

УДК 622.276.6:661.96:532.528

Кравченко О.В.

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

Применение системного анализа является одним из путей дальнейшего совершенствования и оптимизации функционирования энерготехнологических комплексов. Основная его цель в данном случае – раскрытие реального механизма функционирования рассматриваемой системы энергопреобразования и составление адекватной модели формирования сложных физико-химических процессов и технологий. Согласно [1–9], понятие система определяется как множество элементов, объединенных общими правилами и алгоритмами взаимодействия и представляющих собой не простое суммирование, а особое их соединение, которое придает всей системе в целом новые качества, отсутствующие у каждого из элементов.

Процессы, лежащие в основе технологий интенсификации добычи, переработки и использования углеводородных энергоносителей, представляют комплекс целого ряда изменений в веществе и связаны с большим числом разнородных факторов влияния. Предметом исследования в данной работе являются следующие технологические процессы:

- интенсификация добычи углеводородного горючего;
- глубокая переработка нефти и нефтепродуктов;
- получение и сжигание композитных горючих на основе углеводородов.

Анализируется весь отрезок технологического цикла от добычи до сжигания в камерах сгорания. В качестве главной особенности цикла рассмотрены физико-химические процессы и эффекты, протекающие на границах раздела фаз непосредственно в углеводородных энергоносителях, на поверхности контактирующих разнородных жидкостей, на границах с твердыми включениями и поверхностями исполнительных органов.

Для анализа и последующей рациональной организации таких сложных процессов с высокими значениями выбранных критериев эффективности необходимо разработать обобщенную модель, позволяющую применить к ней известные и хорошо апробированные методы системного анализа. В настоящее время такая обобщенная модель системы формирования процессов и технологий применительно к интенсификации добычи, комплексной переработке и использованию углеводородных энергоносителей в соответствующих энерготехнологических установках, на основании которой можно было бы сформулировать рекомендации по совершенствованию процессов и аппаратов, отсутствует.

Создание обобщенной модели системы формирования процессов и технологий повышения эффективности добычи, переработки и использования углеводородных энергоносителей необходимо для изучения сложных закономерностей и взаимосвязей, характеризующих данную проблему как большую развивающуюся систему [4,5]. Разрабатываемые автором физико-химические процессы и технологии подчинены единой цели – экономической целесообразности и экологической безопасности.

Существуют многочисленные определения больших систем. Практически к большой системе можно отнести любую совокупность элементов, функционирование

которых взаимосвязано и направлено на достижение единой цели [3]. Предмет рассмотрения в данной работе подпадает под это определение, поскольку любой из процессов здесь представляет сложную совокупность элементарных стадий или превращений. Большая система включает в качестве базисных компонент совокупность простых либо элементарных систем.

Автором предложена обобщенная модель системы формирования процессов и технологий в виде составной структуры (обобщенный ряд)

$$S = \sum_{i=1}^n a_{ik} s_i, \quad k = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (1)$$

где n – размерность, или число базисных компонент; k – число состояний каждой компоненты s_i ; a_{ik} – коэффициенты разложения; s_i – базисные компоненты, отображающие независимые подсистемы формирования процессов и технологий.

Подсистемы s_i также являются составными структурами формирования процессов и технологий энергопреобразования, но на своем уровне. Автором обоснован выбор и проведен анализ следующих базисных компонент в виде процессов и технологий:

- интенсификации добычи углеводородного сырья в скважине;
- гидрокавитационной обработки углеводородных энергоносителей;
- подготовки топлив и аппараты, их реализующие;
- сжигания композитных суспензионных горючих.

Эффективное функционирование системы в целом является первоочередной задачей, хотя образующие ее элементы в отдельные отрезки времени могут и не работать в наиболее экономичном или взаимосогласованном режиме. В общем балансе всех показателей системы их действие в заданном интервале времени может обеспечить выполнение требований к системе для всего периода ее работы.

Основополагающие принципы системного анализа [8, 9] адаптированы автором к моделированию системы формирования процессов интенсификации добычи углеводородного горючего, повышения эффективности технологии глубокой переработки нефти и нефтепродуктов, процессов получения и сжигания композитных горючих на основе углеводов.

Активация – итерационный метод решения проблемы формирования процессов и технологий

Принцип активации органически связан с методами системного анализа и может быть применен на любом уровне структурирования, расширяя возможности математических моделей и поиска оптимальных вариантов и структур [10, 11].

Пусть имеется множество вариантов формирования процессов (технологий) S , которые определены комбинацией элементарных стадий или совокупностью параметров: $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_k\}$, где $s_k = \{\alpha_{ik}, \beta_k\}$ – k -й вариант, определенный множеством параметров α_{ik} и структурой β_k . Искомый вариант процесса должен удовлетворять заданному множеству ограничений

$$C^* = \{c_1^*, c_2^*, c_3^*, \dots, c_i^*\}. \quad (2)$$

Математической моделью уровня эффективности анализируемого процесса является нахождение максимума функционала эффективности

$$I(\{S^{opt}\}, C, K) \Rightarrow \text{extr} \{S^{opt}\} \subset S, \quad (3)$$

где K – множество, характеризующее состояние других элементов системы, не входящих в состав процесса, и воздействие внешних факторов, причем

$$C_i(\{S^{opt}\}, K) < C_i^*. \quad (4)$$

Рассмотрим i -й иерархический уровень процесса со структурой β_k , который описывается вектором входных параметров $\vec{X}_i = \{\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_i\}$ и вектором выходных параметров $\vec{Y}_i = \{\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \dots, \bar{y}_i\}$. Функционал эффективности (осуществимости) (2) процесса на данном уровне зависит от эффективности элементарных стадий

$$I_i(\vec{Y}_i - \vec{X}_i) = \text{extr} \left\{ \prod_{j=1}^m t_j f(\bar{y}_{j-1} - \bar{x}_j) + \sum_{j=1}^n t_j f(\bar{y}_{j-1} - \bar{x}_j) \right\}. \quad (5)$$

Здесь мультипликативный член соответствует m последовательным стадиям, аддитивный член – n параллельным, t_j – статистический вес j -й стадии в общем процессе.

