

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕФТЕГРУЗА В ОТСЕКАХ НЕФТЕНАЛИВНОГО СУДНА В ПРОЦЕССЕ ПОГРУЗКИ

Юсупов А.А.

Осы жұмыста салқындау процессінің, кемедегі ысыту арқылы мұнайды тиеу және түсірулер әдістерінің есеп-қисаптары көрсетілген.

The given work consider (examine) methods of account of process of cooling, loading and unloading with heating on bulk-oil courts.

На основании результатов исследования особенностей теплообмена между нефтегрузом и ограждающими поверхностями емкостей, метода расчета теплопотерь, обеспечивающих необходимую точность расчетов искомых величин, можно разработать метод расчета параметров процесса остывания, предварительного подогрева, погрузки и выгрузки с подогревом.

Расчет отдельных параметров технологических операций базируется на составлении и решении дифференциальных уравнений теплового баланса нефтегруза для рассматриваемой операции.

Важными параметрами технологической схемы перевозки являются также температуры нефтегруза в начале и в конце выгрузки, так как от их величин зависит производительность выгрузки и зачистки, а также величина «мертвого» остатка нефтегруза после выгрузки.

В состав уравнения баланса тепла входит вносимое с подогретым грузом тепло, изменение энтальпии груза в судне и теплопотери через ограждающие поверхности судна.

Метод расчета учитывает изменение коэффициентов теплопередачи по мере изменения температуры груза, изменение величин теплопередающих поверхностей надводного и подводного бортов в связи с изменяющимися осадкой судна и уровнем разлива нефтегруза в отсеках при наливе, а также нагрев корпуса судна.

Из всего комплекса технологических операций при перевозке нефтегрузов наиболее общим и сложным для решения случаев являются процессы погрузки и выгрузки нефтегруза, поэтому при составлении и решении дифференциального уравнения теплового баланса для этих процессов необходимо принять ряд упрощающих предпосылок:

- при погрузке судно увеличивает свою осадку, оставаясь на ровном киле;
- коэффициенты теплопередачи через отдельные ограждающие поверхности определяют по температуре загружаемого нефтегруза;
- количество тепла, затраченного на нагрев корпуса судна, учитывают поправочным коэффициентом к теплоемкости груза.

При указанных допущениях уравнение теплового баланса для процесса погрузки в приходной части содержит количество тепла, вносимое с нефтегрузом за элементарный промежуток времени $d\tau$, а расходная часть содержит приращение теплосодержания нефтегруза в судне и потери тепла в окружающую среду за то же время:

$$BCt_{cp}d\tau = \{[G_0 + B(\tau + d\tau)](t_n + dt_n)mC - (G_0 + B\tau)mCt_n\} + \\ + [(K_{\partial n}F_{\partial n} + K_{n.\bar{o}}F'_{n.\bar{o}})(t_n - t_{\partial o\partial}) + (K_{нал}F_{нал} + K_{н.\bar{o}}F'_{н.\bar{o}})(t_n - t_{\partial o\partial})]d\tau. \quad (1)$$

Изменяющиеся поверхности подводного и надводного бортов $F'_{н.\bar{o}}$ и $F'_{н.\bar{o}}$ можно выразить в виде [1]

$$F'_{н.\bar{o}} = F_{н.\bar{o}.o} \left(1 + \frac{\Delta h}{\Delta h_{o.n}}\right); \quad (2)$$

$$F'_{н.\bar{o}} = F_{н.\bar{o}.o} \left(1 - \frac{\Delta h}{\Delta h_{o.n}}\right), \quad (3)$$

где, $F_{н.\bar{o}.o}$ и $F_{н.\bar{o}.o}$ - надводная и подводная поверхности борта судна порожнем (перед загрузкой), м²;

$\Delta h_{o.n}$ и $\Delta h_{o.n}$ - надводная и подводная высоты борта судна порожнем, м;

Δh - изменение высоты подводного и надводного бортов при загрузке судна

$$\Delta h = \frac{B\tau}{\gamma_{\partial o\partial}\omega}; \quad (4)$$

ω - площадь ватерлинии, которая принимается постоянной в течение загрузки судна, м².

