

УДК 621.436.038

Стаховский О.В., Янчик А.Г., Корытченко К.В.

ВЛИЯНИЕ ПИЛОТНОГО ВПРЫСКА ТОПЛИВА НА ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ В ДИЗЕЛЯХ.

*Харьковский институт танковых войск Национального технического университета
«Харьковский политехнический институт»*

Введение. Совершенствование топливной системы является ключевым элементом для улучшения процесса сгорания в дизелях с непосредственным впрыском. Одним из основных направлений улучшения процесса сгорания является реализация управляемой цикловой подачи топлива. Одним из возможных элементов при такой подаче топлива является реализация пилотного, или иными словами, предварительного впрыска запальной порции топлива перед основной порцией топлива.

Реализация пилотного впрыска топлива позволяет:

- Уменьшить период задержки воспламенения τ ; основной порции топлива;
- Минимизировать шум процесса сгорания;
- Снизить термические и механические нагрузки дизеля, прежде всего на режимах частичных нагрузок, когда τ , возрастает до продолжительности впрыскивания;
- Минимизировать удельный расход топлива g_e ;
- Снизить выбросов твердых и газообразных токсичных веществ.

Анализ последних достижений и публикаций. В результате анализа литературы были выявлены противоречивые требования к организации пилотного впрыска топлива. Это в первую очередь относится к относительному объёму пилотной порции и к оптимальной величине задержки между впрысками пилотной и основной порции топлива. В ряде работ отмечается, что оптимальной считается предварительная подача, соответствующая 2-3 % от цикловой подачи при номинальной мощности [1,2]. В других работах [3,4] считается, что объём пилотной порции должен составлять 20-30% от величины цикловой подачи. Относительно времени задержки, в одних работах указывается, что интервал должен выбираться таким образом, чтобы топливо предварительного впрыска горело, когда начинается впрыскиваться основная часть топлива [2]. В других работах [4] отмечается, что за время между концом предварительного впрыскивания и началом основного пилотная порция топлива должна испариться и полностью сгореть. При этом, время задержки между впрысками предлагается в интервале от 115° поворота коленчатого вала (далее п.к.в.) до верхней мертвой точки до отсутствия разрывов в подаче пилотной и основной порций.

Цель и постановка задачи. Целью исследования является осуществление классификации пилотного впрыска топлива и выявление физико-химического механизма воздействия пилотного впрыска топлива на процесс сгорания основной порции топлива в дизельных двигателях.

Виды организации пилотного впрыска топлива. Для разрешения вышеупомянутых противоречий предлагается классифицировать данный процесс путем деления организации пилотного впрыска топлива на два вида:

1. Подача топлива с задержкой между концом предварительного впрыскивания и началом основного впрыска (рис.1).

В этом случае предварительная доза топлива успевает испариться и полностью сгореть. Благодаря предварительному впрыску небольшого количества топлива за несколько миллисекунд перед впрыском основного количества топлива во всем объеме камеры сгорания создаются активные центры химической реакции. В момент подачи основной дозы топлива в КС уже нет пламени от горящей предварительной дозы топлива и не происходит термическое разложение топлива основной дозы. Наличие продуктов сгорания предварительной дозы топлива способствует сокращению τ_i основной дозы топлива.

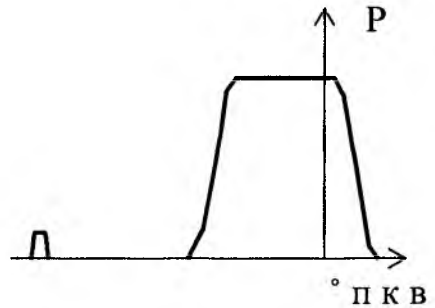
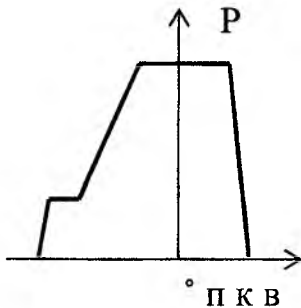


Рисунок 1 – Динамика цикловой подачи топлива с задержкой впрыска

2. Отсутствие разрывов в подаче топлива(рис.2).