Наличие конкретной информации по параметрам элементарных стадий $\{\bar{x}_j, \bar{y}_j\}$ позволяет выделить одну или несколько стадий, которые определяют весь процесс (технология)

$$t_{j=k} \gg t_{j \neq k}. \quad (6)$$

Тогда с учетом (6), функционал эффективности (5) запишется в следующем виде:

$$I_i(\vec{Y}_i - \vec{X}_i) \approx t_{j=k} f(\bar{y}_{k-1} - \bar{x}_k). \quad (7)$$

Таким образом, достижение экстремума функционала эффективности при анализе i -го уровня связано с подбором активирующего фактора применительно к лимитирующей k -й стадии процесса, и в качестве активирующего фактора может быть использован управляемый параметр наибольшего влияния

$$|I_i(\vec{Y}_i - \vec{X}_i) - I_i(\vec{Y}_i^* - \vec{X}_i^*)| \approx |t_{ik} f(\bar{y}_{k-1} - \bar{x}_k + \bar{e})| \geq \Delta, \quad (8)$$

где \bar{e} – активирующий фактор, Δ – необходимый уровень эффективности, \vec{Y}_i – вектор выходных параметров на i -м уровне структурирования с учетом активации. Задача последующей комплексной оптимизации сводится к поиску оптимальной величины активирующего фактора.

Реализация принципа активации рабочего процесса (технологии) с целью оптимальной его организации и достижения максимума функционала эффективности на всех режимах работы предполагает выбор конкретного активирующего фактора.

Теоретический анализ методов и средств повышения эффективности добычи, переработки и использования энергоносителей

Детальное рассмотрение процессов и технологий, связанных с интенсификацией добычи, переработкой и использованием углеводородных энергоносителей, с точки зрения изложенного выше методологического подхода, позволяет выявить некоторые общие характерные особенности и предложить научно обоснованные методы и средства их совершенствования. В качестве главной (лимитирующей) особенности выделены следующие физико-химические процессы, протекающие на границах раздела фаз непосредственно в углеводородсодержащих энергоносителях на:

- поверхности контактирующих разнородных жидкостей;
- границах с твердыми включениями в композитных горючих или пористом теле пласта;
- рабочих поверхностях исполнительных органов технологических аппаратов.

Рассмотрим базисные компоненты системы формирования процессов и технологий повышения эффективности добычи, переработки и использования углеводородных энергоносителей.

1. Процессы и технологии интенсификации добычи углеводородного сырья в скважине. Технология интенсификации притоков нефти, газового конденсата и газа (в том числе метана угольных месторождений) посредством применения новых химических источников энергии [12–15] имеет ряд преимуществ и характерных особенностей по сравнению с традиционно применяемыми химическими и тепловыми воздействиями:

- используемые реагенты являются более энергоёмкими системами;
- в реакциях горения участвует несколько окислителей, основной из которых вода (балласт скважины), дополнительный – азотная кислота, образующаяся из солей. Разница плотностей реагентов на разных стадиях протекания процесса обуславливают в реакционной зоне появление поверхностей раздела и гетерофазных областей смешения;
- процессы энерговыделения и энергообмена протекают, главным образом, не в обсадной колонне, а в продуктивном пласте, т.е. имеет место контакт реагентов в пористом теле пласта;
- в состав рабочего тела, участвующего в процессе, входит смесь горячих газов и паров (продуктов реакции), из которых главная роль, как и в любой цепной химической реакции, принадлежит молекулярному водороду и радикалам – атомарному водороду и кислороду;
- действие продуктов горения на флюид и породу многофункционально, но в основном – химическое: это внутрипластовое превращение высокомолекулярных парафинов в газ и бензин (крекинг-пиролиз), горячая кислотнo-щелочная обработка приводит также к расширению пор, дополнительному трещинообразованию, снятию скин-эффекта, укреплению сыпучих пород и пр. На коллекторах с малой проницаемостью, особенно при интенсификации добычи метана из пластов угольных месторождений необходимо создание более высоких давлений, температур и увеличения количества выделяемого водорода и других активных, участвующих в процессе, реагентов.

Этапы выполнения работ в соответствии по интенсификации добычи углеводородного сырья в скважине схематично могут быть представлены как аппаратная реализация системы формирования процесса и технологии, рис. 1.

