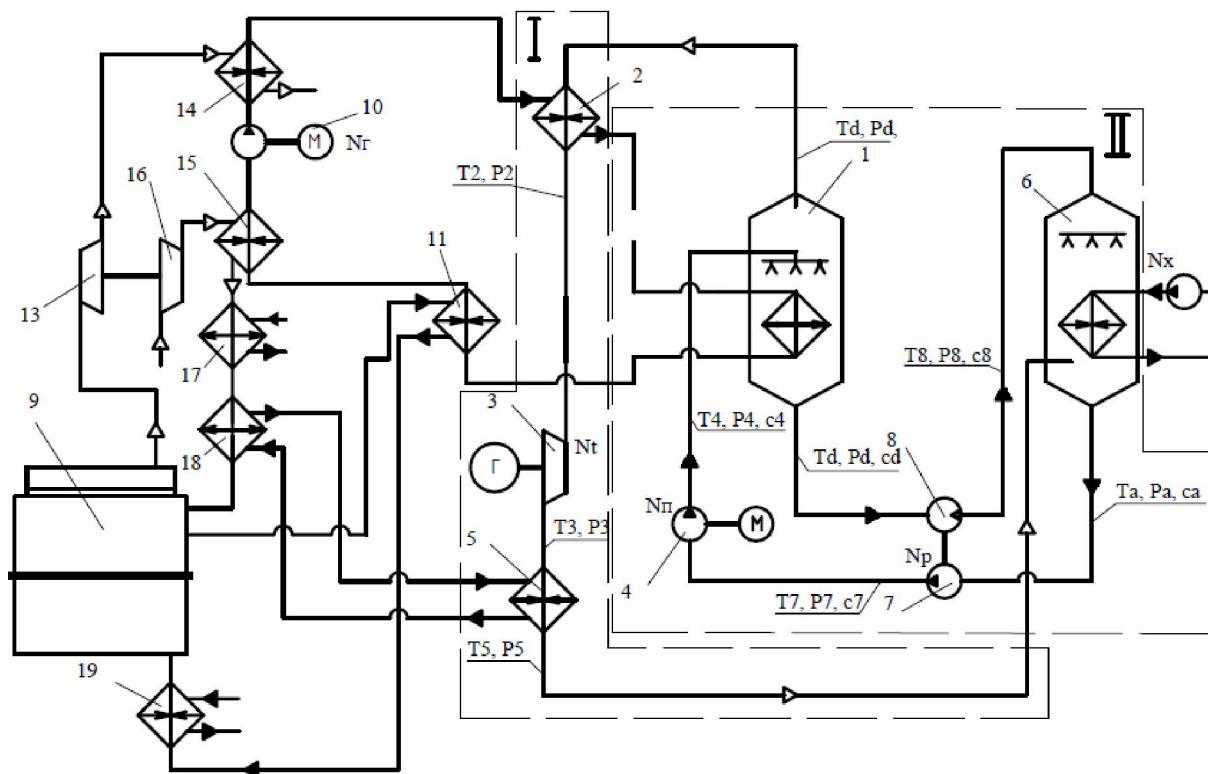


Рис. 3. Технологическая схема утилизации тепла ДВС:

I - контур циркуляции водорода, II - контур компримирования водорода в ТСК, III – контуры подвода и отвода тепла (на рисунке не обозначен)

Водород высокого давления, выделяют в десорбере 1, нагревают в перегревателе водорода 2, и направляют в водородную расширительную машину (РМ) 3, где происходит преобразование его потенциальной энергии в механическую энергию. При этом снижается давление и температура потока водорода. Поток водорода низкого давления последовательно подогревается в конечном охладителе 5 и поступает в адсорбер 6. Здесь происходит поглощение водорода суспензией гидридообразующего материала (с низкой водородоёмкостью), сопровождаемое повышением водородоёмкости суспензии и выделением теплоты адсорбции. Суспензия, насыщенная водородом в адсорбере 6, прокачивается насосной секцией 7 регенерационного турбонасосного агрегата, питательным насосом 4 и подаётся в десорбер 1. Здесь, за счет подвода теплоты десорбции, происходит выделение водорода из металлгидрида и снижение водородоёмкости суспензии, которая затем направляется через турбинную часть 8 турбонасосного агрегата в адсорбер 6 [11].

