

УДК 621.182

Гридин С.В., Хохлова А.Л.

Донецкий национальный технический университет

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ВОДО-МАЗУТНОЙ ЭМУЛЬСИИ, ПРИГОТОВЛЕННОЙ ИЗ МАЗУТОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Проведено аналіз економічних, екологічних і технічних переваг використання водо-мазутної емульсії. Розроблено методику розрахунку еколого-економічного ефекту від використання в якості палива водо-мазутної емульсії, приготовленої з відходів, що містять мазут.

Проведен анализ экономических, экологических и технических преимуществ использования водо-мазутной эмульсии. Разработана методика расчёта эколого-экономического эффекта от использования в качестве топлива водо-мазутной эмульсии, приготовленной из мазутодержащих отходов.

We conducted analysis of economic, ecological and technical advantages of the using the water-fuel emulsion. We developed method of calculation ecological-economic effect of the using as a fuel of water-fuel emulsion, prepared from wastes containing fuel oil.

q_2 – потери энергии с уходящими газами, ГДж/год ;

q_3 – потери энергии вследствие химической неполноты сгорания мазута/ВМЭ, ГДж/год;

q_4 – потери энергии вследствие физической неполноты сгорания мазута/ВМЭ, ГДж/год;

q_5 – потери через наружное ограждение, ГДж/год;

q_6 – физическая теплота шлаков, ГДж/год;

ΔD – дополнительный доход, грн./год;

A – годовые амортизационные отчисления по эксплуатации оборудования, грн./год;

Z_1 – затраты на производство тепловой энергии до реконструкции, грн./год;

Z_2 – затраты на производство тепловой энергии после реконструкции, грн./год;

$K_{нас}$ – корректирующий коэффициент, который учитывает численность жителей населённого пункта;

$K_{ф}$ – корректирующий коэффициент, который учитывает народнохозяйственное значение населённого пункта;

M_{i1} – объём годового выброса i -го количества видов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании мазута, т/год;

M_{i2} – объём годового выброса i -го количества видов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании ВМЭ, т/год ;

H – годовые налоговые отчисления на заработную плату, грн./год;

H_{bi} – норматив сбора за 1 т i -го загрязняющего вещества, грн./т;

P – предотвращённый экономический ущерб, грн./год;

$C_{1ГДж}$ – стоимость 1 ГДж, грн./ГДж;

$C_{В-М}$ – стоимость необходимого годового количества водо-мазутного сырья, грн./год;

C_M – стоимость мазута, затраченного на производство годового количества тепловой энергии, грн./год;

$C_{обезв}$ – годовая стоимость мероприятий по обезвоживанию мазута, грн./год;

$C_{обраб}$ – затраты на обработку (диспергирование) сырья для ВМЭ (стоимость электроэнергии, затрачиваемой оборудованием), грн./год ;

$C_{подогр}$ – годовая стоимость мероприятий, затраченных на подогрев мазута перед сжиганием, грн./год;

$C_{тр}$ – годовая стоимость транспортировки мазута/ВМЭ, грн./год;

$C_{экспл}$ – годовые затраты на эксплуатацию оборудования, грн./год;

$C_{эл.эн}$ – годовая стоимость электроэнергии, затраченной на перекачку мазута/ВМЭ; грн./год;

C_q – годовая стоимость потерь энергии в результате сжигания мазута, грн./год;

U_1 – экономический ущерб от загрязнения окружающей среды до проведения реконструкции, грн./год;
 U_2 – экономический ущерб от загрязнения окружающей среды после проведения реконструкции, грн./год;
 ФОТ – годовые отчисления в фонд оплаты труда, грн./год;
 Эф – эколого-экономический эффект, грн./год;
 ВМЭ – водо-мазутная эмульсия.

Сегодня основным топливом для промышленных предприятий и котельных Украины является природный газ. Однако, большинство из них для обеспечения бесперебойной работы в качестве резервного топлива используют мазут.

В то же время, подготовка мазута к сжиганию требует значительных энергозатрат, которые в конечном итоге отражаются в виде повышения энергоёмкости единицы произведенной продукции: при использовании мазута в качестве топлива увеличиваются расходы предприятий за выбросы вредных веществ в атмосферу, возрастают затраты на эксплуатацию оборудования и т.п.

Одним из путей снижения энергоёмкости единицы произведенной продукции является использование отходов нефтепродуктов в виде загрязненных топлив, донных отложений, отработанных масел с повышенным содержанием воды и механических примесей, образованных в процессе эксплуатации промышленных предприятий, нефтебаз, железнодорожного и автомобильного транспорта и судов. Это сырьё не подлежит использованию и представляет опасность для окружающей среды.