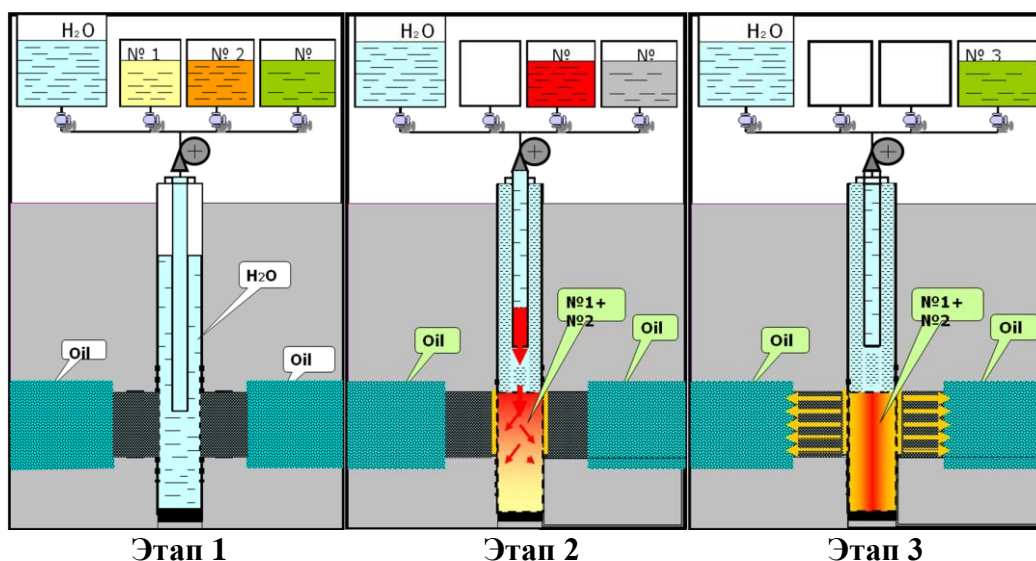


Рисунок 1 – Схема аппаратной реализации процесса интенсификации добычи углеводородного сырья в скважине: **Этап 1**– спуск насосно-компрессорных труб; **Этап 2** – 1. Закачка раствора №1 системы ГОС (водные суспензии порохов и нитрит – нитратных комплексных соединений карбамида с добавками полимерных нитрилсодержащих компонентов и стабилизаторов горения) - ГРС (борорганических соединений, порошковых материалов бора и алюминия в композиции со щелочными металлами, их гидридами или термитными смесями) плотностью 1,2–1,3 г/см³; 2. Подъем насосно-компрессорных труб на 30 м над уровнем пласта; 3. Закачка в буферной жидкости раствора №2 системы ГОС - ГРС плотностью 1,4 – 1,6 г/см³; 4. Первая тепловая волна, предпламенное горение; **Этап 3** – 1. Задавливание водой; 2. Герметизация (в отдельных случаях) при помощи запорной аппаратуры; 3. Термобарохимический процесс; 4. Закачка раствора нейтрализации

Соответствующим подбором k -фазных гидрореагирующих составов для новых топливных систем и разработки способов доставки реагентов в зону реакции, происходящей при высоких давлениях, получен эффект снижения взрывоопасности, достигнута управляемость скоростью горения в зависимости от выбранного режима обработки скважины. Разработанные топлива – горюче-окислительные смеси (ГОС), а также продукты их реакции представляют собой экологически чистые системы. Их закачивают в призабойную зону продуктивного пласта, где под действием внутрипластовой температуры горючие компоненты в начале окисляются, а затем сгорают, выделяя химически активные газы и тепло, при этом в реакционной зоне формируется гетерофазная термодинамическая система. Ключевая роль в этих процессах принадлежит воде, находящейся в скважине. Основным рабочим телом процесса является молекулярный водород, обладающий чрезвычайно высокой проникающей способностью в породу пласта. Затем смесь газов (водорода, оксидов азота и углерода, паров кислот и пр.) воздействует на пласт. В отличие от существующих аналогов, изменениям подвергаются как порода (увеличивается её проницаемость), так и насыщающий её флюид. Все асфальто-смолопарафиновые отложения при контакте с водородом и радикалами – продуктами реакции меняют результирующее значение отношения С/Н за счет увеличения содержания

легких бензиновых и газовых фракций. Также непосредственно в пласте растворяются остатки буровых растворов. В процессе создания и совершенствования технологии, на каждой ее лимитирующей стадии – расширения диапазона рабочего давления, увеличения количества выделяющегося атомарного и молекулярного водорода, повышения химической и каталитической активности реагентов, увеличения энергоемкости создаваемых систем, создании новых гидрореагирующих веществ или горюче-окислительных смесей с заданными свойствами, разрабатывались и применялись методы химической и механохимической активации.

2. Процессы и технологии гидрокавитационной обработки углеводородных энергоносителей. Гидрокавитационная обработка углеводородных энергоносителей позволяет модифицировать их свойства и получать широкий спектр композитных горючих посредством физико-химического воздействия на нефть и нефтепродукты [16–18]. Для реализации этой технологии применяется новый тип роторно-кавитационного диспергатора (РКД). Автором теоретически обоснованы и разработаны новые типы устройств, основанные на диспергировании органических энергоносителей с различными добавками и активаторами, обеспечивающие модификацию свойств нефти и нефтепродуктов в требуемом направлении [19]. Речь идет об управляемом синтезе, направленном на получение жидких материалов с необходимыми физико-химическими свойствами.

Обработка исходного продукта в РКД связана с изменением гидродинамических параметров течения посредством контакта с поверхностями рабочих органов, изменением профиля канала и создания в локальных зонах условий вскипания и кавитации. Фактически это означает, что в потоке создаются условия для возникновения и существования гетерофазных смесей и лимитирующей стадией в данном случае является создание посредством соответствующего профилирования канала необходимых гидродинамических и термодинамических условий в как можно большем объеме обрабатываемой жидкости. Экспериментально в рабочей среде РКД реализованы следующие гидродинамические и физико-химические эффекты: гидрогенизации и гидролиза, гомогенизации, акустического воздействия и сепарирования.

Для активации лимитирующей стадии процесса посредством увеличения размеров реакционно-активной области течения необходимо создание физической и математической моделей течения в РКД с дальнейшими рекомендациями по рациональной организации самого течения. На основании проведенных теоретических и численных исследований были сконструированы новые рабочие органы насоса-кавитатора, который имеет широкий спектр применения (рис. 2).