Используя уравнения (2) – (4) и вводя безразмерные переменные $\vartheta = \frac{t}{t_{cp}}$,

$\tau^* = \left(\frac{BC}{G_n C_1}\right)$, уравнение (1) можно привести к виду [2]

$$\frac{d\vartheta}{d\tau^*} + \left(\frac{N}{\frac{G_n}{G_o} + \tau^*} + \frac{L}{\frac{G_o}{G_n} + \tau^*} \tau^* \right) \vartheta = \frac{M}{\frac{G_o}{G_n} + \tau^*} + \frac{R}{\frac{G_o}{G_n} + \tau^*} \tau^*, \quad (5)$$

где,

$$N = m + \frac{m}{BC} (K_{\partial n}F_{\partial n} + K_{н.\bar{o}}F_{н.\bar{o}.o} + K_{н.\bar{o}}F_{н.\bar{o}.o} + K_{нал}F_{нал}); \quad (6)$$

$$L = \left(\frac{K_{н.\bar{o}}F_{н.\bar{o}.o}}{T_o} - \frac{K_{н.\bar{o}}F_{н.\bar{o}.o}}{H - T_o} \right) \frac{G_n C_1}{\gamma_{\partial o\partial} BC^2 \omega}; \quad (7)$$

$$M = \vartheta_{cp} m + [(K_{\partial n}F_{\partial n} + K_{н.\bar{o}}F_{н.\bar{o}.o})\vartheta_{\partial o\partial} + (K_{н.\bar{o}}F_{н.\bar{o}.o} + K_{нал}F_{нал})\vartheta_{\partial o\partial}] \frac{1}{BC}; \quad (8)$$

$$R = \left(\frac{K_{н.\bar{o}}F_{н.\bar{o}.o}}{T_o} \vartheta_{\partial o\partial} - \frac{K_{н.\bar{o}}F_{н.\bar{o}.o}}{H - T_o} \right) \frac{G_n C_1}{\gamma_{\partial o\partial} \omega}. \quad (9)$$

В уравнении (8)

$$\vartheta_{\partial o\partial} = \frac{t_{\partial o\partial}}{t_{cp}}, \quad \vartheta_{\partial o\partial} = \frac{t_{\partial o\partial}}{t_{cp}}.$$

Интеграл дифференциального уравнения (5) имеет вид

$$\vartheta = \left(\frac{G_o}{G_n} + \tau^* \right) \exp(-L\tau^*) \left[\int \left(\frac{M}{\frac{G_o}{G_n} + \tau^*} + \frac{R}{\frac{G_o}{G_n} + \tau^*} \tau^* \right) \times \left(\frac{G_o}{G_n} + \tau^* \right)^\delta \exp(L\tau^*) d\tau^* + G_2 \right]. \quad (10)$$

В результате анализа уравнения (10) было установлено, что в практических расчетах с погрешностью менее 1% можно использовать формулу [1].

$$\vartheta = \frac{M}{N} \left[1 - \left(\frac{\frac{G_o}{G_n}}{\frac{G_o}{G_n} + \tau^*} \right)^\delta \right] + \vartheta \left(\frac{\frac{G_o}{G_n}}{\frac{G_o}{G_n} + \tau^*} \right)^\delta, \quad \delta = \left(N - L \frac{G_o}{G_n} \right).$$

(11)

Текущую температуру по уравнению (11) вычисляют методом последовательного приближения в связи с тем, что входящие в M и N коэффициенты теплопередачи в свою очередь зависят от искомой текущей температуры.

В предварительных расчетах величину коэффициента m , учитывающего нагрев металлического корпуса судна, можно принять в пределах 1,01-1,04 (меньшее значение – для летних, большее – для зимних условий налива).

Уравнение (11) дает возможность определить текущую и конечную температуры нефтепродукта, наливаемого в судно из двух, трех и более резервуаров со значительно отличающимися температурами. В этом случае в формуле (11) необходимо в качестве остатка G_o принимать количество груза, налитого в судно из предшествующих резервуаров.

Литература:

1. Кутыркин В.А., Морозов Н.П. К вопросу совершенствования нормирования работы и использования технических средств выгрузки вязких нефтепродуктов. – Тр. ГИИВТ, 1986
2. Харин В.Г. Тепловой расчет трубопровода при установившемся режиме перекачки подогретой нефти. – Нефть и газ, 1976.