Основными источниками отходов нефтепродуктов являются:

- отходы котельного топлива, дизельного топлива, моторного топлива после фильтрации, сепарации и зачисток емкостей на промышленных предприятиях;
- главные двигатели на судах (при сепарации тяжелых топлив отходы составляют от 3 до 5 % топлива);
- продукты зачистки мазутных резервуа-

Индексы нижние:

В-М – водо-мазутное сырьё;
 м – мазут;
 нас – население;
 обезв – обезвоживание;
 обраб – обработка;
 подогр – подогрев;
 тр – транспортировка;
 экспл – эксплуатация;
 эл.эн. – электрическая энергия.

ров, железнодорожных цистерн и автоцистерн;

- проливы в процессе транспортировки мазута;
- донные отложения из грузовых танков танкеров, а также из расходных топливных цистерн.

Подтоварные сточные воды промышленных и отопительных котельных, как правило, собираются и вывозятся на специальные полигоны, где обезвоживаются далеко не совершенными способами. На их транспортировку и обезвоживание предприятие ежегодно затрачивает десятки тысяч гривен.

Оптимальным решением проблемы подготовки к сжиганию нефтесодержащих отходов является приготовление из них водо-мазутной эмульсии.

Публикации, посвящённые теории и практике использования ВМЭ, возникают в периоды экономических и энергетических трудностей или по причине ухудшения экологического состояния окружающей среды. В настоящее время эти причины совместились во времени. С одной стороны, постоянное стремительное повышение цен на энергоносители заставляет инженеров искать новые виды топлив, с другой стороны, производственная сфера Украины требует повышения энергоэффективности производства. Анализ публикаций по теме применения ВМЭ позволяет заметить, что экономическая эффективность их применения оценивается лишь ориентировочно и не включает в себя оценку предотвращённого экологического ущерба от использования ВМЭ из нефтесодержащих отходов.

Целью данной статьи является разработка методики оценки эколого-экономического эффекта от использования в качестве топлива ВМЭ, приготовленной из нефтесодержащих отходов.

К настоящему времени проведено значительное количество экспериментальных работ, посвящённых использованию ВМЭ в различных теплоагрегатах. Прежде всего, следует отметить работы В.М. Иванова [1] и О.Н. Лебедева [2], в которых сформулированы основные теоретические положения горения капель ВМЭ. Лабораторные исследования [1] показали, что: жидкие эмульгированные топлива сгорают быстрее, чем безводные; вода не ухудшает, а улучшает процессы горения по причине дополнительного дробления капель топлива, увеличения поверхности горения частиц и хорошего перемешивания топлива с воздухом. Сокращение времени сгорания капель ВТЭ благоприятно сказывается на догорании сажистых остатков, так как улучшает полноту сгорания топлива и уменьшает отложение сажи на рабочих поверхностях. Результаты работ, проведенные исследователями И.А. Тувом [3] и В.М. Ивановым, со всей очевидностью показали, что процессы смесеобразования, воспламенения и горения для обводненного эмульгированного топлива протекают более интенсивно, чем для топлива безводного, что в конечном итоге обеспечивают хорошие показатели сгорания как по времени, так и по полноте.

Для получения устойчивой ВМЭ вода в эмульсии должна находиться в виде частиц диаметром порядка нескольких микрометров. Для приготовления ВМЭ требуемой влажности, дисперсности, вязкости и др. применяются устройства-гомогенизаторы.

Использование гомотенизированной водно-мазутной смеси позволяет повысить коэффициент сжигания топлива, сэкономить мазут и уменьшить вредные выбросы оксида азота и угарного газа в атмосферу при их сжигании. Сжигание ВМЭ с добавлением влаги приводит к снижению уровня температур в зоне максимальной генерации оксидов азота, и следова-

тельно, к значительному (на 30...50 %) снижению их концентрации в дымовых газах. Для снижения концентрации оксидов серы при сжигании сернистых мазутов в составе добавочных вод можно также использовать раствор или слабую взвесь гашёной извести. Гомотенизированная водно-мазутная смесь имеет заметно меньшую вязкость, чем чистый мазут, поэтому облегчается процесс перекачки топлива.

Находящаяся в составе ВМЭ водная фаза может быть частично диссоциирована в ходе окисления топлива в предпламенных процессах. Затем, по мере повышения температуры в фазе активного сгорания, реакция диссоциации воды ускоряется. Образующийся при диссоциации избыток атомов водорода быстро диффундирует в область с избытком кислорода, где их реакция компенсирует затраты энергии на диссоциацию воды.