3. Процессы и технологии подготовки топлив и аппараты, их реализующие. Актуальность вовлечения в номенклатуру сжигаемых топлив широкого спектра веществ, биоотходов, угля, и пр. в настоящее время очевидна. Как правило, для подачи горючего в камеры сгорания используются центробежные, струйные комбинированные форсунки, отличительной особенностью которых является высокие требования к чистоте топлива. Использование суспензионных комбинированных топлив не допускает применения в устройствах для сжигания перечисленных типов форсунок, поскольку наличие дисперсной k -фазы в топливе приводит к быстрому засорению трубопроводов и калиброванных проходных отверстий. В этой связи особый интерес представляют торсионные гидродинамические форсунки [18]. Уникальная особенность данного типа форсунки состоит в возможности обеспечивать подачу в камеры сгорания теплогенера-

рующих установок суспензионные и эмульгированные горючие. В данном случае основной проблемой является недопущение образования конгломератов наполнителя, как вдоль топливоподающего тракта, так и непосредственно в камере сгорания. Как и в случае с РКД, образование конгломератов напрямую связано с параметрами потока, поэтому необходимо создавать физическую и математическую модели потока, выявлять зоны течения, неблагоприятные с точки зрения образования конгломератов и подбирать соответствующие активирующие факторы. Параметры смесителя-форсунки определяются по результатам численного эксперимента (рис. 3) на модели осесимметричного течения в сложнополостных каналах [20, 21].



Рисунок 2 – Рабочие органы насоса

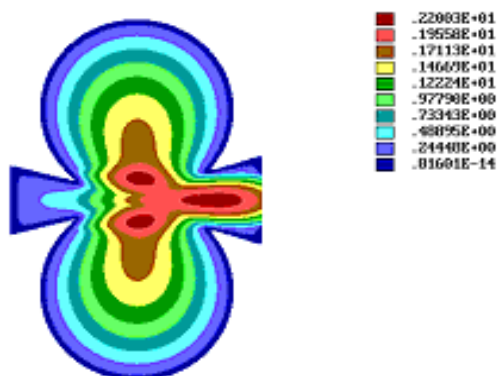


Рисунок 3 – Картина линий тока в смесителе-форсунке

На основании анализа модели форсунки разработана унифицированная методика расчета, что позволило создать и успешно применить в промышленности ряд смесителей-форсунок для различных дисперсных k -фаз в топливе. Численные эксперименты показали, что после диффузора форсунки реализуются термодинамические условия для эффекта коллапса пузырьков горючего, который разбивает на капли пленку горючей смеси. Возможно, что также имеет место распад молекулы воды на радикалы и ионы H^+ и OH^- , что активирует протекание реакции гидролиза и гидрогенизации высокомолекулярных фракций органических энергоносителей. Однако количественной оценки этого эффекта пока нет. Тем не менее, установлено, что при высоких давлениях можно до-

биться активации эффекта центробежного распыления и усиления коллапса кавитационных пузырьков и локализованного выделения энергии, что подтверждается графиками следующих зависимостей, представленных на рис. 4–6.

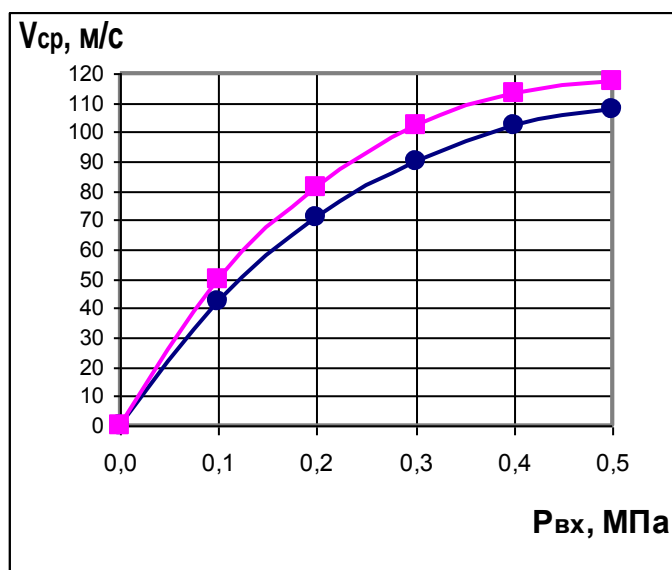


Рисунок 4 – Зависимость скорости течения газовой смеси в камере смешения торсионной форсунки от давления воздуха на входе при разных значениях диаметра тора вихревой камеры и постоянном диаметре сопла:

■ – $d_{соп.} = 4$ мм; $d_{тор.} = 30$ мм; ● – $d_{соп.} = 4$ мм; $d_{тор.} = 20$ мм

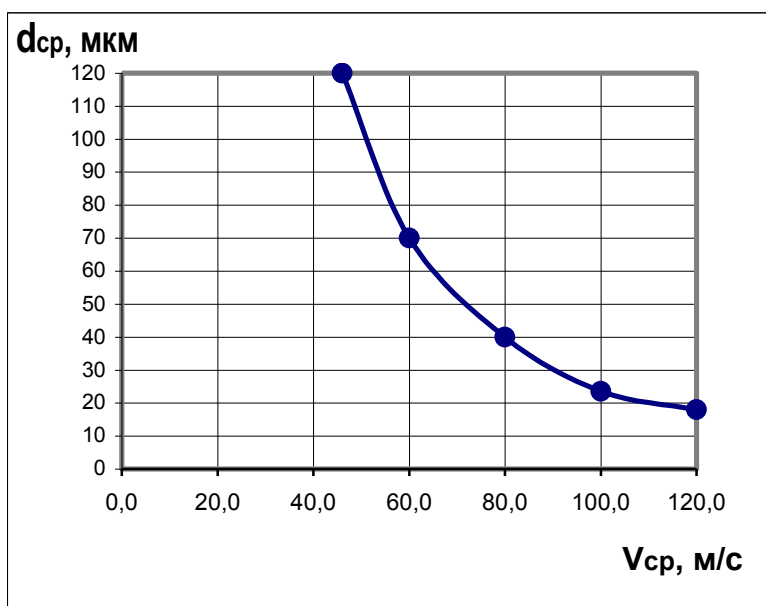


Рисунок 5 – Зависимость среднего диаметра капель в распыленной струе от средней скорости газовой смеси в камере смешения торсионной форсунки, при $d_{соп.} = 4$ мм; $d_{тор.} = 30$ мм

