

МЕХАΝІЗАЦЫЯ, ЭНЕРГЕТЫКА І АУТАМАТЫЗАЦЫЯ

УДК 621.184.64

А. М. КАРТАШЭВІЧ, В. С. БРАНЦЭВІЧ

ЦЕПЛАВЫ РАЗЛІК ФІЛЬТРА ГРУБАЙ АЧЫСТКІ ПАЛІВА
З НАГРАВАЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ ДЛЯ ДЫЗЕЛЬНАГА РУХАВІКА

Асноўная доля нафты, якая здабываецца ў краінах СНД, мае парафінавую аснову, а ў дызельным паліве, атрыманым з яе, змяшчаецца ад 15 да 30% вугледадародаў нармальнага рада (н-алканаў), у якіх больш высокія тэмпературы крышталізацыі, чым ва ўсіх астатніх вугледадародаў паліва [1]. Гэта з'яўляецца прычынай утварэння ў дызельным паліве пры нізкіх тэмпературах крышталічнай фазы, якая перашкаджае яго прапампоўванню праз палівападавальную сістэму дызеля. У Беларусі зімовыя сарты паліва практычна не выкарыстоўваюцца, з прычыны чаго ва ўмовах зімовай эксплуатацыі аўтатрактарнай тэхнікі неабходна забяспечыць запуск і работу дызеляў на летніх сартах паліва.

Працэс крышталізацыі ў дызельным паліве пачынаецца з выдзялення з перанасычанага раствору найдрабнейшых часцінак рэчыва, якое крышталізуецца. Гэтыя часцінкі маюць здольнасць расці [2]. Менавіта н-алканы ў асноўным і з'яўляюцца такімі зародкамі, на вострых вуглах якіх паслядоўна крышталізуецца астатнія вугледадароды паліва.

Крышталізацыя паліва, яго прапампавальнасці і фільтроўнасці. Кэфіцыент фільтроўнасці, як паказваюць нашы даследаванні, пры тэмпературах паліва на 2—3 °С ніжэй за тэмпературу памутнення дасягае 8—10 адз., у той час як для нармальнай прапампавальнасці паліва ён павінен знаходзіцца ў межах 2—3 адз. [3].

Для павышэння эфектыўнасці работы фільтраў дызельных рухавікоў пры адмоўных тэмпературах намі прапанаваны канструкцыі электрападагравальнікаў з выкарыстаннем вугляродных нітак і тканін [4—6]. Аднак адсутнасць тэарэтычных даследаванняў цеплаабмену паміж награвальным элементам і дызельным палівам пры нізкіх тэмпературах ускладняе выкарыстанне гэтага перспектыўнага напрамку ў забеспячэнні надзейнай зімовай эксплуатацыі дызеляў.

Вызначым тэмпературу награвальнага элемента T_n , неабходную для награвання дызельнага паліва, якое праходзіць праз фільтр грубай ачысткі [6] з пастаяннай скорасцю v_f (рыс. 1), ад тэмпературы паліва T_n да тэмпературы памутнення паліва T_m , калі $T_n \leq T_n \leq T_m$, дзе T_n — тэмпература замярзання паліва. Цеплавы паток Q_n ад награвальнага элемента да паліва вызначаем [7] па формуле

$$Q_n = \bar{\alpha} F (T_n - T_n), \quad (1)$$

дзе $\bar{\alpha}$ — сярэдні каэфіцыент цеплааддачы ад награвальнага элемента дызельнаму паліву ($Вт/(м^2 \cdot К)$); F — плошча цеплаабмену ($м^2$).

Колькасць цеплаты Q_n , неабходная для змянення цеплазмяшчальнас-

ці масы паліва m_0 ад тэмпературы паліва T_n да тэмпературы памутнення паліва T_m , вызначым [8] па формуле

$$Q_{ц} = m_0 c_n (T_m - T_n), \quad (2)$$

дзе c_n — удзельная цеплаёмістасць дызельнага паліва (кДж/(кг·К)).

