



II Международная научно-практическая конференция  
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

## Flow simulation of petroleum diesel fuel and rapeseed oil in the nozzle of a diesel injector

**Моделирование течения  
дизельного топлива и  
рапсового масла в  
распылителе форсунки**

Са Бовэнь, [bowensa@yandex.ru](mailto:bowensa@yandex.ru)

16-18 сентября 2020 г  
Воронеж, Россия





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

# Введение

1. Перспективность использования растительных масел в дизельных двигателях: возобновляемый источник энергии, снижение выброса CO<sub>2</sub>, улучшение токсичности ОГ
2. Проблема широкого применения: ухудшение процессов распыливания, смесеобразования и сгорания
3. Необходимость изучения процесса топливоподачи
4. Цель работы: исследование характеристик стационарного течения чистого рапсового масла (РМ) и дизельного топлива (ДТ) в распылителе дизельной форсунки

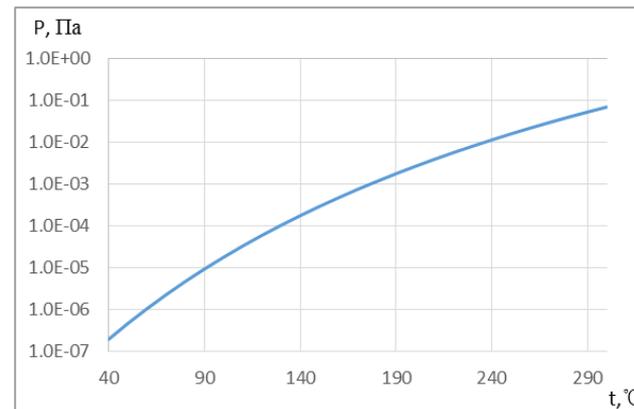


«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Моделирование течения ДТ и РМ в распылителе форсунки

# Свойства топлив

параметр	Нефтяное ДТ	РМ
<b>Плотность, кг/м<sup>3</sup>:</b>		
- при 20 °С	830,0	909,8
- при 40 °С	822,7	896,3
<b>Вязкость кинематическая, мм<sup>2</sup>/с (сСт):</b>		
- при 20 °С	3,8	75,0
- при 40 °С	2,4	41,5
<b>Вязкость динамическая, мПа·с (сПз):</b>		
- при 20 °С	3,15	68,24
- при 40 °С	1,97	37,20
<b>Давление насыщенных паров, кПа:</b>		
- при 20 °С	2,7	-
- при 40 °С	4,8	-



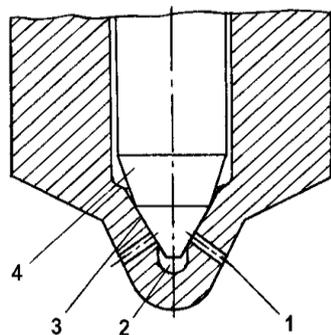
**Расчетные насыщенные давления РМ суммированием  $P_v$  составных триглицеридов**



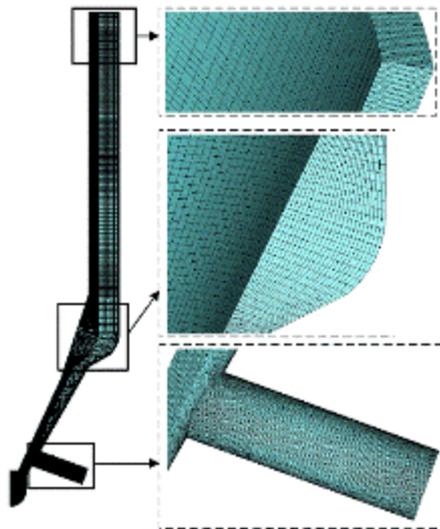
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Моделирование течения ДТ и  
РМ в распылителе форсунки

