

7. Samojlenko, A. Ju. Chastotnyj analiz indikatornyh diagramm sudovyh dizelej: monografija /A. Ju. Samojlenko, G. I. Bzhitov, N. S. Shatvorjan.- Novorossijsk: RIO GMU im. adm. F. F. Ushakova, 2016.-172 s.
8. Samojlenko, A. Ju. Ustrojstvo dlja izmerenija temperatury podvizhnogo ob#ekta/A. Ju. Samojlenko, V. A. Shishkin//Avt. Svidet. SSSR № 998875, МКІ-3 G01K13/04. Opubl. 23.02.83.- bjull. № 7.
9. Service Experience of MAN B&W Low Speed Diesel Engines. - 2010. - MAN Diesel & Turbo
- Teglholmegade 41.2450 Copenhagen SV, Denmark.- www.mandieselturbo.com
10. Temperature monitoring system GB-10/KONGSBERG MARITIME AS NO-7005 Trondheim, Norway.- www.kongsberg.com
11. Temperature monitoring system SENTRY GB-100/KONGSBERG MARITIME AS NO-7005 Trondheim, Norway. www.kongsberg.com.

УДК 629.123.

DOI: 10.34046/aumsuomt97/15

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУПЕРАЦИИ НЕФТЯНОГО ГАЗА В ЦЕНТРОБЕЖНОМ СЕПАРАТОРЕ

В. П. Бушланов, доктор физико-математических наук

И. В. Бушланов, кандидат физико-математических наук

В. Г. Новиков, аспирант.

Разработан алгоритм решения системы уравнений технологии рекуперации нефтяного газа в центробежном сепараторе итерационным методом. Показано как задать неизвестное заранее безразмерное число Рейнольдса, начальное распределение параметров в сепараторе и далее предложен алгоритм численного итерационного процесса, в котором на каждой итерации рассчитывается новое более точное значение числа Рейнольдса. Процесс итерации продолжается до тех пор, пока указанное безразмерное число Рейнольдса перестает изменяться.

Ключевые слова: нефтяной газ, центробежная сепарация, уравнения Навье-Стокса, фазовая диаграмма.

ALGORITHM FOR SOLVING THE SYSTEM OF EQUATIONS OF OIL GAS RECOVERY TECHNOLOGY IN A CENTRIFUGAL SEPARATOR

V. P. Bushlanov, I. V. Bushlanov, V. G. Novikov

An algorithm for solving the system of equations for the technology of oil gas recovery in a centrifugal separator by the iterative method has been developed. It is shown how to set an unknown beforehand dimensionless Reynolds number, the initial distribution of parameters in the separator, and then an algorithm for a numerical iterative process is proposed, in which a new more accurate value of the Reynolds number is calculated at each iteration. The iteration process continues until the specified dimensionless Reynolds number stops changing.

Keywords: petroleum gas, centrifugal separation, Navier-Stokes equations, phase diagram.

Введение. В качестве топлива для двигателей Mitsui-MANB&WME-GIE могут использоваться летучие органические соединения (ЛОС), выделяющиеся при погрузке и хранении сырой нефти. Пары, выделяющиеся при погрузке нефтеналивных судов, могут быть сконденсированы, причём конденсат содержит как высококипящие, так и низкокипящие компоненты нефти, соотношение которых в конденсате зависит от времени нахождения нефти в танке, частоты вентилирования танка, температуры и давления (см. в [1] табл.1.1 Компонентный состав выделяющихся при погрузке углеводородов по данным [2]). В диссертации С.П. Баскакова [2] объём эмиссии ЛОС за счет испарения в процессе его перевалки оценивается на основе литературных экспериментальных данных в 0,28 % от общего объёма нефти, перевозимой морем. В целях экологии и

экономики целесообразно не выбрасывать пары нефти в атмосферу, а рекуперировать для дальнейшего использования. Одним из методов рекуперации может являться центробежная сепарация, при которой происходит расслоение паров нефти различных молекулярных весов в центробежном поле сил центрифуги. В [3] получены уравнения модели центробежной сепарации паров нефти, когда из-за вращения около внешней стенки сепаратора повышается давление и достигаются условия конденсации паров. Давление и температура конденсации, определяются из фазовой диаграммы. Алгоритм решения указанных уравнений не является очевидным, что следует из того факта, что не при всех угловых скоростях вращения на внешней стенке сепаратора достигаются условия конденсации тяжелой фракции

