

## Вычислительных экспериментов по исследованию процессов распыла и дисперсии капель при высокой турбулентности при изменении скорости впрыскиваемых капель

Вычислительных экспериментов по изучению влияния скорости впрысков жидкого топлива на процессы дисперсии и горения. Скорость впрыска жидкого топлива менялась от 150 до 350 м/с. Все вычисления проводились при оптимальных значениях начальной температуры окислителя, давления и массы впрыска жидких топлив (октан и додекан). Ниже на рисунках приведены графики по определению оптимальной скорости впрыска октана и додекана.

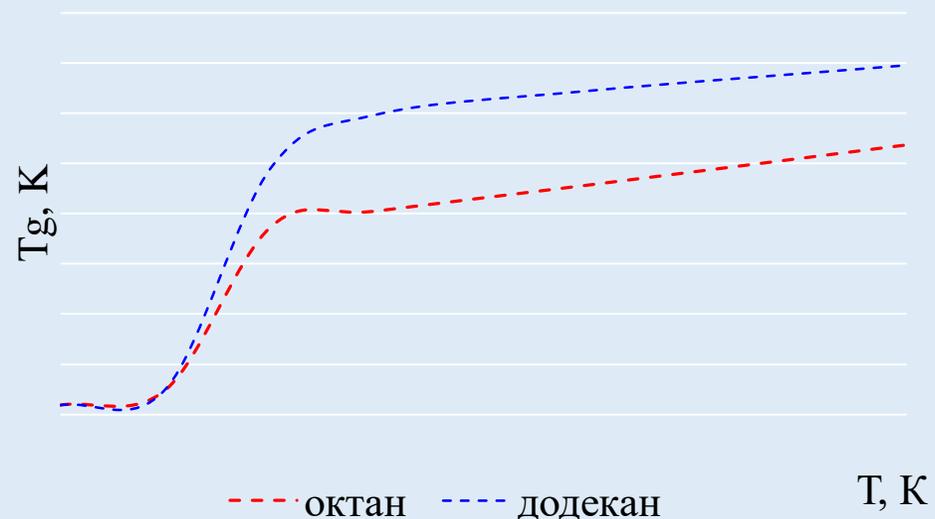


Рисунок 1 - Зависимость максимальной температуры горения  $T_g$  от начальной температуры  $T$  окислителя в камере сгорания при горении октана  $C_8H_{18}$  и додекана  $C_{12}H_{26}$

При горении додекана концентрация образующегося диоксида углерода принимает большие значения, чем при горении октана. Как видно из рисунка, при увеличении температуры от 900 К до 1500 К концентрация углекислого газа, выделяющегося при горении октана, принимает значения от 0,08459 г/г до 0,08561 г/г, а при горении додекана от 0,11986 г/г до 0,14142 г/г.



Рисунок 2 - Изменение высоты  $L$ , см температурного факела при изменении скорости впрыска жидких топлив  $v$ , м/с

Механизм горения жидких топлив включает в себя несколько этапов: искра, воспламенение паровоздушной смеси, горение паровоздушной смеси у поверхности жидкости, повышение скорости испарения за счет передачи тепла от пламени. Поэтому наиболее эффективно процесс горения, как для октана, так и для додекана протекает при скорости впрыскивания топлива 300 м/с, когда температуры в камере сгорания принимают сравнительно максимальные значения (рисунок 3).

Из рисунка 3 видно, что для октана по оси ординат температура монотонно растет и максимум 1726 К приходится на скорость впрыска топлива, равную 350 м/с. Для додекана при значениях скорости от 150 м/с до 250 м/с наблюдается скачкообразный рост температуры от 1780 до 2075 К, максимальное значение 2080 К, аналогично достигается при скорости 350 м/с. При оптимальной скорости впрыска равной 300 м/с при горении октана температура составила 1712 К, а в случае додекана 2074 К.