Изложение основного материала

Показателем эффективности утилизации тепла ДВС является эффективная мощность металлгидридной утилизационной установки непрерывного действия:

$$N_{ie} = N_t - N_n - N_r - N_x$$

где N_t – мощность, которая вырабатывается в РМ, N_n – мощность, потребляемая на перекачку суспензии, N_r – мощность насоса контура подвода тепла, N_x – мощность насоса контура отвода тепла.

Мощность N_t , вырабатываемая в РМ, определяется расходом водорода и располагаемым изотропным теплоперепадом водорода (водород рассматриваемым как реальный газ) [12, 13] при изменении параметров от давления и температуры на входе (P_2, T_2) до давления на выходе P_3 :

$$N_t = G_H [H_2^H(P_2, T_2) - H_3^H(P_3, S_2(P_2, T_2))] \eta_0,$$

где G_H – расход водорода, $H_2^H(P_2, T_2)$ – энтальпия водорода на входе в расширительную машину, $H_3^H(P_3, T_3, S_2(P_2, T_2))$ – энтальпия водорода на выходе из расширительной машины, η_0 – внутренний КПД расширительной машины.

Температура на входе в расширительную машину T_2 определяется максимальной температурой ВЭР двигателя, уменьшенная на величину необходимого температурного напора ΔT_1 . Давление перед расширительной машиной P_2 определяется в

зависимости от давления десорбции P_d , с учетом сопротивления водородного перегревателя и трубопроводов, соединяющих десорбер, перегреватель водорода и расширительную машину

$$P_2 = P_d v_2,$$

где P_d – давление десорбции, v_2 – коэффициент полного восстановления давления, $v_2 = P_d/P_2$. Давление десорбции определяется характеристиками гидридообразующего материала [4], в зависимости от температуры десорбции и содержания в нём водорода (см. рис. 2).

Давление после расширительной машины определяется давлением абсорбции P_a , с учетом сопротивления тракта, соединяющего расширительную машину и абсорбер:

$$P_3 = P_a / v_5,$$

где P_a – давление абсорбции, v_5 – коэффициент полного восстановления давления, $v_5 = (P_d/P_3)$.

Величина давления абсорбции P_a определяется аналогично таковому для десорбции. Температура абсорбции определяется температурой холодного теплоносителя, увеличенной на величину необходимого температурного напора ΔT_2 .

В общем случае мощность, затрачиваемая на перекачку суспензии из адсорбера в десорбер

$$N_n = Q_C (P_d - P_a)$$

где Q_C – объёмный расход перекачиваемой суспензии, м³/с, который состоит из объёма носителя и объёма гидридообразующего материала

$$Q_C = Q_{HC} + Q_{MG} = \frac{Q_{MG}}{c_{HC}} + Q_{MG} = \left(\frac{1}{c_{HC}} + 1 \right) Q_{MG},$$

где c_{MG} – концентрация гидрида в инертной жидкости, Q_{MG} – объёмный расход гидридообразующего материала, $Q_{MG} = G_{MG}/\rho_{MG}$ и зависит от обратной сорбционной ёмкости гидридообразующего материала и массового расхода водорода

$$G_{MG} = \frac{G_H}{c_H}.$$

Потенциальную энергию суспензии, находящейся в десорбере, рационально использовать на частичную компенсацию затрат механической мощности, связанных с перекачкой суспензии. Это реализуется в турбинной части 8 турбонасосного агрегата. Мощность насосной части турбонасосного агрегата 7 определяется из баланса энергии, с учетом КПД его элементов

$$N_p = Q_C (P_d - P_a) \eta_{PT} \eta_{PH},$$

где η_{PT} , η_{HT} – КПД турбинной и насосной части регенерационного турбонасосного агрегата, соответственно. Тогда мощность, затрачиваемая на перекачку суспензии, уменьшится на соответствующую величину N_p

$$N_n = Q_c(P_d - P_a) - N_p.$$

КПД металлгидридной утилизационной установкой непрерывного действия, определяется отношением полученной эффективной мощности N_{te} к затратам утилизируемого тепла Q_y

$$\eta_e = \frac{N_{te}}{Q_y} = \frac{N_t - N_n}{Q_d + Q_n},$$

где N_n – мощность затрачиваемая на перекачку суспензии, Q_d – теплота десорбции, Q_n – тепло перегрева водорода. Количество теплоты, подводимое в десорбере, представим в виде двух составляющих: теплота реакции десорбции и тепло подогрева суспензии от температуры адсорбции до температуры десорбции.

$$Q_d = \Delta H G_H + G_C C_p^C (T_d - T_a),$$

где G_C – расход суспензии, C_p^C – теплоёмкость суспензии, T_d – температура десорбции, T_a – температура адсорбции, ΔH – удельная теплота десорбции, (МДж/кг H_2).