нефтяных паров. Заранее угловая скорость не известна, а так как в безразмерное число Рейнольдса в системе уравнений входит угловая скорость, то и число Рейнольдса заранее неизвестно. Ниже приведен алгоритм численного решения указанных уравнений итерационным методом. Показано как задать неизвестное заранее безразмерное число Рейнольдса, начальное распределение параметров в сепараторе и далее предложен алгоритм численного итерационного процесса, в котором на каждой итерации рассчитывается новое более точное значение числа Рейнольдса. Процесс итерации продолжается до тех пор, пока указанное безразмерное число Рейнольдса перестает изменяться.

1. Постановка задачи. Пусть от оси сепаратора поступают двухкомпонентные нефтяные пары (концентрация легкой фракции равна c), с постоянным массовым расходом G . Из-за вращения будет повышаться плотность газа у внешней *уравнения сохранения импульса*

$$\rho \left(\frac{1}{2} \frac{d}{dr} (v^2) - \frac{(w+r)^2}{r} \right) = - \frac{d}{dr} \left[\frac{E_0}{Re^2} \frac{Tg [c + (1-c)\eta]}{rv} - \left(\frac{4}{3} \frac{1}{Re} + \frac{1}{Re_\xi} \right) \frac{1}{r} \frac{d(rv)}{dr} \right], \quad (1)$$

$$w = \frac{\xi^{2+gRe} - \xi^2}{1 - \xi^{2+gRe}} \frac{1}{r} + r - \frac{1 - \xi^2}{1 - \xi^{2+gRe}} r^{1+gRe}, \quad gRe = \frac{G}{2\pi\mu}; \quad (2)$$

уравнение состояния двухкомпонентного нефтяного газа

$$p = \rho T [c + (1-c)\eta]; \quad (3)$$

уравнение сохранения массы

$$r\rho v = g, \quad g = \frac{G}{2\pi L^2 \omega \rho_0} = \frac{GR_0 T_0}{2\pi L^2 \omega M_1 p_0} = const; \quad (4)$$

уравнение сохранения массы легкой компоненты нефтяного газа (уравнение диффузии)

$$c - \frac{d_1}{Re} \frac{1}{v} \frac{\partial c}{\partial r} - \frac{d_2}{Re} \frac{1}{\rho v} \frac{\partial \rho}{\partial r} - \frac{d Re}{E_0} \frac{1}{v T} = \frac{g_1}{g}, \quad (5)$$

где g_1 - безразмерный расход первой компоненты $g_1 = c_0 g$;

уравнение живых сил

$$\int_{\xi}^1 \left\{ \left(\frac{E_0}{Re^2} T + \frac{1}{2} (\omega^2 r^2 + v^2 + w^2) \right) \frac{1}{v} \frac{d(rv)}{dr} - \left(\frac{4}{3gRe} + \frac{1}{gRe_\xi} \right) r \left(\frac{1}{r} \frac{d(rv)}{dr} \right)^2 - \frac{r}{gRe} \left(\frac{1}{r} \frac{d(rw)}{dr} \right)^2 \right\} dr - \left[\left(\frac{E_0}{Re^2} T + \frac{v^2}{2} \right) - \left(\frac{4}{3gRe} + \frac{1}{gRe_\xi} \right) \frac{d(rv)}{dr} - \frac{1}{gRe} \frac{d(rw)}{dr} \right]_{\xi}^1 = 0 \quad (6)$$

где

$$Re = \frac{\rho_0 u_0 L}{\mu} = \frac{\rho_0 \omega L^2}{\mu}, \quad Re_\xi = \frac{\rho_0 u_0 L}{\xi} = \frac{\rho_0 \omega L^2}{\xi}, \quad \frac{\rho_0 R_0 T_0}{M_1} = p_0,$$

$$E_0 = \frac{R_0 T_0}{M_1} \left(\frac{\rho_0 L}{\mu} \right)^2, \quad \eta = \frac{M_2}{M_1}, \quad u_0 = \omega L,$$

$$d_1 = (D_{22} + D_{11}) \frac{\rho_0}{\mu}, \quad d_2 = [cD_{11} - (1-c)D_{22}] \frac{\rho_0}{\mu}, \quad d = [cD_{11} - (1-c)D_{22}\eta] \frac{\rho_0}{\mu}$$

