

Хранение водомазутной эмульсии на тепловых электростанциях и промышленных предприятиях является важным условием дальнейшего ее использования. Применение удобных формул для определения времени разогрева водомазутной эмульсии в резервуарах актуальны для проектирования хранилищ нефтепродуктов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗОГРЕВА ВОДОМАЗУТНОЙ ЭМУЛЬСИИ В РЕЗЕРВУАРАХ ПРИ ХРАНЕНИИ НА ТЭС И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

М.Ф.ШАГЕЕВ
В.В.ЛОПУХОВ
БУШАРА САЛАХЕЛДИН

Казанский государственный
энергетический университет
Омдурманский общественный университет

г. Казань
Судан

Основной особенностью технологического процесса в топливно-энергетическом комплексе ТЭС и промышленных предприятий является использование и хранение больших объемов нефтепродуктов. Поддержание теплофизических свойств нефтепродуктов, в частности водомазутной эмульсии (ВМЭ), в период хранения у потребителей является важным условием дальнейшего использования [1, 2].

Расчет циркуляционного подогрева нефтепродукта может проводиться для решения двух задач:

Задача 1. Поддержание заданной температуры ВМЭ в резервуаре.

Задача 2. Подогрев ВМЭ в резервуаре с температуры хранения t_x до конечной температуры t_k .

Последняя задача решается для случая, когда подача насоса известна и опре-

мазута $C_{\text{маз}}$;

• долевые коэффициенты воды $\alpha_{\text{вод}}$ и мазута $\alpha_{\text{маз}}$, содержащихся в ВМЭ.

Для формулировки математической модели теплогидравлических процессов, происходящих в системе циркуляционного подогрева, рассматривается резервуар (рис. 1) [3] с первоначальными значениями массы ВМЭ в нем G и его температурой t_x . При рассмотрении системы циркуляционного подогрева ВМЭ в резервуаре принимаются следующие условия, характеризующие процесс. Из резервуара отводится количество ВМЭ с расходом G_1 при текущей температуре t в линию циркуляционного подогрева. Часть этой ВМЭ с расходом G_2 отводится к другому оборудованию. Другая его часть $(G_1 - G_2)$ нагревается во внешнем циркуляционном теплообменнике. В зависимости от условий работы температура ВМЭ на выходе из подогревателя $t_{\text{выпл}}$ (равная температуре входа $t_{\text{вх1}}$ в резервуар) может быть постоянной.

Примем следующее:

1) $t_{\text{вх1}} = t_{\text{выпл}} = \text{const}$;

2) $t_{\text{вх3}} = \text{const}$.

Составим уравнение теплового баланса для ВМЭ в резервуаре за промежуток времени dt ; при этом температура ВМЭ ►

Циркуляционный подогрев в настоящее время принят в качестве основного метода подогрева для всех вновь сооружаемых газомазутных электростанций, а также растопочных мазутных хозяйств ТЭС.

Ввиду того что изменения теплофизических свойств ВМЭ при относительно низких температурах могут привести к выходу из строя всей системы хранения нефтепродукта, необходимо разработать мероприятия для достижения заданной температуры в резервуарах. Следует отметить, что ВМЭ, с которыми приходится иметь дело на практике, представляют собой гораздо более сложные, многокомпонентные, гетерогенные системы, имеющие существенное отличие теплофизических свойств по сравнению с водой и мазутом.

Опыты, проведенные в [3, 4], показали, что при использовании циркуляционного разогрева возможно хранение мазута при более низких температурах (до 30 – 35°C для мазута М 100), а в работе [5] проведенные опыты с хранением ВМЭ позволили снизить температуру до 7°C.

Циркуляционный подогрев в настоящее время принят в качестве основного метода подогрева для всех вновь сооружаемых газомазутных электростанций, а также растопочных мазутных хозяйств ТЭС.

Исследованиями процесса теплообмена при циркуляционном подогреве установлено [6], что циркуляционный подогрев обеспечивает однородность температурных полей в резервуаре.

В данной работе для отыскания путей подогрева ВМЭ в резервуарах рассматривается система циркуляционного подогрева и производится расчет режимных характеристик этой системы.