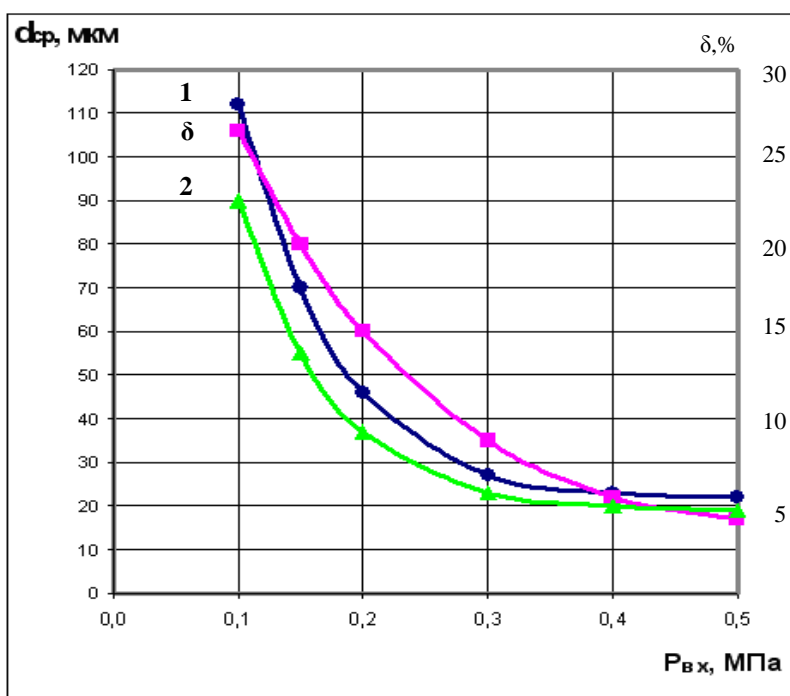


Рисунок 6 – Зависимости среднего диаметра капель распыленной струи торсионной форсунки ($d_{\text{соп.}} = 4 \text{ мм}$, $d_{\text{тор.}} = 30 \text{ мм}$), от давления газа на входе, полученных на основе численного расчета (1), натуральных экспериментов (2), и относительная ошибка (δ) полученных результатов

Теоретические результаты, полученные в [20, 21], позволили создать различные типоразмеры форсунок, которые нашли свое применение в различных отраслях машиностроения и энергетики, в создании новых видов топлива и их сжигании (рис. 7).



Рисунок 7 – Типы смесителей-форсунок

В настоящее время интенсивное развитие энергосберегающих технологий и вовлечение в энергетику широкого спектра разнообразных углеводородных топлив, замещающих импортруемый природный газ, является актуальной проблемой. Известная и предварительно апробированная технология обработки тяжелых нефтепродуктов и продуктов нефтепереработки с водой в устройствах типа эмульгатор и кавитатор способствует улучшению как процесса горения и теплообмена продуктов сгорания с теплообменными устройствами в современных котлоагрегатах и технологических установках, так и улучшению экологических показателей продуктов сгорания. При этом вода в виде добавок к углеводородному горючему может рассматриваться в качестве активатора.

Активирующий эффект наличия капель воды в композитном горючем проявляется в изменении механизма горения [19]. В результате проведенного анализа свойств мазута и мазута с добавками воды, прошедшего процедуру кавитационной обработки, получены данные, на основании которых проведен расчет равновесного состава продуктов сгорания [22–25]. Использованные программные продукты позволяют получить данные практически по всем теплофизическим характеристикам. В свою очередь, численные значения таких параметров могут быть представлены в виде функций процентного содержания воды в топливе и коэффициента избытка воздуха α , и этих данных достаточно для подтверждения увеличения изменения коэффициента теплоотдачи от продуктов сгорания к стенкам теплообменника. На рис. 8 приведена соответствующая зависимость.