Еще одним важным фактором, характеризующим эффективность использования ВМЭ, является повышение эффективности и долговечности топочного оборудования. При сжигании эмульсии часть капель долетает до поверхностей нагрева и взрывается на них, что способствует не только предотвращению отложений, но и очистке этих поверхностей от старых сажистых образований.

Итак, сжигание ВМЭ дает ряд преимуществ:

а) значительное улучшение экономичности и экологических характеристик энергетических котлов и технологических печей за счет снижения выбросов угарного газа, оксидов азота, бенз(а)пирена и др. вредных веществ;

б) интенсификацию процесса сжигания топлива;

в) возможность огневого обезвреживания и утилизации сбросных вод, загрязненных нефтепродуктами и др. вредными веществами.

Эколого-экономический эффект от применения ВМЭ целесообразно рассматривать как сумму предотвращённого экономического ущерба от загрязнения окружающей природной среды и дополнительного дохода, полученного вследствие внедрения технологии

сжигания ВМЭ, приготовленной из нефтесодержащих отходов:

$$\text{Эф} = \Pi + \Delta\text{Д} . \quad (1)$$

Предотвращённый экономический ущерб рассчитывается как изменение расходов предприятия на сборы за загрязнение окружающей среды:

$$\Pi = Y_1 - Y_2 = \sum (M_{i1} \cdot H_{\text{би}}) \cdot K_{\phi} \cdot K_{\text{нас}} - \sum (M_{i2} \cdot H_{\text{би}}) \cdot K_{\phi} \cdot K_{\text{нас}} . \quad (2)$$

В случае, если предприятие загрязняет мазутосодержащими отходами водные ресурсы, то экономический ущерб Y_1 дополнится ещё и суммой сбора за загрязнение водных ресурсов.

Дополнительный доход, полученный вследствие внедрения технологии сжигания ВМЭ, приготовленной из нефтесодержащих отходов, определяется путём сопоставления затрат на производство одинакового количества тепла до и после реконструкции:

$$\Delta\text{Д} = Z_1 - Z_2 , \quad (3)$$

$$Z_1 = C_{\text{м}} + C_{\text{обезв}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{эл.эн.}} + C_{\text{подогр}} + C_q + C_{\text{экспл}} + A + \text{ФОТ} + H . \quad (4)$$

Стоимость потерь энергии определяется по формуле:

$$C_q = C_{\text{ГДж}} (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) . \quad (5)$$

Затраты на производство годового количества тепловой энергии при использовании в качестве топлива ВМЭ и установке для этого мероприятия устройства для диспергирования обводненных мазутосодержащих отходов определяются:

$$Z_2 = C_{\text{В-М}} + C_{\text{обработ}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{эл.эн.}} + C_q + C_{\text{экспл}} + A + \text{ФОТ} + H . \quad (6)$$

Выводы

Сжигание ВМЭ, приготовленной из нефтесодержащих отходов, позволяет получить следующие экономические преимущества:

- уменьшение экономического ущерба от загрязнения окружающей среды за счёт уменьшения количества оксидов азота, серы, угарного газа, сажи, частиц, бенз(а)пирена и др. вредных веществ;
- снижение стоимости исходного топливного сырья или полное её отсутствие;
- снижение стоимости мероприятий на подготовку сырья к сжиганию (транспортировка, обезвоживание, подогрев, перекачка, рас-

пыление);

- снижение потерь с физическим, механическим недожогом, потерь с уходящими газами (за счёт возможности снижения коэффициента избытка воздуха), уменьшение физической теплоты шлаков;
- уменьшение степени загрязнения оборудования, снижение затрат на его эксплуатацию, увеличение срока службы оборудования и уменьшение затрат на его амортизацию.

Определение эффекта от подобного мероприятия является оптимизационной задачей, в которой необходимо учесть стоимость оборудования, увеличение объёма продуктов сгора-

ния, потери энергии на испарение влаги ВМЭ, а также её частичную диссоциацию и компенсацию потерь при дальнейшем горении водорода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов В.М.* Топливные эмульсии. – М.: АН СССР, 1962. – 407 с.
2. *Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д.* Во-

дотопливные эмульсии в судовых дизелях. – Л.: Судостроение, 1988. – 108 с.

3. *Тув И.А.* Сжигание обводнённых мазутов в судовых котлах. – Л.: Судостроение, 1968. – 314 с.

Получено 12.10.2009 г.