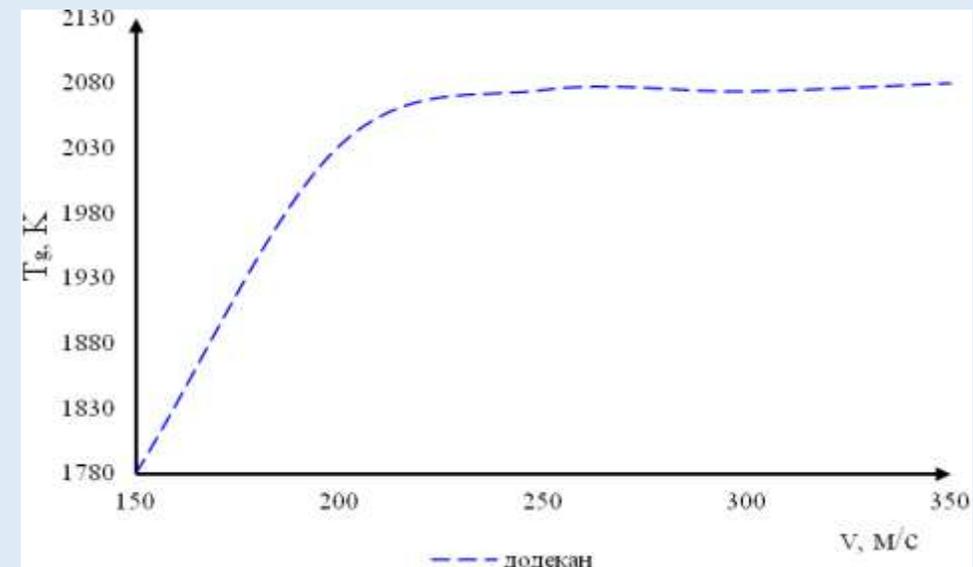
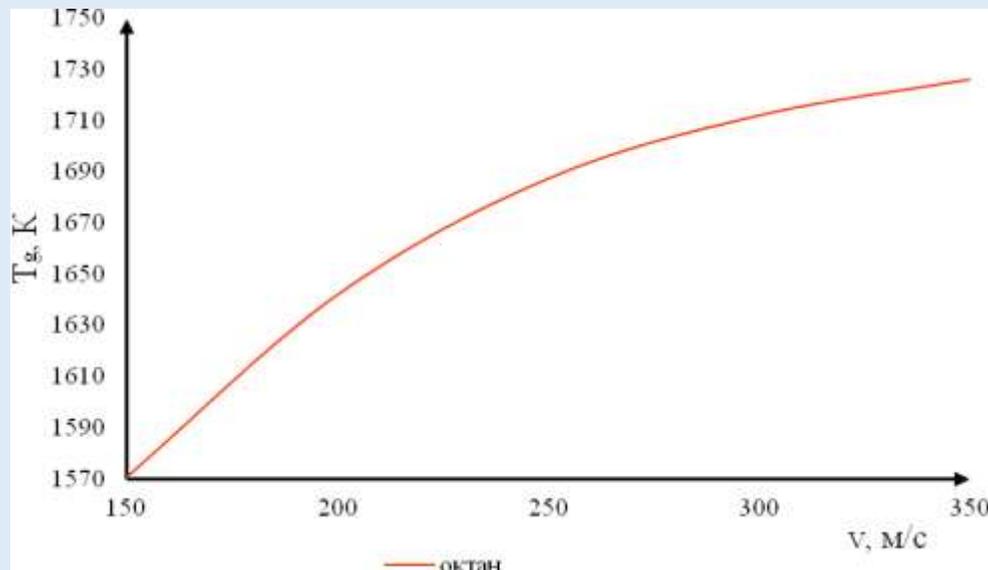


Рисунок 3 - Зависимость максимальной температуры  $T_g$  в камере сгорания от скорости впрыскиваемых капель октана и додекана

Когда смесь паров топлива с окислителем воспламеняется, то вся область камеры по ширине охватывается факелом, первое быстро сгорает часто без остатка. Однако, одним из продуктов сжигания топлив является углекислый газ  $\text{CO}_2$ .

На рисунке 4 показано влияние скорости впрыска октана и додекана на распределение концентрации углекислого газа. Минимальная концентрация углекислого газа равная 0,0760 г/г образуется при впрыскивании октана со скоростью 150 м/с. Для додекана  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$  при увеличении скорости выделяется большое количество  $\text{CO}_2$ , но при скорости 300 м/с наблюдается небольшой спад концентрации  $\text{CO}_2$ , которое имеет значение 0,1178 г/г.

