

Применимость (33), (34) ограничена пределами  $0 \leq |\Theta_r| < 1$ , что означает  $Bi\Theta_0 \leq 4,8$ . Значения  $Fk_*(Bi)$  при  $\Theta_0 = 0$  из (34) совпадают с (10).

Кривая  $\Theta_r(\Theta_0)$  при  $Bi = 1$  построена на рис. 3, а графики  $Fk_*(\Theta_0)$  при  $Bi = 1$  и 10 приводятся на рис. 2. Они неплохо сопрягаются с кривыми, построенными с помощью (21), (22) для больших  $\Theta_0$ .

### Приложение

Покажем справедливость формулы (8), которую с помощью обозначений  $N_i = \alpha_i r / (0,88e\lambda)$ ,  $N = \alpha r / (0,88e\lambda)$ ,  $z_1 = r_1/r$  и (5) запишем в виде

$$(N_1^{-1} + z_1)^{-1} + (N_2^{-1} + 1 - z_1)^{-1} = (1 - N^{-1})^{-1}. \quad (I)$$

Равенства (6), (7) после исключения множителей, зависящих от  $T_0$ , образуют систему

$$r_1^2 + 0,88e\lambda r_1 / \alpha_1 = r_0^2 + 0,88e\lambda r_0 / \alpha_0 = r^2 + 0,88e\lambda r / \alpha.$$

Объединяя части равенства с  $r_1$  и  $r_2$ , получим

$$1 + \frac{1}{z_1 N_1} = \frac{1}{z_1^2} \left( 1 + \frac{1}{N} \right), \quad (II)$$

а рассматривая части с  $r_1$  и  $r_2$  —

$$\frac{1}{z_1} = \frac{1 + N_1^{-1}}{1 + N_0^{-1}}. \quad (III)$$

Справедливость (I) будет доказана, если, например, в результате исключения  $N_0$  из (I) и (III) получим соотношение (II).

Подставив  $(1 + N_0^{-1}) = \frac{z_1}{1 - z_1} (1 + N_1^{-1})$  из (III) в (I), получим

$$(N_1^{-1} + z_1)^{-1} + \left[ \frac{z_1}{1 - z_1} (z_1 + N_1^{-1}) \right]^{-1} = (1 + N^{-1})^{-1},$$

что равносильно (II).

Для вывода (9) воспользуемся тем, что из (II) имеем равенства

$$z_1 = \left( 1 + \frac{1 + N_1^{-1}}{1 + N_0^{-1}} \right)^{-1}, \quad 1 - z_1 = \left( 1 + \frac{1 + N_0^{-1}}{1 + N_1^{-1}} \right),$$

с помощью которых из (I) нетрудно получить (9).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Д. А. Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1967.
2. В. В. Барзыкин, А. Г. Мержанов. Докл. АН СССР, 1958, 120, 1271.
3. А. К. Колесников. ФГВ, 1984, 20, 2, 91.
4. А. К. Колесников. ФГВ, 1984, 20, 3, 64.
5. Р. Н. Thomas, Р. С. Bowes. Trans. Far. Soc., 1961, 57, 11, 2007.
6. В. Н. Виллюнов. Теория зажигания конденсированных веществ. Новосибирск: Наука, 1984.

Поступила в редакцию 3/VI 1985  
после доработки — 15/X 1985

### ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ВОДНО-ТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

В. Н. Простов, А. В. Яковлев, В. А. Гладких  
(Москва)

В связи с поиском альтернативных моторных топлив и путей повышения экономичности дизельных двигателей расширяются работы по использованию водно-топливных эмульсий (ВТЭ) [1, 2]. Результаты многих исследований в этой области весьма разнообразны и не всегда