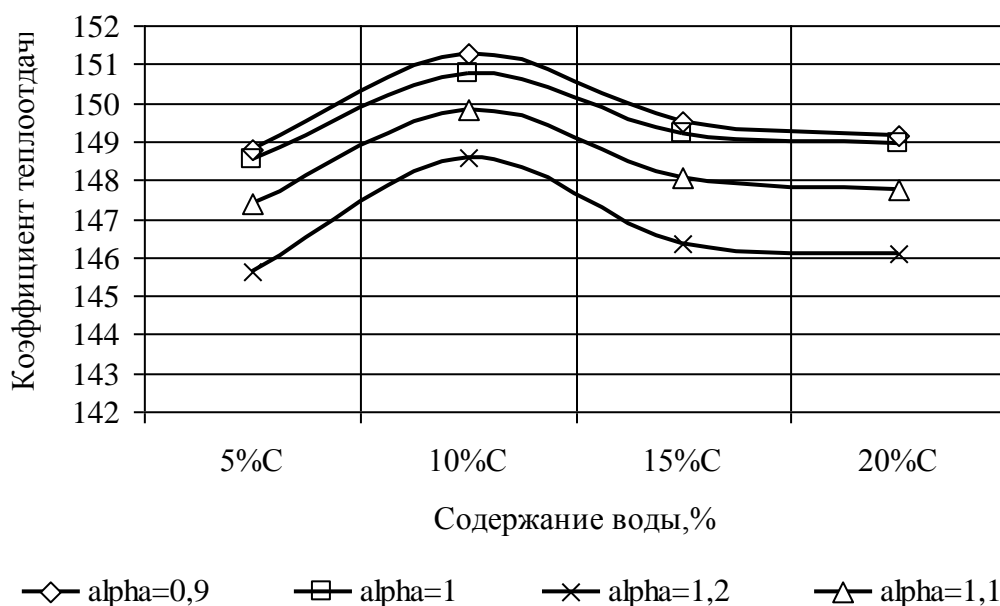


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента теплопроводности от содержания воды

Из рисунка видно, что добавка воды может оказать влияние на коэффициент теплоотдачи, причем максимума влияния следует ожидать в области 10%–15% добавок воды. Максимальное значение равновесной температуры топлива сдвигается в сторону меньших значений коэффициента избытка воздуха и лежит в области $\alpha \sim 0,95$ для широкого диапазона процентного содержания воды. При найденных рациональных

значениях процентного состава композитных суспензионных горючих (КСГ) достигается максимальная эффективность процесса массообмена капли КСГ и горения. Реальный процесс горения существенно отличается от адиабатного. Поэтому выводы, сделанные на основании расчетов, имеют качественный характер.

4. Процессы и технологии сжигания композитных суспензионных горючих.

Объемы топлива, которые сжигаются в объектах производства и потребления тепловой энергии в промышленных энергоустановках, настолько велики, что экономически оправданы даже относительно небольшие значения повышения эффективности процесса сжигания. Ранее было предложено использование суспензий на основе жидких углеводородов (печное топливо, мазут) с добавлением угольной пыли [22–25] с целью снижения стоимости генерированной единицы тепловой энергии. Автор продолжил исследования особенностей предпламенных процессов при сжигании искусственных композитных жидких топлив (ИКЖТ) [26, 27].

На примере пылеугольно-мазутной смеси (ПУМС) были рассмотрены стадии процесса горения капли. Экспериментально установленным фактом является наличие двух основных стадий процесса горения капли ПУМС: испарение жидкой основы и образование конгломерата из частиц наполнителя и веществ-активаторов. Сформировавшийся к началу второй стадии конгломерат из частиц наполнителя по мере движения по тракту камеры сгорания (КС) выходит из высокотемпературной зоны, полностью не прореагировав с кислородом воздуха, тем самым снижая результирующую полноту сгорания топлива и повышая содержание вредных веществ в продуктах сгорания (ПС), в первую очередь, сажи. Таким образом, для реализации горения с высокой полнотой сгорания необходимо применить дополнительные мероприятия по активации рабочего процесса. Физические основы активационного подхода рассмотрены в [11]. Известно, что вещества-активаторы, например карбамид и/или соли с кислородсодержащими анионами, вводимые в ПУМС, приводят к интенсификации диспергирования конгломерата (к механическому разрушению конгломерата, локальному повышению температуры и концентрации окислителя с последующим сгоранием непрореагировавшей массы угля) [11]. Присутствие карбамида в зоне горения приводит, кроме описанных изменений механизма горения, к снижению эмиссии окислов азота в ПС [12]. Автором предложено в качестве модельных веществ-активаторов использовать следующие кислородсодержащие соли: NH_4NO_3 , NaNO_3 , NH_4ClO_4 и изучено влияние указанных добавок на особенности процесса горения. Сырьевой базой для выбранных веществ-активаторов являются накопившиеся в Украине излишние запасы боеприпасов, исчерпавших свой ресурс и требующих незамедлительной утилизации. Приготовление ПУМС с веществами-активаторами осуществлено на экспериментальной исследовательской установке, созданной в отделе нетрадиционных энерготехнологий Института проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины под руководством автора (рис. 9).

Горение капли горючего есть сложный, многостадийный процесс физико-химического взаимодействия жидкой углеводородной основы горючего с кислородом воздуха. Предпламенные процессы и процессы воспламенения и горения капли горючего осложняются явлениями физико-химического воздействия воды, входящей в состав опытного образца.

Теоретические и численные результаты по организации процессов горения ИКЖТ были подтверждены огневыми испытаниями на очистных сооружениях г. Харькова совместно с Харьковским национальным университетом радиозлектроники. Реша-

лась проблема утилизации биоила. Такую проблему необходимо решать комплексно – от создания искусственного композитного жидкого топлива (ИКЖТ) до его сжигания в котлах различного назначения [26, 27].