стенки сепаратора и затем запустится механизм диффузии в поле центробежных сил. При установлении стационарного режима течения на стенку сепаратора пусть конденсируется вся тяжелая фракция с массовым расходом $G_2 = G(1-c)$, и предполагается, что все тепло конденсации отводится вне сепаратора. Указанная схема конденсации реализуется в случае, когда зависимость температуры от давления для тяжелой фракции паров нефти на внешней стенке сепаратора будет выбрана из фазовой диаграммы. В безразмерных переменных уравнения осесимметричного течения двухкомпонентного совершенного сжимаемого нефтяного газа в предположении постоянных коэффициентов вязкости в равномерно вращающейся вместе с сепаратором с угловой скоростью ω системе координат имеют вид [3]:

где D_{11}, D_{22} - коэффициенты диффузии соответственно первой(легкой) компоненты в первой компоненте, и второй во второй компоненте в двухкомпонентном газе, R_0 - универсальная газовая постоянная, \mathbf{x} - радиус вектор, $\mathbf{u} = \{u, v, w\}$ - вектор скорости, p - давление, μ, ξ - соответственно коэффициенты динамической вязкости и второй вязкости, $a, L, \rho_0, u_0, p_0, T_0$ - соответственно внутренний и внешний радиусы сепаратора, размеры плотности, скорости, давления и температуры;

уравнение притока тепла

$$\gamma \rho v \frac{dT}{dr} - v \frac{dp}{dr} = e + \frac{\lambda}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT}{dr} \right) + \left(\delta_\xi + \frac{\delta_\mu}{3} \right) \left(\frac{1}{r} \frac{d(rv)}{dr} \right)^2 + 2\delta_\mu \left[\left(\frac{dv}{dr} \right)^2 + \left(\frac{v}{r} \right)^2 + \left(\frac{r}{2} \frac{d}{dr} \left(\frac{w}{r} \right) \right)^2 \right], \quad (7)$$

где безразмерные параметры равны

$$\gamma = M \frac{c_p}{R_0}, \quad e = \frac{\varepsilon}{\omega p_0}, \quad \lambda = \frac{kT_0}{\omega L^2 p_0}, \quad \delta_\mu = \mu \frac{\omega}{p_0} = \frac{Re}{E_0}, \quad \delta_\xi = \xi \frac{\omega}{p_0} = \frac{Re_\xi^2}{Re_\xi E_0} \quad (8)$$

2. Граничные условия. Систему уравнений для неизвестных функций v, T, c будем решать, требуя выполнения уравнения живых сил и задавая следующие граничные условия [3]:

а) на оси

$$T(\xi) = 1, \quad \rho_1(\xi) = 1 = c(\xi) \rho(\xi),$$

$$p(\xi) = \rho(\xi) T(\xi) [c(\xi) + \eta(1 - c(\xi))] = \frac{[c(\xi) + \eta(1 - c(\xi))]}{c(\xi)}, \quad (9)$$

Из двух последних уравнений находим

$$\rho(\xi) = \frac{g}{\xi v(\xi)} = \frac{1}{c(\xi)}, \quad c(\xi) = \frac{\eta}{p(\xi) + \eta - 1} \quad (10)$$

б) на стенке

$$p(1) = \frac{p_s}{p_0}, \quad T(1) = \frac{T_s}{T_0}, \quad T_s = T_{h0} + T_* \ln \left(\frac{p_s}{p_{h0}} \right) \quad (11)$$

где p_s, T_s - равновесные значения температуры и давление фазового перехода на поверхности внешнего цилиндра сепаратора. То есть величины p_s, T_s такие, что на стенке сепаратора при данных температуре и давлении происходит конденсация, поэтому они связаны уравнением из фазовой диаграммы, которое на

внешней стенке сепаратора имеет вид $T_s = T_{h0} + T_* \ln \left(\frac{p_s}{p_{h0}} \right)$, где T_* - эмпирическая постоянная.