деляется время разогрева ВМЭ.

Для решения поставленных задач необходимо задаться следующими условиями:

- температура ВМЭ, поступающей в резервуар после подогрева $t_{\text{вх1}}$, °C;
- расход ВМЭ, отводимой из резервуара к другому оборудованию, G_2 , кг/с;
- подача насоса, транспортирующего ВМЭ из резервуара G_1 , кг/с;
- удельные теплоемкости воды $C_{\text{вод}}$ и

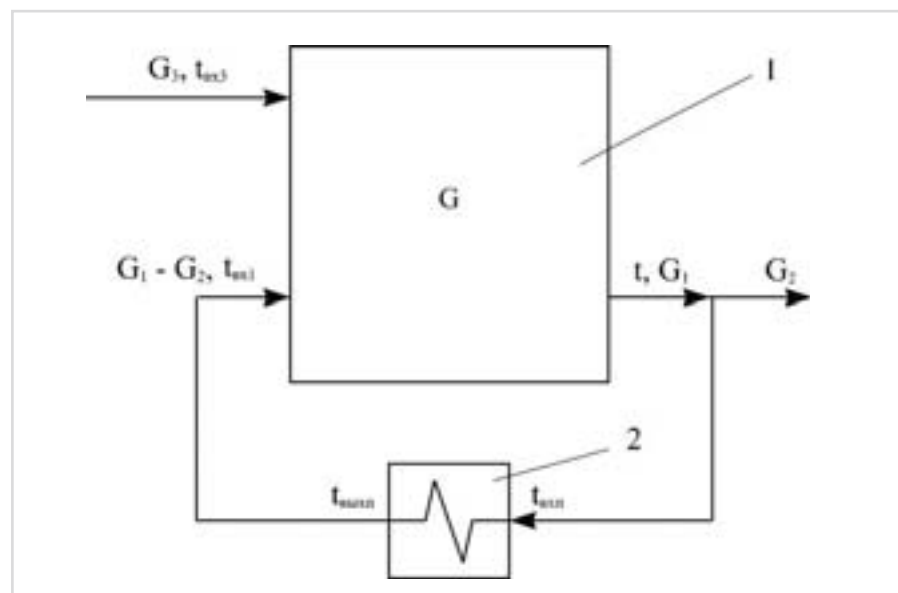


Рис. 1 Схема циркуляционного подогрева водомазутной эмульсии в резервуаре (1-резервуар хранения) и подготовки водомазутной эмульсии; (2-подогреватель)

в резервуаре повышается на величину dt.
 1. Рассматриваемая (рис. 1) система состоит из массы ВМЭ, поступившей в резервуар $[G_3 + (G_1 - G_2)]dt$; массы ВМЭ, отведенной из резервуара $G_1 dt$; массы ВМЭ, находившейся в резервуаре в момент t, равной $G - \tau(G_2 - G_3)$.

2. При охлаждении массы ВМЭ $(G_1 - G_2)dt$ ее температура изменилась от величины $t_{вх1}$ до $(t + dt)$, и таким образом она передала количество теплоты $Q_{1,2}$, равное:

$$Q_{1,2} = C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) dt (t_{вх1} - t - dt); \quad (1)$$

где: $C_{ВМЭ}$ – удельная теплоемкость водомазутной эмульсии,

$$C_{ВМЭ} = \alpha_{вод} C_{вод} + \alpha_{маз} C_{маз}$$

Масса ВМЭ $G_3 dt$ может отдавать теплоту, если $t_{вх3} > t + dt$, и получать теплоту, если $t_{вх3} < t + dt$. Положим для определенности, что $t_{вх3} < t + dt$ (при этом другой случай также может быть учтен за счет изменения знака рассматриваемого количества теплоты Q_3).