Калі ў формулу (2) замест масы паліва m_0 увесці масавы расход паліва праз награвальны элемент

$$M = m_0 / \tau = F' \rho_n v_\Phi, \quad (3)$$

дзе F' — праходное сячэнне награвальнага элемента з вугляроднай тканіны (m^2); ρ_n — шчыльнасць паліва ($кг/м^3$); v_Φ — скорасць паліва ($м/с$);

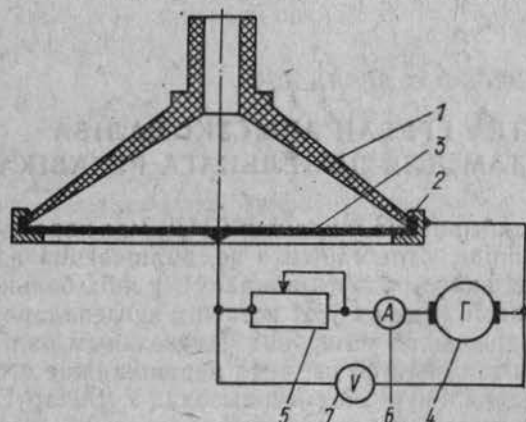


Рис. 1. Фільтр грубай ачысткі паліва з награвальным элементам: 1 — корпус фільтравальнага элемента; 2 — спружыннае кольца; 3 — вугляродная тканіна; 4 — генератар; 5 — рэостат; 6 — амперметр; 7 — вольтметр

τ — час уздзеяння цеплага патоку інтэнсіўнасцю $Q_{ц}$ праз задзеную паверхню на паліва ($с$), затым прыраўнаваць ураўненні (1) і (2), то пасля адпаведных пераўтварэнняў атрымаем

$$T_n = \frac{F' c_n \rho_n v_\Phi (T_m - T_n) + \bar{\alpha} F T_n}{\bar{\alpha} F}. \quad (4)$$

Сярэдні каэфіцыент цеплааддачы $\bar{\alpha}$ вызначаем па [9], змаделіраваўшы такую цеплааддачу ад вугляроднай тканіны да дызельнага паліва, як пры папярочным абцяканні пучка стрыжняў, размешчаных у два рады ў шахматным парадку:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}, \quad (5)$$

дзе α_i — каэфіцыент цеплааддачы ў i -м радзе пучка; F_i — плошча цеплаабмену i -га рада пучка; n — колькасць радоў у пучку.

Каэфіцыент цеплааддачы ў i -м радзе пучка вызначаем [10] з формулы

$$Nu = \frac{\alpha_i l_0}{\lambda}, \quad (6)$$

адкуль

$$\alpha_i = \frac{Nu \lambda}{l_0}, \quad (7)$$

дзе Nu — лік Нусельта; l_0 — вызначальны памер (у нашым выпадку вызначальным памерам з'яўляецца сярэдні дыяметр поры вугляроднай тка-

ніни, m); λ — каэфіцыент цеплаправоднасці дызельнага паліва ($Вт/(м \cdot К)$).

Для шахматнай упакоўкі стрыжняў сярэдні лік Нусельта ў глыбінным радзе вызначаецца [11] па формуле

$$Nu_c = c Pr^n Re^m, \quad (8)$$

дзе c, n, m — каэфіцыенты (выбіраюцца ў залежнасці ад ліку Рэйнальдса Re); Pr — лік Прандтля.

Лік Рэйнальдса разлічваем [10] па формуле

$$Re = \frac{v_{\Phi} l_0}{\nu}, \quad (9)$$

дзе ν — каэфіцыент кінематычнай вязкасці дызельнага паліва ($м^2/с$).

Лік Прандтля вызначаецца [10] як

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\nu c_{пп}}{\lambda}, \quad (10)$$

дзе α — каэфіцыент тэмператураправоднасці ($м^2/с$).

Цеплааддача ў пярэдніх радах пакета разлічваецца [11] па формуле

$$Nu = c_n Nu_c, \quad (11)$$

дзе c_n — каэфіцыент (выбіраецца ў залежнасці ад нумара рада) [11].

Для вызначэння цеплаёмкасці $c_{пп}$ знаходзім колькасць цеплаты, якую неабходна перадаць дызельнаму паліву масай m_0 для таго, каб змяніць яго тэмпературу ад T_n да T_m , калі $T_3 \leq T_n \leq T_m$.