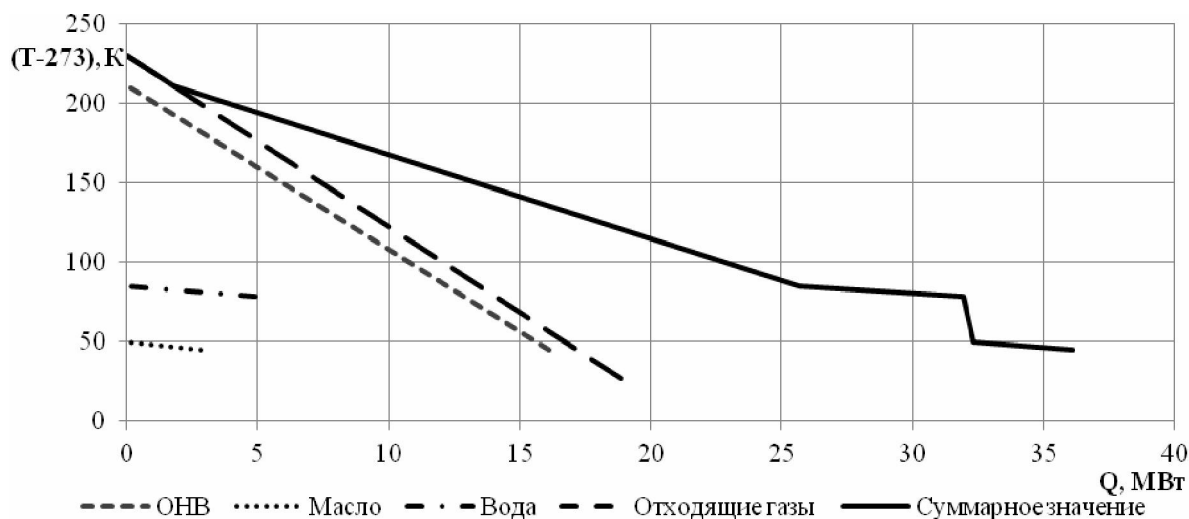


Рис. 4. Потенциал ВЭР двигателя 9G80ME-C9.2-III MAN B&W (T-Q диаграмма)

Давление десорбции определяется по уравнению Вант-Гоффа [4]:

$$\lg P_d = \frac{\Delta H}{T_d R} - \frac{\Delta S}{R},$$

где ΔH – удельная теплота реакции, ΔS – изменение энтропии, R – универсальная газовая постоянная. ΔH и ΔS отнесены к одному молю молекулярного водорода. Уравнение Вант-Гоффа для гидрооб-

теплоёмкость суспензии определена как сумма произведений теплоёмкости компонентов суспензии на массовые доли компонентов

$$C_p^C = C_p^{HC} \frac{G^{HC}}{G^{HC} + G^{MG}} + C_p^{MG} \frac{G^{MG}}{G^{HC} + G^{MG}}.$$

Количество тепла, необходимое для перегрева водорода от температуры десорбции до максимальной температуры T_{max} определяется балансовым соотношением

$$Q_H = G_H C_p^H (T_{max} - T_d).$$

Эффективность металлгидридной утилизационной установки непрерывного действия для двигателя 9G80ME-C9.2-III. Количество располагаемого тепла ВЭР двигателя определено из теплового баланса и представлено в виде T-Q диаграммы (рис 4). Температурные напоры по горячему и холодному теплоносителю принимаются равными $\Delta T=20$ K. Максимальная температура выхлопных газов составляет 504 K, тогда максимальная температура перегрева водорода $T_2=484$ K.

разующего материала $MmNi_{4.5}Al_{0.5}$ представлено в виде:

$$\lg P = 4,56 - \frac{1486}{T}.$$

Величина гистерезиса для материала $MmNi_{4.5}Al_{0.5} - P_d/P_a=1,05$ [4].

Значение теплоты процессов сорбции/десорбции получено обработкой эксперимен-

тальных данных и составляет 27 кДж/(mol H_2), (13,95 МДж/кг H_2).