Используя (9) - (11) получим граничные условия для функции v :

$$v(\xi) = \frac{g}{\xi} c(\xi), \quad v(1) = \frac{g T_s}{p_s} \frac{p_0}{T_0}. \quad (12)$$

Задавая величины G, ξ, p_s, p_0, T_0 , безразмерные параметры, граничные условия и уравнение живых сил можно численно получить решение системы уравнений для радиальной скорости v , концентрации c и температуры T . Система трех обыкновенных дифференциальных уравнений (1), (5) и (7), аналитические выражения (2)-(4) и уравнение живых сил (6) образуют замкнутую систему уравнений для определения функций T, p, ρ, v, w, c и безразмерного параметра Re . Еще раз подчеркнем, что безразмерные параметры E_0, Re, gRe, gRe_ξ не могут выбираться произвольно, а связаны уравнением живых сил (6).

3. Определение безразмерных чисел Эйлера E_0 и Рейнольдса Re .

Имеем следующие выражения для безразмерных параметров:

$$u_0 = \omega L, \quad Re = \frac{\rho_0 u_0 L}{\mu} = \frac{\rho_0 \omega L^2}{\mu}, \quad Re_\xi = \frac{\rho_0 u_0 L}{\xi} = \frac{\rho_0 \omega L^2}{\xi}, \quad \frac{\rho_0 R_0 T_0}{M_1} = p_0, \quad (13)$$

$$Eu = \frac{p_0}{\rho_0 u_0^2} = \frac{R_0 T_0}{M_1 \omega^2 L^2} = \frac{E_0}{Re^2}, \quad E_0 = \frac{R_0 T_0}{M_1} \left(\frac{\rho_0 L}{\mu} \right)^2$$

здесь ω - угловая скорость вращения сепаратора, L - внешний диаметр сепаратора, $\rho_0 = \rho_{01}$,

$p_0 = p_{01}$ - плотность и давление нефтяных паров легкой фракции на оси сепаратора (индексом 1 обозначены легкие пары, индексом 2 – тяжелые пары), M_1 - молекулярный вес легкой фракции, индекс ноль относится к параметрам на оси сепаратора.

В равновесии на внешней стенке сепаратора

$$p_s = p_{s2} = \frac{R_0}{M_2} \rho_{s2} T_{s2}, \quad \rho_{sk} = \rho_{k0} \exp\left(-\frac{M_k \omega^2 L^2}{2R_0 T}\right), \quad k=1,2 \quad (14)$$

Давление конденсации паров тяжелой фракции будем определять из необходимых условий конденсации [4]:

Изменение давления находящихся в равновесии фаз при изменении температуры (или изменении давления, насыщенного пара от температуры вдоль кривой равновесия) описывается формулой Клайперона-Клаузиуса [5, стр. 314]

$$\frac{dp}{dT} = \frac{qM_2}{T(v_2 - v_1)}$$

где p, T, q, v_1, v_2 - соответственно давление, температура, удельная теплота парообразования, удельные объемы жидкости и пара. Так как $v_1 \ll v_2$ - то из (5) $\frac{dp}{dT} = \frac{q}{T v_2}$ и из уравнения состояния Менделеева-Клайперона идеального газа $v_2 = \frac{R_0 T}{M_2 p}$ имеем $\frac{d \ln p}{d \frac{1}{T}} = -\frac{qM_2}{R_0}$ и интегрируя получим,

$$p = p_* \exp\left[\frac{qM_2}{R_0} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_*}\right)\right]$$

где p_* - некоторое давление на кривой равновесия фаз, из указанного интервала температур соответствующее температуре T_* .

