

# ДИАГНОСТИКА СТРУКТУРЫ ТОПЛИВНОЙ СТРУИ

Уланов Д.Н. – студент, Дудкин В.И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова  
(г. Барнаул)

В дизельных двигателях используется способ смесеобразования, состоящий в распределении в объеме камеры сгорания мелких капель, полученных распыливанием струи жидкого топлива дизельной форсункой. Это необходимо для увеличения суммарной поверхности топлива, истекающего из сопловых отверстий, что ускоряет его прогрев и испарение. Пары топлива диффундируют в окружающий воздух и образуется горючая смесь, которая в идеальном случае должна быть однородной по всему объему камеры сгорания.

Механизм смесеобразования состоит в следующем. Истекающая из сопла струя под действием начальных возмущений в канале сопла на выходе из него расщепляется на отдельные нити и капли. Под влиянием сил по-

верхностного натяжения, а также аэродинамического сопротивления сжатого в камере сгорания воздуха геометрическая структура струи приобретает форму факела[1]. Геометрические параметры топливной струи поясняются на рисунке 1. К ним относятся: длина (дальнобойность) струи  $L$ , ширина переднего фронта  $B$ , угол раскрытия  $\delta$ , образующийся в результате втекания воздуха внутрь струи в процессе её развития.

Структура струи неоднородна. Сплошная часть (ядро) струи – жидкость. По мере удаления от ядра струя всё больше насыщается воздухом. Наибольшее количество распыленного топлива сосредоточено в головной части струи (переднем фронте) и на ее периферийной поверхности [1].

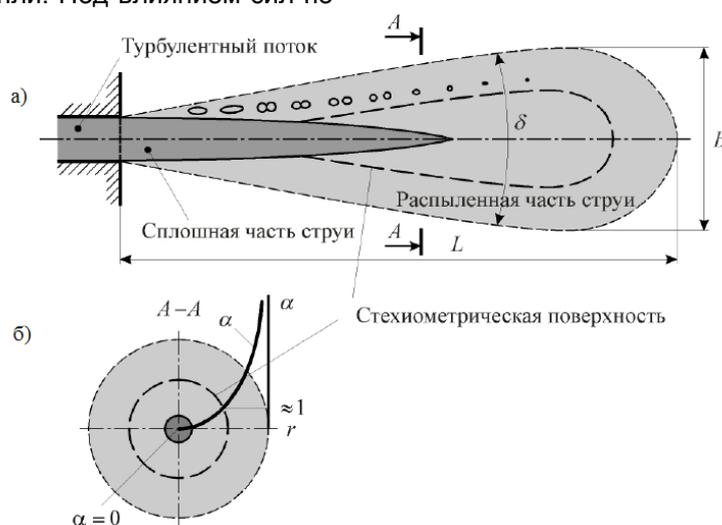


Рисунок 1 - Идеализированная схема топливной струи: а) продольный срез струи, б) поперечный срез струи

Качество распыливания характеризуется мелкостью (средний диаметр Заутера[4]) и однородностью распределения капель по объему. Соотношение топлива и воздуха по сечению струи не остаётся постоянным (см. сечение А – А на рис. 1). Концентрационное соотношение компонентов (топлива и воздуха) в горючей смеси, при котором возможно полное сгорание топлива, равняется 1/16. Отклонение состава горючей смеси от приведенного оценивается коэффициентом избытка воздуха ( $\alpha$ ). Если в горючей смеси содержится такое количество окислителя (воздуха),

которого теоретически достаточно для полного сжигания содержащегося в ней топлива, то  $\alpha = 1$ . В сплошной части (ядре) струи воздух отсутствует и, соответственно,  $\alpha = 0$ . В переднем фронте струи и на ее периферии уменьшается концентрация топлива, и коэффициент избытка воздуха  $>1$ . На рисунке 1, б характер изменения  $\alpha$  по сечению струи обозначен сплошной «жирной» линией. Таким образом, внутри распыленной части струи можно выделить поверхность, на которой соотношение между топливом и воздухом характеризуется  $\alpha \approx 1,0$ . Эту поверхность назы-

## ДИАГНОСТИКА СТРУКТУРЫ ТОПЛИВНОЙ СТРУИ

вают стехиометрической поверхностью. На рисунке 1 она обозначена «жирным» пунктиром. С точки зрения качественного состава смеси на этой поверхности существуют благоприятные условия для формирования очагов горения, так как легко воспламеняются горючие смеси с  $\alpha$ , несколько меньшим единицы[1]. Обратим внимание на то обстоятельство, что с точки зрения качественного состава смеси наиболее благоприятные условия возникают внутри топливной струи.

Экспериментальное определение качества распыливания в цилиндре работающего двигателя представляет собой весьма непростую задачу. Для упрощения, исследования проводят на специальных установках, осуществляющих распыливание топлива в атмосфере.

Существует два основных экспериментальных метода диагностики структуры топливной струи. Это микрофильмирование и

стробоскопирование. При микрофильмировании производят съемку скоростной фотокамерой и последующий покадровый анализ развития во времени и пространстве одной струи. При стробоскопировании производится синхронизация работы стробоскопа с началом впрыска топлива для регистрации развития множества струй в определенный момент времени.

Для исследований внутренней структуры топливной струи применяют лазерный нож, с помощью которого можно получить продольные и поперечные срезы струи[2, 3]. Преимущество данного метода состоит в отсутствии влияния на процессы, происходящие в топливной струе. Лазерный нож получают с помощью цилиндрической линзы, установленной на пути лазерного луча. На рисунках 2 и 3 приведены структурные схемы стендов для исследования продольных и поперечных срезов струи с помощью лазерного ножа.