Плотность $MmNi_{4,5}Al_{0,5}$ составляет $\rho_{MG}=8000$ кг/м³, а теплоёмкость – $C_p^{MG}=480$ Дж/кг К [13]. В качестве варианта инертной жидкости рассматривался керосин КО 25 ГОСТ 11128-65 ($\rho_H=800$ кг/м³, $C_p^H=2100$ Дж/кгК).

Внутренний КПД расширительной машины принимают $\eta_0=0,92$. С целью выявления влияния КПД турбонасосного агрегата, мощность установки определялась для различных значений КПД, находящихся в диапазоне, обеспечивающем общий КПД регенерационного турбонасосного агрегата 0,5-0,9.

Величины коэффициентов полного восстановления давления $v_2=0,96$, $v_5=0,97$ [14]. Концентра-

ция гидридообразующего материала в носителе c_{MG} подбирается так, чтобы отношение объёмного расхода гидридообразующего материала Q_{MG} к объёмному расходу носителя Q_H не превышал 0,15 для обеспечения седиментационной устойчивости суспензии [15].

Температура десорбции T_d может изменяться в диапазоне от температуры адсорбции T_a до максимальной температуры выхлопных газов T_{max} . При этом наблюдаются две противоположные тенденции: с увеличением температуры десорбции T_d , уменьшается количество утилизируемого тепла ВЭР (рис. 5) и, как следствие, – расход водорода G_H в утилизационной системе, что ведёт к уменьшению мощности водородной расширительной машины N_f .

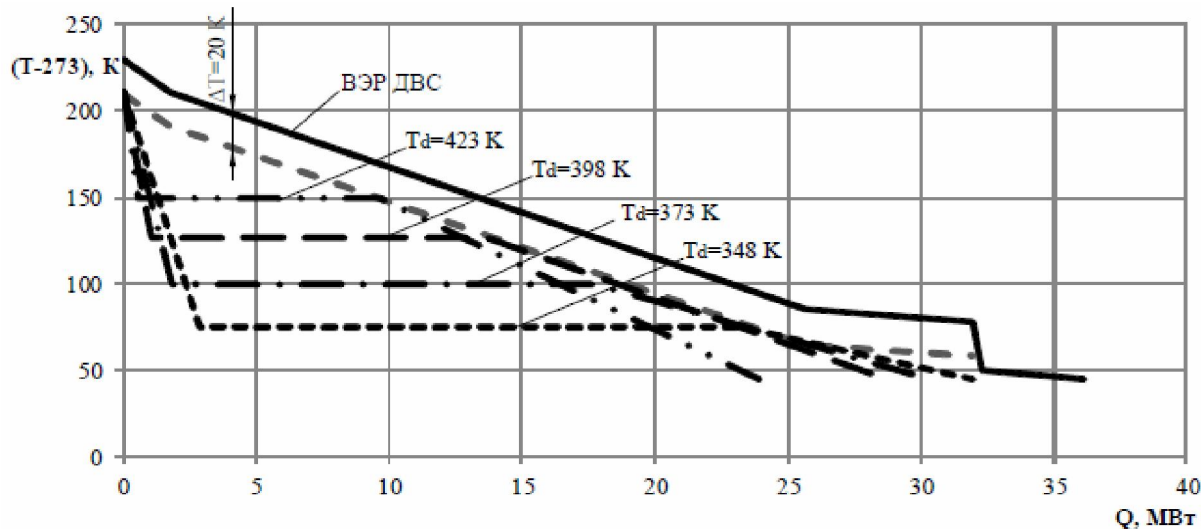


Рис. 5. T-Q диаграмма ДВС и металлгидридной утилизационной установки непрерывного действия

При повышении температуры десорбции, увеличивается давление десорбции P_d , и, соответственно, перепад давлений в РМ, что приводит к увеличению мощности РМ. В рассматриваемом диапазоне параметров изменение температуры десорбции с 350 К до 420 К приводит к уменьшению расхода водорода с 1,35 кг/с до 0,65 кг/с, а перепад давлений в РМ возрастает с 0,25 до 13 (рис. 6).

Как следует из полученных результатов, мощность утилизационной установки составляет 2,6–3,3 МВт (рис. 7). Исследование влияния параметров на мощности утилизационной установки непрерывного действия выполнено в диапазонах $T_d=325..425$ К, $\eta_{ТНА}=0,5..0,95$, для $\Delta T=20$ К, $\eta_0=0,92$.