# Методика исследования



Распылитель  
АЗПИ171.07.00



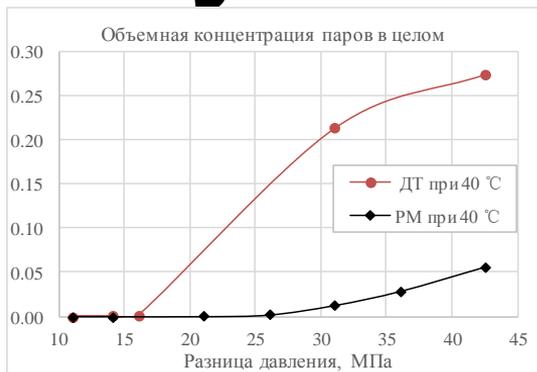
Многофазная модель	Mixture
Модель кавитации	Schnerr-Sauer
Модель турбулентности	k-ε + Enhanced wall treatment
Давление впрыска, МПа	51,5, 40, 23, 20
Противодавление, МПа	8,878
Температура топлива, °C	40



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

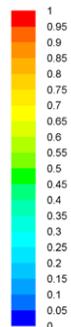
Моделирование течения ДТ и РМ в распылителе форсунки

# Результаты и обсуждение

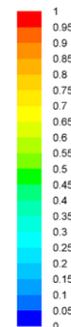
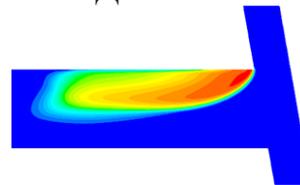


$$N_{c_{cr}} = \frac{p_i - p_v}{p_i - p_b}$$

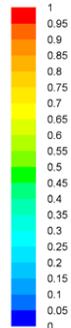
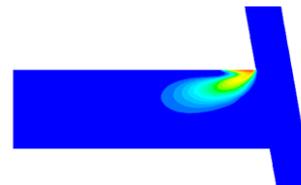
1. зона кавитации при течении ДТ на много раз больше при течении РМ;
2. максимальная объемная концентрация паров  $f_{v2,max}$  для ДТ примерно на 12 раз больше, чем для РМ;
3. при  $\Delta p > 16,122$  МПа,  $f_{v2}$  для ДТ быстро увеличивается и соответственно критическое число кавитации ДТ  $N_{c_{cr}}=1,55$ ;
4. при  $\Delta p > 26,122$  МПа,  $f_{v2}$  для РМ медленно увеличивается и  $N_{c_{cr}}=2,94$ .



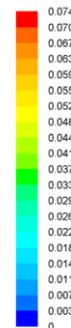
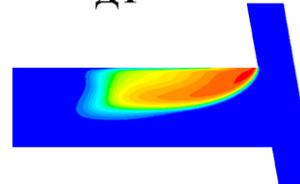
Pin=51,5 МПа  
ДТ



