

УДК 621.18; 622.75; 662. 61; 662,76

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СЖИГАНИЯ ЖИДКИХ ТОПЛИВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛАХ

СУЛЕЙМАНОВ Я.М.

Аз НИ и ПИИ Энергетики

Приведены результаты исследования процесса сжигания мазута на котлах ТГМП-344А с применением кавитационных форсунок разработанных АзНИИПИИ Энергетики в сравнении со штатными форсунками паро-механического распыла на АЗТЭС. Применение метода кавитации обеспечивает экономию жидкого топлива, снижает вредные выбросы в атмосферу, уменьшает затраты на производство электроэнергии и на ремонт оборудования.

Введение

Рост потребления жидкого топлива в условиях дефицита и высокой стоимости требует не только его наиболее рационального использования, но и максимального уменьшения загрязнения окружающей среды.

Решение проблемы рационального использования жидких топлив существенно осложняется тем, что современные газомазутные котлы должны работать в высокоманевренном режиме эксплуатации. Определяющая роль в решении этих проблем принадлежит организации оптимального топочного процесса. Многообразие требований, предъявляемых к современным топочно-горелочным устройствам с учетом разнообразия свойств энергетических жидких и газообразных топлив, делает эту проблему очень сложной и многоплановой.

Для решения этой проблемы необходимы: создание научных и методических основ по организации эффективных режимов сжигания жидких и газообразных топлив с учетом требований по экономичности, надежности, маневренности, техники безопасности и охране окружающей среды; разработка различных конструкций топочно-горелочных устройств для сжигания жидких и газообразных топлив; создание методов расчета и принципов конструирования горелочных устройств.

За последние годы в этом направлении как в Азербайджане, так и за рубежом была проделана большая работа, в выполнении которой принимало участие большое количество организаций. В 1980 сотрудниками АзНИИПИИ Энергетики были разработаны и внедрены кавитационные форсунки, работающие в режиме сжигания с предельно малыми избытками воздуха [1]. Впервые полезно использовать эти эффекты удалось в 1986 г. на Али-Байрамлинской ТЭЦ в топках котлов ТГМ-94. На этой ТЭЦ серия кавитационных форсунок проработала беспрерывно около 30 тыс. часов, обеспечив уменьшение расхода топлива на 72,3 тыс.т.у.т с общей экономией 2,05 млн.руб. Далее эти форсунки были внедрены на нескольких электростанциях Грузии, России и США. Результаты эксплуатации кавитационных форсунок на этих электростанциях убедительно свидетельствуют о том, что применение метода кавитации обеспечивает экономию жидкого топлива, снижает выбросы NO_x , CO , SO_2 , C в атмосферу, уменьшает затраты на производство электроэнергии и на ремонт оборудования, увеличивает к.п.д. котла на 1,2%.

Экономический эффект от кавитационной форсунки обусловлен улучшением процесса горения и теплообмена в котлоагрегате. Положительный результат характеризуется:

- 1) увеличением полезного тепловыделения;
- 2) снижением избытка воздуха;
- 3) снижением давления мазута перед котлом;
- 4) изменением фазового состава тонкодисперсной и грубодисперсной золы с обогащением последней силикатами кальция;
- 5) повышением полезного тепловосприятия, часовой выработки тепла и паропроизводительности котла;
- 6) повышением К.П.Д. котлоагрегата;
- 7) отсутствием необходимости очистки экранов в связи с переводом котла на газ и дробочистки, которая заменена отмывкой;
- 8) уменьшением гидравлического сопротивления газопроводов;
- 9) уменьшением коксования распиливающих головок, облегчением их замены и очистки;
- 10) повышением надежности и пожаробезопасности системы топливоподачи и станции в целом.

В конечном счете положительный эффект от квалифицированного использования энергосберегающей технологии кавитационного распыления топлива сводится к повышению паропроизводительности и КПД или снижению затрат мазута и газа на выработку пара.

В настоящей статье приведены результаты использования кумулятивного кавитационного эффекта для улучшения распыления мазута на котлах ТГМП - 344 А Азербайджанской ТЭС. Необходимо отметить, что до сих пор на многих ТЭС нами внедрялись кавитационные форсунки взамен механических форсунок высокого давления, а здесь нам пришлось паро-механические форсунки типа «Ильмарине» высокого давления заменять кавитационными форсунками низкого давления (КФНД). Новая технология потребовала усовершенствования конструкции центробежных форсунок, в результате чего был разработан специальный кавитатор (кавитационная форсунка). Преимуществом данного метода является то, что одновременно уменьшается давления перед форсункой и отпадает необходимость пара для распыления мазута, а это играет важную роль с точки зрения энергосбережения.