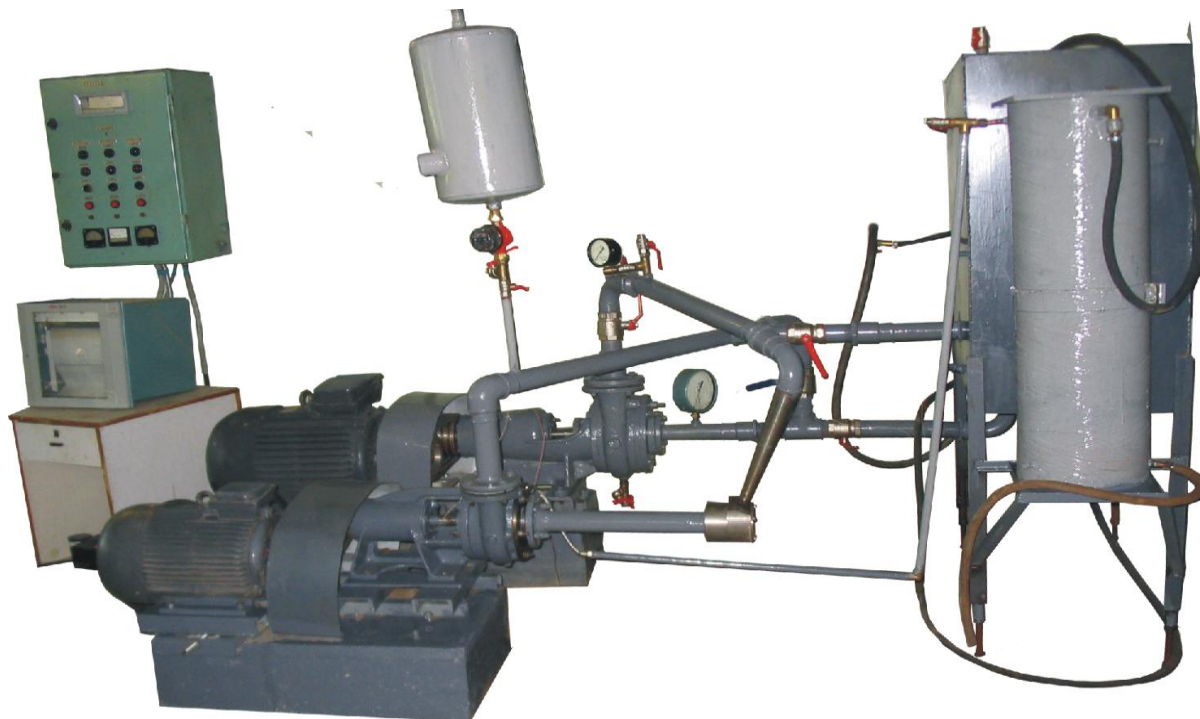


Рисунок 9 – Экспериментальная исследовательская установка

На испытаниях в качестве горелки использовалась смеситель-форсунка [18]. При сжигании альтернативного топлива (рис. 10) были определены некоторые его характеристики. Теплота сгорания альтернативного топлива оказалась равной 43930 кКал/кг, ГОСТ 21261. Массовая доля воды составила 10%, ГОСТ 2477, массовая часть серы 0,15 %, п. 9.4 ДСТУ, зольность 0,22%, ГОСТ 1461.

Попадая в зону горения, капли воды (размерами до 5 мкм) взрываются, в результате чего происходят дополнительное диспергирование и разбрызгивание углеводородной фракции топлива. При этом факел горения увеличивается в объеме на 11–12 % и более плотно заполняет топочную камеру. Часть тепла, которая принимается топкой, увеличивается на 7–10 %, степень сгорания углеводорода достигает 99,5 %, КПД котла можно увеличить на 3–4 %.

Проведенные испытания показали, что для создания и эффективного сжигания жидких топлив необходимы новые гидрокавитационные технологии. В качестве распыливающих устройств при сжигании необходимо применять форсунки-кавитаторы, для которых нет необходимости создания специальных условий, то есть подогрева. Они успешно работают и при минусовых температурах, что подтверждено экспериментально. Показано, что на достижении режимов развитой пузырьковой кавитации можно добиться не только улучшения качества распыла, но и существенного изменения химического состава сжигаемых топливных смесей.



Рисунок 10 – Сжигание ИКЖТ с помощью смесителя-форсунки

Выводы

Разработанная концепция развития процессов и технологий интенсификации добычи, переработки и использования углеводородных энергоносителей, основанная на принципах системного анализа, имеет главную цель – повышение эффективности технологических процессов и возможность осуществления разработки конкурентоспособных аппаратов и устройств для их практической реализации.

Предложенный автором методологический подход открывает новые направления совершенствования физико-химических процессов, а также способы их реализации.

Литература

1. Общая теория систем. – М.: Мир, 1966. –187 с.
2. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. Элементы теории, направления развития. – М.: Наука, 1983. – 456 с.
3. Честнат Г. Техника больших систем (средства системотехники). Перевод с англ. под ред. О.И. Авена. – М.: Энергия, 1969. – 656 с.
4. Блауберг И.В. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. – М.: Наука, 1969. – 274 с.
5. Месарович М.Д. Теория многоуровневых иерархических систем. – М.: Наука, 1971. – 483 с.
6. Квейд Э. Анализ сложных систем. – М.: Сов. радио, 1969. – 518 с.
7. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. – М.: Энергия, 1978. – 416 с.

