

otsenki tehnikeskogo sostoyaniya trub gazoprovoda s dlitelnyim srokom ekspluatatsii i ego ostatechnogo resursa (2002) [Deystvuyushchaya ot 15.12.2003]. K. – Kyiv: DK «Ukrtransgaz», 72. 10. ISO 11439-2003. Gas cylinders – High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles // International Standard. ISO. – 2003. – Available: \www/URL: [www/URL: gost_r_iso_11439_v_Rosstandart.pdf](http://www.iso.org/iso/11439_v_Rosstandart.pdf). 11. DNAOP 0.00-1.07-94 Pravila budovi i bezpechnoyi ekspluatatsiyi posudin, shcho pratsyuyut pid tiskom. Zatverdzeni nakazom Derzhnaglyadohoronpratsi Ukraini vid 18.10.94r. N 104. 12. Krinichniy, P. Ya., Karpash, O. M., Rayter, P. M. (2005). Komp'yuterizovani tehnicni zasobi kontrolyu korozivnogo poskodzhennya truboprovodu. Obespechenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti sistem truboprovodnogo transporta: Nauchno-prakticheskiy seminar, Kiev: Ekotehnologiya, 173 – 175. 13. Ivasiv, V. M., Slobodyan, V. I., Rayter, P. M., Ilnitskiy, R. M., Groholskiy, V. V., Buy, V. V., Pirko, V. M., Yanovskiy, S. R., Ivasiv, O. V., Basarab, R. M., Tatarenkov, O. D., Dzhus, A. P.; applicant and patentee Derzhavna Sluzhba gornichogo naglyadu ta promislovoyi bezpeki Ukraini Derzhane pidpriemstvo «Karpatskiy ekspertno-tehnicniy tsentr

Derzhgirpromnaglyadu Ukraini». (10.01.2014). Pristriy dlya vimiryuvannya geometrichnih rozmiriv i viznachennya formi poverhnevih vtrat metalu tila trubi. Patent Ukraini na korisnu model № 86513, MPK G01V 13/00/. Appl. 23.10.2012 № u 2012 12160; Bul. № 1. Available: \www/URL: <http://uapatents.com/5-86513-pristriji-dlya-vimiryuvannya-geometrichnih-rozmiriv-i-viznachennya-formi-poverhnevih-vtrat-metalu-tila-trubi.html>. 14. GOST R 51753-2001. Gosudarstvennyy standart rossiyskoy federatsii. Ballony vysokogo davleniya dlya szhatogo prirodnogo gaza, ispolzuemogo v kachestve motornogo topliva na avtomobilnyh transportnyh sredstvah. M.: Gosstandart Rossii, 20. (Obschie tehnichekie usloviya.) Available: \www/URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51753-2001>. 15. Kiselev, V. K., Stolov, V. P. (2003). Model otsenki prochnosti i konstruktivnoy nadezhnosti gazoprovodov s proizvolno orientirovannymi poverhnostnymi defektami. Nadezhnost i resurs gazoprovodnyh konstruksiy. M.: VNIIGAZ, 67 – 77. 16. Slobodyan, V. I., Dzhus, A. P. (2012). Dopustimiy vnutrishniy tisk dlya defektnih gazoprovodiv. Truboprovodniy transport, №4(76), 26 – 27.

Надійшла (received) 07.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Івасів Василь Михайлович – доктор технічних наук, професор, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, кафедра нафтогазового обладнання; тел. 097-70-97-592; e-mail: ivasivvm@rambler.ru.

Івасів Василь Михайлович – доктор технических наук, профессор, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, кафедра нефтегазового оборудования; тел. 097-70-97-592; e-mail: ivasivvm@rambler.ru.

Ivasiv Vasylych - Dr. of Technical Sciences, Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Department of oil and gas equipment; tel. 097-70-97-592; e-mail: ivasivvm@rambler.ru.

Дзюс Андрій Петрович – кандидат технічних наук, доцент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, кафедра нафтогазового обладнання; тел. 098-95-94-505; e-mail: andriy_dzhus@i.ua.

