

СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗА СЧЕТ СЖИГАНИЯ ГОМОГЕНЕЗИРОВАННЫХ ОБВОДНЕННЫХ ТОПЛИВ В АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.В. Кузьмич, д.т.н.

Белорусский национальный технический университет (г. Минск)

В АПК Республики Беларусь ежегодно накапливается до 700 тысяч тонн нефтесодержащих сточных вод, до 30 тысяч тонн сивушных и отработанных масел, накоплено около 1 млн. тонн отходов (мелкой крошки) торфа, угля и более 500 тысяч тонн нефтешлаков.

В соответствии с требованиями к степени очистки сточных вод ПДК на нефтепродукты для водоемов рыбохозяйственного назначения должна быть равной 0,5 мг/л. В такой ситуации наиболее простым, экологически выгодным методом защиты водоемов от загрязнений является термическое обезвреживание нефтесодержащих вод.

Концентрация мазута в усредненных стоках может колебаться от 10 до 40 мг/л и выше. При сбросе замазученных сточных вод существует реальная опасность образования донных отложений, отсекающих флору и фауну водоемов от мест обитания и кормления, а содержание серы в таких нефтепродуктах будет губительно воздействовать на молодь и икру рыб.

Сжигание обводненных топлив наряду со снижением экономической эффективности топочных устройств, вызванным нарушениями горения топлива, сопровождается выбросами не догоревшего топлива в виде токсичного оксида углерода CO, сажистых частиц и канцерогенных полициклических ароматических углеводородов, поступающих с продуктами сгорания в атмосферу. Процессы горения практически всех видов топлива, в том числе жидких любого качества, связаны с образованием оксидов азота NO и NO₂, а при наличии в составе топлива соединений серы – и с образованием оксидов серы SO₂, также поступающих в атмосферу.

Принимая во внимание тот факт, что главной причиной нарушения топочных процессов является не столько присутствие в топливе определенного количества воды, сколько неравномерность ее распределения по объему топлива, необходимо воздействовать на взаимно неразрывимые составляющие водо-топливной смеси, превращая ее гомогенизированную систему – водо-топливную эмульсию с равномерным распределением воды по всему объему топлива.

Основные особенности процесса гомогенизации заключаются в следующем. Во-первых, диспергирование капель более плотной фазы в дисперсионной среде менее плотной фазы возможно лишь в том случае, если капли находятся в легко деформируемом состоянии. Во-вторых, капли должны быть посредством деформации приведены в термодинамически неустойчивое состояние, в котором возможен процесс самопроизвольного дробления под действием поверхностных сил, стремящихся уменьшить поверхность раздела фаз. В-третьих, значительная деформация капель возможна лишь при достаточно высоких локальных градиентах скорости, либо при наличии в среде кавитационных ударов.

Исследование гомогенизации систем жидкость-жидкость представляет собой сложную практическую и теоретическую задачу из-за необходимости учета процессов, как благоприятствующих процессу диспергирования (кавитация, турбулентное дробление), так и приводящих к уменьшению дисперсности (коалесценция мелких капель в более крупные образования). Дробление и коалесценция дисперсной фазы, не смешивающейся с дисперсной средой, может происходить в турбулентном потоке за счет взаимодействия между этими фазами. Инерционные силы стремятся разрушить частицу, а диффузионное движение частиц приводит к их сближению и коалесценции.

Основной задачей гомогенизирующих устройств является получение мелкодисперсной среды. Для получения тонких эмульсий (размер дисперсии $\approx 1-2$ мкм) необходимы высокие локальные напряжения сдвига, достигаемые в случае вязких ньютоновских жидкостей только при весьма больших скоростях потока и высоких напряжениях сдвига. В случае турбулентного движения удастся создать высокие местные напряжения сдвига в значительной части рабочего объема гомогенизатора. Высокоэнергетический турбулентный режим течения может быть реализован в турбулентном потоке сразу за турбулизирующей решеткой или в зоне внезапного расширения потока. Максимальная пульсационная скорость здесь ближе к средней скорости по сечению канала.

Одним из важных факторов, определяющих качество гомогенизации в турбулентном потоке, является гидродинамическая кавитация. Суть этого явления заключается в том, что при резком локальном снижении давления в потоке могут появиться разрывы сплошности жидкости (га-

зодинамические зародыши). С восстановлением давления происходит схлопывание и растворение зародышей в жидкости. Процесс схлопывания пузырьков сопровождается появлением кумулятивных микроструй и формирующимися в них ударными волнами (кавитационными ударами). Все это ведет к кавитационному разрушению капель дисперсной жидкости изнутри, вследствие образования и схлопывания зародышей непосредственно внутри капли (так называемый взрыв капли). При небольших объемных концентрациях дисперсии кавитационные удары в основном стабилизируют поверхность раздела извне, являясь фактором, сопутствующим турбулентности. Эффективность гомогенизации при кавитационном течении зависит от числа кавитационных ударов, которое для определенного устройства гомогенизатора является постоянным и от количества дисперсных включений, проходящих через зону воздействия этих ударов.