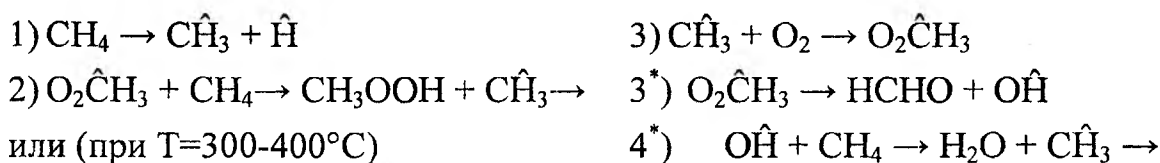
При таком впрыске топливо запальной порции мгновенно превращается в широкий развитый факел, с расположением вблизи распылителя форсунки. В течение впрыска основной порции происходит распространение очагов горения струями топлива по всему объему камеры сгорания. Скорость нарастания давления в цилиндре дизеля при таком впрыске меньше, чем при обычном впрыске. Более «мягкий» процесс сгорания в первом случае обусловлен тем, что в кинетической фазе сгорания выгорает меньшее количество топлива. Если при обычном впрыске за τ_i впрыскивается 80 % от полной величины цикловой подачи (далее ВЦП), то при пилотном впрыске – 30 % от ВЦП.



Физико-химические основы процесса смесеобразования и сгорания в дизелях с пилотным впрыском топлива. Известно, что период задержки воспламенения оказывает существенное влияние на характеристики начальной фазы горения: скорость сгорания, скорость нарастания давления и температуры. Процессу воспламенения предшествуют процессы испарения жидкого топлива, его перемешивание с воздухом. Поэтому в общем случае период задержки воспламенения можно условно представить состоящим из двух частей: времени, определяемого физическими факторами τ_f и времени, определяемого химическими факторами τ_x , то есть: $\tau_i = \tau_f + \tau_x$, хотя это представление весьма условно, так как физические и химические процессы протекают одновременно.

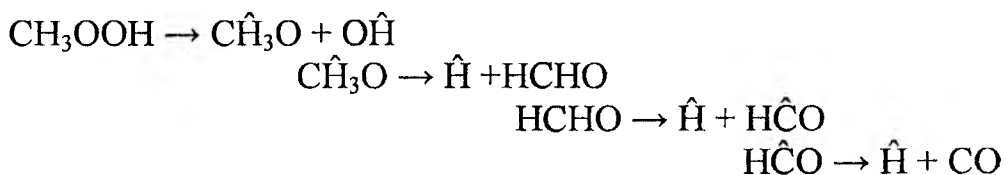
Если $\tau_f \ll \tau_x$, то считается, что процесс протекает в кинетической области (скорость процесса лимитируется кинетикой химических реакций).

Рассмотрим механизм такой реакции на примере простейшего углеводорода – метана CH_4 (механизм окисления моторных топлив аналогичен метану, но более сложный). При температуре 200-400°C процесс протекает так. В результате диссоциации или молекулярных столкновений отдельные (наиболее быстрые) молекулы могут разрушиться с возникновением *неразветвленных цепей* начального окисления углевода. Первый этап (при $T=200-300^\circ C$), где \dot{H} , $\dot{C}H_3$, $O_2\dot{C}H_3$, $O\dot{H}$ – активные молекулы



Это неразветвленные реакции с многократным чередованием стадий 2,3 или 2,3*, 4* до обрыва данной цепи. В результате этих реакций образуются малоустойчивые продукты окисления: гидроперекиси CH_3OON (характерный признак группы OON) и альдегиды НСНО (характерный признак группы СНО).

На втором этапе, по мере накопления в системе гидроперекисей и альдегидов и повышения температуры, происходит распад этих продуктов с образованием большого количества активных частиц, что вызывает быстрое разветвление цепных реакций:



То есть из одной молекулы CH_3OON образовалось 4 активных центра, из одной молекулы НСНО – 2 активных центра.