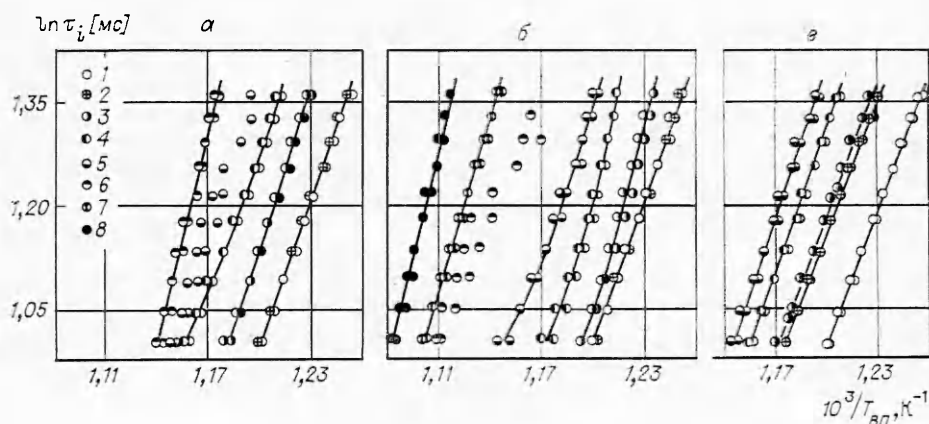


Рис. 1. Зависимость задержек воспламенения дизельного топлива и эмульсий с размером капель воды  $d_{32} = 2,4$  (а),  $1,5$  (б) и  $< 0,1$  мкм (в).

1 — топливо ДЛ; 2 — ДЛ+ПАВ (массовое содержание, %: 0,8 (а), 1,0 (б) и 10 (в)); 3—7 — ДЛ+Н<sub>2</sub>O (объемное содержание Н<sub>2</sub>O, %: 3—3 (в), 5 (а, б), 4—8 (а), 10 (б, в), 5—15, 6—20, 7—25, 8—30).

сопровождаются анализом влияния диспергированной в топливе воды на рабочий процесс двигателя.

Выяснение природы физико-химического действия воды на подготовку топливной смеси и ее воспламенение в условиях дизеля будет способствовать решению задачи оптимизации составов ВТЭ применительно к двигателям различных конструкций. Настоящая работа посвящена исследованию воспламенения ВТЭ с различным дисперсным составом капель воды.

Для решения этой задачи создан экспериментальный стенд на основе одноцилиндровой установки ИТ9-3М [3]. Эмульсии готовились с использованием дизельного топлива марки ДЛ с цетановым числом 52. Для исключения влияния характеристик распыла на задержку воспламенения  $\tau_i$  при изменении цикловой подачи топлива она поддерживалась постоянной и равной  $27 \text{ мм}^3/\text{цикл}$  независимо от концентрации воды в ВТЭ. Ввиду этого коэффициент избытка воздуха менялся от 1,6 до 1,8 при увеличении объемной концентрации воды от 0 до 30%.

Получены зависимости  $\tau_i$  от температуры воздуха в камере сгорания в момент начала впрыска топлива  $T_{вп}$  для обратных эмульсий со средним объемно-поверхностным диаметром частиц воды  $d_{32} = 2,4$  (а) и  $1,5$  мкм (б) и микроэмульсий с  $d_{32} < 0,1$  мкм (в) (рис. 1). Величины  $T_{вп}$  рассчитывались с учетом теплообмена воздуха со стенкой камеры сгорания в такте сжатия. Полученные зависимости проверены по результатам обработки индикаторных диаграмм при различных температурах воздуха на входе в цилиндр и степенях сжатия  $\epsilon$ . Диаметр капель воды измерялся на установке по методике [4].

Из рис. 1 видно, что зависимость  $\ln \tau_i$  от  $1/T_{вп}$  для чистого топлива и топлива с поверхностно-активными веществами (ПАВ) имеет прямолинейный характер. Это позволяет ввести понятие эффективной энергии активации воспламенения [5], которая оказалась равной  $51 \text{ кДж/моль}$ . Ход кривых для эмульсий зависит от  $d_{32}$ . В случае микроэмульсий происходит пропорциональное увеличение  $T_{вп}$ , необходимой для воспламенения с заданной  $\tau_i$  при увеличении концентрации воды. Для макроэмульсий эта зависимость не прямолинейная, причем существует концентрация, зависящая от  $d_{32}$ , при которой двигатель работает неустойчиво с большим разбросом  $\tau_i$  при  $\epsilon = \text{const}$ . Эта концентрация для  $d_{32} = 2,4$  и  $1,5$  мкм составляет 15 и 20%.