Таким образом, масса ВМЭ $G_3 dt$ нагрелась, и ее температура повысилась от $t_{вх3}$ до $t + dt$, при этом она получила количество теплоты Q_3 , равное :

$$Q_3 = C_{ВМЭ} G_3 dt (t + dt - t_{вх3}). \quad (2)$$

Масса ВМЭ, находившаяся в резервуаре в момент времени t, равная $G - \tau(G_2 - G_3)$ нагрелась от температуры t до температуры $t + dt$, при этом она получила количество теплоты Q, равное:

$$Q = C_{ВМЭ} (G - \tau(G_2 - G_3))(t + dt - t). \quad (3)$$

За период времени dt из резервуара в окружающую среду было передано количество тепла $Q_{пот}$, равное:

$$Q_{пот} = K^* F dt ((t + dt)/2 - t_{о.с.}) \quad (4)$$

где: K^* – коэффициент теплопередачи от ВМЭ в резервуаре в окружающую среду; F – площадь поверхности резервуара; $t_{о.с.}$ – температура окружающей среды.

3. Составим уравнение теплового баланса за период времени dt:

$$Q_{перед} = Q_{получ} + Q_{пот} \quad (5)$$

$$\text{где: } Q_{перед} = Q_{1,2} = C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) dt (t_{вх1} - t - dt);$$

$$Q_{получ} = Q_3 + Q = C_{ВМЭ} G_3 dt (t + dt - t_{вх3}) +$$

$$C_{ВМЭ} (G - \tau(G_2 - G_3)) dt,$$

$$Q_{пот} = K^* F dt (t + dt/2 - t_{о.с.}).$$

Таким образом (5) примет вид:

$$\begin{aligned} C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) dt (t_{вх1} - t - dt) = \\ C_{ВМЭ} G_3 dt (t + dt - t_{вх3}) + \\ C_{ВМЭ} (G - \tau(G_2 - G_3)) dt + \\ K^* F dt (t + dt/2 - t_{о.с.}). \end{aligned} \quad (6)$$

Разделим уравнение (6) на dt:

$$\begin{aligned} C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) (t_{вх1} - t - dt) = \\ C_{ВМЭ} G_3 (t + dt - t_{вх3}) + \\ C_{ВМЭ} (G - \tau(G_2 - G_3)) \\ dt/dt + K^* F (t + dt/2 - t_{о.с.}). \end{aligned} \quad (7)$$

Перейдем в (7) к пределу при $dt \rightarrow 0$,

при этом $dt \rightarrow 0$:

$$\begin{aligned} C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) (t_{вх1} - t) = \\ C_{ВМЭ} G_3 (t - t_{вх3}) + \\ C_{ВМЭ} (G - \tau(G_2 - G_3)) \\ dt/dt + K^* F (t - t_{о.с.}). \end{aligned} \quad (8)$$

Уравнение (8) является обыкновенным дифференциальным линейным уравнением. После добавления начальных условий и последующих преобразований получим:

$$\begin{aligned} \tau = \frac{G}{G_2 - G_3} \left\{ - \left[\frac{A}{(At_x - B)} \left(t - \frac{B}{A} \right) \right]^{\frac{1}{\tau}} + 1 \right\} \\ \frac{G}{G_2 - G_3} \left[1 - \left(\frac{B - At_x}{B - At_x} \right)^{\frac{1}{\tau}} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

где для сокращения записи введены следующие обозначения:

$$\left. \begin{aligned} A &= C_{ВМЭ} (G_3 + (G_1 - G_2)) + K^* F; \\ B &= C_{ВМЭ} (G_3 t_{вх3} + (G_1 - G_2) t_{вх1}) + K^* F t_{о.с.}; \\ C &= C_{ВМЭ} (G_2 - G_3). \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Полученное уравнение (9) можно использовать для определения времени t_k , необходимого для подогрева ВМЭ в резервуаре до заданного значения конечной температуры t_k .