Для бясконца малога змянення тэмпературы справядлівым з'яўляецца выраз

$$dQ_{ц} = dQ_1 + dQ_2 + dQ_3, \quad (12)$$

дзе $dQ_{ц}$ — цеплата, што перадаецца дызельнаму паліву для змянення яго тэмпературы на dT_n ; dQ_1 — цеплата, якая накіравана на плаўленне крышталю н-алканаў у інтэрвале тэмператур dT_n ; dQ_2 — цеплата для змянення цеплазмяшчальнасці расплаўленай фазы ў інтэрвале тэмператур dT_n ; dQ_3 — цеплата для змянення цеплазмяшчальнасці крышталічнай фазы ў інтэрвале тэмператур dT_n .

Удзельная цеплата плаўлення вызначаецца [12] для арганічных злучэнняў як

$$L_{пл} = 0,0565 T_{пл} \text{ (кДж/моль)}, \quad (13)$$

дзе $T_{пл}$ — тэмпература плаўлення.

З улікам сярэдняга мольнага аб'ёму крышталічнай фазы μV маем

$$L_{пл} = 0,0565 T_{пл} \mu V \text{ (кДж/м}^3\text{)}. \quad (14)$$

Тады колькасць цеплаты, неабходная для плаўлення крышталічнай фазы аб'ёмам $V_{кр}$, складае

$$L_{пл} = Q_1 = 0,565 T_{пл} V_{кр} \mu V. \quad (15)$$

Аб'ём крышталічнай фазы, якая плавіцца, будзе

$$V_{кр} = \frac{m'_{кр}}{\rho_{кр}}, \quad (16)$$

дзе $m'_{кр}$ — маса крышталічнай фазы, якая плавіцца пры тэмпературы T_n (кг); $\rho_{кр}$ — сярэдняя шчыльнасць крышталічнай фазы ($кг/м^3$).

Робім дапушчэнне, што працэс плаўлення няспынны ў інтэрвале тэмператур ад T_3 да T_m , а маса крышталю, якая плавіцца пры тэмпературы T_n , з'яўляецца блізкай да лінейнай функцыі тэмпературы (рыс. 2).

Сумарная маса крышталяў пры тэмпературы паліва, роўнай тэмпературы замярзання T_3 , складае

$$m_{кр.з} = \frac{1}{2} m'_{кр.з} (T_M - T_3), \quad (17)$$

дзе $m_{кр.з}$ — маса крышталяў, якая плавіцца пры тэмпературы паліва, роўнай тэмпературы замярзання T_3 .

Калі лічыць, што сумарная маса крышталяў $m_{кр}$ пры тэмпературы $T_{п}$ — таксама блізкая да лінейнай функцыя тэмпературы (рыс. 2), якая адпавядае наступным дапушчэнням: пры $T_{п} = T_M$ $m_{кр} = 0$, а пры $T_{п} = T_3$

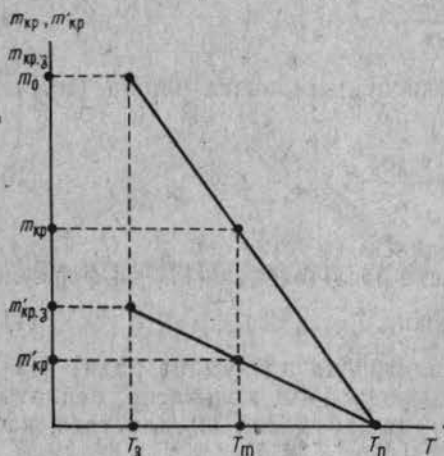


Рис. 2. Сумарная маса крышталяў н-алканаў і маса крышталяў, якая плавіцца, у інтэрвале тэмператур ад тэмпературы памутнення да тэмпературы замярзання