Для додекана  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$  наименьшее количество углекислого газа 0,0968 г/г выделяется при начальной скорости (150 м/с) подачи топлива.

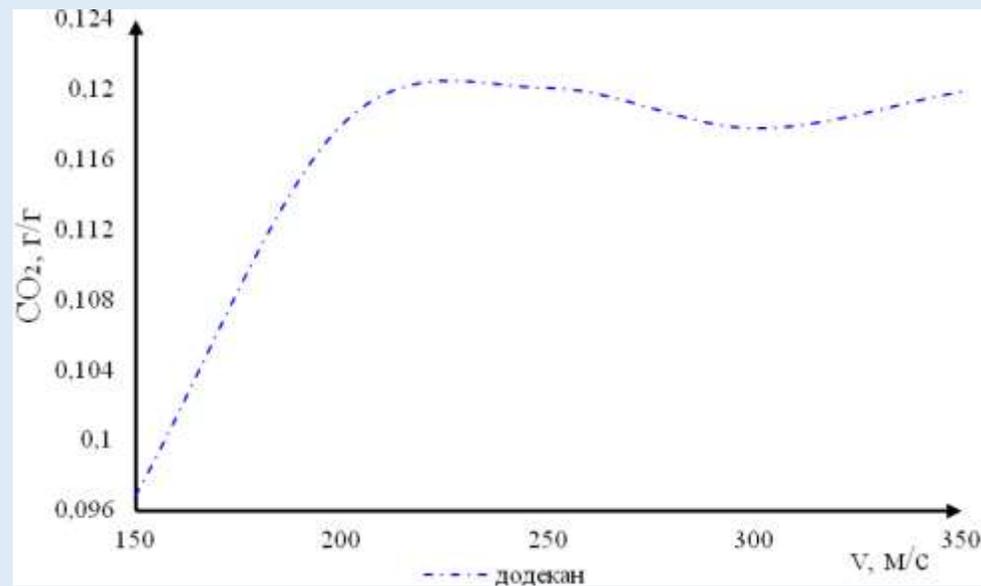
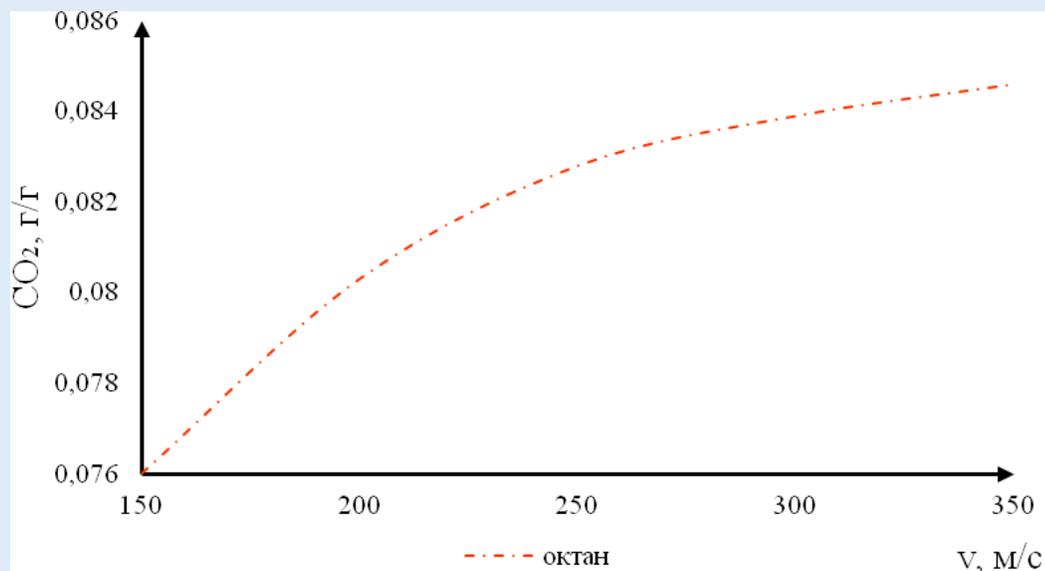


Рисунок 4 - Зависимость концентрации углекислого газа  $\text{CO}_2$  от скорости впрыскиваемых капель октана (а) и додекана (б)

При горении октана с увеличением скорости впрыскиваемых капель концентрация углекислого газа растет. Так, при скорости 300 м/с концентрация диоксида углерода составила 0,0839 г/г, максимальная концентрация углекислого газа, равная 0,0846 г/г, выделяется при скорости 350 м/с.