На этапе подготовки смеси к воспламенению вода при испарении охлаждает топливный факел. Она также может принять участие в предпламенных реакциях. Для выяснения природы влияния воды на  $\tau$  проведена серия экспериментов по впрыску перегретого водяного пара с

температурой 523 К на вход в цилиндр двигателя. Концентрация воды в воздухе  $50 \div 100\%$  влажности при  $T_{\text{возд}} = 291 \div 338 \text{ К}$  ( $T_{\text{возд}} = 338 \text{ К}$  соответствует температуре воздуха на входе в цилиндр, при которой проводились все эксперименты). Указанные концентрации пара отвечают количеству воды, которое поступало бы в двигатель при впрыске ВТЭ с концентрацией воды от 11 до 75%. В пределах точности экспериментов вода на величину  $\tau_i$  не влияла. Это позволяет предположить, что при впрыске ВТЭ содержащаяся в ней вода не принимает участия в предпламенных реакциях. Полученные результаты по зависимости  $\tau_i(T_{\text{вп}})$  следует трактовать как понижение температуры топливного факела при сложной динамике испарения капли ВТЭ. Высокое значение и резкая зависимость от температуры давления насыщенных паров воды  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  по сравнению с давлением насыщенных паров топлива  $p_{\text{т}}$  определяет особенность испарения капли ВТЭ. Так, при температуре капли ВТЭ 473—493 К  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  сравнивается с давлением воздуха в камере в момент впрыска ( $p_{\text{вп}} = 1,8 \div 2,5 \text{ МПа}$ ). В то же время в зависимости от сорта топлива  $p_{\text{т}} = 0,05 \div 0,3 \text{ МПа}$ .

Кинетика испарения капель воды определяется разностью  $\Delta p = p_{\text{H}_2\text{O}} - p_{\text{в}}$ , где  $p_{\text{в}}$  — давление воздуха в цилиндре. Для отрыва топливной оболочки от капли ВТЭ при расширении парового пузыря воды необходимо совершить работу по созданию новой поверхности и сообщить пленке топлива достаточную кинетическую энергию. Следовательно, должна существовать критическая разность давлений  $\Delta p_{\text{кр}}$ , ниже которой отрыва оболочки не происходит. В связи с этим можно выделить три режима испарения капли ВТЭ.

1. При  $\Delta p < 0$  происходит испарение воды по мере испарения топливной оболочки, т. е. капля ВТЭ испаряется как гомогенное топливо.

2. Если  $0 < \Delta p < \Delta p_{\text{кр}}$ , образуются пузыри водяного пара. Они расширяются до прорыва через топливную оболочку, кинетическая энергия которой мала для отрыва ее от капли ВТЭ.

3. Кинетическая энергия топливной оболочки при  $\Delta p > \Delta p_{\text{кр}}$ , приобретенная под действием расширяющегося парового пузыря, достаточна для отрыва ее от капли ВТЭ — происходит вторичное распыление топлива. Этот режим назовем «микровзрывом».

Для оценки  $\Delta p_{\text{кр}}$  рассмотрим кинетику расширения парового пузыря воды в топливо и оценим времена отрыва фрагмента оболочки  $t_0$  и ее релаксации  $t_r$ . Такая попытка сделана в [6] для одиночной капли воды в капле топлива, что соответствует малым концентрациям воды в ВТЭ или большим  $d_{32}$ . Известно [7], что в капле топлива или ВТЭ при испарении существует разность температур 1—2 К между периферией и центром. Если принять во внимание, что при  $T = 473\text{—}513 \text{ К}$   $\Delta p_{\text{H}_2\text{O}}/\Delta T = 0,03 \div 0,05 \text{ МПа/К}$ , то наиболее вероятным представляется вскипание капель воды, расположенных у поверхности капли ВТЭ.