8. Шубенко-Шубин Л.А. Цели и основные принципы автоматизации турбин: Препринт/ Л.А. Шубенко-Шубин, А.А. Палагин – Харьков: Ин-т проблем машиностроения АН УССР, 1975. – 40 с.
9. Шубенко-Шубин Л.А. Системным анализ и автоматизация проектирования энергетических турбоустановок/ Л.А. Шубенко-Шубин, А.А. Палагин// Электрон. моделирование. – Киев, 1979. – Вып. 1. – С. 90–95.
10. Бастеев А.В. Принцип активации и его применение в процессах энергопреобразования//Проблемы машиностроения. – Харьков, 1993. – В 39. – С. 81–87.
11. Бастеев А.В. Активация водорода и водородсодержащих энергоносителей/А.В. Бастеев, М.А. Оболенский, В.В. Соловей В.В. – Киев: Наук. думка, 1993. – 165 с.
12. Кузьмин Д.В. Исследование процессов горения металлизированных горючих/ Д.В. Кузьмин, К.Г. Щербина, О.В. Кравченко//Проблемы машиностроения. 2001. – IV, № 3–4. – С. 124–126.
13. Щербина К.Г. Система $Li-NA_2 O_2$ как инициатор горения в воде энергоаккумулирующих веществ/К.Г. Щербина, О.В. Кравченко//Проблемы машиностроения. 2004. – VII, № 3. – С. 82–84.
14. Щербина К.Г. Обработка нефтеносных пород "горячим" водородом/ К.Г. Щербина, О.В. Кравченко, Д.В. Кузьмин, В.Б. Пода// Интегрированные технологии и энергосбережение. – Харьков, 2004. – №4. – С. 14–18.
15. Кравченко О.В. Получение водорода в процессах гидрокавитационной обработки воды и водосодержащих суспензий и эмульсий //Проблемы машиностроения. 2007. – X, № 2. – С. 103–110.
16. Пат. 79617 Украина, МПК⁷ C10 G15/00. Способ кавитационной гидрогенизации и гидролиза углеводов и устройство для его осуществления /И.И. Мирошниченко, Ю.М. Мацевитый, И.И. Мирошниченко, О.В. Кравченко, А.А. Тарелин (Украина); Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного Национальной академии наук Украины (Украина). – № А 2005 00188; Заяв. 10.01.2005; Опубл. 10.07.07. – 6 с.
17. Заявка № 2005 10753 Украина, МПК⁷ B01F 7/00, C 10 G 7/06. Спосіб переробки мазуту та роторно-кавітаційний диспергатор для його здійснення /І.І. Мирошниченко, І.Г. Суворова, Ю.М. Мацевитий, О.В. Кравченко, А.О. Тарелін, І.І. Мирошниченко (Україна). – Заявл. 14.11.05.
18. Пат. на корисну модель № 18922, Україна, МПК⁷ B01F 3/08, B 63 B59/00/ "Змішувач-форсунка" /І.Г. Суворова, О.В. Кравченко (Україна); Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України. – № U 2006 06857; Заяв. 19.06.2006; Опубл. 15.11.06, Бюл. № 11. – 4 с.
19. Кравченко О.В. Новые гидрокавитационные технологии в процессах эффективного получения и использования углеводородсодержащих энергоносителей // Вестн. НТУ «ХПИ». – Харьков, 2007. – №2. – С.171–178.
20. Суворова И.Г. Математическое моделирование потока жидкости методом R-функций /И.Г. Суворова, О.В. Кравченко// Системні технології. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 4 (45). – С. 57–69.
21. Кравченко О.В. Математическое и компьютерное моделирование кавитационных потоков в сложнополостных каналах/ Кравченко О.В., Суворова И.Г., Смирнов Я.В., Холобцев С.С.//Проблемы машиностроения. 2007. – X, № 3. – С. 22–26.

22. Бастеев А.В. Разработка технологии и особенности рабочего процесса сжигания суспензионных горючих / А.В. Бастеев, Мусалам Алаа, В.В. Форфутдинов// Авиаци.-косм. техника и технология. – Харьков, 2001. – Вып. 26. – С. 39–41.

23. Бастеев А.В. Экспериментальное исследование процесса горения суспензионных горючих на основе ПТ и мазута/А.В. Бастеев, Мусалам Алаа, В.В. Форфутдинов, Р.А. Кучмамбетов// Материалы V Междунар. науч.-техн. конф. «АВИА-2003», 23–25 апр. 2003, Киев. – С. 41.13–41.15.

24. Бастеев А.В. Экспериментальное моделирование предпламенных процессов суспензионных горючих на основе печного топлива и мазута, исследование процесса горения суспензионных горючих на основе ПТ и мазута/А.В. Бастеев, Мусалам Алаа, В.В. Форфутдинов, Р.А. Кучмамбетов//Материалы V Междунар. науч.-техн. конф. «АВИА-2003», – Киев, 23–25 апр. 2003. – С. 41.17–41.20.

25. Бастеев А.В. Свойства суспензионных горючих и их продуктов сгорания на основе печного топлива и мазута в высокотемпературной среде/ А.В. Бастеев, Мусалам Алаа, В.В. Форфутдинов, П.В. Карножицкий, Р.А. Кучмамбетов// Вестн. двигателестроения. – Харьков, 2003. – № 1. – С. 118–120.

26. Кравченко О.В. Нетрадиционные методы получения и сжигания жидких топлив/ О.В. Кравченко, И.Г. Суворова, С.С. Холобцев//Вестн. Междунар. славянс. унта./Сер. Технические науки. – Харьков, 2007. – X, №1. – С. 14–19.

27. Кравченко О.В. Нетрадиционные энерготехнологии эффективного получения и использования искусственных композитных жидких топлив/О.В. Кравченко, И.Г. Суворова, Я.В. Смирнов, С.С. Холобцев//Авиаци.-косм. техника и технология. – Харьков, 2006. – № 10(36). – С. 91–97.

УДК 622.276.6:661.96:532.528

Кравченко О.В.

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПРОЦЕСІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДОБУВАННЯ, ПЕРЕРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ЕНЕРГОНОСІЇВ

На основі концепцій великих систем розроблено узагальнену модель системи формування процесів і технологій підвищення ефективності видобування, переробки та використання вуглеводневих енергоносіїв. Базисними компонентами узагальненої моделі є процеси інтенсифікації видобування, технології переробки, технології використання вуглеводневих енергоносіїв. Узагальнена модель системи формування процесів і технологій енергоперетворення дозволила провести теоретичний аналіз способів підвищення ефективності технологічних процесів інтенсифікації видобування, переробки та використання вуглеводневих енергоносіїв, а також здійснити розробку апаратів і пристроїв для їх практичної реалізації.