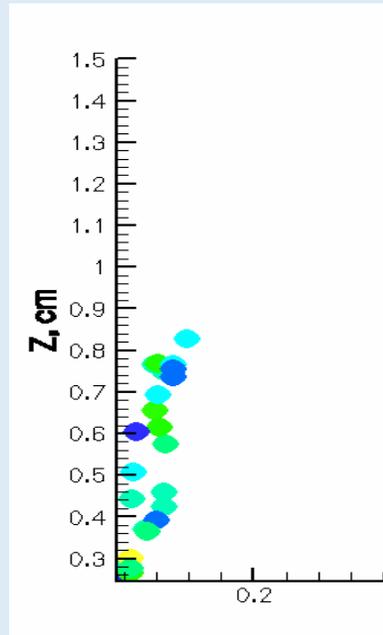
При данной скорости оба топлива сгорают без остатка, температура в камере сгорания достигает максимальных значений, а концентрация выброса вредного вещества, такого как углекислый газ, незначительна и лежит в допустимых пределах.

Таким образом, в предыдущих главах диссертационной работы были проведены вычислительные эксперименты по горению двух видов жидких топлив и определены оптимальные параметры процесса горения октана и додекана, которые представлены в таблице 1.

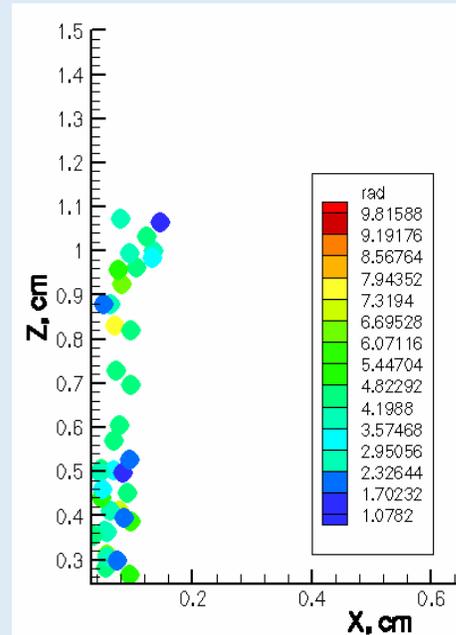
Таблица 1 - Оптимальные параметры процесса горения, определенные по результатам численного моделирования

Оптимальные параметры	Октан (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> )	Додекан (C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> )
Давление (бар)	100	80
Масса (мг)	6	7
Температура (К)	900	900
Скорость (м/с)	300	300

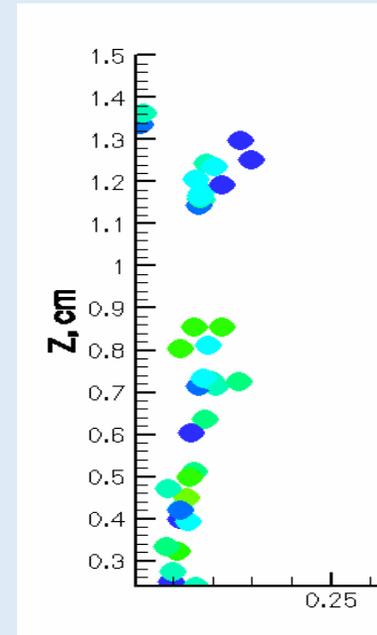
Дисперсия капель октана и додекана по высоте камеры сгорания в различные моменты времени при начальных оптимальных параметрах. В начале процесса при распыле капли имеют одинаковые радиусы, но после испарения, столкновения и сливания капель, их радиусы принимают различные значения.