Таким образом, задачу об испарении капли ВТЭ, содержащей множество капель воды, можно свести к случаю, рассмотренному в [6]. Для этого за радиус топливной оболочки принимаем  $r_{\text{т}} = r_{\text{в}}/x$ , где  $x = c_x^{1/3}$ ;  $c_x$  — объемная доля воды в ВТЭ;  $r_{\text{в}}$  — радиус капель воды. Время релаксации топливной оболочки принимаем равным периоду капиллярных волн:

$$t_r = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{\rho_{\text{т}}}{\sigma_{\text{т}}} \right)^{1/2} r_{\text{т}}^{3/2} = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{\rho_{\text{т}}}{\sigma_{\text{т}}} \right)^{1/2} \frac{r_{\text{в}}^{3/2}}{x^{3/2}} \quad (1)$$

( $\rho_{\text{т}}$ ,  $\sigma_{\text{т}}$  — плотность и поверхностное натяжение топлива). Ускорение, которое приобретает топливная оболочка под действием расширяющегося парового пузыря, выражается формулой

$$a = \frac{4\pi r_{\text{п}}^2 \Delta p}{M}$$

Здесь  $r_{\text{п}}$  — радиус парового пузыря;  $M$  — масса топливной оболочки.

В первом приближении можно считать, что величина  $a$  постоянна и  $r_{\text{н}} = r_{\text{к}}$ , а  $t_0$  равно времени расширения водяного пара до  $r_{\text{т}}$ , т. е.

$$t_0 = \frac{2r_{\text{в}}(1-x)(1-x^3)}{3x^2\Delta p}. \quad (2)$$

Используя выражения (1) и (2), можно вывести условие возникновения «микровзрывов» из соотношения  $t_0 < t_{\text{т}}$ :

$$\Delta p > \Delta p_{\text{кр}} = \frac{8\pi^2\sigma_{\text{т}}}{3} \cdot \frac{(1-x)(1-x^3)}{xr_{\text{в}}}. \quad (3)$$

Для оценки  $\Delta p$  необходимо найти температуру испаряющейся капли ВТЭ. Процесс прогрева и испарения капли чистого топлива можно заменить двумя последовательными стадиями: 1 — нагрев до температуры квазистационарного испарения  $T_{\text{р}}$ ; 2 — квазистационарное испарение при  $T_{\text{р}}$ . В условиях дизельного цикла время прогрева капли составляет 0,2—0,3 мс, т. е. на порядок меньше задержки воспламенения [7], поэтому первой стадией можно пренебречь. Возможность достижения каплей топлива значения  $T_{\text{р}}$  определяется параметрами  $\Theta_{\text{в}}$ ,  $\Pi_{\text{в}}$ , где  $\Theta_{\text{в}} = T_{\text{в}}/T_{\text{кр.т}}$ ;  $\Pi_{\text{в}} = p_{\text{в}}/p_{\text{кр.т}}$ ;  $T_{\text{в}}$  и  $p_{\text{в}}$  — температура и давление воздуха в камере сгорания;  $T_{\text{кр.т}}$  и  $p_{\text{кр.т}}$  — критические давления и температуры топлива. Если  $\Theta_{\text{в}}$  превышает предельную температуру  $\Theta_{\text{в.пр}}$ , квазистационарная температура при  $\Pi_{\text{в}} > 1$  не достигается и нагрев идет вплоть до достижения каплей критической температуры и перехода ее в парообразное состояние. В случае  $1 < \Theta_{\text{в}} < \Theta_{\text{в.пр}}$  в [8] получено приближенное решение для  $\Theta_{\text{р}} = T_{\text{р}}/T_{\text{кр.т}}$

$$\Theta_{\text{р}} = 1 - \frac{\Theta_{\text{кр}}}{2} \left( \frac{\Theta_{\text{в.пр}}}{\Theta_{\text{в}}} - 1 \right),$$

где  $\Theta_{\text{кр}} = T_{\text{кр.т}}/B$ ;  $B$  — постоянная в уравнении, которое связывает давление насыщенного пара и температуру топлива.