Значения максимальной мощности 3,0–3,2 МВт достигают при температуре десорбции $T_d=360-395$ К, и большим значениям соответствуют больший КПД ТНА.

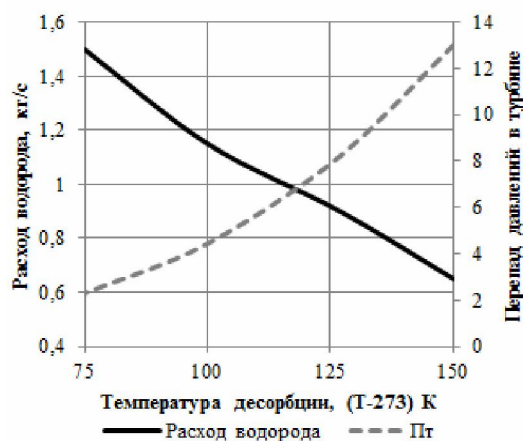


Рис. 6. Влияние температуры десорбции на расход водорода и перепад давлений в РМ

Снижение КПД элементов ТНА ведет к увеличению мощности питательного насоса, что снижает эффективную мощность утилизационной установки. Диапазон рациональных температур де-

сорбции, соответствующих мощности установки 3,0-3,2 МВт, сужается с 360-395 К при $\eta_{PT}=0,94$ до 365-390 К при $\eta_{PT}=0,80$. При значении $\eta_{PT}=0,7$ указанный диапазон мощностей не достигается во всем рассматриваемом диапазоне температуры десорбции.

В качестве иллюстрации, параметры утилизационной установки, работающей при температуре десорбции $T_d=373$ К и $\eta_{PM}=0,94$, приведены в таблице 1.

Выводы

1. Утилизация тепла ВЭР двигателя 9G80ME-C9.2-TH (42,3 МВт, 72 об/мин) металлгидридной утилизационной установкой непрерывного действия обеспечивает выработку дополнительной механической мощности 3,0-3,2 МВт, что составляет 6,3-7,4 % мощности ДВС.

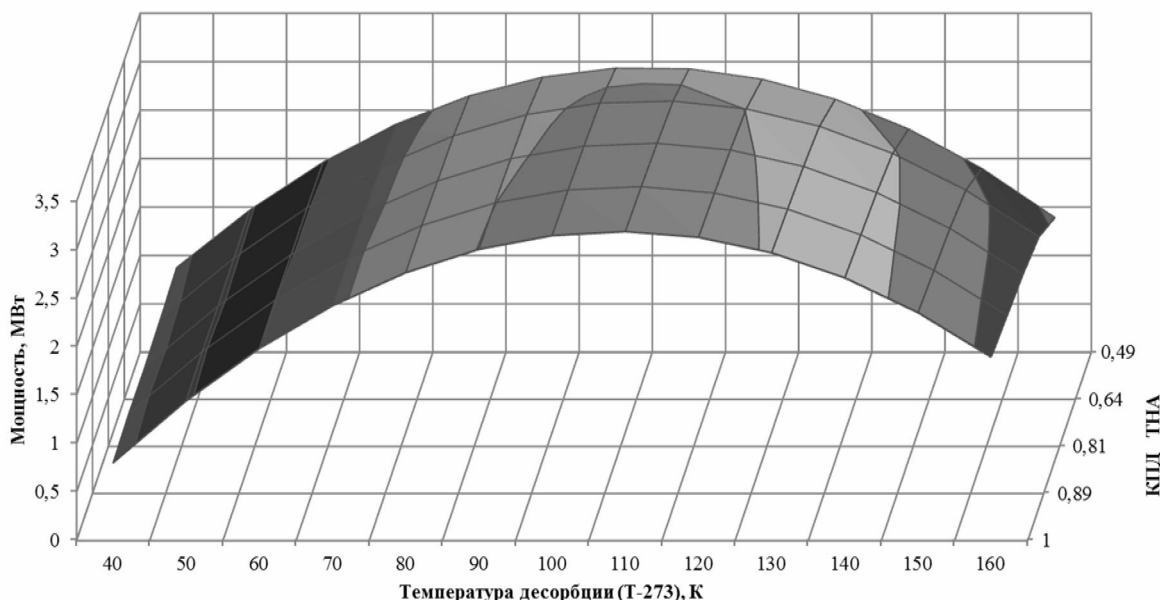


Рис. 7. Эффективная мощность металлгидридной утилизационной установки непрерывного действия