Для этого необходимо подставить t_k в (9) вместо t:

$$\begin{aligned} \tau_k = \frac{G}{(G_2 - G_3)} \left\{ - \left[\frac{A}{(At_k - B)} \left(t_k - \frac{B}{A} \right) \right]^{\frac{1}{\tau}} + 1 \right\} = \\ \frac{G}{G_2 - G_3} \left[1 - \left(\frac{B - At_k}{B - At_x} \right)^{\frac{1}{\tau}} \right] \end{aligned} \quad (11)$$

Рассмотрим случай, когда $G_3 = 0$. В этом случае времени t_k , необходимого для подогрева ВМЭ в резервуаре до заданного значения конечной температуры t_k примет вид:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) + K^* F; \\ B_1 &= C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) t_{вх1} + K^* F t_{о.с.}; \\ C_1 &= C_{ВМЭ} G_2; \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \tau_k = \frac{G}{G_2} \left\{ - \left[\frac{A_1}{(A_1 t_k - B_1)} \left(t_k - \frac{B_1}{A_1} \right) \right]^{\frac{1}{\tau}} + 1 \right\} = \\ \frac{G}{G_2} \left[1 - \left(\frac{B_1 - A_1 t_k}{B_1 - A_1 t_x} \right)^{\frac{1}{\tau}} \right] \end{aligned} \quad (13)$$

Рассмотрим случай, когда $G_3 = 0$, а величина G_2 мала так, что в первом приближении можно считать, что масса ВМЭ в резервуаре меняется ничтожно мало.

После соответствующих преобразований получим:

$$\begin{aligned} \tau_k = \frac{C_{ВМЭ} G}{C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) + K^* F} \times \ln \\ \frac{C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) (t_{вх1} - t_k) - K^* F (t_k - t_{о.с.})}{C_{ВМЭ} (G_1 - G_2) (t_{вх1} - t_k) - K^* F (t_k - t_{о.с.})} \end{aligned} \quad (14)$$

Рассмотрим случай, когда $G_3 = 0$ и $G_2 = 0$, в этом случае времени t_k примет вид:

$$\begin{aligned} \tau_k = \frac{C_{ВМЭ} G}{C_{ВМЭ} G_1 + K^* F} \times \ln \\ \frac{C_{ВМЭ} G_1 (t_{вх1} - t_k) - K^* F (t_k - t_{о.с.})}{C_{ВМЭ} G_1 (t_{вх1} - t_k) - K^* F (t_k - t_{о.с.})} \end{aligned} \quad (15)$$

Полученные уравнения можно использовать при проектировании хранилищ нефтепродуктов на ТЭС и промышленных предприятиях для определения времени t_k , необходимого для подогрева ВМЭ в резервуаре до заданного значения конечной температуры t_k , а также для уточнения тепловых и гидравлических расчетов. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Шагеев М.Ф., Юсупова Т.Н., Романов Г.В., Шагеев А.Ф., Маргулис Б.Я. Сжигание в промышленных печах водомазутной эмульсии с добавлением присадки// Журнал «Экспозиция Нефть Газ», №3/Н июнь, 2008.
- Шагеев М.Ф., Лившиц С.А., Лопухов В.В., Хайриева Э.М., Гассельбах А.Ю., Якимов А.В. Моделирование подогрева водомазутной эмульсии в технологических схемах топливных хозяйств ТЭС// «Автоматизация и энергосбережение машиностроительного производства, технология и надежность машин, приборов и оборудования» 4-я Международная научно-техническая конференция: Вологда, 24 – 26 ноября 2008 г.
- Геллер З.И. Холодное хранение мазута в резервуарах при циркуляционном способе подогрева. // Энергетик, 1968, №5.
- Карпов В.В., Вязовой С.К., Емелин Ж.А. Опыт холодного хранения мазута. // Энергетик, 1975, №4.
- Охотникова Е.С., Ганеева Ю.М., Юсупова Т.Н., Романов Г.В., Шагеев М.Ф., Шагеев А.Ф., Маргулис Б.Я. Разработка составов устойчивых водотопливных эмульсий на основе природных битумов/ Актуальные проблемы поздней стадии освоения нефтегазодобывающих регионов: Материалы Международной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во «Фэн», 2008.
- Геллер З.И. Мазут как топливо. – М.: Недра. 1965.
- Назмеев Ю.Г., Будилкин В.В., Лопухов В.В. Математическая модель теплогидравлических процессов в системах циркуляционного подогрева мазута в резервуарах. //Известия ВУЗов. Проблемы энергетики, 2002, № 3 – 4.