

ОСНОВЫ ТЕОРИИ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ЖИДКИХ СРЕД

Ю.В. Воробьёв

*Кафедра «Техническая механика и детали машин»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru*

Ключевые слова и фразы: активатор; давление; механоактивация; скорость; энергия.

Аннотация: Разрыв молекулярной цепи означает ее деление на более короткие молекулярные цепи вплоть до свободных радикалов. Этот процесс может быть реализован посредством механического воздействия на жидкую среду. Выделившаяся при этом энергия инициирует дальнейшее деление и образование новых молекулярных цепей. Таким образом, поддерживается равновесное термодинамическое состояние при сравнительно малом постоянном поступлении внешней энергии.

Приведена математическая модель указанного процесса и соответствующий результат спектрального анализа.

Основопологающими факторами механоактивации являются непосредственное силовое воздействие на молекулярные образования, необратимое изменение свойств и состава жидкой среды и запуск процесса самоактивации с выделением внутренней энергии.

В соответствии с этими составляющими механоактивации реализуются механическое воздействие на жидкую среду, приводящее к неупорядоченному состоянию, получившему название «квантового хаоса», ослаблению и разрыву межмолекулярных связей и самоорганизации на молекулярном уровне до достижения энергетического равновесного состояния.

При механоактивации затрачиваемая энергия возмещается и дополняется за счет образования новых молекулярных цепей, которые восстанавливают энергетический баланс. Для этого необходимо создать локальные большие плотности энергии. Концентрируемая в узловых точках молекулярных цепей постоянно поступающая энергия способна разрушить молекулярные цепи на куски или на свободные радикалы. Узловые точки образуются при раздвоении молекулярных цепей, слипании двух молекулярных цепей, внедрении атомов кислорода, наличии таких дефектов, как двойная связь и нелинейность.

Активатор моторного углеводородного топлива (бензина, дизтоплива, авиационного керосина, мазута) [1] осуществляет структурирование топлива, изменяющее его состав и эксплуатационные свойства, в результате чего позволяет получить:

- экономию любого вида топлива от 15 до 27 %;
- снижение содержания СО в выхлопных газах от 20 до 50 %;
- уменьшение шумности двигателя внутреннего сгорания до 15 %;
- уменьшение массовой доли серы на 25 – 50 %;
- снижение концентрации фактических смол в 7 – 9 раз.

Активатор является высокоэффективным механическим устройством, в котором использованы модели феноменологической термодинамики и молекулярной физики, и имеет три последовательно расположенные ступени воздействия на топливную среду, приводящие к самоорганизации энергетического состояния по принципу увеличения масс-долей легких углеводородов.

Серия опытов была проведена с применением разработанного и запатентованного механоактиватора на моторных топливах: дизельном и бензине марки АИ-92. Результаты опытов оценивались посредством хроматограмм, показателей расхода топлива, экологических показателей топлива и выхлопных газов.

За цикл прохождения жидкой среды через активатор затрачиваемая мощность, создаваемая движущими силами, равна мощности сил сопротивления $N_{д.с} = N_{с.с}$. Внутри цикла разность работ движущих сил и сил сопротивления должна быть равна разности кинетических энергий в момент времени T и в начальный момент T_0 :

$$A_{д.с} - A_{с.с} = \frac{mv}{2} - \frac{mv_0}{2}$$

или

$$A_{д.с} - A_{с.с} = E - E_0.$$

Отсюда $A_{с.с} = A_{д.с} + E_0 - E$. Если $A_{с.с} > A_{д.с} + E_0 - E$, то необходимо с учетом условия равенства мощностей добавить в правую часть указанного неравенства дополнительную энергию E_i , выделив ее как часть внутренней энергии системы.

Так как данный процесс является основным и теоретически мало изученным, то в дальнейшем рассмотрено получение математической модели выделения внутренней энергии жидкой среды, находящейся в диссипативном движении. Механическими факторами, воздействующими на жидкую среду, являются давление P и скорость v , создаваемые на входе в активатор и меняющие свою величину внутри активатора (рис. 1).