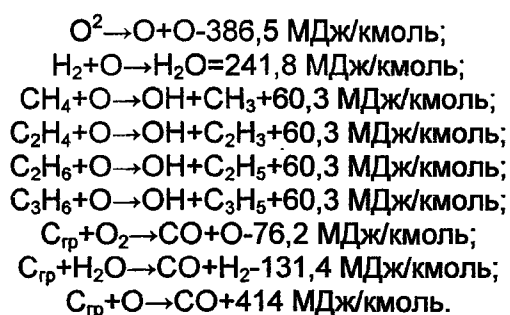
Технологии базируются на применении высокоэффективных, экономичных и высокопроизводительных гидродинамических ультразвуковых диспергаторов проточного типа с концентрированным акустическим полем, работающих с любым типом существующих насосов, не требующих подвода дополнительной энергии.

Применение указанных технологий позволяет попутно утилизировать замазученные стоки и повысить эксплуатационную надежность работы котельных агрегатов при сжигании обводненных мазутов, а также дает возможность утилизировать жидкие отходы – отработанные масла и смазывающе-охлаждающие жидкости, не подлежащие регенерации.

Внедрение предлагаемых технологий не требует какой-либо реконструкции котельных агрегатов и замены технологического оборудования.

Вследствие температурного крекинга высокомолекулярные углеводородные соединения разлагаются на простейшие горючие газы (метан, этан, этилен, пропилен, пропан и т.д.), которые затем частично испаряются и частично разлагаются на еще более простые молекулы. Одновременно происходит формирование углеродной пленки на поверхности жидкого горючего, а в окружающую среду испаряется окись углерода и водорода.

Каталитические реакции горения также приводят к эмиссии горючих газов с поверхности гидростабилизированного углеводородного горючего (поверхностное горение горючего). При этом возникают следующие реакции:



Из приведенных термохимических реакций видно, что вследствие газификации крупных жидких частиц гидростабилизированного углеводородного горючего в окружающую среду испаряются молекулы H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_6 , а также радикалы OH , CH_3 , C_2H_3 , C_2H_5 , C_3H_5 , CO , которые совместно с атомарным водородом формируют активные центры. При разложении гидростабилизированных углеводородных горючих выход частиц H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 и C_3H_6 составляет в среднем соответственно 17,3; 26,2; 7,3 и 11,5%.

Из всех каталитических реакций горения на углеродной пленке представляет интерес только горение водорода и углеродной пленки. Поверхностное горение водорода вследствие теплового испарения в окружающую среду поставляет активные центры H и OH , поскольку энергетический выход реакции горения водорода стандартного горючего недостаточен, чтобы обеспечить эмиссию продуктов горения с поверхности углеродной пленки. Энергетический выход реакций горения и газификации молекулами воды углеродной пленки гидростабилизированного горючего достаточно большой и позволяет продуктам горения и газификации (в основном CO и водороду) с достаточно большой скоростью покидать поверхность пленки.

Горючие газы в процессе газификации гидростабилизированных углеводородных горючих содержат в среднем следующие компоненты, %: окись углерода — 89,7; водород — 3,5; метан — 1,9; этилен — 1,6; этан — 1,5; пропилен — 1,7. Концентрация горючих газов в камере сгорания (в топке) обычно составляет 7–9%. Такую горючую смесь можно рассмат-

ривать как водяной газ. Для него детонационное горение в воздухе начинается при концентрации 19% и выше. Учитывая это, расход гидростабилизированного углеводородного горючего не должен превышать величины, при которой возникает детонационное горение.

Ввиду того, что вода при горении гидростабилизированных углеводородных горючих участвует в окислительно-восстановительных процессах, поэтому теплопроизводительность, которая характеризует энергетические возможности топливовоздушной смеси гидростабилизированного горючего с учетом эффективности рабочего процесса в камере сгорания (топке), выше теплопроизводительности стандартного углеводородного горючего, хотя теплота сгорания гидростабилизированного углеводородного горючего меньше стандартного. Теплопроизводительность, как известно, определяется уравнением:

$$Q_{\text{нп}} = \frac{Hu * \eta_m}{1 + \alpha L_o},$$

где $Q_{\text{нп}}$ — теплопроизводительность, ккал/кг;

Hu — низшая теплота сгорания, ккал/кг;

η_m — коэффициент полноты сгорания горючего;

L_o — стехиометрический коэффициент, кг окислителя/кг горючего;

α — коэффициент избытка воздуха.

Наиболее оптимальными гидростабилизированными углеводородными горючими, не требующими при их использовании доработок топок котлов, систем подачи топлива и воздуха, дымососов, горелочных устройств, являются получаемые стабильные не разделяющиеся коллоидные растворы воды в углеводородных горючих со степенью дисперсности 10^5 – 10^7 см⁻¹ и равномерно распределенных по объему частиц величиной 10^{-5} – 10^{-7} см.