Дзюс Андрій Петрович – доктор технических наук, профессор, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, кафедра нефтегазового оборудования; тел. 098-95-94-505;

Dzhus Andriy – Ph.D., Associate Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Department of oil and gas equipment; tel. 098-95-94-505; e-mail: andriy_dzhus@i.ua.

Івасів Орест Васильович – інженер, Державне підприємство «Карпатський експертно-технічний центр Держпраці», тел. 050-50-86-493; e-mail: ivasivov@rambler.ru.

Івасів Орест Васильевич – инженер, Государственное предприятие «Карпатский экспертно-технический центр Гоструда», тел. 050-50-86-493; e-mail: ivasivov@rambler.ru.

Ivasiv Orest – Engineer, State Enterprise "Carpathian expert technical center Derzhpratsi", tel. 050-50-86-493; e-mail: ivasivov@rambler.ru.

УДК 621.757

А. А. ПАВЛОВА, С. В. РОМАНОВ, А. Н. ЛАГОДА

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РАЗБОРКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕРМОВОЗДЕЙСТВИЯ

Разработана математическая модель нестационарного теплового процесса, которая представляет собой систему дифференциальных уравнений второго порядка переменной структуры в зависимости от температуры элементов многокомпонентных соединений. Модель может быть использована как для управления нагревом в процессах выплавки наполнителей, так и для управления нагревом при тепловой разборке многоэлементных соединений с натягом. Применение данной модели позволит в значительной степени минимизировать затраты энергии при расформировании многокомпонентных соединений.

Ключевые слова: разборка соединений, индукционный нагрев, нестационарный тепловой процесс, математическая модель.

Введение. Технологические системы (ТС) механосборочного производства, использующие термовоздействие при реализации процессов разборки или выплавки наполнителей, отличается от других ТС нестационарностью, поскольку наряду с вещественными преобразованиями в них происходят периодические тепловые изменения элементов. Среди множества решенных задач теплопроводности и теплопередачи задачи, связанные с нестационарными процессами,

наименее разработанные. Имеющиеся аналитические модели нагрева достаточно громоздки и мало универсальны. Для любой из вновь разработанных моделей, требуется своя специализированная программа расчета.

Анализ исследований и публикаций и постановка проблемы. Для обеспечения минимума энергопотребления и максимальной эффективности работы системы, термовоздействие должно быть скоростным и адресным, т.е. за минимально короткий проме

жуток времени необходимо нагреть только те участки охватывающей детали соединения, расширение которых обеспечит требуемый для разборки тепловой зазор, или участок корпуса в котором содержится легкоплавкий наполнитель, подлежащий выплавке [1].

Электронагрев деталей, по сравнению с другими видами нагрева, более производителен и прост в управлении. Он исключает пережог металла и образование окалины. В механосборочном и ремонтном производствах при разборке соединений с натягом, а также для выплавки наполнителей используется индукционный нагрев. Простота исполнения нагревателя и хорошая управляемость процессом, особенно если использовать ток промышленной частоты, являются его достоинствами.

Достоинства индукционного нагрева являются причиной достаточно широкого распространения в ремонтном производстве технологий разборки на основе термовоздействия. Общепринятые названия этого способа – индукционно-тепловой способ (метод) разборки [2]. Он применяется в судоремонте, ремонте локомотивов, подвижного состава рельсового транспорта, дорожных машин, обогатительного и прессового оборудования и других видов техники. Хорошо зарекомендовал себя этот способ при разборке распредвалов двигателей, элементов рулевого устройства и съеме облицовок с валов в судостроении; разборке элементов колесных пар тепловозов, электровозов и вагонов, в том числе съеме подшипников и др. [3- 6].

Способ начал применяться при ремонте автотранспортной техники и показал свои преимущества перед другими способами в разборке соединений с большими натягами и соединениями с пластической деформацией посадочных поверхностей. Но несмотря на очевидные преимущества разборка индукционно-тепловым способом еще не находит должного применения. Анализ используемых на заводах (г. Киев, г. Харьков) и ремонтных базах технологий, показал, что на 70-80 % используется распрессовка и на 10-15% пламенный нагрев или прогрев горячим маслом. Связано это с отсутствием промышленно выпускаемых установок для индукционного нагрева и не разработанностью вопросов технологии, в частности тепловых режимов разборки.

