

# ТЕПЛОФИЗИКА

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ НА ГОРЕНИЕ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

С.А. Болегенова

*НИИЭТФ, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы*

Проведено исследование влияния давления в камере на горение жидкого распыленного топлива на основе решения дифференциальных уравнений турбулентного реагирующего течения. Получены распределения топлива, воды, кислорода и температуры в камере сгорания.

### Введение

Повышенный интерес к исследованию турбулентных течений с химическими реакциями связан с их возрастающим научным и прикладным значением. Имеющиеся в настоящий момент экологические и экономические проблемы требуют создания таких новых технологий горения, которые решали бы одновременно проблему минимизации затрат, увеличения эффективности сгорания топлива и уменьшения выбросов вредных веществ.

В научном плане остается много неясных вопросов в теории турбулентного горения, так как диффузионное горение обладает своими особенностями – скорость горения определяется не кинетическими параметрами (энергия активации, тепловой эффект реакции и др.), а условиями смешения реагентов, т.е. физическими параметрами, в частности, гидродинамикой течения. Поэтому важно знать, какую роль играют в развитии диффузионного факела такие параметры, например, как начальные скорости, концентрации и температуры исходных веществ, начальный уровень турбулентности, внешние силы, геометрия камеры сгорания, температурные условия на границах и др.

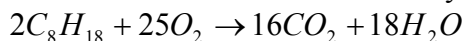
Изучение таких сложных явлений, как турбулентное горение, с помощью физических моделей, с одной стороны, связано с большими затратами на физический эксперимент, с другой стороны, такой подход может дать только предложения для решения частных проблем, т.к. физическое моделирование всех параллельно протекающих процессов в камере сгорания на уменьшенных по масштабу установках невозможно. Решение этой проблемы возможно только на основе системного анализа, математического и имитационного моделирования.

В этой связи, вычислительный эксперимент стал одним из экономически эффективных и удобных, а зачастую и единственно возможных средств для подробного анализа и более глубокого понимания сложных физических и химических явлений, имеющих место при горении [1-2].

Целью данной работы является численное исследование двухфазных химически реагирующих течений с впрысками в камере сгорания. Задача данной работы состояла в том, чтобы исследовать влияние начального давления в камере сгорания на процесс горения жидкого топлива. Были получены и обработаны графики распределения температуры, распределения концентрации паров топлива, воды и кислорода.

В данной работе исследуется горение жидкого топлива (октана) в камере сгорания высотой 15 см и радиусом 2 см. Жидкое топливо массой 0.0060 гр. впрыскиваем в камеру сгорания, температура которой составляет 900 К, а на стенках 353 К. Капли топлива, средний размер которых  $3.00 \cdot 10^{-4}$  см, впрыскиваем при температуре 300 К, со скоростью впрыска 223 м/с, через инжектор, площадь сопла которого равна  $2 \cdot 10^{-4}$  см<sup>2</sup>. Количество контрольных ячеек равно 600. Топливо, используемое в работе – октан (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>).

Реакция горения октана в общем виде записывается следующим образом:



Октан - органическое соединение класса алканов. Бесцветная жидкость со

специфическим запахом. Вместе с изооктаном и др. изомерами содержится в нефти, бензине при прямой гонке (до 10%), а также в большом количестве в синтетическом бензине, получаемом из CO и H<sub>2</sub>.

Математическая модель задачи о дисперсии и горении впрыска жидкого топлива [3-7] включает в себя уравнение неразрывности для компоненты  $m$ , уравнение импульса, уравнение энергии, уравнения к-ε модели турбулентности.

### Результаты численного моделирования

На рисунках 1 – 5 представлены графические результаты численного эксперимента по горению жидкого топлива (октана) в камере сгорания. Давление в камере сгорания менялось от 20 до 60 бар через каждые 5 бар, и было исследовано, как изменение начального давления влияет на процесс горения жидкого топлива октана в камере сгорания.

На графиках 1.а – 1.в мы видим распределение паров топлива в камере сгорания при разных начальных давлениях в камере. В начальный момент времени с увеличением начального давления область распространения топлива уменьшается (20 бар – 1,3 см; 60 бар – 0,92 см).