Можно положить, что такой механизм химической реакции преобладает при подаче топлива с длительной задержкой между концом предварительного впрыскивания и началом основного впрыска. При этом механизме не требуется значительного количества впрыскиваемого топлива. Именно предварительное образование множества активных центров химической реакции во всем объеме камеры сгорания приводит к сокращению периода задержки воспламенения основной порции топлива. В этом случае количество топлива пилотной порции должно составлять 1-3% от величины цикловой подачи.

Если $\tau_{\text{х}} \ll \tau_{\text{ф}}$, то процесс протекает в диффузионной области (скорость процесса лимитируется скоростью взаимной диффузии топлива, окислителя, активных центров химических реакций). С повышением давления период задержки воспламенения уменьшается (выражение 1), что связано с увеличением концентрации реагирующих веществ и числа эффективных столкновений. Однако влияние давления не столь существенно, как влияние температуры, входящей в показатель экспоненты.

$$\tau_i = A \cdot \frac{T^m}{P^n} \cdot e^{\frac{E}{RT}}, \quad (1)$$

где A – константа, E – энергия активации, T – температура, для жидких топлив нефтяного происхождения $m=n \approx 0,5$.

Таким образом, при впрыске пилотной порции топлива непосредственно перед основной в высокотемпературную камеру сгорания происходит с определенной задержкой (согласно выражения 1) воспламенение паровой оболочки капель распыленного топлива. Топливо пилотной порции превращается в широкий развитый факел, располагающийся вблизи распылителя форсунки. Струи топлива в период основного впрыска влетают в образовавшийся из пилотной порции горящий факел и за счет собственной кинетической энергии разносят очаги горения по всему объему камеры сго-

рання. То есть последующий впрыск основной порции топлива (с более высоким давлением его подачи) приводит к диффузии появившихся центров химической реакции в более дальние области камеры сгорания. При этом скорость распространения центров реакции подчиняется закону распространения струи топлива и достигает величины более 200 м/с. В результате чего период задержки воспламенения основной порции топлива сокращается.

Вывод. Классификация организации пилотного впрыска топлива на два вида (подача топлива с задержкой между концом предварительного впрыскивания и началом основного впрыска и подача топлива при отсутствии разрывов в подаче) с пониманием физико-химического механизма влияния на процесс сгорания основной порции топлива позволяет разрешить противоречия в оптимальной организации пилотного впрыска топлива.

Авторы выражают признательность к.т.н. Семенову В.Г. и к.т.н. Ломову С.Г. за обсуждение варианта предлагаемой классификации.

Список литературы

1. Ступенчатое впрыскивание топлива для дизеля типа VASA46. Twin injection – the reliable way to achieve low fuel combustion.- Ligenfeldt Jösto.“Hausa”, 1988, 125, №9-10, с.510, 513,514. См. РЖ ДВС №9,1988, реф.9.39.300.
2. Новое поколение дизелей Stegr-Damler-Puch Neue Direkteinspritzung-Dieselmotorengeneration der Stegr-Damler-Puch AG Teil2-Versuchsergebnisse. – HerdinGunther, Hotel Karl, Schrei Emmerich. – MTZ: Motortechn. Z. – 1988, 49, № 9, с.351-353, 356-358. См.РЖ ДВС №1, 1989, реф. 1.39.234.
3. Ludwig Bürgler, Denic W. Gill, Тенденции развития топливных систем для дизельных двигателей с непосредственным впрыском, Конференция фирмы AVL List GmbH, Ярославль, ОАО «ЯЗТА», 2001
4. Двухразовое впрыскивание топлива для дизеля с неразделенной камерой сгорания. Заявка 3735169, ФРГ, F02B3/10, опубл. 21.04.88г., См. РЖ ДВС, № 3, 1989, реф.3.39.305.

УДК 621.436.038

Стаховський О.В., Янчик О.Г., Коритченко К.В.

ВПЛИВ ПІЛОТНОГО ВПОРСКУ ПАЛИВА НА ПРОЦЕС ЗГОРАННЯ В ДИЗЕЛЯХ.

Пропоновано варіант класифікації видів пилотного впорску палива. Зроблено попередній аналіз можливих фізико-хімічних механізмів впливу пилотної порції палива на процес згорання в цілому.