Общие условия разборки соединений с натягом и режимы индукционного нагрева деталей были определены Андреевым Г.Я. на основе работ по расформированию вагонных колесных пар [7]. В дальнейших исследованиях, выполненных его учениками, были изучены процессы разборки двухэлементных соединений с охватывающими деталями типа гладкая втулка (внутренние кольца подшипников, облицовка валов и др.) с известными посадками. В работах [10, 4, 6] приводятся некоторые данные по технологии разборки крупногабаритных соединений, а в [8] изложены технологически рекомендации, выработанные на основе опыта.

В рассмотренных работах исследовалось только создание рациональных температурных полей с точки зрения образования теплового зазора разборки, приводились данные для расчета необходимой тепловой энергии, полученные полуэмпирическим путем, и разрабатывались методики и программы для расчетов

напряженно-деформированного состояния [8, 9, 11]. Все расчеты выполнялись без учёта потерь тепла в окружающую среду. Результатов исследований, связанных с рациональным использованием тепловой энергии в литературных источниках крайне мало.

Цель работы – разработка теоретических основ, позволяющих минимизировать затраты энергии при расформировании многокомпонентных соединений, разбираемых с помощью электронагрева при ремонте и утилизации.

Разработка математической модели нестационарного теплового процесса. Наиболее эффективен прямой индукционный нагрев, генерирующий тепло в электропроводном материале с удельной мощностью 1 кВт/см^3 и способный создавать неравномерное температурное поле по сечению детали изменяемое во времени, а, как отмечалось выше, именно такой нагрев и предпочтителен [12].

Высокая скорость нагрева и лучшие электрические и тепловые характеристики достигаются с помощью индуктора, охватывающего нагреваемую часть детали (или всю деталь). Это индукторы соленоидного типа. Высокая скорость объясняется более сильным магнитным полем внутри индуктора за счет кольцевого эффекта и эффекта близости [13]. Электрический КПД такого индуктора отражает зависимость (1).

$$\eta_u = 1 / (1 + D1/D2 \sqrt{\rho1 / \mu \rho2}), \quad (1)$$

где $D1$ и $D2$ – внутренний диаметр катушки (по проводникам) и наружный диаметр нагреваемой детали; $\rho1$ и $\rho2$ – удельное сопротивление; μ – относительная магнитная проницаемость материала детали. Как видно, длина детали на η_u влияние не оказывает, а зависит он, в основном, от соотношения диаметров $D1 / D2$. Это условие является также ограничением универсальности индукторов соленоидного типа.

Помимо электрического КПД индукционной установки составляющей частью ее полного КПД является тепловой КПД – η_m .

Общее количество теплоты, затрачиваемое на разборку соединения или на выплавку наполнителя определяется суммой: $Q_o = Q_m + Q_{d(n,l)} + Q_e$, где Q_m – тепло для нагрева охватывающей детали до температуры, обеспечивающей для разборки тепловой зазор или тепло для нагрева корпуса, из которого необходимо извлечь наполнитель, до температуры плавления последнего; $Q_{d(n,l)}$ – тепло, передаваемое в охватываемую деталь или необходимое для расплавления вещества; Q_e – потери тепла в окружающую среду. В случае разборки соединения $\eta_m = Q_m / Q_o$. При выплавке наполнителя $\eta_m = Q_{nl} / Q_o$. Обе величины и η_u и η_m составляют полный КПД индукционной установки, определяемый произведением:

$$\eta = \eta_u \eta_m. \quad (2)$$

Как видно, η_u будет определяться конструкцией индукционной установки и размерами нагреваемой детали. На η_m помимо конструкции нагревателя в значительной мере влияет технологический процесс разъединения компонентов соединения. Особенно яр-

ко это проявляется при выплавке наполнителя из ферромагнитного корпуса т.к. здесь наблюдается изменение агрегатного состояния извлекаемого вещества. В некоторых случаях для извлечения наполнителя не требуется полное его расплавление.