Таблица 1 – Параметры утилизационной установки ДВС 9G80 ME MAN V&W ($T_d=373$ К, $\eta_{PM}=0,94$)

Параметр	Десорбер	Перегреватель	PM	Адсорбер	Насос ТНА	Детандер ТНА	Питательный насос
Расход, кг/сек	137	1,15	1,15	137	137	137	137
Давление, МПа	3,76	3,65	0,83	0,48	3,44	0,48	3,76
Температура, К	373	484	284	373	318	373	318
Концентрация H_2 , %	0,17	-	-	1,00	-	-	-

2. Рациональный диапазон температур десорбции применительно к металлгидридной суспензии на основе $MmNi_{4,5}Al_{0,5}$ и параметрам ДВС– $T_d=360-390$ К.

3. Повышение КПД регенеративного турбонасосного агрегата с 0,5 до 0,9 приводит к увеличению мощности утилизационной установки от 2,8 до 3,2 МВт.

Список литературы:

1. MAN Diesel & Turbo [Электронный ресурс] // <http://apps.mandieselturbo.com/ceas/client/erd.aspx>
 2. Wärtsilä [Электронный ресурс] <http://www.wartsila.com/en/marine-solutions/products/netGTD> 3. Mitsubishi heavy industries marine machinery & engine co. LTD [Электронный ресурс] / <http://www.mhi-mme.com/products/>

engine.html 4. Колачёв, Б.А. Сплавы-накопители водорода [Текст]: Справочник / Б.А. Колачёв, Р.Е. Шалин, А.А. Ильин. — М: Металлургия, 1995. — 384 с. 5. Daren, P. Hydrogen Storage Materials [Text] / Darren P. Broom. — Springer-Verlag London Limited, 2011. — 258. — ISBN 978-0-85729-220-9. 6. 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. 7. Иньков, А.П. Абсорбционные холодильные металлгидридные машины [Текст] / А.П. Иньков // Холодильная техника. — 1992, № 6. — с.с. 13-15. 8. Ижванов Л. А. Разработка гидридных тепловых насосов [Текст] / Л. А. Ижванов, А. И. Соловей // Российский химический журнал, 2001, т. XLV, № 5 - 6. — с.с. 112-118. 9. 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. 10. Патент України 96083354.

Металогідридна енергетична установка [Текст] / Б.Г.Тимошевський, М.Р.Ткач — № 28033; заявл. 27.08.1996; опубл. 16.10.2000, Бюл №5. 11. Ткач, М.Р. Утилізація низькопотенціального тепла малооборотних ДВС на базі гідридної технології [Текст] / М.Р. Ткач, Б.Г. Тимошевський, С.М. Доценко, Ю.Н. Галынкин. // *Авиационно-космическая техника и технология*, 2013, №8(105). — с.с. 61-66. 12. Leachem, J.W. *Fundamental Equations State for Parahydrogen, Normal Hydrogen, and Orthohydrogen* // J.W. Leachem, R.T. Jacobsen, S.G. Penoncello, E.W. Lemmon / *J.Phys.Chem. Ref.Data*, 2009, Vol.38, No 3, P. 721 -748. 13. Александров, А.А. Свойства и процессы рабочих тел и материалов атомной энергетики [Электронный ресурс] / А.А. Александров, К.А. Орлов, В.Ф. Очков / http://twf.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/NPP/tab1_3_1_pt.xmcd. 14. Ващиленко, М.В. Оптимізаційні розрахунки термодинамічних циклів в суднових і енергетичних ГТА в задачах автоматизованого проектування [Текст] / М.В. Ващиленко. — Миколаїв: УДМТУ, 2003. — 44с. 15. Lasher, S. *Technical Analysis of Hydrogen Production: Evaluation of H₂ Mini-Grids* [Text] / Stephen Lasher, Jayanti Sinha / *Final Technical Report* // U.S. Department of Energy. — May 3, 2005, p8.

Bibliography (transliterated):

1. MAN Diesel & Turbo [Elektronnyi resurs] / <http://apps.mandieselturbo.com/ceas/client/erd.aspx> 2. Wärtsilä [Elektronnyi resurs] / <http://www.wartsila.com/en/marine-solutions/products/netGTD> 3. Mitsubishi heavy industries marine machinery & engine co. LTD [Elektronnyi resurs] / <http://www.mhime.com/products/engine.html> 4. Kolachyov, V.A. *Splavy-nakopiteli vodoroda* [Text]: Spravochnik / V.A. Kolachyov, R.E. SHalin, A.A.

