

Особенности хранения и подготовки к сжиганию обводненного жидкого топлива в мазутном хозяйстве котельной

БАТУЕВ С. П., инж., КОРЯГИН В. А., канд. техн. наук
Ленинградский инженерно-строительный институт

При использовании в котельных в качестве жидкого топлива высоковязких мазутов возникают трудности при подготовке их к сжиганию. В большинстве действующих и проектируемых промышленных и отопительных котельных разогрев мазута, доставляемого в железнодорожных цистернах, предусматривается с помощью водяного пара, что ведет к обводнению топлива в широких пределах (от 5 до 20 %). Сжигание обводненного мазута без предварительной подготовки вызывает нарушение топочных процессов (вплоть до погасания пламени) и снижает экономичность топливосжигающих установок.

Задача использования обводненного жидкого топлива может быть решена путем сжигания его в виде водотопливных эмульсий [1, 2]. При этом с целью поддержания высокой экономичности топливосжигающей установки содержание воды в эмульсии не должно превышать 10 %. Для обеспечения этого условия необходима разработка оптимальной технологии хранения и подготовки к сжиганию обводненного жидкого топлива. Основой разработки такой технологии служит исследование процессов, происходящих в обводненном мазуте при его хранении. Наиболее значимыми из этих процессов являются осаждение и коалесценция водной фазы, которые связаны с ее движением в топливе. При этом с точки зрения технологии подготовки топлива к сжиганию желательно как осаждение крупных капель воды, так и стабилизация мелких капель в объеме топлива в виде эмульсии.

Согласно формуле Стокса скорость осаждения капли радиусом R , м, в сплошной среде

$$v = \frac{2}{9} \frac{\rho_d - \rho_c}{\rho_c \nu_c} g R^2, \quad (1)$$

где ρ_d и ρ_c — плотности дисперсной фазы и сплошной среды, кг/м^3 ; ν_c — кинематическая вязкость сплошной среды, $\text{м}^2/\text{с}$; g — ускорение свободного падения, м/с^2 .

Из формулы (1) видно, что на процесс осаждения (как и на процесс стабилизации водной фазы в топливе) влияют три основных фактора: разность плотностей воды и топлива, вязкость топлива, размер капель воды в топливе. Поскольку плотности воды и мазута примерно равны, а плотность высоковязких мазутов может даже превышать плотность воды, то первый фактор практически не влияет на процесс осаждения, а в большей мере способствует стабилизации находящейся в топливе воды.

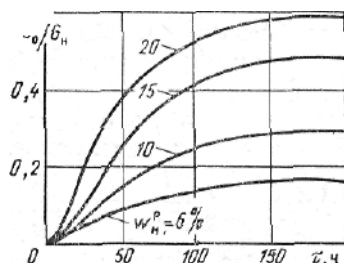


Рис. 1. Зависимость показателя Go/G от времени отстаивания водомазутной эмульсии полидисперсного состава при температуре 60°C .

Изменение вязкости топлива тесно связано с температурой его хранения или отстаивания в процессе подготовки к сжиганию. Для высоковязких мазутов влияние этого фактора существенно ограничивается как по технико-экономическим показателям (высокая температура подогрева и длительность ее поддержания), так и по требованиям безопасности (возможность вспенивания и выброса обводненного мазута из резервуара). Таким образом, практически воздействовать на процессы осаждения и коалесценции водной фазы, присутствующей в мазуте, можно в основном путем изменения размеров капель воды, определяемых качеством ее диспергирования в топливе.

С целью изучения указанных процессов были проведены экспериментальные исследования на специальной отстойной колонне высотой 6 метров, в которой обеспечивались условия, близкие к условиям отстаивания мазута в резервуарах мазутного хозяйства котельных. Перед подачей в отстойную колонну водомазутные смеси

подвергались обработке в мешалке и диспергаторе роторно-пульсационного типа с целью получения эмульсий с различными размерами капель воды. В ходе экспериментов регистрировались следующие параметры: начальная влажность W_n^p %, и средняя дисперсность $d_{ср.н}$, мкм, водомазутных эмульсий; влажность W^p и средняя дисперсность $d_{ср}$ водомазутных эмульсий на разных уровнях отстойной колонны; время отстаивания τ , ч; температура подогрева эмульсии t , °C.

При разогреве мазута водяным паром и его перекачке в резервуары мазутохранилища создаются условия, способствующие образованию грубых полидисперсных эмульсий.