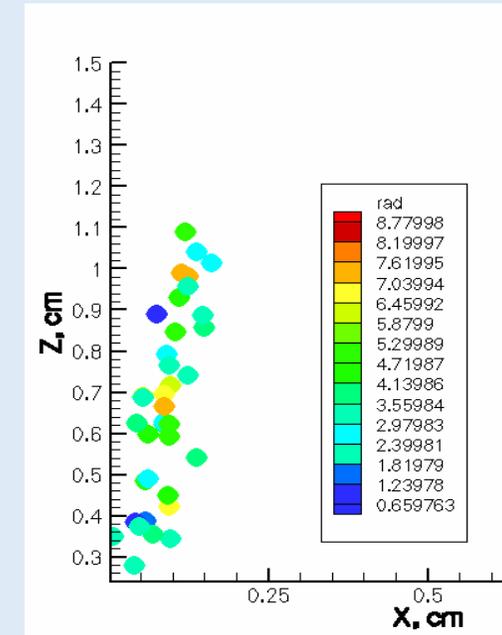
а)  $t=1$  мс



б)  $t=1,8$  мс



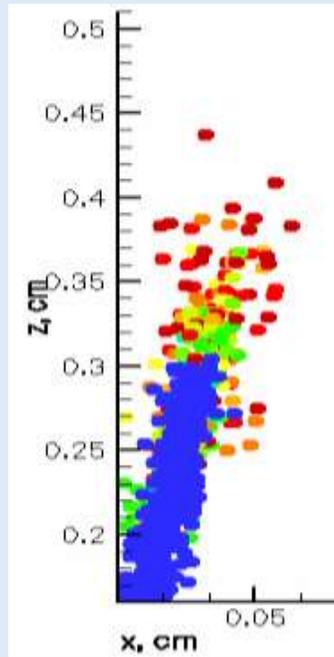
в)  $t=1$  мс



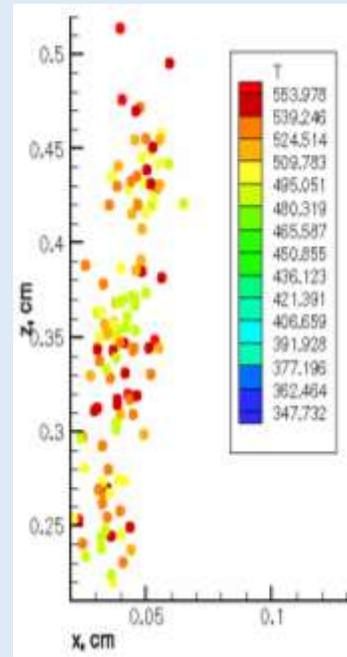
г)  $t=1,8$  мс

Рисунок 5 - Распределение капель октана (а, б) и додекана (в, г) по высоте камеры сгорания в различные моменты времени

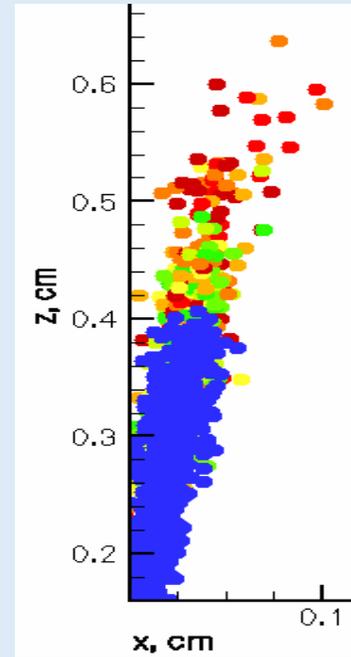
Распределения капель по температурам в различные моменты времени. Капли топлива постепенно проникают глубже в пространство камеры сгорания, в самой нижней части камеры капли октана имеют температуру 348 К, а капли додекана 353 К. Температура капель октана в момент времени  $t=4$  мс достигает максимального значения, которое составляет 554 К. Капли додекана в конечный момент времени имеют температуру 638 К, которая немного выше температуры капель октана.