Разработка методики расчета и конструирования кавитационных форсунок

Процесс сжигания жидкого топлива в топочных устройствах паровых котлов в первую очередь определяется качеством работы распыляющих устройств (форсунок). Поэтому при конструировании форсунок успех работы в значительной степени зависит от правильного выбора типа форсунок и расчета её геометрических размеров.

Выбор того или иного типа форсунки определяется, во первых, тепловой мощностью агрегата и диапазоном изменения этой мощности, во-вторых габаритными размерами факела, который должен занимать максимум топочного пространства, но не касаться поверхностей нагрева и обмуровки.

Ниже предлагается разработанная нами трехэтапная методика выбора типа форсунки, основанная на положениях теории принятия решений [2].

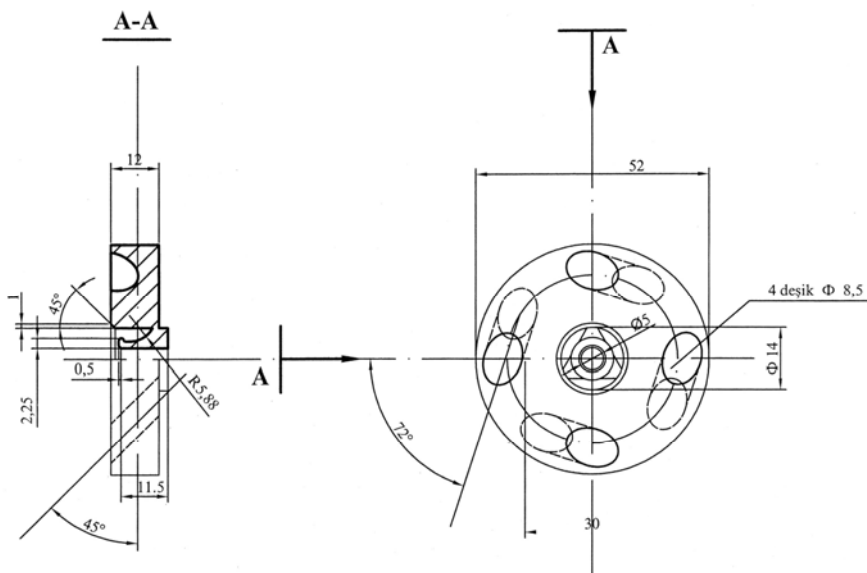
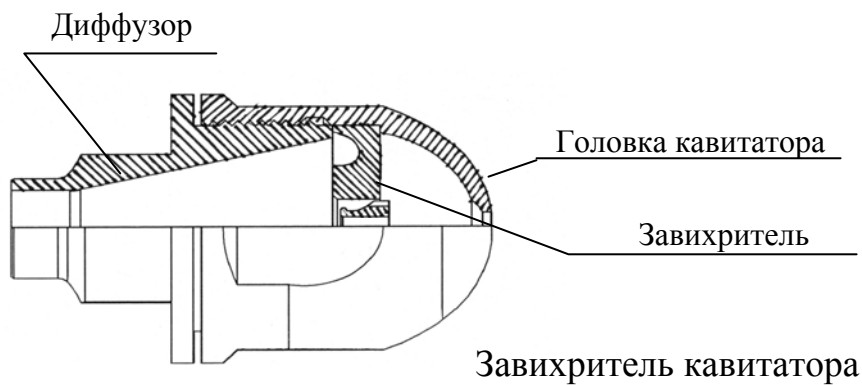
На первом этапе, используя классификацию и обобщенные характеристики форсунок, после сравнительного анализа различных факторов (область применения, расход распылителя, преимущества и недостатки форсунок с учетом типа, типоразмера и характеристик котла, для которого предназначена искомая форсунки), учитывая

наличие соответствующего распылителя, выделяют 3-4 вида наиболее приемлемых форсунок типовых конструкций.

На втором этапе, так же предварительно по габаритным размерам факела с учетом размеров топки выбирают из числа намеченных 3-4-х видов лишь 2-3 форсунки, более полно отвечающих требованиям характеристик факела.

На третьем этапе, если выбранные после второго этапа форсунки оказались разных типов, проводят их сравнение по экономичности распыления и оценивают значения КПД распыления по известной методике [3].

Как показывают предварительные исследования, наиболее удачной с точки зрения энергосбережения является кавитационная форсунка. Эта форсунка гидравлическая и состоит из трех простых в изготовлении деталей. Она показана на рис.1. Исследованная кавитационная форсунка работает следующим образом. Одна часть жидкости при движении по закручивающим каналам завихрителя приобретает вращение и поступает в сопловый канал в виде кольцевого потока. Здесь происходит взаимодействие закрученного кольцевого потока жидкости с другим потоком, истекающим из осевого канала завихрителя.