Примем допущения: а) скорость изменения выделяемой жидкой средой энергии пропорциональна текущим значениям давления и скорости движения жидкой среды; б) при перемещении жидкой среды от входа в активатор до выхода из активатора реализуются одни и те же процессы изменения состояния жидкой среды; в) свободный объем активатора, заполненный жидкой средой, можно разбить вдоль оси активатора на независимые друг от друга объемы.

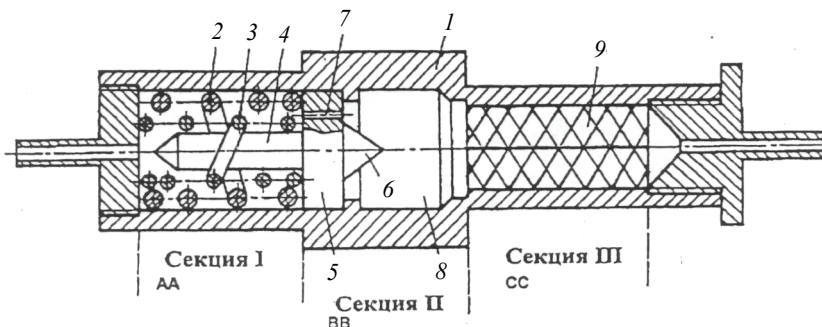


Рис. 1. Схема активатора механического действия (механоактиватора):
 1 – корпус; 2–4 – вихреобразователи; 5–7 – кавитатор; 8 – камера озвучивания;
 9 – струйный рассекаватель потока лабиринтного типа

Тогда, чтобы найти выделяемую жидкой средой энергию E_i при переменных давлении P и скорости v , необходимо решить систему

$$\begin{cases} \frac{\partial E_i}{\partial P} = -k_1(E_i - m(v)), \\ \frac{\partial E_i}{\partial v} = -k_2(E_i - n(v)). \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $E_i = f(P, v)$; $m(v) = m$ – слагаемое, не зависящее от P ; $n(P) = n$ – слагаемое, не зависящее от v .

Полагая, что функция $f(P, v)$ непрерывна по переменным P и v вместе со всеми своими частными производными до второго порядка включительно, имеем тождество

$$\frac{\partial^2 E_i}{\partial P \partial v} \equiv \frac{\partial^2 E_i}{\partial v \partial P}.$$

Дифференцируя первое уравнение системы (1) по v , а второе уравнение по P , получим

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 E_i}{\partial P \partial v} = -k_1 \left(\frac{\partial E_i}{\partial v} - \frac{dm}{dv} \right), \\ \frac{\partial^2 E_i}{\partial v \partial P} = -k_2 \left(\frac{\partial E_i}{\partial P} - \frac{dn}{dP} \right). \end{cases} \quad (2)$$

Заменим $\frac{\partial E_i}{\partial P}$ и $\frac{\partial E_i}{\partial v}$ равными им выражениями, взятыми из уравнений системы (1), и на основании условия совместимости системы (2) получим

$$k_1 k_2 m + k_1 \frac{dm}{dv} \equiv k_1 k_2 n + k_2 \frac{dn}{dP}. \quad (3)$$

Приняв левую и правую части (3) постоянными величинами, получим равенство, которое должно выполняться при любых значениях P и v .

Обозначим через произведение $k_1 k_2 A$ постоянную, к которой приравняем обе части (3).

Тогда имеем два обыкновенных дифференциальных уравнения

$$\begin{cases} \frac{dn}{dP} = -k_1(n - A), \\ \frac{dm}{dv} = -k_2(m - A). \end{cases} \quad (4)$$

Решая уравнения (4), получим

$$\frac{dn}{n - A} = -k_1 dP; \quad \ln|n - A| = k_1 P + \ln B_1; \quad n = B_1 e^{-k_1 P} + A.$$

Аналогично имеем $m = B_2 e^{-k_2 v} + A$.