Для составления технологического процесса необходимо иметь полное представление о процессах, происходящих в компонентах соединения.

Наилучшим образом на стадии проектирования это можно сделать, используя математическую модель описываемого процесса. Целесообразно из электротеплоэнергетической выделить ее наиболее инерционную часть - тепловую. Это связано с тем, что постоянные времени тепловых и электроэнергетических процессов различаются между собой на несколько порядков, а управление процессом должно вестись по наиболее инерционной переменной состояния.

Решение общей задачи нестационарного теплового процесса нужно разбить на два этапа. Первый этап, как для случая разъединения двухкомпонентной системы посредством образования теплового зазора, так и для случая выплавки наполнителя из ферромагнитного корпуса, будет описываться одной и той же системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} C_1 d\tau_1/dt &= -\lambda_\theta(\tau_1 - \tau_\theta) - \lambda(\tau_1 - \tau_2) + P_1; \\ C_2 d\tau_2/dt &= \lambda(\tau_1 - \tau_2); \end{aligned} \quad (3)$$

при $\tau_1(0) = \tau_{10}$ и $\tau_2(0) = \tau_{20}$,

где: λ - тепловая проводимость между охватывающей и охватываемой деталями или между ферромагнитным корпусом и наполнителем, а также от корпуса в окружающую среду; λ_θ - тепловая проводимость между охватывающей деталью или ферромагнитным корпусом и окружающей средой; C_1, C_2 - теплоемкости ферромагнитного корпуса и наполнителя, соответственно, а τ_1 и τ_2 - температуры; P_1 - подведенная мощность, т.е. мощность, необходимая только для нагрева.

Так как средняя температура охватываемой детали или вещества наполнителя является величиной неизмеряемой, ее необходимо исключить из математической модели, сведя систему (3) к одному дифференциальному уравнению более высокого порядка. Из первого уравнения системы (3) выделим τ_2

$$\tau_2 = (C_1 d\tau_1/dt + (\lambda + \lambda_\theta)\tau_1 - \lambda_\theta \tau_\theta - P_1) / \lambda. \quad (4)$$

Подставим τ_2 во второе уравнение системы (3)

$$d\tau_2/dt = -\lambda [C_1 d\tau_1/dt + (\lambda + \lambda_\theta)\tau_1 - \lambda_\theta \tau_\theta - P_1] / \lambda - \tau_1 / C_2. \quad (5)$$

Продифференцировав первое уравнение системы (3) по dt , подставив в него (5) и, произведя группировку относительно производных τ_1 , получим:

$$d^2\tau_1/dt^2 + (\lambda_1/c_1 + \lambda_\theta/c_1 + \lambda/c_2) d\tau_1/dt + (\lambda \lambda_\theta/c_1/c_2) \tau_1 = (\lambda/c_1/c_2) P_1 + (\lambda \lambda_\theta/c_1/c_2) \tau_\theta \quad (6)$$

при $\tau_1(0) = \tau_{10}$ и $d\tau_1/dt|_{t=0} = P_1/c_1 - \lambda_1/c_1 (\tau_{10} - \tau_{20}) - \lambda_\theta/c_1 (\tau_{10} - \tau_\theta)$.

Установившееся значение температуры охватывающей детали или ферромагнитного корпуса можно получить из (6), полагая в нем $\tau_{уст} = \tau_1 = \text{const}$

$$\text{т.е.} \quad \tau_{уст} = \tau_1 = P_1/\lambda_\theta + \tau_\theta. \quad (7)$$

Тогда полное решение (6) имеет вид:

$$\tau_1 = D_1 e^{a_1 t} + D_2 e^{a_2 t} + \tau_\theta + P_1/\lambda_\theta. \quad (8)$$

Показатели степени a_1 и a_2 находятся как корни характеристического уравнения (3)

$$a^2 + (\lambda/c_1 + \lambda_\theta/c_1 + \lambda/c_2)a + \lambda \lambda_\theta/c_1/c_2 = 0 \quad (9)$$