Сравнительные характеристики топливных смесей и стандартного топлива представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики топливных смесей

Показатель	Эмульсия:			Мазут М-100 ГОСТ 10585-75
	вода- 10%(масс.)	вода- 20%(масс.)	вода- 30%(масс.)	
Плотность при 20°C, кг/м ³	1014,0	1009,0	1006,6	не более 1015,0
Вязкость условная °ВУ, при 80 °C	17,0	20,023,0		не более 16,0
Температура застывания, °C	28,0	30,0	32,0	25,0
Температура вспышки в открытом тигле, °C	112,0	115,0	117,0	125
Содержание серы. %(масс.)	3,3	3,1	3,1	не более 3,6
Средняя дисперсность, мкм	2-5	2-5	2-5	-
Устойчивость, суток	не менее 5 мес.	не менее 5 мес.	не менее 1 мес.	-
Теплота сгорания, ккал/кг	9500	8800	8500	9100-9640
Цвет	черный	темно-коричневый	темно-коричневый	черный

Гидростабилизированные углеводородные горючие обладают по отношению к стандартным углеводородным горючим следующими основными преимуществами: высокой полнотой сгорания (коэффициент полноты сгорания по экспериментальным данным достигает 0,98–0,99%), улучшенным распылом и смесеобразованием, увеличением теплопроизводительности, повышенной экономичностью, уменьшением образования CO_x, NO_x, SO_x, сокращением отложений на стенках котлоагрегатов и поверхностях нагрева, исключается закоксование форсунок и образование нагара, сокращается образование сажи, уменьшением потребления воздуха.

Проверка предложенного метода показала принципиальную возможность сжигания водо-топливных эмульсий с содержанием воды до 30%. При этом было установлено, что влажность жидкого топлива в пределах до 20% не приводит к ухудшению процесса горения

(при соблюдении всех других условий его организации) и даже позволяет снизить избыток воздуха, тем самым наблюдается повышенная экономичность топливосжигающих аппаратов.

Использование обводненного жидкого топлива в виде водо-топливной эмульсии с дисперсностью водной фазы в пределах 5-10 мкм и влажностью 8-10% равнозначно по своей сути сжиганию более высококачественного топлива. При этом имеет место непосредственно экономия топлива, стабильное и эффективное горение, снижение затрат на обслуживание котельного хозяйства (за счет уменьшения сажеобразования и продуктов коксования в котле, удлинение межремонтного цикла), а также существенный экологический эффект (снижение загрязнений атмосферы и водных источников).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ УПАКОВКИ

В.В. Кузьмич, д.т.н.

Белорусский национальный технический университет (г. Минск)

Ю.С. Почанин, к.т.н.

Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск)

Обострение в конце XX века глобальной экологической проблемы выдвинуло утилизацию полимерных материалов, в частности, упаковочных отходов в число приоритетных задач инженерной экологии. Упаковочные отходы представляют собой наиболее значительную по объему часть отходов производства и потребления и содержат в своем составе практически все морфологические компоненты бытовых и промышленных отходов. Главное отличие упаковочных отходов, позволяющее выделить их в отдельный класс отходов:

- быстрота образования (упаковка превращается в отход практически сразу после ее попадания к потребителю или после одноразового использования);
- упаковка не является целью потребления, а лишь сопутствует продукту потребления.

Упаковочные отходы содержатся как в твердых бытовых (ТБО), так и в промышленных отходах. Основную (и непрерывно растущую) долю составляют упаковочные отходы, образующиеся в торговле и в быту.

Упаковочные отходы, образующиеся в промышленности, хотя и имеют значительные объемы, но тем не менее представляют значительно меньшую проблему, так как на предприятиях имеется больше возможностей для утилизации упаковки.

Количество упаковочных отходов в год на одного жителя различается в различных странах от 10–15 кг в год в слаборазвитых странах, до 100 кг в крупных городах наиболее развитых стран. По уровню утилизации упаковочных отходов мы несколько отстаем от развитых европейских стран.

Директива Европейского Сообщества (ЕС 94/62 «ДСД-Зеленый знак») является эффективным инструментом достижения цели увеличения доли утилизации упаковочных отходов, обеспечивающим одновременно высокий экологический и экономический эффект. Кроме того, выполнение требований данной директивы является практически обязанностью любого европейского государства, в том числе и Беларуси, независимо от того, является ли оно членом ЕС и ВТО или нет. Поэтому данную директиву, безусловно, необходимо использовать как ориентир для постановки задач и выбора путей их решения. Однако в Директиве нет указаний для обязательного использования системы «ДСД-Зеленый знак». Каждая страна выбирает тот путь, который является для нее наиболее эффективным и наименее затратным.

Директива требует от производителей и поставщиков упаковок соответствующей маркировки (по единому стандарту) упаковочных материалов, а также обеспечения такого их химического состава и конструкции, которые были бы не токсичны для окружающей среды и позволяли рециклировать их.

В последние годы возрос интерес к биоразлагаемым полимерным материалам и упаковкам из них, которые разрушаются под воздействием различных микроорганизмов. Разложение традиционных полимерных материалов составляет десятки и сотни лет, использование же биополимеров приводит к значительному сокращению этих сроков. Скорость разложения биополимерных материалов зависит от ряда факторов – вида полимера, влажности, температуры, светового воздействия, микробиологической популяции и др. Наиболее