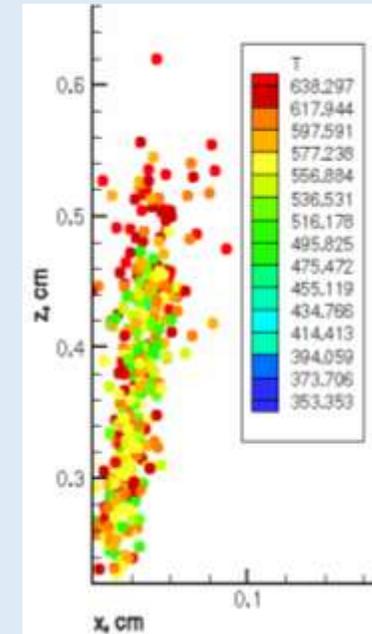
а)  $t=2,5$  мс



б)  $t=4$  мс



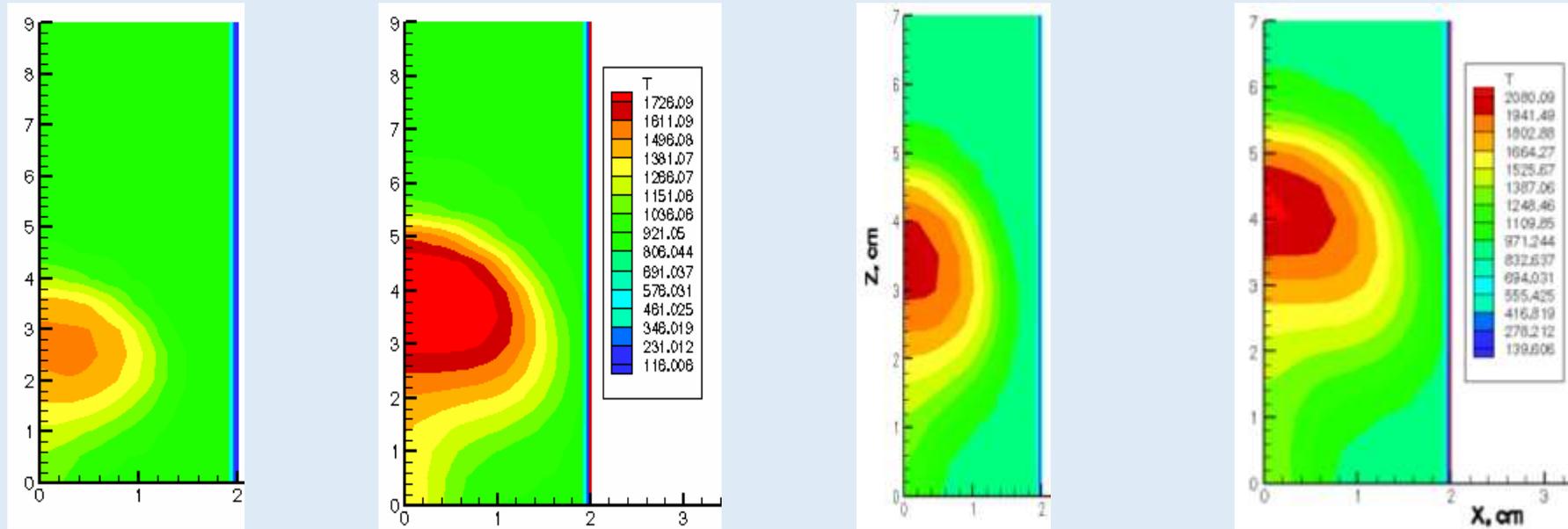
в)  $t=2,5$  мс



г)  $t=4$  мс

Рисунок 6 - Распределение температуры капель октана (а, б) и додекана (в, г) по высоте камеры сгорания в различные моменты времени

Изменения со временем (3 мс, 4 мс) температуры, концентрации паров топлива и продукта реакции окисления (углекислый газ) в камере сгорания при сжигании октана и додекана. Когда смесь паров топлива с окислителем воспламеняется, то топливо быстро сгорает и почти вся область камеры по ширине охвачена факелом. Остальная часть камеры разогревается до 921 К при горении октана и до 971 К при горении додекана. Ядро факела при сжигании октана занимает 2 см по высоте, 1 см по ширине, при этом температура достигает 1726 К, для додекана оно намного меньше 0,6 см на 0,25 см, соответственно, но максимальная температура составляет 2080 К.