Предельные давление и температура воздуха, выше которых невозможно стационарное испарение, определяются по уравнению [9]

$$\Theta_{\text{в.пр}} \approx 1 - \frac{\Theta_{\text{кр}}}{2} + \frac{\sqrt{\frac{\Theta_{\text{кр}}}{2}} e^{-1/(2-\Theta_{\text{кр}})}}{Ek_{\text{р}}\Pi_{\text{в}}(1-\Theta_{\text{с}})^{0,5}},$$

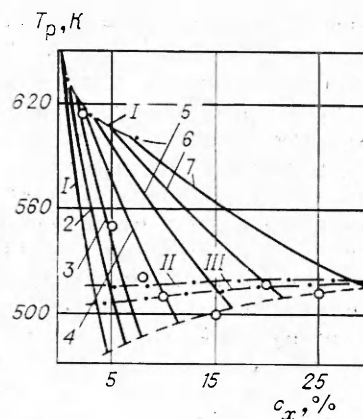
в котором  $E = \frac{c_{\text{р}}M_{\text{в}}a_{\text{м}}Nu_{\text{т}}}{c_{\text{т}}M_{\text{т}}D_{\text{п}}Nu_{\text{м}}}$ ;  $k_{\text{р}} = \frac{c_{\text{т}}T_{\text{кр.т}}}{\Delta H_{\text{т}}}$ ;  $\Theta_{\text{с}} = \frac{T_{\text{с}}}{T_{\text{кр.т}}}$ ;

$T_{\text{с}}$  — нормальная температура кипения топлива;  $c_{\text{р}}$  и  $c_{\text{т}}$  — теплоемкости паров топлива в пограничном слое и жидкого топлива;  $M_{\text{т}}$  и  $M_{\text{в}}$  — молекулярные массы топлива и воздуха;  $a_{\text{м}}$  — коэффициент температуропроводности пограничного слоя;  $D_{\text{п}}$  — коэффициент диффузии паров топлива через воздух в пограничном слое;  $\Delta H_{\text{т}}$  — теплота испарения топлива;  $Nu_{\text{т}}$ ,  $Nu_{\text{м}}$  — тепловое и диффузионное числа Нуссельта. При использовании смеси углеводородов (дизельное топливо) параметры  $\Delta H_{\text{т}}$ ,  $T_{\text{кр.т}}$ ,  $p_{\text{кр.т}}$ ,  $c_{\text{р}}$ ,  $M_{\text{т}}$  принято рассчитывать как среднемольные. В первом приближении такой подход можно применить при расчете  $T_{\text{р}}$  для ВТЭ, полагая воду одним из компонентов смеси. Теплофизические константы дизельного топлива  $c_{\text{р}}$ ,  $c_{\text{т}}$ ,  $M_{\text{т}}$ ,  $\Delta H_{\text{т}}$ ,  $\sigma_{\text{т}}$  и их зависимость от температуры не известны. Поэтому расчет  $T_{\text{р}}$  проведен для ВТЭ на основе тетрадекана  $C_{14}H_{30}$  — углеводорода с близкими к топливу ДЛ критическими параметрами и зависимостью  $p_{\text{т}}(T)$ .

Приняты следующие допущения: 1) мгновенное торможение капли ВТЭ во фронте факела и прогрев ее до  $T_{\text{р}}$ ; 2)  $T_{\text{кр.т}}$ ,  $p_{\text{кр.т}}$ ,  $M_{\text{т}}$ ,  $c_{\text{р}}$ ,  $c_{\text{т}}$ ,  $T_{\text{с}}$ ,  $\Delta H_{\text{т}}$  — рассчитываются как среднемольные с учетом воды как компонента смеси; 3) ВТЭ монодисперсна, все капли эмульсии в факеле одно-

Рис. 2. Расчетная зависимость равновесной температуры испарения капли ВТЭ от концентрации воды при  $\varepsilon = 9$  (1), 10 (2), 11 (3), 12 (4), 13 (5), 14 (6), 15 (7).