Постоянные интегрирования D_1 и D_2 определяются из системы уравнений для начальных условий:

$$\begin{aligned} \tau_{10} &= D_1 + D_2 + \tau_\theta + P_1/\lambda_\theta; \\ d\tau_1(0)/dt &= a_1 D_1 + a_2 D_2. \end{aligned} \quad (10)$$

Полученные решения позволяют, используя (8) и первое уравнение системы (3), найти τ_2 :

$$\tau_2 = c_1 / [\lambda(a_1 D_1 e^{a_1 t} + a_2 D_2 e^{a_2 t})] + \tau_1 + \lambda_\theta/\lambda \tau_1 - \lambda_\theta/\lambda \tau_\theta - P_1/\lambda. \quad (11)$$

Вычитая из (8) уравнение (11), можно найти закономерность изменения разности средних температур τ_1 и τ_2 в функции времени:

$$\Delta\tau(t) = \tau_1(t) - \tau_2(t), \quad (12)$$

которая имеет экстремум при $d\Delta\tau/dt = 0$.

При максимуме $\Delta\tau$ обеспечиваются наилучшие условия для разъединения компонентов соединения, требующих для разборки образование теплового зазора. Зная требуемую величину зазора (а значит $\Delta\tau$) и температуру τ_1 , легко определить максимальную подводимую мощность P_1 .

Для случая выплавки наполнителя первый этап не является заключительным т.к. он позволяет, задавшись τ_1 и τ_2 , оптимально подобрать параметры нагрева только до момента, когда τ_2 достигнет температуры плавления извлекаемого вещества $\tau_{пл}$. Поэтому, второй этап решения задачи будет касаться только процесса выплавки наполнителя.

Баланс энергии до полного перехода вещества наполнителя из твердой фазы в жидкую имеет вид:

$$\begin{aligned} C_1 d\tau_1/dt + \lambda_n (\tau_1 - \tau_{пл}) + \lambda_\theta (\tau_1 - \tau_\theta) &= P_1; \\ q_{пл} dm_n/dt &= \lambda_n (\tau_1 - \tau_{пл}) \end{aligned} \quad (13)$$

При начальных $\tau_1(0) = \tau_{1n0}, \tau_2(0) = \tau_{2n0}, m_n(0) = 0$,

где τ_{1n0} - температура ферромагнитного корпуса, полученная на первом этапе расчетов; m_n - масса расплавленного наполнителя; $q_{пл}$ - удельная теплота плавления вещества; λ_n - коэффициент теплопередачи между ферромагнитным корпусом и расплавленным наполнителем.

Решение системы уравнений (13) представляющей собой два взаимосвязанных, но независимо разрешаемых дифференциальных уравнения, имеет форму:

$$\tau_1 = D_{нл} e^{-t/T_{нл}} + (P_1 + \lambda_n \tau_{нл} + \lambda_\theta \tau_\theta) / (\lambda_n + \lambda_\theta), \quad (14)$$

где $T_{нл} = c_1 / (\lambda_n + \lambda_\theta)$ - постоянная времени процесса плавления вещества-наполнителя; $D_{нл} = (\tau_{1n0} - \tau_{1нк})$ - постоянная, определяемая из начальных условий $\tau_1(0) = \tau_{1n0}$; $\tau_{1нк} = (P_1 + \lambda_n \tau_{нл} + \lambda_\theta \tau_\theta) / (\lambda_n + \lambda_\theta)$ - квазиустановившееся значение температуры ферромагнитного корпуса.