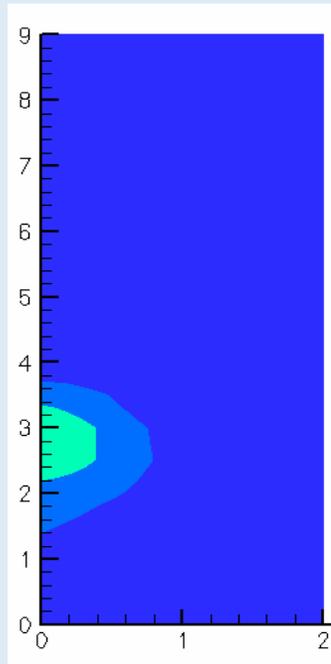
а) t=3,3 мс

б) t=4 мс

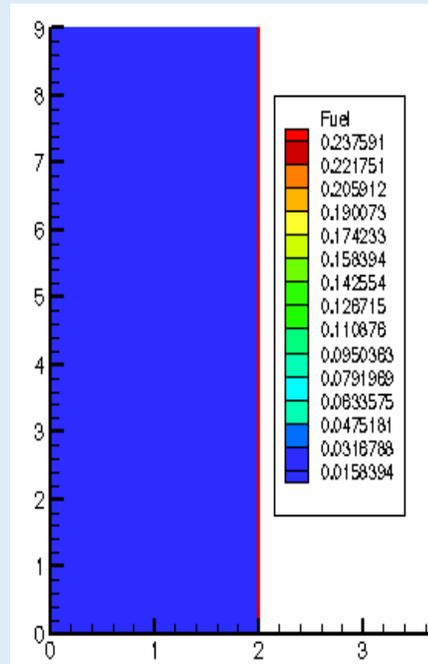
в) t=3,3 мс

г) t=4 мс

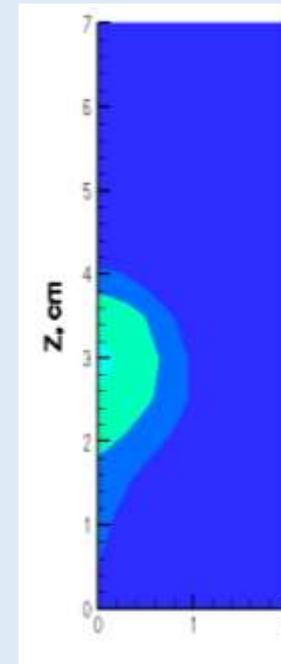
Рисунок 7 - Распределение максимальной температуры (Т, К) в пространстве камеры сгорания при сжигании октана (а, б) и додекана (в, г) в различные моменты времени