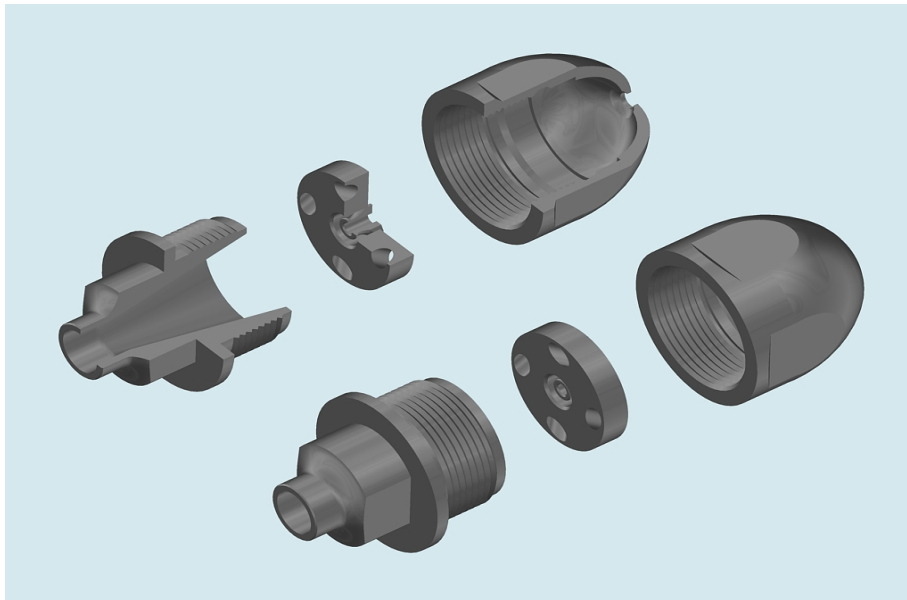


Рис.1 Принципиальная схема и общий вид кавитационной форсунки

Аналитическое описание этого взаимодействия представляет собой весьма трудную задачу [4]. Поэтому для создания инженерного метода расчета форсунки была выбрана регрессионная модель. Эта модель описывает зависимость каждого из шести параметров распределения от перепада давления (P_i) на форсунке и пяти основных ее геометрических размеров. В качестве последних на основе предварительно проведенных экспериментов были выбраны:

- f_c - площадь соплового отверстия;
- f_o - площадь центрального отверстия завихрителя;
- s - суммарная эффективная площадь закручивающих каналов;
- α - угол наклона закручивающих каналов завихрителя;
- l_c - длина соплового канала.

Модель представляет собой систему из шести нелинейных уравнений вида:

$$P_i = b_0 + \sum_{i=1}^{i=6} b_i x_i + \sum_{i=1}^{i=6} \sum_{j=1}^{j=6} b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

Расчет физически реализуемых размеров форсунки и характер сходимости итерационных процессов при решении этой системы численными методами в значительной мере определяется диапазоном задания начальных приближений [5]. В качестве указанных приближений могут быть выбраны размеры форсунки, имеющей характер распределения плотности орошения.

Коэффициенты в уравнениях регрессии определялись на основе статистической обработки экспериментальных данных.

На первом этапе расчета коэффициент расхода кавитационной форсунки определяют в первом приближении исходя из задаваемого угла факела по зависимости

$$\mu_n = \left(1 + tg^2 \frac{\beta}{2} \right)^{0,5} \quad (2)$$

Далее по заданному расходу и располагаемому напору определяют диаметр соплового канала

$$d_c = \left[4G / \left(\pi \mu_H \sqrt{2P_T / \rho} \right) \right]^{0.5} \quad (3)$$

Начальные размеры закручивающих каналов и длину сопла определяют из условия

$$0,9 < \frac{d_c}{D} < 0,25 \quad (4)$$

$$l_c \approx (0,5 \div 2) d_c$$

По достижении конструктивно реализуемых размеров форсунки выполняется контроль остальных характеристик распыла и в случае их существенных отклонений от заданных также выполняется уточнение начальных условий. На заключительной стадии производится окончательный расчет и прочих интересующих параметров распыла.

Для оптимизации процесса сжигания необходимо не только правильно выбрать тип, рассчитать параметры форсунки, определить места ее установки в проточной части горелки, но и поддерживать оптимальные рабочие параметры топлива (давление, вязкость, поверхностное натяжение и т.п.) при работе.

Стендовые испытания кавитационных форсунок (график расхода в зависимости от давления показан на рис.2) по приведенной выше методике, показали хорошие совпадения задаваемых и полученных параметров распределения удельных потоков жидкости (мазута).

Предварительные расчеты по «Методике определения экономической эффективности результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ»(2004г.) показали что, замена форсунок высокого давления типа «Ильмарине» кавитационными форсунками низкого давления (КФНД) дает экономию за счет уменьшения напора и удельного расхода топлива 2122910 AZN в год.