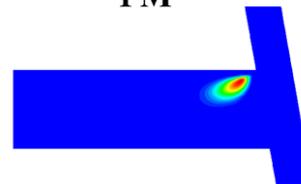
Pin=51,5 МПа  
РМ



Pin=40 МПа  
ДТ



Pin=40 МПа  
РМ

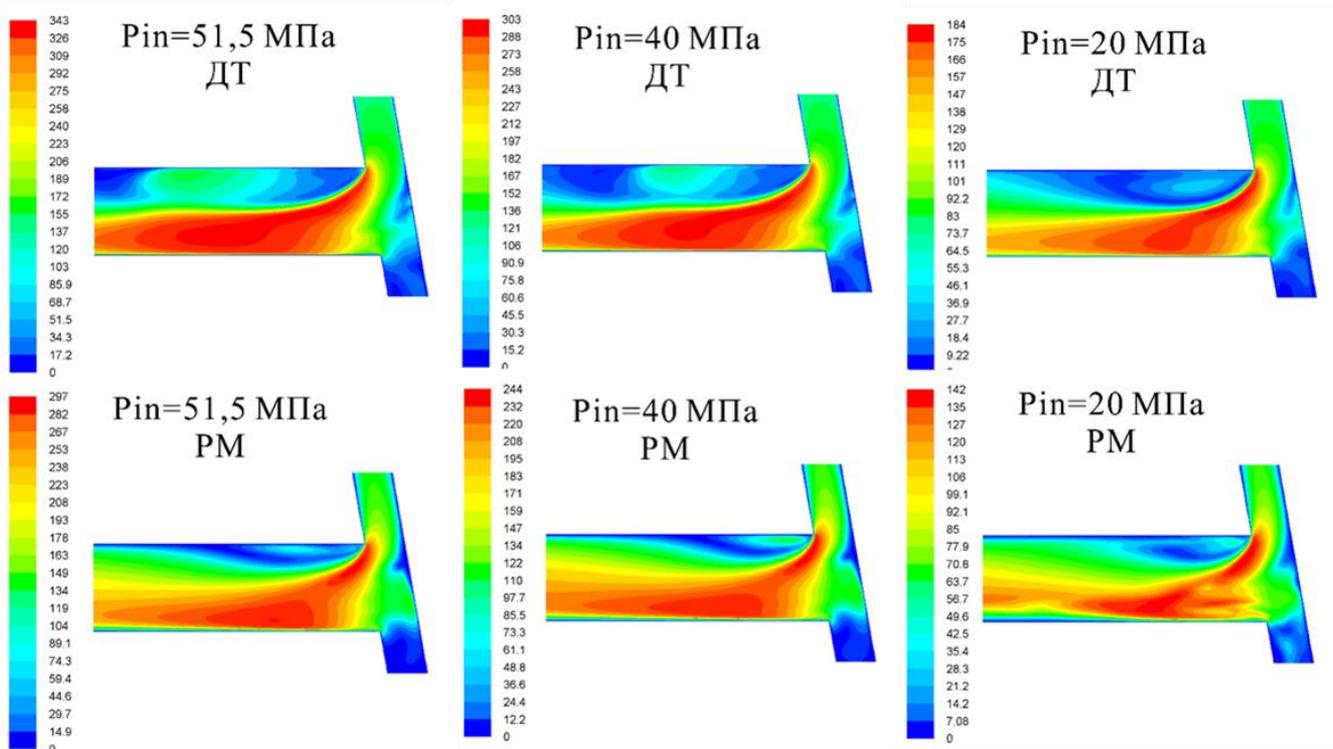




«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Моделирование течения ДТ и РМ в распылителе форсунки

## Распределение скорости в продольном сечении распылителя





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Моделирование течения ДТ и РМ в распылителе форсунки

1. При одинаковом  $P_{in}$ , структура распределения скорости для ДТ и РМ разная и максимальная скорость ДТ всегда больше, чем РМ.
2. Средняя аксиальная скорость потока ДТ всегда превышает среднюю аксиальную скорость потока РМ.
3. При давлении на входе в расчетную область  $P_{in}=51,5, 40$  и  $20$  МПа скорость потока ДТ на выходе из распыливающего отверстия (скорость впрыска ДТ) соответственно на 22,22%, 17,9% и 21% выше скорости потока РМ.

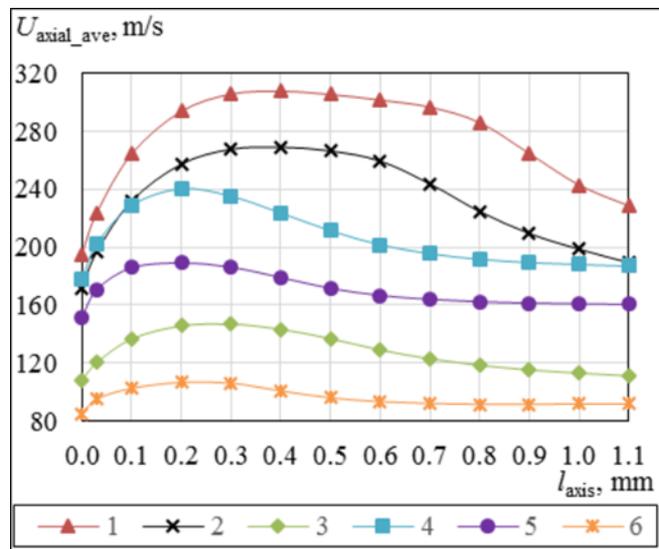
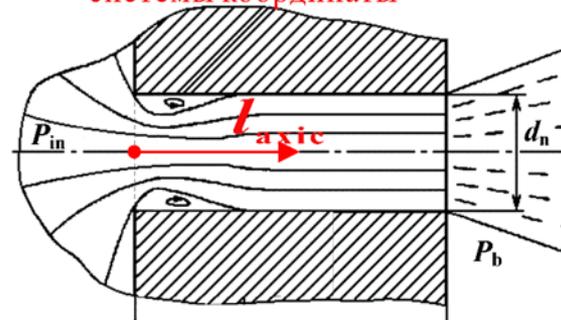