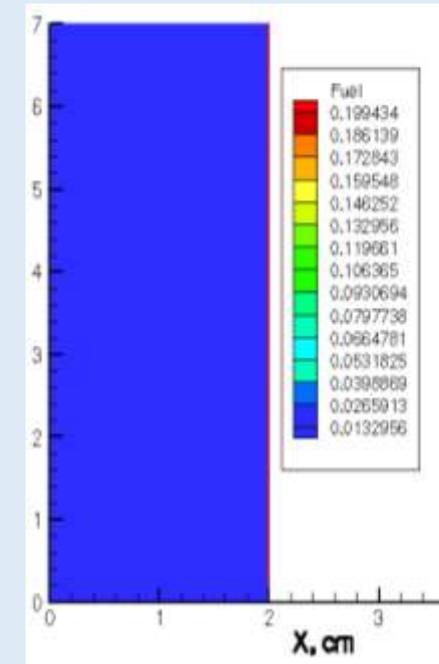
а)  $t=3,3$  мс



б)  $t=4$  мс



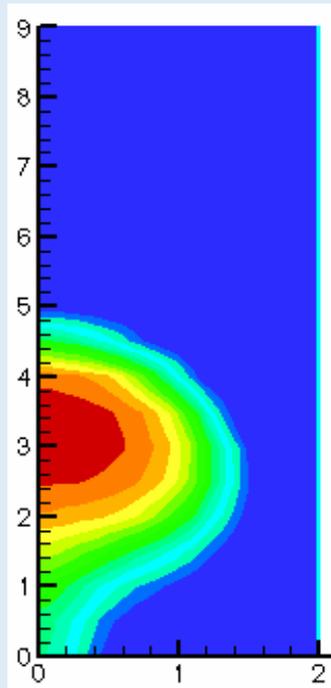
в)  $t=3,3$  мс



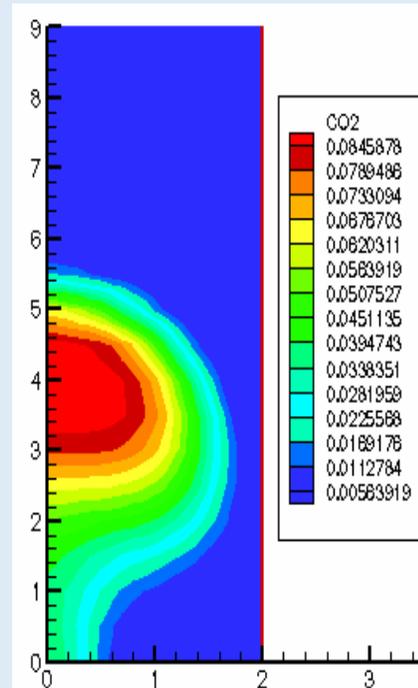
г)  $t=4$  мс

Рисунок 8 - Распределение паров Fuel октана (а, б) и додекана (в, г) в пространстве камеры сгорания в различные моменты времени

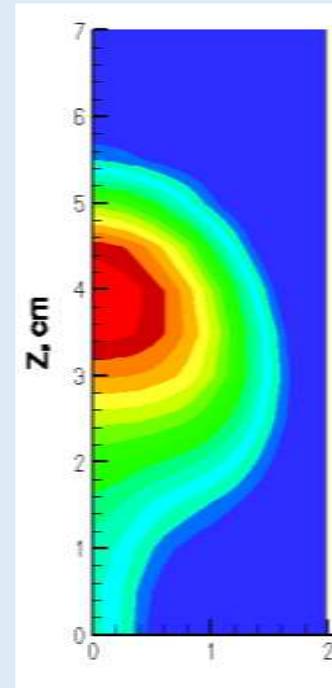
Двуокись углерода образуется в центре факела, где наблюдаются высокие температуры, концентрации топлива. Значение концентрации  $\text{CO}_2$  лежит в диапазоне от 0,0760 г/г до 0,0846 г/г, при этом камера сгорания прогревается от 1570,28 К до 1726,09 К. Для додекана небольшое количество углекислого газа 0,1199 г/г выделяется при максимальной температуре в камере сгорания 2080,09 К, что можно использовать для более выгодной организации процесса горения жидкого топлива.



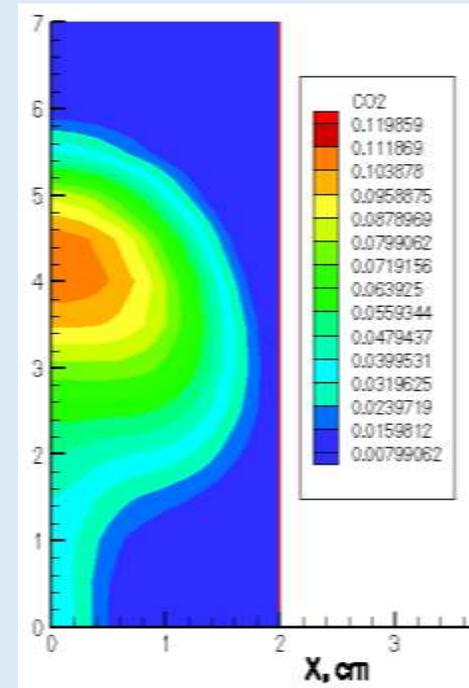
а)  $t=3,3$  мс



б)  $t=4$  мс



в)  $t=3,3$  мс



г)  $t=4$  мс

Рисунок 9 - Распределение концентрации углекислого газа  $\text{CO}_2$  (г/г) при сжигании октана (а, б) и додекана (в, г) в пространстве камеры сгорания в различные моменты времени

Исследования, проведенного выше, можно сделать вывод о том, что оптимальной начальной скоростью капле октана и додекана является 300 м/с. При данной скорости инъекции концентрация выброса вредного вещества, такого как углекислый газ, незначительна и лежит в допустимых пределах, а камера прогревается до высоких температур.