$m_{кр} = m_0$, дзе m_0 — маса ўсяго паліва, то з улікам рыс. 2 і формулы (17) маем

$$m'_{кр} = 2m_0 \frac{T_M - T_{п}}{(T_M - T_3)^2}. \quad (18)$$

Аналагічна (рыс. 2)

$$m_{кр} = m_0 \frac{T_M - T_{п}}{T_M - T_3}. \quad (19)$$

Масу расплаўленай фазы вызначаем як розніцу масы ўсяго паліва і масы крысталічнай фазы

$$m_p = m_0 - m_{кр}. \quad (20)$$

З улікам (19) пасля пераўтварэння маем

$$m_p = m_0 \left(1 - \frac{T_M - T_{п}}{T_M - T_3} \right). \quad (21)$$

Падстаўляючы выраз (18) у формулу (16) і далей ва ўраўненне (15), атрымаем

$$Q_1 = 0,113 \frac{m_0 T_{п} (T_M - T_{п})}{\rho_{кр} \mu V (T_M - T_3)^2}. \quad (22)$$

У формуле (22) $T_{пл}$ заменена на бягучую тэмпературу паліва. Колькасць цеплаты, якая ідзе на плаўленне крышталяў у інтэрвале тэмператур $dT_{п}$, складае

$$dQ_1 = 0,113 \frac{m_0 T_{п} (T_M - T_{п})}{\rho_{кр} \mu V (T_M - T_3)^2} dT_{п}. \quad (23)$$

Колькасць цеплаты, якая ідзе на змяненне цеплаэмісіўнасці расплаўленай фазы ў інтэрвале тэмператур $dT_{п}$, вызначаецца як

$$dQ_2 = m_p c_p dT_{п}. \quad (24)$$

дзе c_p — сярэдняя цеплаёмістасць расплаўленай фазы ў інтэрвале тэм-

ператур ад T_3 да T_{II} (кДж/(кг·К)). З улікам ураўнення (21) маем

$$dQ_2 = c_p m_0 \left(1 - \frac{T_M - T_{II}}{T_M - T_3} \right) dT_{II}. \quad (25)$$

Колькасць цеплаты, якая ідзе на змяненне цепламяшчальнасці крышталічнай фазы, выражаецца як

$$dQ_3 = c_{кр} (m_{кр} - m_{кр}') dT_{II}, \quad (26)$$

дзе $c_{кр}$ — сярэдняя цеплаёмістасць крышталічнай фазы ў інтэрвале тэмператур ад T_{II} да T_M (кДж/(кг·К)).

З улікам выразаў (18) і (19) атрымаем

$$dQ_3 = c_{кр} m_0 \frac{T_M - T_{II}}{T_M - T_3} \left(1 - \frac{2}{T_M - T_3} \right) dT_{II}. \quad (27)$$

Падстаўляючы выразы (23), (25) і (27) ва ўраўненне (12), пасля інтэгравання і пераўтварэння маем

$$Q_{II} = \left\{ 3c_{кр} \left(1 - \frac{2}{T_M - T_3} \right) (T_M - T_{II}) + 3c_p (T_M + T_{II} - 2T_3) + 0,113 \frac{T_M^2 + T_M T_{II} - 2T_{II}^2}{\rho_{кр} \mu V (T_M - T_3)} \right\} \{6(T_M - T_3)\}^{-1} m_0 (T_M - T_{II}). \quad (28)$$

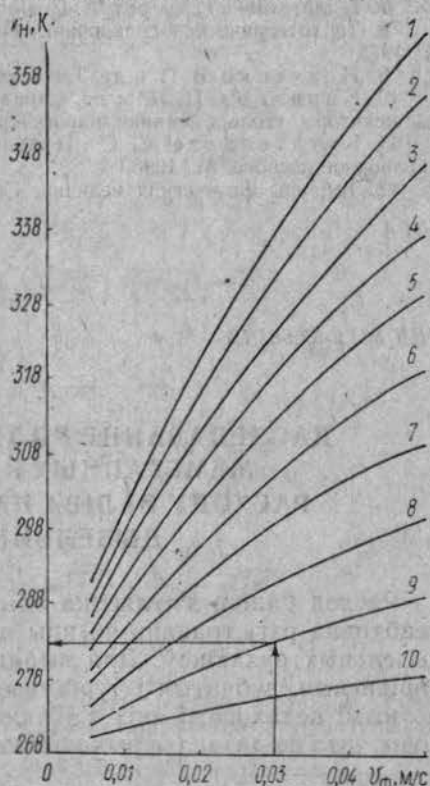
З улікам формулы (2) цеплаёмістасць паліва ў інтэрвале тэмператур ад T_3 да T_M будзе

$$c_{II} = \left\{ 3c_{кр} \left(1 - \frac{2}{T_M - T_3} \right) (T_M - T_{II}) + 3c_p (T_M + T_{II} - 2T_3) + 0,113 \frac{T_M^2 + T_M T_{II} - 2T_{II}^2}{\rho_{кр} \mu V (T_M - T_3)} \right\} \{6(T_M - T_3)\}^{-1}. \quad (29)$$