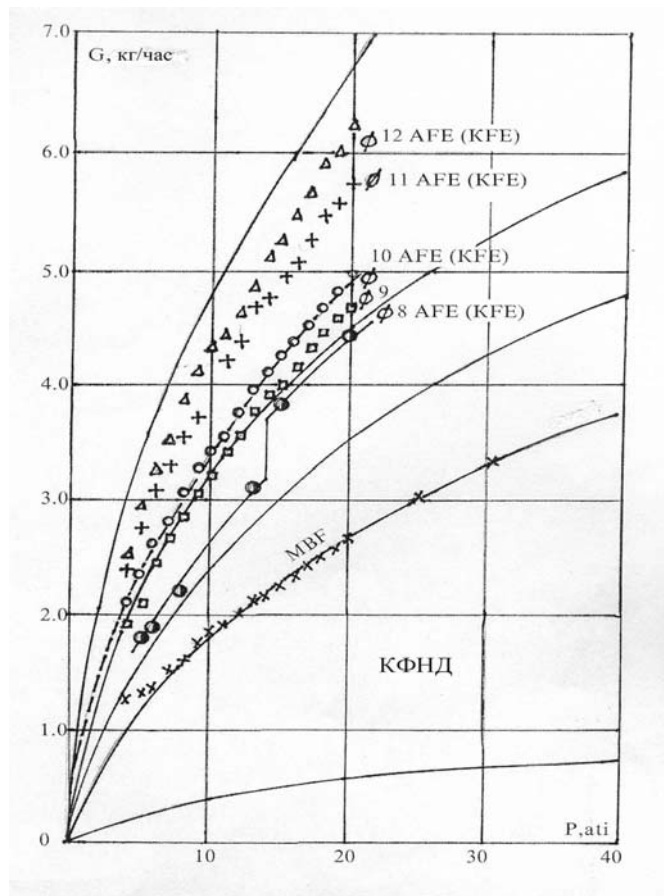


Рис. 2 График зависимости расхода Кавитационных форсунок производительностью 5,0 т/час от давления.

Заклучение

1. Анализ процессов распыления в топках паровых котлов сжигающих жидкое тяжелое топливо, позволили сформулировать ряд требований (тонкое и равномерное распыление топлива, прочность и простота конструкции, надежность и удобство эксплуатации) к форсункам, которые должны учитываться при их выборе для конкретного котла.
2. При выборе форсунки необходимо использовать научно-обоснованные методы, базирующиеся на теории принятия решений.
3. Применение предлагаемой методики позволяет обоснованно выбрать форсунки для конкретного котла, отвечающее требованиям, как максимальной экономичности, так и минимальной токсичности дымовых газов при работе на жидком тяжелом топливе.
4. Применение метода кавитации обеспечивает экономию жидкости топлива, снижают выбросы NO_x , CO , SO_2 и C в атмосферу, уменьшает затраты на производство электроэнергии и на ремонт оборудования.

-
1. Керимов А.М. и др. Повышение эффективности сжигания мазута применением ультразвуковых форсунок. «За технический прогресс» №8, 1978 г. Баку.
 2. Брэдишоу П. и др. Турбулентность, М., Машиностроение, 1980.
 3. Кини Р.Л., Райфа К. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения - М: Радио и связь, 1981.
 4. Карабин А.И., Раменская Е.С., Энно И.К. Сжигание жидкого топлива в промышленных установках - М; Металлургия, 1966.
 5. Ортего Дж., Рейнболт. Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. М., «Мир» 1975 г.

ENERGETİK QAZANLARDA AĞIR MAYE YANACAĞININ (MAZUTUN) YANDIRILMASI METODLARININ İŞLƏNMƏSİ VƏ TƏKMİLLƏŞDIRİLMƏSİ

SÜLEYMANOV Y.M.

AzİES-də AZ.ET və LAEY tərəfindən işlənmiş kavitasiya forsunkaları tətbiq edilmiş, şatda olan TQMP-344A qazanlarındakı buxar-mexaniki forsunkalar ilə müqayisə olunmaqla mazutun yanma proseslərinin nəticələrinin tətqiqi verilmişdir. Kavitasiya metodu maye yanacağa qənaət edilməsini təmin edir, atmosfərə atılan zərərli tullantıların miqdarını aşağı salır, elektrik enerjisinin istehsalına və avadanlıqların təmirinə sərf edilən xərcləri azaldır.

DESIGN AND IMPROVING METHODS FOR HEAVY OIL COMBUSTION IN POWER BOILERS

SULEYMANOV Y.M.

Results of research from comparing of combustion at cavitation type injectors on TGMP-344A type boiler designed by Azerbaijan Research and Project Design Institute of Energy with original steam-mechanical type of injectors used at Azerbaijan Thermal Power Plants. Cavitation type injector is providing saving of fuel, reducing pollutant emissions improving energy efficiency and reducing maintenance.