где T_* - эмпирическая постоянная. В обозначениях настоящей статьи последняя формула запишется в следующем виде

$$p_{s2} = p_* \exp\left[\frac{qM_2}{R_0} \left(\frac{1}{T_{s2}} - \frac{1}{T_*}\right)\right] \quad (15)$$

Из (14) находим

$$p_{s2} = \frac{R_0 \rho_{20}}{M_2} T_{s2} \exp\left(-\frac{M_2 \omega^2 L^2}{2R_0 T_{s2}}\right) \quad (16)$$

$$-\omega^2 = \frac{2R_0 T_{s2}}{L^2 M_2} \ln\left(\frac{p_{s2}}{\frac{R_0 \rho_{20}}{M_2} T_{s2}}\right), \quad (17)$$

где T_{s2}, p_{s2} - связаны уравнением (15), так, что задавая p_{s2} , вычисляем T_{s2} из (15), а затем из (17) вычисляем величину ω , и следующие безразмерные величины:

$$g = \frac{GR_0T_0}{2\pi L^2 \omega M_1 \rho_0}, \quad Re = \frac{\rho_0 \omega L^2}{\mu}, \quad Re_\xi = \frac{\rho_0 \omega L^2}{\xi}, \quad Eu = \frac{E_0}{Re^2}, \quad E_0 = \frac{R_0 T_0}{M_1} \left(\frac{\rho_0 L}{\mu} \right)^2 \quad (18)$$

Указанным выше способом выбираются безразмерные параметры (18) в начале процедуры численного расчета, а затем после расчета разностных уравнений уточняются следующим образом: из уравнения живых сил рассчитывается новое значение ω , после этого с новым ω рассчитываются по формулам (18) новые безразмерные параметры и решаются разностные уравнения с новыми безразмерными параметрами. Указанная процедура повторяется до тех пор, пока безразмерные параметры перестанут изменяться. В результате получим решение разностных уравнений и значения безразмерных параметров (18).

4. Выбор начального распределения параметров в сепараторе.

При установлении равновесия в сепараторе уравнения Навье - Стокса для каждой компоненты газа имеют вид

$$-\frac{1}{\rho_k} \nabla P_k + \frac{1}{2} \nabla (\omega r)^2 = 0, \quad (19)$$

где P_k - давление компоненты - k . Уравнение состояния идеального газа k - компоненты

$$P_k = \rho_k \frac{R_0}{M_k} T \quad (20)$$

Осесимметричное решение уравнений (19), (20):

$$\rho_k(r) = \rho_k(\delta) \exp E_k(r), \quad \text{где } E_k(r) = \frac{M_k \omega^2 (r^2 - \delta^2)}{2R_0 T} \quad (21)$$

Определим $\rho_k(\delta)$. Пусть m_k - масса k - компоненты газа в сепараторе, тогда, используя (21) находим

$$m_k = 2\pi \int_{\delta}^L \rho_k(r) r dr = 2\pi \rho_k(\delta) \int_{\delta}^L \exp E_k(r) r dr = \pi \rho_k(\delta) \frac{L^2 - \delta^2}{E_k(L)} (\exp E_k(L) - 1) \quad (22)$$

$$\rho_k(\delta) = \frac{m_k}{\pi \frac{L^2 - \delta^2}{E_k(L)} (\exp E_k(L) - 1)}$$

Начальное распределение концентраций в сепараторе в итерационном процессе вычислений из

$$(22): c_k(r) = \frac{\rho_k(r)}{\rho(r)}, \quad \rho(r) = \sum_{k=1}^N \rho_k(r), \quad \text{откуда имеем} \quad (23)$$

$$c_k(r) = \frac{c_{0k}}{\frac{1}{E_k(L)} (\exp E_k(L) - 1) \sum_{n=1}^N \frac{1}{E_n(L)} (\exp E_n(L) - 1)}$$

Замечание. В начальный момент вращения центрифуги из-за того что время диффузии намного больше времени расслоения под действием центробежной силы, распределение концентраций вдоль радиуса будет как в сепараторе с газом со средней молекулярной массой, так что

$$\rho_{0k}(r) = \rho_{0k}(\delta) \exp E_0(r), \quad E_0(r) = \frac{M \omega^2 (r^2 - \delta^2)}{2R_0 T}$$

$$c_{0k}(r) = \frac{\rho_{0k}(r)}{\rho_0(r)} = \frac{\rho_{0k}(\delta)}{\rho_0(\delta)} = const_k, \quad \text{где } \rho_0(r) = \sum_{k=1}^N \rho_{0k}(r). \quad \text{Тогда суммарное давление } P$$

газов равно

$$P(r) = \sum_{k=1}^N P_k = \frac{R_0}{M} \rho T, \quad \text{где } \frac{1}{M} = \sum_{k=1}^N \frac{c_{0k}}{M_k} = const \quad (24)$$