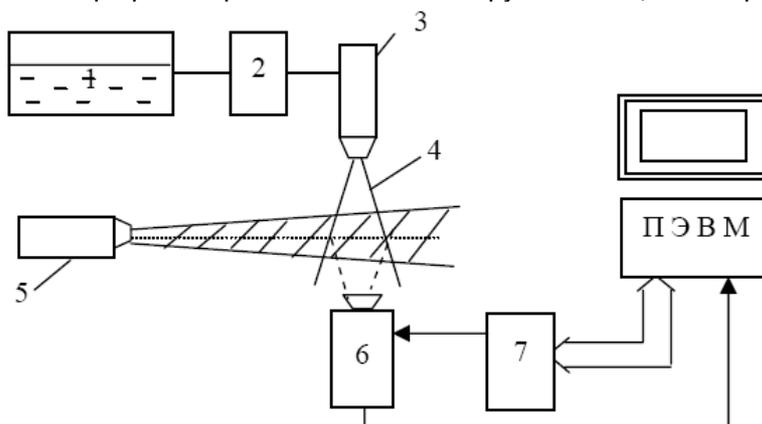


Рисунок 2 – Структурная схема стенда для исследования продольных срезов струи [3]

На рисунке 2 топливо из резервуара 1 нагнетается насосом 2 и поступает в форсунку 3. Визуализация топливной струи 4 проис-

ходит с помощью лазерного ножа 5 и телевизионной измерительной системы, включающей видеокамеру 6, контроллер 7 и ПК[3].

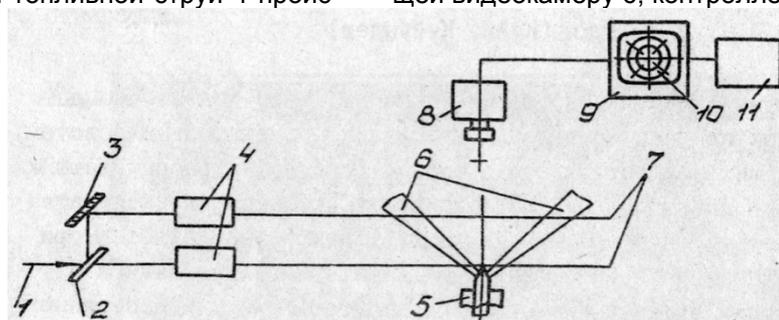


Рисунок 3 – Структурная схема стенда для исследования поперечных срезов струи [2]

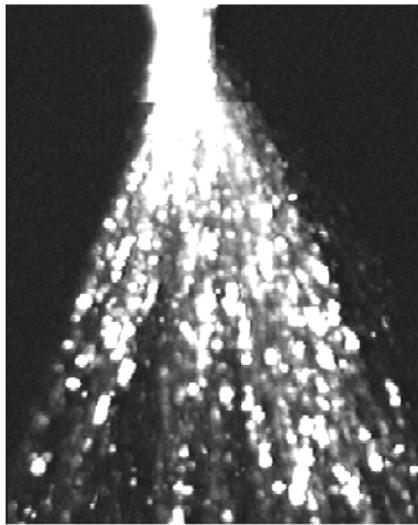
На рисунке 3 луч лазера 1 расщепляется на два пучка с помощью зеркал 2 и 3 и после прохождения через формирователи 4 обеспечивал в топливной струе 6 форсунки 5 две

параллельные световые полосы 7. Оснащение системы камерой 8 позволяет производить контроль качества работы форсунок с

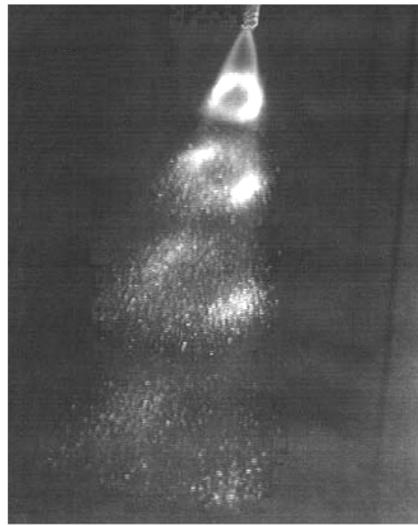
УЛАНОВ Д.Н., ДУДКИН В.И.

помощью шаблона 9 на экране приемника 10, а также вычислительной техники 11[2].

На рисунке 4 приведены снимки продольного среза струи (рисунок 4, а) и поперечных срезов (рисунок 4, б).



а)



б)

Рисунок 4 – Пример визуализации продольного (а) поперечных (б) сечений струи

Диагностика структуры топливной струи предполагает установление признаков дефектов распыливания топлива по снимкам. Дефектами являются отдельные крупные капли и неоднородности в топливной струе[4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов. / [Б. А. Шароглазов и др]; Южно-Уральский гос. Ун-т – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
2. Дудкин, В.И. Лазерно-телевизионная

система контроля параметров факела дизельных форсунок. / В.И. Дудкин, О.А. Журавлев, Л.Н. Мединская // Тезисы докладов I Всесоюзной конференции «Оптические методы исследования потоков» – 1991г. – С. 97-98.

3. Карачинов, В.А. Телевизионные методы диагностики форсунок./ В.А. Карачинов, С.В. Ильин, С.Б. Торицин, Д.В. Карачинов // Вестн. новгородского гос. ун-та. – 2004 – №26.– С. 155-160.

4. Лышевский, А.С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками./ А.С. Лышевский; М.: Машгиз, 1963. – 179 с.