Подставив (14) во второе уравнение системы (13), найдем для заданной массы расплавленного вещества.

$$m = [\lambda_n / q_{пл}] [(\tau_{1нк} - \tau_{нл}) t - T_{нл} (\tau_{1нк} - \tau_{1n0})] + [\lambda_n / q_{пл}] T_{нл} (\tau_{1нк} - \tau_{1n0}) e^{-t/T_{нл}} \quad (15)$$

Для практического использования уравнение (15) целесообразно преобразовать, записав его в относи-

тельных единицах массы и времени, приняв в качестве базовых величин $m_0 = \lambda_n T_{nl} (\tau_{1nk} - \tau_{nl}) / q_{nl}$ – массу расплавленного вещества за время T_{nl} при мощности: $P_{nl} = \lambda_n (\tau_{1nk} - \tau_{nl}) T_{nl}$

Тогда, разделив правую и левую части (15) на m_0 , получим:

$$M = T \cdot [(\tau_{1nk} - \tau_{1n0}) / (\tau_{1nk} - \tau_{nl})] (1 - e^{-T}) \quad (16)$$

где M и T масса расплавленного вещества и время в относительных единицах.

Из уравнения (16) можно определить как время, необходимое для выплавки требуемого количества наполнителя, так и расходующую при этом с учетом теплоотдачи в окружающую среду энергию.

Выводы. Предложенная математическая модель, которая представляет собой систему дифференциальных уравнений второго порядка переменной структуры в зависимости от температуры наполнителя, может быть использована как для управления нагревом в процессах выплавки, так и для управления нагревом при тепловой разборке многоэлементных соединений с натягом.

Список литературы: 1. Арпентьев, Б. М. Новый метод определения составляющих тепловой проводимости [Текст] / Б. М. Арпентьев, А. К. Дука, А. Н. Куцын // Сб. научных трудов ХИСП - №2. – Харьков. - 1997. - С.186. 2. Новиков, М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов [Текст] / М. П. Новиков // М.: Машиностроение - 1980. - 592 с. 3. Калугин, М. Г. Монтаж и ремонт механизмов морских судов [Текст] / М. Г. Калугин // М.: Транспорт - 1971. - 432с. 4. Морозов, А. Н. Индукционно тепловой метод съема шестерен с вала электровозных тяговых двигателей [Текст] / А. Н. Морозов, Н. М. Лактионов // Вестник машиностроения. - 1980. - № 4. - С. 25 – 28. 5. Корсакова, В. С. Сборка и монтаж изделий машиностроения. [Текст] Справочник / В. С. Корсакова, В. К. Замятина // М.: Машиностроение - Т.1 - 1983. - 480 с. 6. Андреев, Г. Я. Съем и насадка облицовок гребных валов индукционно – тепловым методом [Текст] / Г. Я. Андреев, Н. М. Лактионов, А. Н. Морозов, Е. С. Виглин // Судостроение. – 1978. - № 10. – С. 75-78. 7. Андреев, Г. Я. Тепловая сборка колесных пар [Текст] / Г. Я. Андреев // Харьков: ХГУ - 1965. - 227 с. 8. Андреев, Г. Я. Тепловая разборка соединений с натягом [Текст] / Г. Я. Андреев, Б. М. Арпентьев, Б. Г. Кошкин // Технологи-

гия и организация производства. - 1972. - № 1. - С. 96 –99. 9. Андреев, Г. Я. Расчет некоторых параметров тепловой разборки соединений [Текст] / Г. Я. Андреев, Н. М. Лактионов, Е. С. Виглин // Вестник машиностроения. - 1974. - № 7. - С. 31 – 34. 10. Андреев, Г. Я. Индукционно – тепловая разборка соединений с большими натягами при ремонте кузнечно – прессового оборудования [Текст] / Г. Я. Андреев, А. Н. Морозов, Н. М. Лактионов // Кузнечно – штамповочное производство. - 1978. - № 2. - С. 29 – 32. 11. Дука, А. К. Расчет теплового режима составных соединений, собираемых с нагревом. [Текст] / А. К. Дука, Б. М. Арпентьев // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1989. - № 2. - С. 115 – 120. 12. Зенкин, А. С. Сборка неподвижных соединений термическим методом. [Текст] / А. С. Зенкин, Б. М. Арпентьев. // Москва- «Машиностроение» - 1987 - 128 с. 13. Слухоцкий, А. Е. Индукторы для индукционного нагрева [Текст] / А. Е. Слухоцкий, С. Е. Рыскин. // Энергия - Ленинградское отделение – 1974 - 264 с.