Границы возникновения микровзрывов при  $d_{32}$ , мкм: I — 0,1, II — 1,5, III — 2,4.



го размера; 4)  $Nu_r = Nu_m = 2$  из-за малых размеров капель ВТЭ; 5) температура пограничного слоя у капли равна  $(T_v - T_p)/2$  и находится методом последовательных приближений. Ввиду отсутствия экспериментальных данных по  $a_m/D_n$  в процессе испарения ВТЭ представляется целесообразным оценить эту величину для воды, поскольку ее роль в тепло- и массообмене будет, по-видимому, определяющей. Это объясняется значительно большим давлением насыщенных паров воды по сравнению с топливом. При  $T_p = 500$  К  $p_{H_2O} = 2,0$  МПа, в то время как у тетрадекана  $p_T = 0,03$  МПа. Для воды при 500 К  $a_m/D_n = 0,38$ .

Расчет  $T_p$  для ВТЭ проводился в интервале  $a_m/D_n = 0,38 \div 0,6$ . При сравнении полученных данных с экспериментом выбрано  $a_m/D_n = 0,41$  (рис. 2). По найденным значениям  $T_p$  определялись  $p_{H_2O}$  и  $\Delta p = p_{H_2O} - p_v$  для различных  $c_x$  при фиксированном значении  $\varepsilon$ . На рис. 2, I—III приведены границы микровзрывов, когда  $\Delta p = \Delta p_{кр}$ , согласно уравнению (3). Штриховая линия соответствует границе  $\Delta p = 0$ . Точками отмечена экспериментальная зависимость степени сжатия, необходимая для воспламенения ВТЭ с концентрацией воды  $c_x$  и  $d_{32} = 1,5$  мкм в верхней мертвой точке. Эти эксперименты соответствуют нижним точкам кривых на рис. 1, б.

Построенная расчетная модель базируется на допущении  $Nu = 2$ , что справедливо лишь в области, где отсутствуют микровзрывы, т. е. ниже линий I—III рис. 2. В области, лежащей выше этих кривых, происходят сильная турбулизация пограничного слоя и интенсификация тепло- и массообмена. В результате равновесная температура капли будет ниже расчетной и приблизительно должна находиться около границы микровзрывов. Таким образом, чем больше диаметр капель воды в ВТЭ, тем ниже  $T_p$  и больше  $\tau_i$ . Сказанное справедливо для микроэмульсий, в которых возможно образование паровых пузырей. На рис. 1, а, б видно, что меньшим  $d_{32}$  соответствует меньшее увеличение  $\tau_i$  при росте концентрации воды. Неустойчивая работа двигателя, т. е. большая цикловая неравномерность  $\tau_i$ , соответствует границе образования паровых пузырей в капле топлива и обусловлена цикловой нестабильностью  $p_v$ , которая всегда имеет место в двигателе, а на границе  $p_{H_2O} = p_v$  оказывает наибольшее влияние на  $T_p$  и соответственно на  $\tau_i$  ввиду принципиального изменения характера тепло- и массообмена. Уменьшение концентрации воды в ВТЭ, соответствующей этому переходу, при увеличении  $d_{32}$  объясняется приближением линии микровзрывов к линии  $p_{H_2O} = p_v$  по мере увеличения  $d_{32}$ , т. е. при больших  $d_{32}$  происходит большее охлаждение топливного факела.