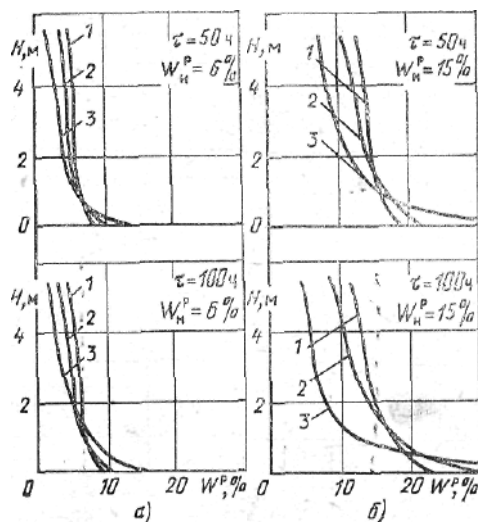


Рис. 2. Изменение содержания влаги по высоте столба водомазутной эмульсии после хранения в течение 50 и 100 ч при температуре 40 °C и начальной влажности 6 и 15%: 1-3- $d_{ср.н}$ =4, 40, 320 мкм

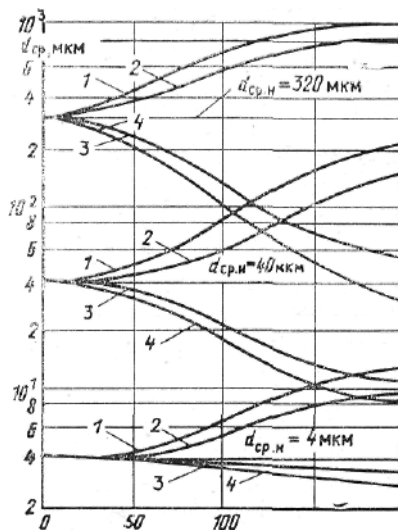


Рис. 3. Изменение дисперсности водомазутной эмульсии на разных уровнях отстойной колонны в зависимости от времени отстаивания при начальной влажности 15%, температуре 40 °C и начальной средней дисперсности 4, 40, 320 мкм: 1—4 — на уровне 0,5, 1,5, 4,5, 5,5 м

Оценка дисперсности воды в мазуте показала, что размеры основной массы капель воды составляют 0,5-3 мм, отдельных включений – 6-8 мм. Результаты отстаивания водомазутной эмульсии с такой дисперсностью при $t=60^\circ\text{C}$ приведены на рис.1 в виде зависимости показателя G_0/G_n от времени отстаивания, где G_n и G_0 — количество воды, введенной в мазут и отстаившейся, кг/кг мазута.

Из рис.1 видно, что осаждение воды из мазута наиболее интенсивно происходит в течение первых 80-100 ч, после чего этот процесс замедляется. Было выявлено образование прослоек и крупных включений воды на разных уровнях хранящейся эмульсии, что, по-видимому, объясняется полидисперсностью исходной эмульсии. Проведенный опыт характеризует одну из применяемых в реальных мазутных хозяйствах котельных технологических операций - отстой топлива от воды. Результаты опыта свидетельствуют о невысокой ее эффективности, поэтому применение отстоя топлива от воды оправдано лишь при высокой степени обводнения мазута ($W_n^p \geq \%$).

Обработка водомазутных смесей в мешалке и диспергаторе позволяла готовить эмульсии с различной дисперсностью, а также исследовать влияние этого фактора на процесс хранения эмульсий. Получаемые с помощью диспергатора эмульсии характеризовались высокой однородностью и были тонкодисперсными: размеры

капель воды в мазуте составляли 1 - 10 мкм, причем около 60% из них имели размер 4 мкм. С помощью мешалки получали водомазутные эмульсии с широкими диапазонами изменения дисперсности: 10-200 мкм при $d_{ср.н} = 40$ мкм, 200-500 мкм при $d_{ср.н}=320$ мкм. Полный дисперсионный состав получаемых эмульсий приведен в таблице (в качестве показателя дисперсности эмульсии принят средний арифметический диаметр $d_{ср}$).

| Дисперсионный состав ($d_{ср}$, мкм) водомазутной эмульсии при обработке | | |
|--|------------------------|-------------------------|
| в диспергаторе | и мешалке (I диапазон) | в мешалке (II диапазон) |
| 1--1,6(9) | 9--14(10) | 180--230(15) |
| 1,6--2,5(15) | 14--23(18) | 230--290(26) |
| 2,5--4,0(35) | 23--36(33) | 290--360(37) |
| 4,0--6,3(29) | 36--57(22) | 300--455(13) |
| 6,3--10(12) | 57--100(10) | 455--570(9) |
| — | 100--142(5) | — |
| — | 142--226(2) | — |

Примечание. В скобках указано процентное содержание капель данного размера.