И'ин. — М: *Metalurgiya*, 1995. — 384 s. . — ISBN 5-229-01147 5. Daren, P. *Hydrogen Storage Materials* [Text] / Darren P. Broom. — Springer-Verlag London Limited, 2011. — 258 . — ISBN 978-0-85729-220-9. 6. Timoshevskii, B.G. *E'ffektivnost' gidridnyh sistem v sostave sudovyh e'nergeticheskikh ustanovok* [Text]: *dis. doktor teh. nauk* : 05.08.05 / Timoshevskii Boris Georgievich. - Nikolaev, 1991.- 428 s. 10. 7. In'kov, A.P. *Absorbicionnye holodil'nye metallogidridnye mashiny* [Text] / A.P. In'kov // *Holodil'naya tehnika*. — 1992, № 6. — s.s. 13-15. 8. Izhvanov L. A. *Razrabotka gidridnyh teplovyh nasosov* [Text] / L. A. Izhvanov, A. I. Solovej // *Rosiiskii. himicheskii zhurnal*, 2001, t. XLV, № 5-6. — p.p. 112-118. 9. 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. 10. Patent Ukraini 96083354. *Metalogidridna energetichna ustanovka* [Text] / B.G.Timoshevs'kii, M.R.Tkach — № 28033; zayavl. 27.08.1996; opubl. 16.10.2000, Byul №5. 11. Tkach, M.R. *Utilizaciya nizkopotentzial'nogo tepla malooborotnyh DVS na baze gidridnoj tehnologii* [Text] // *Kosmicheskaya tehnika* M.R. Tkach, B.G. Timoshevskii, S.M. Docenko, YU.N. Galynkin. 2013, №8(105). — p.p. 61-66. 12. Leachem, J.W. *Fundamental Equations State for Parahydrogen, Normal Hydrogen, and Orthohydrogen* // J.W. Leachem, R.T. Jacobsen, S.G. Penoncello, E.W. Lemmon / *J.Phys.Chem. Ref.Data*, 2009, Vol.38, No 3, P. 721 -748. 13. Александров, А.А. Свойства и процессы рабочих тел и материалов атомной энергетики [Электронный ресурс] / А.А. Александров, К.А. Орлов, В.Ф. Очков / http://twf.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/NPP/tab1_3_1_pt.xmcd. 14. Vashchilenko, M.V. *Optimizacijni rozrahunki termodynamichnih cikliv v sudnovih i energetichnih GTA v zadachah avtomatizovanogo proektuvannya* [Text] / M.V. Vashchilenko. — Mikołajiv:UDMTU, 2003. — 44s. 15. Lasher, S. *Technical Analysis of Hydrogen Production: Evaluation of H₂ Mini-Grids* [Text] / Stephen Lasher, Jayanti Sinha / *Final Technical Report* // U.S. Department of Energy. — May 3, 2005.

Поступила в редакцию 24.06.2014

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

УТИЛІЗАЦІЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОГО ТЕПЛА ДВЗ 9G80 ME ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТАЛОГІДРИДНОЇ УСТАНОВКИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

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

Наведено розподіл теплового балансу двигуна 9G80 ME MAN B & W-TII і складена T-Q діаграма. Встановлено, що утилізація тепла двигуна 9G80ME-C9.2-TII металогідридною утилізаційною установкою безперервної дії дозволяє виробити додатково до 3,2 кВт механічної енергії. При цьому гідридна суспензія складається з газу КО 25 і гідридоутворюючого матеріалу $MmNi_{4,5}Al_{0,5}$. Рациональне значення температури десорбції становить 360-395 К.

LOW GRADE HEAT RECOVERY FROM ICE 9G80 ME BY THE METAL-HYDRIDE INSTALLATION OF CONTINUOUS OPERATION

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

Distribution of heat balance for engine 9G80 ME and is obtained the T-Q heat diagram is shown. It is defined that heat recovery from engine 9G80ME-C9.2-TII by the metal-hydride installation of continuous operation allows to get additionally up to 3.2 MW of mechanical energy. The metal-hydride suspension consists of kerosene KO 25 and hydride-forming material $MmNi_{4,5}Al_{0,5}$ in this case. Rational value the desorption temperature is 360...395 K.