Подставив полученные выражения для n и m в систему (1), получим

$$\begin{cases} \frac{\partial E_i}{\partial P} = -k_1(E_i - B_2 e^{-k_2 v} - A), \\ \frac{\partial E_i}{\partial v} = -k_2(E_i - B_1 e^{-k_1 P} - A). \end{cases} \quad (5)$$

Зафиксируем переменную P . Тогда первое уравнение системы (5) можно записать в виде дифференциального уравнения

$$\frac{dE_i}{dP} = -k_1(E_i - B_2 e^{-k_2 v} - A). \quad (6)$$

Из (6) следует $\ln|E_i - B_2 e^{-k_2 v} - A| = -k_1 P + \ln|u(v)|$.

Постоянную интегрирования будем считать функцией переменной v . Продолжая преобразования, получим

$$E_i = u(v)e^{-k_1 P} + B_2 e^{-k_2 v} + A. \quad (7)$$

Дифференцируем (7) по переменной v

$$\frac{\partial E_i}{\partial v} = \frac{du}{dv} e^{-k_1 P} - k_2 B_2 e^{-k_2 v}. \quad (8)$$

Подставив (7) и (8) во второе уравнение системы (5), получим

$$\frac{du}{dv} e^{-k_1 P} - k_2 B_2 e^{-k_2 v} = -k_2 \left[(u(v)e^{-k_1 P} + B_2 e^{-k_2 v} + A) - B_1 e^{-k_1 P} - A \right].$$

Раскрыв скобки в правой части уравнения и сократив на $e^{-k_1 P} \neq 0$, имеем

$$\frac{du}{dv} = -k_2 [u(v) - B_1] \quad \text{или} \quad \frac{du}{u - B_1} = -k_2 dv. \quad (9)$$

Решая (9), найдем

$$\ln|u(v) - B_1| = -k_2 v + \ln C; \quad u(v) = C e^{-k_2 v} + B_1. \quad (10)$$

Подставив (10) в (8), получим

$$E_i(P, v) = C e^{-k_1 P} e^{-k_2 v} + B_1 e^{-k_1 P} + B_2 e^{-k_2 v} + A. \quad (11)$$

Здесь C, B_1, B_2, A – параметры для определения которых примем следующие условия:

1. При $v \rightarrow 0, E_i(P, 0) \rightarrow 0$.

Рассмотрим два случая:

а) $P \rightarrow \infty, E_i(\infty, 0) = B_2 + A = 0$, отсюда $B_2 = -A$.

б) $P \rightarrow 0, E_i(0, 0) = C + B_1 = 0$, отсюда $C = -B_1$.

После подстановки в (11) получим

$$E_i(P, v) = C e^{-k_1 P} (1 - e^{-k_2 v}) + A(1 - e^{-k_2 v}).$$

2. При $v \rightarrow \infty$ и $P \rightarrow \infty$ из выражения (11) имеем

$$E_i(\infty, \infty) = A.$$

Следует предположить, что значение A соответствует полной внутренней энергии жидкой среды.

Окончательно уравнение (11) имеет вид

$$E_i = (C e^{-k_1 P} + E_0) (1 - e^{-k_2 v}).$$

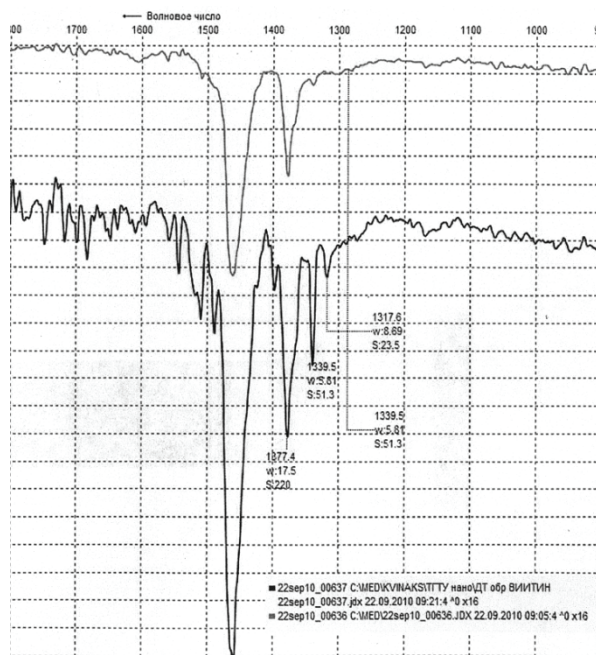


Рис. 2. Совмещенные ИК-спектры номенклатурного (верхний) и активированного (нижний) дизельного топлива

При постоянной скорости v зависимость $E_i = f_1(P)$ будет представлена выражением

$$E_i = Ce^{-k_1 P} + F_1,$$

где F_1 соответствует значению E_i , полученному при таком значении P , когда первое слагаемое достаточно мало отличается от нуля.