где M - средняя молекулярная масса газов, c_{0k} - концентрации компонент газа в начальный момент вращения. Вычислим отношение концентраций

$$\frac{c_k(\delta)}{c_n(\delta)} = \frac{\rho_k(\delta)}{\rho_n(\delta)} = \frac{m_k}{m_n} \frac{E_k(L)}{\exp E_n(L) - 1} \frac{\exp E_n(L) - 1}{E_n(L)} \quad (25)$$

Но очевидно $\frac{m_k}{m_n} = \frac{c_{0k}(\delta)}{c_{0n}(\delta)}$, поэтому

$$\frac{c_k(\delta)}{c_n(\delta)} \cdot \frac{c_{0k}(\delta)}{c_{0n}(\delta)} = \frac{E_k(L)}{\exp E_k(L) - 1} \frac{\exp E_n(L) - 1}{E_n(L)} \quad (26)$$

График функции $Y = \frac{x}{\exp(x) - 1}$, где $x = E_k(L)$ представлен на рис. 1. Из рисунка видно,

что если $k > n$, то отношение (26) уменьшается после начала вращения, т.е. тяжелого газа на оси становится меньше. Аналогичными рассуждениями легко показать, что на периферии – на внешней стенке сепаратора, тяжелого газа становится больше.

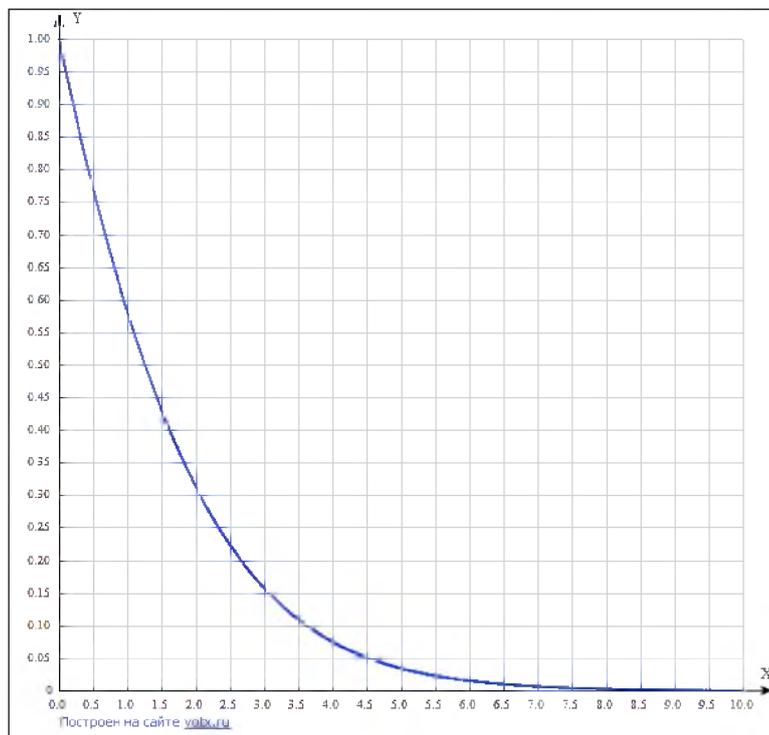


Рисунок 1 – График функции $Y = \frac{x}{\exp(x) - 1}$

Выводы. Разработан алгоритм решения системы уравнений технологии рекуперации нефтяного газа в центробежном сепараторе итерационным методом. Показано как задать неизвестное заранее безразмерное число Рейнольдса, начальное распределение параметров в сепараторе и далее предложен алгоритм численного итерационного процесса, в котором на каждой итерации рассчитывается новое более точное значение числа Рейнольдса. Процесс итерации продолжается до тех пор, пока указанное безразмерное число Рейнольдса перестает изменяться.