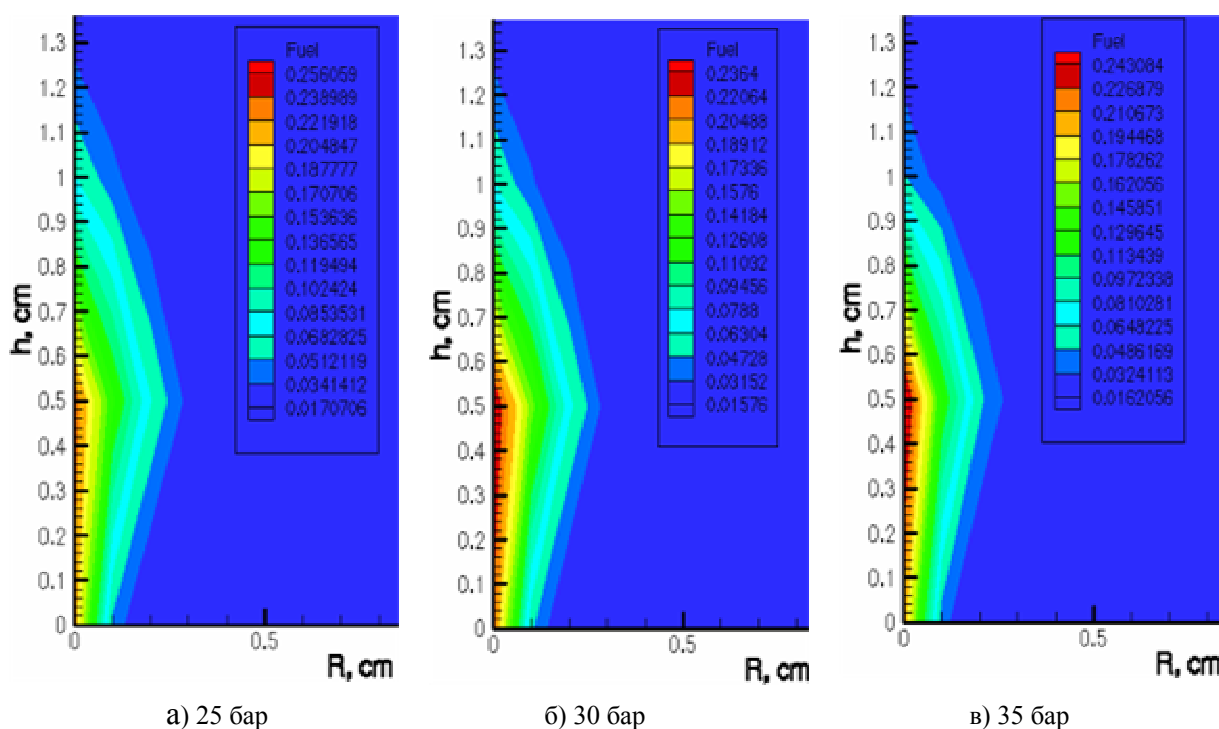


Рис. 1. Распределение паров топлива (октана) в камере сгорания

Здесь же (2.а – 2.в) показано распределение кислорода при различных начальных давлениях камеры сгорания. Из графиков видно, что относительная концентрация кислорода остается неизменной (макс. – 0,1875; мин. – 0,0125). В начальный момент времени с увеличением начального давления уменьшается область потребления кислорода (20 бар – 1,14 см; 60 бар – 0,78 см).

На рисунках 3.а – 3.в мы видим, как меняется концентрация воды в камере сгорания, при разных начальных давлениях. От 20 бар до 55 бар концентрация воды в камере сгорания увеличивается с ростом начального давления (20 бар – максимальная концентрация воды в камере сгорания 0,00076, 55 бар – 0,00281).

При начальном давлении в 60 бар максимальная концентрация воды составляет 0,00280, т. е. уменьшилась. Изменение начального давления также влияет на область максимальных



изменяется на 100 – 130 К. Начиная от 40 бар влияние не столь сильное: разница максимальных температур порядка 20 К. Область максимальных температур также изменяется. При начальном давлении в 20 бар – эта область составляет 3,6 см, а при начальном давлении в 60 бар: 1,1 см (25 – 3,0; 30 – 2,4; 35 – 2,0). Изменение начального давления не сильно влияет на форму и размер факела, они остаются практически неизменными.