При постоянном давлении зависимость $E_i = f_1(v)$ будет представлена выражением

$$E_i = F_2(1 - e^{-k_2 v}),$$

где F_2 соответствует потере движения жидкой среды и может быть приравнено E_0 .

Подтверждением расщепления молекулярной цепи может служить (ИК-спектр), представленный на рис. 2. Верхнее изображение соответствует номенклатурному дизельному топливу [3], нижнее изображение соответствует дизельному топливу, подвергнувшемуся механоактивации.

Возникновение на нижнем спектре дополнительных пиков свидетельствует об изменении состава дизельного топлива после механоактивации. Появляются новые комплексы. Механизм расщепления молекулярных цепей углеводородов рассмотрен в работе [2].

Список литературы

1. Пат. 2411074 Российская Федерация, МПК В 01 F 13/10. Комбинированный статический смеситель-активатор / Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б. ; патенто-обладатель Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б. – № 2009124923/05 ; заявл. 01.07.2009 ; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 4. – 8 с.
2. Воробьев, Ю.В. Химические процессы в органических жидкостях, инициируемые гидродинамическим активатором / Ю.В. Воробьев, А.П. Кузьмин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 905–911.

Basics of the Theory of Mechanical Activation of Liquids

Yu.V. Vorobyov

*Department "Technical Mechanics and Machine Parts", TSTU;
tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru*

Key words and phrases: activator; mechanical activation; pressure; power velocity.

Abstract: The gap of the molecular chain is its division into shorter chains of molecules down to free radicals. This process can be realized by mechanical action on the liquid medium. The emitted energy goes to further division into even shorter molecular chains and the formation of new molecular chains. Thus, the equilibrium thermodynamic state with a relatively small continuous supply of external energy is maintained.

A possible mathematical model of this process and the corresponding results of spectral analysis have been described.

Grundlagen der Theorie der Mechanoaktivierung der flüssigen Umgebungen

Zusammenfassung: Der Bruch der molekularen Kette bedeutet ihre Teilung auf die kürzere molekulare Kette bis zu den freien Radikalen. Dieser Prozess kann mittels der mechanischen Einwirkung auf die flüssigen Umgebung realisiert sein. Die sich dabei abgesonderte Energie geht auf die weitere Teilung in die noch mehr kürzeren molekularen Ketten und in die Bildung der neuen molekularen Ketten. So wird der thermodynamische Gleichgewichtszustand beim verhältnismäßig kleinen ständigen Eingang der äußerlichen Energie unterstützt.

Es wird das mögliche mathematische Modell des angegebenen Prozesses und das geeignete Ergebnis der spektralen Analyse angeführt.

Les bases de la théorie de l'intensification mécanique des milieux liquides

Résumé: La rupture de la chaîne moléculaire signifie sa division en chaînes moléculaires plus courtes jusqu'aux radicaux libres. Ce processus peut être réalisé par une action mécanique sur le milieu liquide. L'énergie dégagée est dirigée sur une division ultérieure en chaînes moléculaires encore plus courtes et sur la formation de nouvelles chaînes moléculaires. Ainsi est soutenu l'état thermomécanique de l'équilibre lors de l'arrivée constante relativement petite de l'énergie extérieure.

Est cité le modèle mathématique probable du processus indiqué et le résultat correspondant de l'analyse spectrale.

Автор: *Воробьев Юрий Валентинович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Червяков Виктор Михайлович* – доктор технических наук, профессор, и. о. заведующего кафедрой «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