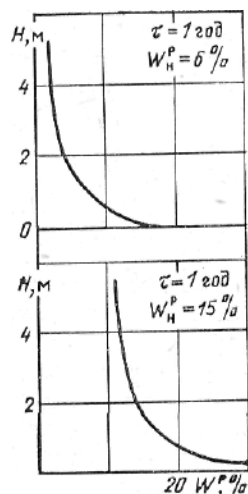


Рис. 4. Распределение влаги по высоте столба эмульсии, полученной с помощью диспергатора, после ее хранения в течение 1 года при температуре 20 °С и начальной влажности 1> и 5 %

На рис. 2 показано изменение содержания влаги по высоте столба эмульсий с различной дисперсностью водной фазы при начальных влажностях топлива 6 и 15% и времени отстаивания 50 и 100 ч. Устойчивость эмульсий к расслоению существенно зависит от размеров капель воды: с уменьшением дисперсности водной фазы их устойчивость значительно повышается. Например, в эмульсии с $W_{H}^P = 6\%$ и $d_{ср.н} = 4$ мкм после 100 часов отстаивания линейный характер распределения влаги по высоте колонны практически не изменился. Эмульсии с большим начальным содержанием водной фазы (при прочих равных условиях) менее устойчивы.

В структуре столба водомазутной эмульсии можно выделить два слоя: слой, характеризующийся небольшим, почти линейным градиентом концентрации водной фазы, и слой с высокой концентрацией водной фазы, составляющим 0,1—0,2 высоты столба эмульсии. При этом граница между слоями становится отчетливее с увеличением W_{H}^P , $d_{ср.н}$, t . Например, зависимость высоты слоя с высокой концентрацией водной фазы от W_{H}^P при $d_{ср.н} = 320$ мкм и $t = 40$ °С после хранения эмульсии в течение 100 ч в диапазоне изменения W_{H}^P от 10 до 40% можно описать следующей эмпирической зависимостью:

$$h/H = 0,11 W_{H}^P, \quad (2)$$

где h — высота слоя с высокой концентрацией водной фазы, м; H — высота столба эмульсии, м.

Изменение дисперсности водомазутной эмульсии влажностью $W_{H}^P = 15\%$ на разных уровнях отстойной колонны в зависимости от времени отстаивания (рис. 3) характеризует процесс коалесценции капель воды в эмульсии. В грубых эмульсиях осаждение крупных капель и увеличение концентрации водной фазы приводит к резкому увеличению размеров дисперсной фазы и способствует возникновению прослоек и крупных включений воды. С уменьшением размеров капель воды этот процесс существенно замедляется.

Представляет интерес проведенный авторами эксперимент по длительному «холодному» хранению водомазутной эмульсии, полученной с помощью диспергатора мазута.

Результаты опыта приведены на рис. 4, из которого видно, что тонкодисперсные однородные эмульсии обладают высокой стабильностью, особенно при невысокой температуре хранения. После 1 года хранения эмульсии при температуре 20 °С водных линз и прослоек не наблюдалось. Количество отстоявшейся воды было незначительным: показатель G_0/G_n для эмульсии с начальной влажностью 6 и 15 % был равен соответственно 0,01 и 0,05.

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать следующие практические выводы, дающие возможность разработать технологию хранения и подготовки к сжиганию обводненного жидкого топлива в условиях действующих и проектируемых мазутных хозяйств промышленных и отопительных котельных:

1. При небольшом начальном обводнении топлива (до 10%) целесообразно уменьшить размеры частиц водной фазы в мазуте в процессе приема и подачи в резервуары и осуществлять его хранение в виде тонкодисперсной водомазутной эмульсии. Температура хранения эмульсии должна поддерживаться на уровне 30°С. При этом будут достигаться высокая однородность топлива и более равномерное распределение влаги по его объему. Такой процесс может быть осуществлен путем обработки обводненного мазута в диспергаторе роторно-пульсационного типа при его установке в мазутных хозяйствах котельных.

2. При больших значениях начального обводнения, когда диспергирование топлива перед подачей в резервуары мазутохранилища нецелесообразно, более эффективен интенсивный отстой воды из топлива в неэмульгированном состоянии при температуре 60—70°С в течение 80-100 ч. После этого возможно снижение влажности основной массы мазута до 6-10 % путем удаления отстоявшейся воды и слоя топлива с высокой концентрацией водной фазы в отдельный резервуар для дополнительного отстаивания, причем эффективность последнего будет достаточно высока вследствие больших размеров частиц и концентрации водной фазы. Промышленный эксперимент, проведенный на ТЭЦ-23 Мосэнерго, по дополнительному отстою подтоварных вод показал, что такая мера практически полностью исключила попадание водяных пробок в мазутные форсунки [3].

Диспергирование оставшейся в основной массе мазута воды производится затем в процессе циркуляционного подогрева или непосредственно перед сжиганием в зависимости от необходимого эксплуатационного режима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.М. Топливные эмульсии. — М.: Изд-во АН СССР, 1962.
2. Павлов Б.П., Батуев С.П., Шевелев К.В. Подготовка водомазутных эмульсий для сжигания в топочных устройствах. — В кн.: Повышение эффективности использования газообразного и жидкого топлива в печах и отопительных котлах. Л.: ЛИСИ 1984. — (Межвуз. тематич. сб. тр.).
3. Ляховецкий М.С., Павлова И.А., Крнев А.Я. Уменьшение обводненности мазута, подаваемого в котлы. — Энергетик, 1983, № 7.