

На втором этапе были проведены расчеты испарения капель в тех же условиях, но без самовоспламенения (скорости всех реакций были приравнены нулю). В расчетах исследовалось, какой локальный состав $f(C_nH_{2n+2}, O_2)$ и какая относительная локальная температура T/T_0 достигались на расстоянии $r/r^* = 3\div 5$ при времени испарения, равном периоду задержки самовоспламенения t_i . На основе проведенных расчетов разработаны критерии самовоспламенения, основанные на достижении определенных значений f и T/T_0 на некотором расстоянии от испаряющейся капли в диапазоне $r/r^* = 3\div 5$. По указанным критериям предложено определять задержку самовоспламенения капель в плотных газозвесах в условиях, когда самовоспламенение происходит при неполном испарении жидкости. Показано, что задержки самовоспламенения, полученные с помощью таких критериев, удовлетворительно согласуются с прямыми расчетами задержек самовоспламенения капель. Подчеркнем, что полученные критерии просты и достаточно универсальны: они не зависят ни от типа топлива, ни от диаметра капель, ни от состава смеси в капельной газозвеси, ни от начальных температур и давлений воздуха. Предложенные критерии планируется использовать в многомерных расчетах химически реагирующих многофазных течений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 05-08-18200а и 07-08-00558а).

Литература

1. Фролов С.М., Басевич В.Я., Посвянский В.С., Сметанюк В.А. Испарение и горение капли углеводородного топлива. IV. Испарение капли с учетом коллективных эффектов. // Химическая физика. 2004. Т. 23. № 7. С. 49-58.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДА ГОРЕНИЯ В ДЕТОНАЦИЮ В ГАЗОВЫХ И КАПЕЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ СМЕСЯХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ

С.М. Фролов, В.Я. Басевич, А.А. Беляев

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, г. Москва

e-mail: smfrol@chph.ras.ru

Переход медленного горения в детонацию (ПГД) – одно из явлений газовой динамики горения, которое до сих пор не нашло строгого теоретического описания. В 1940 г. К.И. Щелкин выдвинул идею о главенствующей роли турбулентности при ПГД. В данной работе предложена новая модель ПГД, основанная на идеях К.И. Щелкина и развитых нами представлениях о турбулентном пламени в гомогенных и в ка-

пельных смесях углеводородных горючих с учетом конечной скорости химических реакций [1, 2].

Для моделирования нестационарного распространения турбулентного пламени решалась система одномерных уравнений баланса массы, количества движения и энергии с заданием функции плотности распределения вероятности в источниковых членах, описывающих среднюю скорость тепловыделения и средние скорости химических реакций. В соответствии с идеей К.И. Щелкина, в проведенных расчетах расширение продуктов горения при ПГД вызывало увеличение скорости газа и возрастание интенсивности турбулентности перед фронтом пламени. Последнее приводило к возрастанию турбулентных коэффициентов переноса и скорости турбулентного пламени. В свою очередь, ускорение пламени приводило к образованию ударной волны, интенсивность которой с течением времени увеличивалась. Газодинамические явления в области перед фронтом пламени учитывались с помощью соотношений Рэнкина–Гюгонио.

Расчеты проводились для стехиометрических изооктано-воздушных смесей – газовых и капельных – при нормальных начальных условиях: при давлении 1 атм и температуре 293 К. В расчетах учитывались конечные скорости химических превращений с использованием сокращенной схемы химических реакций окисления изооктана. В капельных смесях средние скорости химических реакций рассчитывались с учетом пространственных распределений температуры и компонентов смеси в окрестности капель. Степень турбулентности течения перед фронтом пламени считалась постоянной и равной “трубной” турбулентности (3% от переменной средней скорости газа). Интегральный масштаб турбулентности также считался постоянным. В качестве критерия ПГД на данном этапе исследований принималось увеличение “видимой” скорости турбулентного пламени до 1000 м/с [3].

В результате расчетов получены зависимости скорости пламени от времени, а также длина и время преддетонационного участка. Кроме того, получены сведения о возможной эволюции ширины и структуры турбулентной зоны горения. Показано, что длина ПГД в капельных смесях значительно превышает длину ПГД в однородных газовых смесях. Расчетные значения длины и времени ПГД в газовой смеси удовлетворительно согласуются с имеющимися экспериментальными наблюдениями для воздушных смесей углеводородных горючих. В дальнейшем для более правильного определения момента и местоположения ПГД

планируется учесть возможность самовоспламенения ударно сжатой смеси перед фронтом пламени.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 05-08-18200а) и МНТЦ (проект #2740).

Литература

1. Фролов С.М., Басевич В.Я., Беляев А.А. Моделирование стабилизации турбулентного пламени на плохообтекаемых телах. // Химическая физика. 1999. Т. 18. № 9. С. 54-64.
2. Басевич В.Я., Беляев А.А., Посвянский В.С., Фролов С.М. Модель ламинарного пламени в капельной газозвеси. // Химическая физика. 2007. Т. 26. № 8. С. 63-69.
3. Фролов С.М. Импульсные детонационные двигатели. – М.: Торус Пресс, 2006.