В микроэмульсиях граница микровзрывов расположена при более высоких значениях  $T_p$  (см. рис. 2). Согласно расчетам, при  $\varepsilon$ , соответствующих воспламенению в верхней мертвой точке, условие  $\Delta p > \Delta p_{кр}$  возможно лишь для эмульсий с объемной концентрацией воды менее 1—2%. В области  $0 < \Delta p < \Delta p_{кр}$  образование паровых пузырей в микроэмульсиях маловероятно, так как размеры частиц воды сравнимы с размерами критического зародыша парообразования. Кроме того, вероятность образования зародыша прямо пропорциональна объему жидкости, а так как в ВТЭ капли воды можно считать независимыми, то эта веро-

ятность убывает пропорционально  $1/r_b^3$ . Эти рассуждения подтверждаются равномерным ростом  $T_{гп}$  при увеличении  $c_x$  и прямолинейным ходом зависимости  $\ln \tau_i - 1/T_{гп}$  на рис. 1, в. Таким образом, можно предположить, что капля микроэмульсии испаряется как гомогенное топливо при концентрациях воды больше 1—2%.

В заключение можно сделать следующие выводы. Добавки воды в дизельный двигатель в количествах от 11 до 75% по отношению к топливу понижают температуру топливного факела, но не принимают участия в предпламенных реакциях. Дисперсионный состав ВТЭ влияет на значения и зависимость  $\tau_i$  от температуры воздуха в камере сгорания в момент впрыска топлива. Обнаружено существование таких составов макроэмульсий, на которых двигатель работает с большим разбросом  $\tau_i$ . Для объяснения этого предложена математическая модель испарения капли ВТЭ, позволяющая определить границу существования микровзрывов и неустойчивой работы для конкретных типов двигателя и топлива. На основании экспериментальных и расчетных данных сделан вывод об отсутствии микровзрывов в реализованных условиях измерения задержки воспламенения при сжигании в двигателе микроэмульсий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Heinrich Gerd, Prescher Karlheinz, Finsterwalder Gerhard. MTZ: Motortech. Z., 1984, 45, 5, 183.
2. R. V. Thompson, I. Thorp, P. Katsoulakos e. a. Trans. Inst. Mar. Eng., 1981, C93, 10, 19.
3. А. В. Яковлев.— В кн.: Элементарные процессы в химически реагирующих средах. М.: МФТИ, 1983.
4. А. В. Яковлев, В. В. Лунева, В. А. Гладких и др. Химия и технология топлива и масел, 1984, 12, 15.
5. А. И. Толстов.— В кн.: Исследование рабочего процесса и подачи топлива в быстросходных дизелях/Иод ред. А. Н. Толстова. М.: Машгиз, 1955.
6. J. Doohar, R. Genberg, R. Zippman e. a. Mechanical Engineering, 1976, 98, 11, 36.
7. Ю. Б. Свиридов. Смесеобразование и сгорание в дизелях. Л.: Машиностроение, 1972.
8. А. А. Гуреев, Г. М. Камфер. Испаряемость топлив для поршневых двигателей. М.: Химия, 1982.
9. Г. М. Камфер. Процессы тепломассообмена и испарения при смесеобразовании в дизелях. М.: Высшая школа, 1974.

Поступила в редакцию 24/VI 1985

### К РАСЧЕТУ УСЛОВИЙ ВОЗГОРАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ

В. С. Зотиков, М. Д. Рейнгерц

(Ленинград)

Для возможности безопасной эксплуатации металлических конструктивных материалов в контакте с сильными газообразными окислителями (кислород, фтор, хлор и др.) необходимо уметь рассчитывать условия возгорания конструкции при заданных параметрах среды (температура, давление, состав окислителя) и условиях теплообмена на фазовых границах металл — газ.

Общий подход к расчету условий воспламенения в гетерогенных химических реакциях изложен в [1]. В работах [2, 3] методом интегральных соотношений рассчитаны условия воспламенения пластины металла в газообразном окислителе. Однако для практической оценки возможности возгорания оборудования в химических производствах необходим расчет условий воспламенения металлической стенки, внутренняя поверхность которой находится в контакте с окислителем, а наружная — в инертной среде. Такая модель описывает ситуацию при реальном про-