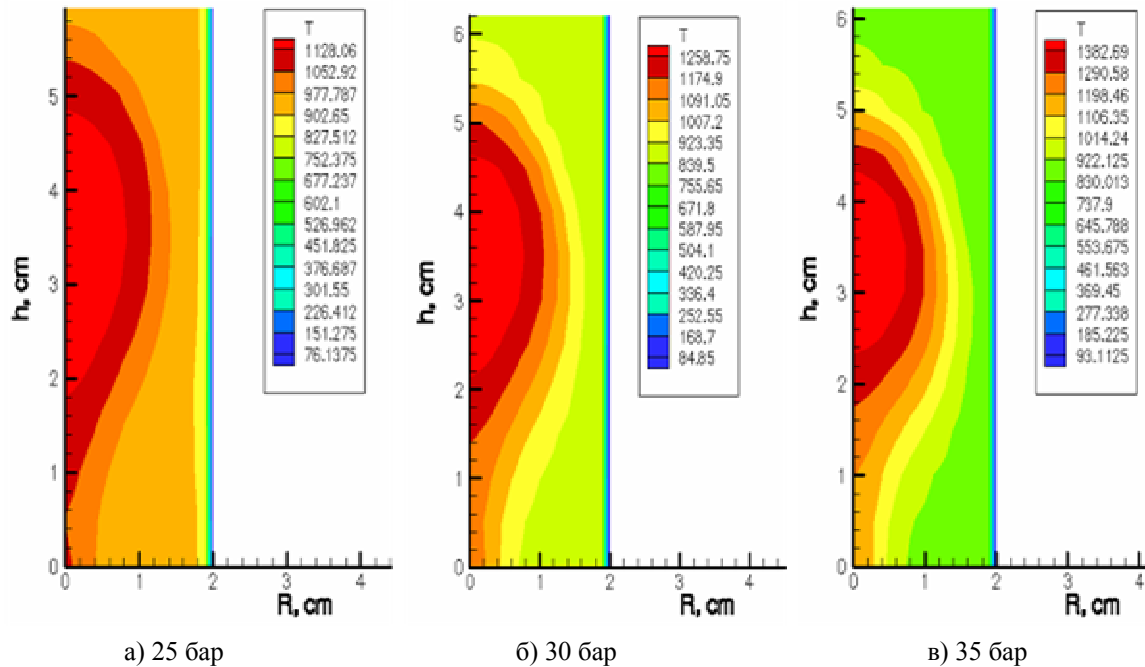


Рис. 4. Распределение температуры в камере сгорания

Таблица 1. Зависимость максимальной температуры от начального давления в камере сгорания

T, К	P, Па·10 <sup>5</sup>
1010,78	20
1128,06	25
1258,75	30
1382,69	35
1501,38	40
1555,84	45
1575,06	50
1582,94	55
1584,44	60

Из таблицы 1 мы видим, как влияет начальное давление в камере сгорания на максимальную температуру. С увеличением начального давления максимальная температура в камере сгорания увеличивается.

### Заключение

В ходе данной работы было исследовано горение жидкого топлива (октан) в камере сгорания при различных начальных давлениях. Давление менялось от 20 до 60 бар через каждые 5 бар. В ходе численного эксперимента были получены графики распределения температур, распределения паров воды, кислорода и топлива в камере сгорания. На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- Октан при начальном давлении 40 бар в камере сгорания сгорает полностью. Следовательно, если сжигать октан, то, для экономии топлива, начальное давление в камере сгорания должно быть, как минимум, 40 бар, только в этом случае топливо сгорит полностью.

- С ростом начального давления в камере сгорания растет и температура до 1585 К, а потом температура в камере сгорания расти перестает, чем больше температура, тем лучше происходит горение, при этом уменьшается область максимальных температур.

- Чем больше начальное давление, тем меньше область распространения топлива и потребления кислорода в камере сгорания. В центре факела (в области горения) концентрация кислорода уменьшается быстрее при более высоких давлениях, т. е. при 20 барах топливо горит хуже, чем при 60 барах.

### **Литература**

1. Сполдинг Д. Б. Горение и массообмен. Перевод с англ. Р.Н. Гизатуллина и В.И. Ягодкина, под ред. д-ра тех. наук проф. В.Е. Дорошенко, Москва «Машиностроение», 1985. – 240 с.
2. Аскарова А.С., Болегенова С.А., Лаврищева Е.И., Локтионова И.В. Течения вязкой жидкости. Алматы «Казахский университет», 2007. – 198 с.
3. Amsden A.A., P.J.O'Rourke, T.D.Butler KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays, 1989, 160с.
4. Аскарова А.С., Рыспаева М.Ж. Расчет горения впрыска жидкого топлива в замкнутой камере // Вестник КазНУ, серия физическая, 2006, № 1(21). – С. 74 – 78.
5. Аскарова А.С., Волошина И.Э., Рыспаева М.Ж. Численное исследование влияния массы на процесс горения впрыска жидкого топлива // Материалы V Международной конференции «Проблемы промышленной теплотехники», Киев, Украина, 2007. – С. 26 – 27.
6. Аскарова А.С., Волошина И.Э., Рыспаева М.Ж. Численное моделирование образования продуктов реакции при сжигании жидких топлив // Вестник КазНУ, серия физическая, 2008, № 2(24). – С. 3 – 7.
7. Аскарова А.С., Волошина И.Э., Рыспаева М.Ж. Исследование процесса горения жидкого топлива при изменении скорости впрыскиваемых капель // Вестник КазНУ, серия физическая, 2008, № 1(25). – С. 3 – 7.

## **ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ СҮЙЫҚ ОТЫННЫҢ ЖАНУЫНА ҚЫСЫМНЫҢ ӘСЕРІН САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ**

**С.Ә. Болегенова**

Реакцияға түсетін турбуленттік ағыстың дифференциалды тендеулерінің шешімі негізінде жану камерасындағы бүрку сұйық отынының жануына қысымның әсеріне зерттеу жүргізілді. Жану камерасында отынның, судың, оттектің және температураның таралулары алынды.

## **NUMERICAL STUDY OF THE INFLUENCE OF THE PRESSURE IN THE BURNER CHAMBER ON THE COMBUSTION OF THE LIQUID FUEL**

**S.A. Bolegenova**

The research of the influence of the pressure in the chamber on the combustion of the liquid spray fuel on the basis of the solution of differential equations of turbulent reacting flow has been performed. The distributions of fuel, water, oxygen and temperature in the burner chamber have been obtained.