Схема одно-осевой системы координаты

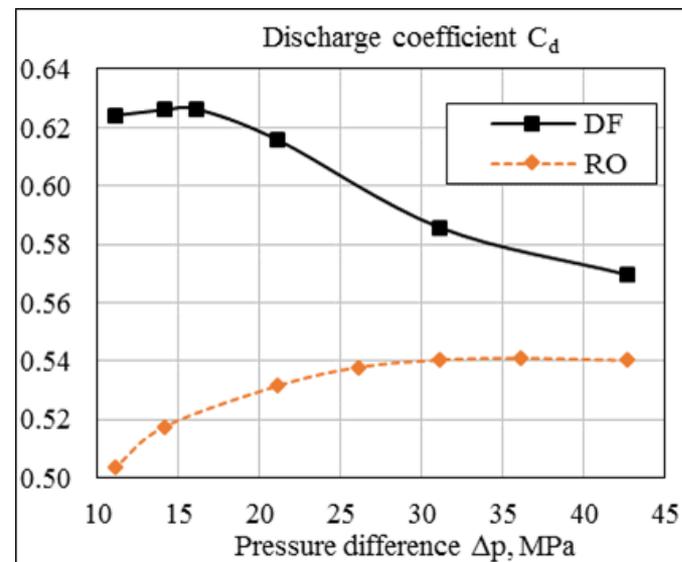
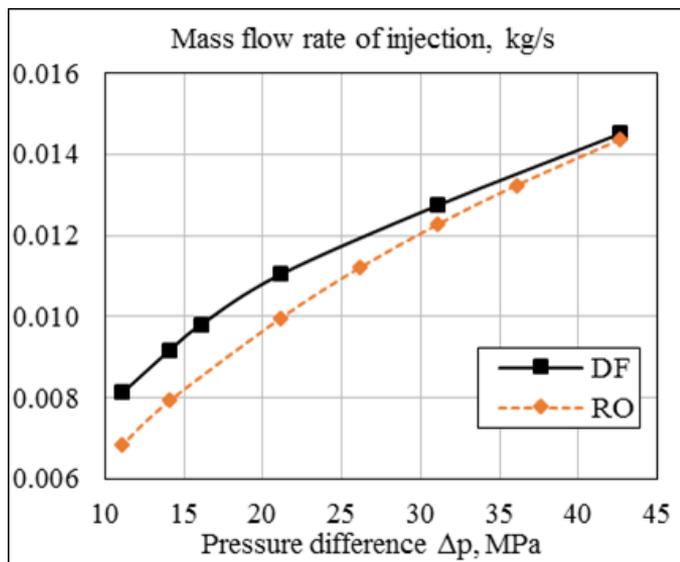


Вариант	1	2	3	4	5	6
Топливо	ДТ	ДТ	ДТ	РМ	РМ	РМ
$P_{in}$ , МПа	51,5	40	20	51,5	40	20



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Моделирование течения ДТ и РМ в распылителе форсунки