Скорасць v_{ϕ} паліва праз нагрэтую вугляродную тканіну вызначаецца з гідрадынамічнага разліку ўсмоктальнай лініі помпы, што падае паліва, пры вядомым расходзе паліва праз апошнюю.

У выніку разлікаў з выкарыстаннем формул (29), (5) і пры вядомай скорасці v_{ϕ} па формуле (4) атрыманы намаграмы для вызначэння тэмпературы награвальнага элемента, устаноўленага ў фільтры грубай ачысткі дызеля Д-240, які працуе на паліве з $T_M = 268$ і $T_3 = 258$ К, неабходнай для нагрэву паліва на выхадзе з фільтра да тэмпературы памутнення, калі паліва праходзіць праз награвальны элемент з пастаяннай скорасцю v_{ϕ} і яго тэмпература на ўваходзе знаходзіцца ў межах $T_3 \leq T_{II} \leq T_M$ (рыс. 3).

Рыс. 3. Намаграма тэмператур награвальнага элемента, неабходных для поўнага плаўлення крышталю н-алканаў: 1 — $T_M = 258$ К, 2 — 259, 3 — 260, 4 — 261, 5 — 262, 6 — 263, 7 — 264, 8 — 265, 9 — 266, 10 — $T_M = 267$ К



Для знаходжання неабходнай тэмпературы награвальнага элемента на восі абсцыс неабходна вылічыць велічыню скорасці v_{ϕ} , з якой паліва праходзіць праз награвальны элемент, правесці ўверх перпендыкуляр да перасячэння з крывой, якая адпавядае тэмпературы паліва на ўваходзе ў награвальны элемент $T_{п}$, і перанесці гэтае значэнне на вось ардынат, дзе і вызначыцца шукаемая тэмпература. Напрыклад, пры скорасці паліва $v_{\phi} = 0,03$ м/с і яго тэмпературы на ўваходзе ў награвальны элемент 266 К тэмпература награвальнага элемента павінна складаць 283 К, каб паліва на выхадзе мела тэмпературу памутнення 268 К (рыс. 3).

Такім чынам, выкарыстоўваючы выкладзеную вышэй метадку, магчыма вызначыць тэмпературу награвальнага элемента, неабходную для поўнага плаўлення крышталю н-алканаў і забеспячэння нармальнай фільтрацыі паліва праз фільтр дызельнага рухавіка.

Summary

The methodology shown in this article allows to define temperature for the heating element of filter of diesel engine for complete smelting the crystals of paraffin when engine operates under low temperature conditions.

Літаратура

1. Тертерян Р. А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. М., 1990.
2. Казакова Л. П. Твердые углеводороды нефти. М., 1986.
3. Суриков В. В. Эксплуатация мелноративных машин в зимних условиях: Справочник. М., 1989.
4. Карташевич А. Н., Кожушко В. К., Бранцевич В. С. // Патент по заявке № 4863054/06(091526) от 24.09.91.
5. Карташевич А. Н., Бранцевич В. С., Прудников В. Д. // Патент по заявке № 4896914/06(123281) от 30.10.91.
6. Бранцевич В. С., Карташевич В. Н., Рогачевский В. М., Новиков А. А. // Патент по заявке № 4939723/06(044658) от 28.05.92.
7. Теплотехника / Под ред. А. П. Баскакова. М., 1991.
8. Теплотехнический справочник / Под ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. Т. 1. М., 1975.
9. Исаченко В. П. и др. Теплопередача. М., 1975.
10. Кириллов П. Л. и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы). М., 1990.
11. Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. М., 1990.
12. Таблицы физических величин: Справочник / Под ред. И. К. Кикоина. М., 1976.