Bibliography (transliterated): 1. Arpent'ev, B. M., Duka, A. K., Kucyn, A. N. (1997). Novyj metod opredelenija so-stavljajushhijh teplovoj provodimosti. *Sb. nauchnyh trudov HISP, №2, Har'kov*, 186. 2. Novikov, M. P. (1980). *Osnovy tehnologii sborki mashin i mekhanizmov. Moscow: Mashinostroenie*, 592. 3. Kalugin, M. G. (1971). *Montazh i remont mekhanizmov morskikh sudov. M. – Moscow: Transport*, 432. 4. Morozov, A. N., Laktionov, N. M. (1980). Indukcionno teplovoj metod s shema shesteren s vala jelektrovoznyh t'jagovyh dvigatelej. *Vestnik mashinostroenija*, 4, 25 – 28. 5. Korsakova, V. S., Zamjatina, V. K. (1983). *Sborka i montazh izdelij mashinostroenija. Pod red. T.I.: Spravochnik M.: Mashinostroenie*, 480. 6. Andreev, G. Ja., Laktionov, N. M., Morozov, A. N., Viglin E. S. (1978). S'em i nasadka oblicovok grebnyh valov indukcionno – teplovym metodom *Sudostoenie*, 10, 75-78. 7. Andreev, G. Ja. (1965). *Teplovaja sborka kolesnyh par. Har'kov: HGU*, 227. 8. Andreev, G. Ja., Arpent'ev, B. M., Kokshenev, B. G. (1972). *Teplovaja razborka soedinenij s natjagom Tehnologija i organizacija proizvodstva*, 1, 96 –99. 9. Andreev, G. Ja., Laktionov, N. M., Viglin, E. S. (1974). *Raschet nekotoryh parametrov tep-lovoj razborki soedinenij Vestnik mashinostroenija*, 7, 31 – 34. 10. Andreev, G. Ja., Morozov, A. N., Laktionov, N. M. (1978). *Indukcionno – teplovaja raz-borka soedinenij s bol'shimi natjagami pri remonte kuznechno – pressovogo oborudo-vanija Kuznechno – shtampovochnoe proizvodstvo*, 2, 29 – 32. 11. Duka, A. K., Arpent'ev, B. M. (1989). *Raschet teplovogo rezhima sostavnyh soedinenij, sobiraemyh s nagrevom. Izvestija VUZov. Mashinostroenie*, 2, 115 – 120. 12. Zenkin, A. S., Arpent'ev, B. M. (1987). *Sborka nepodviznyh soedinenij termicheskim metodom. Moskva. «Mashinostroenie»*, 128. 13. Sluhockij, A. E., Ryskin, S. E. (1974). *Induktory dlja indukcionnogo nagreva. Jenergija. Leningradskoe otdelenie*, 264.

Поступила (received) 06.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Павлова Анна Алексеевна – кандидат технических наук, Украинская инженерно-педагогическая академия, доцент кафедры интегрированных технологий в машиностроении и сварочного производства;

Павлова Ганна Олексіївна – кандидат технічних наук, Українська ін-інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва;

Pavlova Anna – Ph.D., Ukrainian Institute zhenerno Pedagogical Academy, assistant professor of integrated technologies in mechanical engineering and welding production;

Романов Сергей Валерьевич – кандидат технических наук, Украинская инженерно-педагогическая академия, доцент кафедры интегрированных технологий в машиностроении и сварочного производства;

Романов Сергей Валерійович – кандидат технічних наук, Українська ін-інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; **Romanov Sergey** – Ph.D., Ukrainian Institute zhenerno Pedagogical Academy, assistant professor of integrated technologies in mechanical engineering and welding production; tel. : 097-240-06-33; e-mail: svrom@rambler.ru

Лагода Анна Николаевна – ассистент, Украинская инженерно-педагогическая академия; Кафедра интегрированных технологий в машиностроении и сварочного производства.

Лагода Ганна Миколаївна – ассистент, Українська інженерно-педагогічна академія; Кафедра інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва.

Lagoda Anna – Assistant, Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy; Chair of integrated technologies in mechanical engineering and welding production.