Литература

1. MAN Diesel & Turbo «LVOC Combusting MEGIE Engine», May 2017
2. Баскаков С.П. Повышение экологической безопасности морской транспортировки нефти путём снижения эмиссии летучих органических соединений: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 25.0036. – Санкт-Петербург, 2005. – 165с.
3. Бушланов В.П., Бушланов И.В., Новиков В.Г. Модель диффузионной технологии рекуперации двухкомпонентного нефтяного газа в центробежном сепараторе //МОРСКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.– 2019.– № 4 (46) Т.3. – С. 42-47.
4. Бушланов В.П., Фролов М.М. Необходимые условия конденсации паров углеводородов в закрученном потоке на вертикальной поверхности

сти цилиндрической трубы. //Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова.– 2014.– № 3 (8).– С. 22-24.

5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика.– М., 1964.– 568 с.(стр.314)

References

1. MAN Diesel & Turbo "LVOC Combusting ME-GIE Engine", May 2017
2. Baskakov S.P. Improving the environmental safety of oil transportation by sea by reducing the emission of volatile organic compounds. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences: 25.0036. - St. Petersburg, 2005. -- 165p.

3. Bushlanov V.P., Bushlanov I. V., Novikov V. G.. Model of diffusion technology for recovery of two-component petroleum gas in a centrifugal separator.- MARINE INTELLIGENT TECHNOLOGIES.- 2019.-№ 4 (46) V.3. -s. 42-47.

4. Bushlanov V.P., Frolov M.M.. Necessary conditions for condensation of hydrocarbon vapors in a swirling flow on the vertical surface of a cylindrical pipe. - Bulletin of the State Marine University named after Admiral F.F. Ushakov. 2014. No. 3 (8). S. 22-24.

5. Landau L.D., Lifshits E.M..-Statistical Physics. - M., 1964. - 568 pp. (P. 314)

УДК 621.43.052

DOI: 10.34046/aumsuomt97/16

АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕНОСНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СОВРЕМЕННЫХ МОРСКИХ ГЛАВНЫХ ВЫСОКООБОРОТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.В. Лисаченко, аспирант

В. В. Герасиди, кандидат технических наук, доцент

В данной статье приводится анализ технической эксплуатации современных судовых высокооборотных двигателей на основе периодически полученных теплотехнических параметров в эксплуатации при помощи питательных блоков управления фирмы "Caterpillar". В настоящее время не существуют нормативных документов контроля технического состояния судовых высокооборотных четырехтактных двигателей, оснащенных блоками электронного управления по теплотехническим параметрам, полученных с переносных диагностических комплексов заводов изготовителей. В статье представлен штатный сервисный отчет и приведены теплотехнические параметры за 10 лет эксплуатации четырехтактных судовых двигателей. По результатам анализа представлены зависимости теплотехнических параметров с указанием неисправностей, выявленных в процессе эксплуатации двигателей. Существующие отчеты заводов изготовителей, которые автоматически генерируются после проведения замеров теплотехнических параметров, полученных с диагностического комплекса, не дают четкой картины судовладельцам о техническом состоянии двигателя, и инспекторам классификационных обществ для принятия решения о разрешении на продление эксплуатации оборудования.

Ключевые слова: высокооборотный двигатель, отчет, отработавшие газы, давление наддува, морское судно.

ANALYSIS OF THERMAL ENGINEERING PARAMETERS BASED ON THE EXPERIENCE OF USING PORTABLE DIAGNOSTIC COMPLEXES OF MODERN MARINE MAIN HIGH-SPEED ENGINES

A.V. Lisachenko, V.V. Gerasidi

This article provides an analysis of the technical operation of modern marine high-speed engines on the basis of periodically obtained thermal parameters in operation with the help of standard control units of the company "Caterpillar". Currently, there are no regulatory documents for monitoring the technical condition of marine high-speed four-stroke engines equipped with electronic control units for thermal parameters obtained from portable diagnostic complexes of manufacturers. The article presents a standard service report and provides thermal parameters for 10 years of operation of four-stroke marine engines. According to the results of the analysis, the dependences of the heat engineering parameters with the indication of the malfunctions detected during the operation of the engines are presented. The existing reports of manufacturers, which are automatically generated after measuring the thermal parameters obtained from the diagnostic complex, do not give a clear picture to shipowners about the technical condition of the engine, and to the inspectors of classification societies to make a decision on the permission to extend the operation of the equipment

Keywords: high-speed engine, report, exhaust gases, boost pressure, sea vessel.