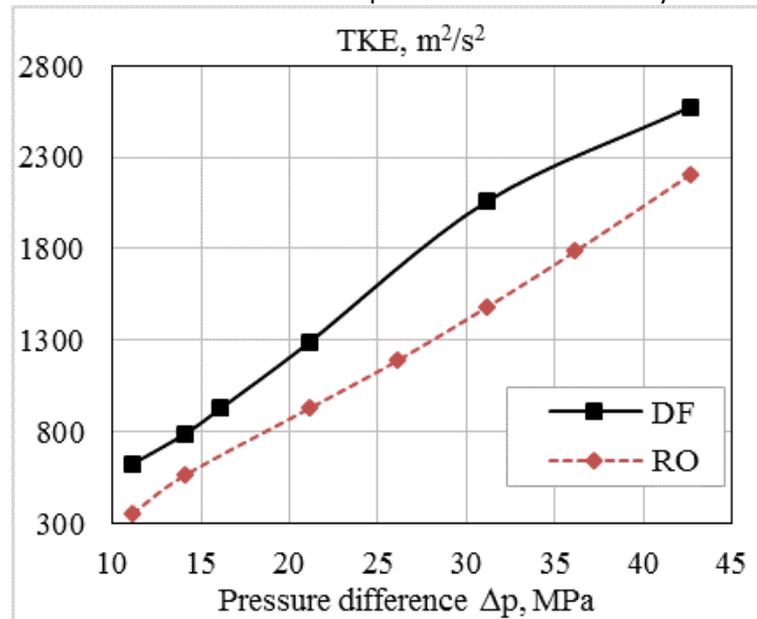
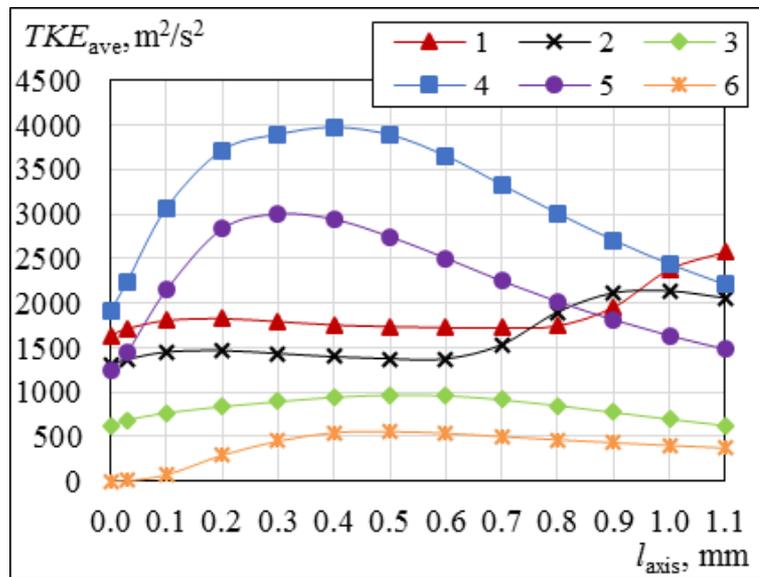


Массовой расход и коэффициент расхода ДТ превышают массовой расход и коэффициент расхода РМ. По мере снижения разницы давления коэффициент расхода ДТ сначала растёт и потому при разнице давлении ниже 16,122 МПа ( $p_{\text{впр}}=25\text{МПа}$ ,  $p_{\text{топл вых}}=8,878\text{МПа}$ ) коэффициент расхода ДТ почти сохраняется неизменным, а коэффициент расхода РМ сначала почти не изменяется и потому падает. Это объясняется таким образом. Для маловязкого и легко испаряющего ДТ главную роль играет кавитация, которая препятствует течению потока.



Моделирование течения ДТ и РМ в распылителе форсунок

«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»



При высоких давлениях  $P_{in}$  максимальная турбулентная кинетическая энергия (ТКЕ) РМ оказывается больше по сравнению с ДТ, а при низких давлениях  $P_{in}$  – меньше. Но при течении РМ, ТКЕ на выходе из распыляющего отверстия всегда меньше ТКЕ при течении ДТ.

Вариант	1	2	3	4	5	6
Топливо	ДТ	ДТ	ДТ	РМ	РМ	РМ
$P_{in}, MPa$	51,5	40	20	51,5	40	20



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

# Выводы

- (1) структуры распределения давления, скорости и турбулентной кинематической энергии потока РМ и ДТ в исследуемом распыливающем отверстии различны;
  - (2) при течении ДТ скорость потока превышает скорость потока при течении РМ, например, при давлении на входе в расчетную область  $P_{in}=51,5, 40$  и  $20$  МПа скорость потока ДТ на выходе из распыливающего отверстия (скорость впрыска ДТ) соответственно на 22,22%, 17,9% и 21% выше скорости потока РМ;
  - (3) уровень кавитации ДТ на много раз выше уровня кавитации РМ, критические числа для ДТ и РМ составляют соответственно 1,55 и 2,94;
  - (4) коэффициент расхода ДТ выше коэффициента расхода РМ во всех пределах давления впрыска, и по мере снижения давления впрыска коэффициент расхода ДТ сначала растёт и потому после давления впрыска ниже 25МПа коэффициент расхода ДТ почти сохраняется неизменным, а коэффициент расхода РМ сначала почти не изменяется и потому падает;
- Основываясь на результатах исследования, необходимо отметить, что прямое использование чистого РМ в дизельном двигателе может привести к снижению скорости впрыска и уровня турбулентности впрыска, тем самым ухудшится качество процессов смесеобразования и сгорания. Чтобы решить эту проблему, необходимо рассмотреть соответствующее изменение геометрии камеры сгорания и рабочих параметров системы впрыска топлива и применять меры нагрева топлива.



**Спасибо за внимание**