

## Дизель начинается со смесеобразования

**Макаренко Николай Григорьевич**  
ведущий специалист по новой технике НТЦ  
«Агропромтрактор» при ХНТУСХ им. П.Василенко

**Недавно узнал, что у двигателей Д-260.1, Д-260.2, Д-260.4 форсунки и распылители отличаются от Д-260.7С и Д-262.2S2. С какой целью выполнены изменения? Можно ли производить взаимную замену распылителей? Расскажите, пожалуйста, об особенностях процессов смесеобразования и сгорания топлива в этих двигателях.**

*(Из письма в редакцию газеты «Автодвор – помощник главного инженера»)*

Сгорание топлива и преобразование выделившейся тепловой энергии в механическую являются основной частью рабочего процесса двигателя, от которой в значительной степени зависят показатели его работы. Именно в этих процессах осуществляется превращение химической энергии топлива сначала в тепловую энергию, а затем в механическую работу. Чтобы добиться наибольшей мощности и экономичности двигателя, необходимо обеспечить полное, достаточно быстрое и своевременное сгорание топлива.

Условия смесеобразования в дизельных двигателях чрезвычайно сложны, так как этот процесс протекает очень короткое время – 0,003–0,005 секунды (25–30° поворота коленчатого вала). За это время топливо, впрыскиваемое в цилиндр, должно равномерно смешаться с воздухом в камере сгорания, испариться, пройти необходимые подготовительные реакции для воспламенения, воспламениться и полностью сгореть. В дизеле процессы смесеобразования и сгорания совпадают по времени. От качества смесеобразования зависит протекание процесса горения, а, следовательно, экономичность и срок службы дизельного двигателя. Поэтому вопросам смесеобразования и сгорания уделяется особое место, как при постройке дизелей, так и в период их эксплуатации.

Совершенство смесеобразования в дизельном двигателе определяется устройством камеры сгорания, характером движения воздуха при впуске и качеством подачи топлива в цилиндры двигателя.

Протекание процесса сгорания зависит главным образом от того, как подготовлена горючая смесь. Смесеобразование, которое у дизельных двигателей происходит внутри цилиндра, заключается в механическом распыливании струи топлива на капельки диаметром от 0,005 до 0,1 мм и в распределении этих капелек в массе сжатого воздуха. При этом не допускается образование слишком мелких или крупных капелек, так как струя должна быть однородной.

Сгорание может произойти полно и достаточно быстро только в том случае, если горючая смесь имеет требуемый состав и частицы топлива достаточно мелко распылены и равномерно перемешаны с воздухом.

От начала впрыска топлива до начала самовоспламенения проходит некоторый промежуток времени (0,001–0,002 секунды), который

называется периодом задержки воспламенения. Если задержка воспламенения является продолжительной, то в камере сгорания скапливается много топлива, что вызывает резкое нарастание давления при вспышке. Детали кривошипно-шатунного механизма подвергаются при этом ударной нагрузке, и двигатель стучит. Такая работа называется жесткой.

Однако задержка воспламенения не должна быть слишком короткой, так как при этом необходимо будет начинать впрыск топлива при положении поршня, более близком к ВМТ. В результате большое количество топлива будет сгорать после ВМТ при возрастающем объеме, а это увеличит потери тепла через стенки камеры в охлаждающую жидкость. Двигатель будет перегреваться а его экономичность ухудшится.

Способ смесеобразования определяет устройство камеры сгорания дизельного двигателя. В зависимости от устройства камеры сгорания существует несколько типов быстроходных дизельных двигателей, которые делятся на двигатели с неразделенными камерами сгорания, получившими название двигателей с непосредственным впрыском топлива, и двигатели с разделенными камерами предкамерного и вихревого типов.

Наибольшее распространение получили дизели с неразделенными камерами сгорания как у минских двигателей (рис. 1). Для повышения качества смесеобра-

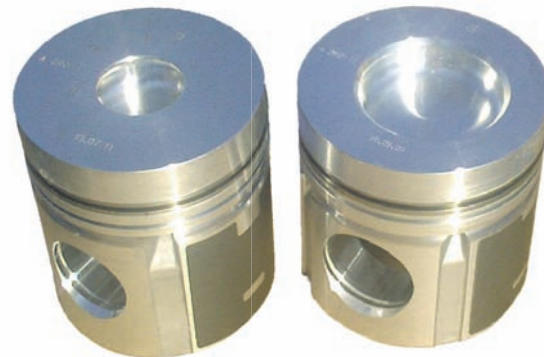


Рис. 2. Поршни дизелей ММЗ Д-260.1, Д-260.2, Д-260.4 (слева) и дизелей Д-260.4С2, Д-260.7С и Д-262.2S2 (справа)

зования в таких двигателях воздух в цилиндры подводится через впускные каналы, имеющие тангенциальное расположение относительно камер сгорания. Этим достигается дополнительное завихрение воздуха в процессе впуска. Оно сохраняется также и при сжатии воздуха, благодаря чему после впрыска топлива происходит его быстрое перемешивание с воздухом.

Качество внутреннего смесеобразования достигается как формой камеры сгорания, так и формой факела распыливаемого топлива при соответствующем законе подачи топлива.

У двигателей с непосредственным впрыском топлива весь объем камеры сгорания сосредоточен в надпоршневом пространстве, причем камеру сгорания часто располагают в днище поршня. В этом случае конфигурация камеры сгорания способствует лучшему смесеобразованию. Основной объем камеры сгорания находится в выемке, расположенной в средней части днища поршня. При движении поршня вверх воздух из надпоршневого пространства вытесняется в камеру, расположенную в поршне. Это создает устойчивые вихри внутри камеры. Для более равномерного распределения топлива по всему объему камеры сгорания применяют многодырчатые форсунки, создающие не одну, а несколько струй топлива: эти струи образуют общий факел распыла. Число и диаметр отверстий распылителя подбирают из соображений наиболее полного использования воздушного заряда в цилиндре двигателя.

Основная масса впрыскиваемого форсункой топлива попадает на стенки камеры и покрывает их тонкой пленкой. Вследствие высокой температуры стенок и вихревого движения горячего воздуха топливо испаряется и проходит все реакции, подготавливающие его к воспламенению. Остальная часть топлива, распыливаемая в камере сгорания, воспламеняется в среде воздуха, имеющего высокую температуру, и поджигает горючую смесь, образующуюся над пленкой. Такой способ смесеобразования, называемый объемно-пленочным позволяет получить высокую экономичность дизеля при пониженной жесткости сгорания, делает процесс сгорания менее чувствительным к качеству топлива, тонкости распыливания и к скоростному режиму работы двигателя.

Дизельные двигатели с неразделенными камерами сгорания обладают рядом преимуществ, обусловленных конструкцией камеры сгорания. Прежде всего, это малые потери тепла при сгорании топлива, так как камера сгорания расположена в днище поршня и в меньшей степени охлаждается жидкостью системы охлаждения а, соответственно, увеличению количества тепла, превращаемого в полезную работу. Впрыск топлива осуществляется непосредственно в камеру сгорания, это улучшает пусковые свойства двигателя и повышает его топливную экономичность. Небольшие объемы неразделенных камер сгорания позволяют также повысить степень сжатия двигателя и ускорить протекание рабочих процессов, что влияет на его быстроходность.

С ростом быстроходности дизельных двигателей повышается их литровая мощность, поэтому неразделенные камеры сгорания получили широкое применение в современных двигателях.

Развитие процесса сгорания в дизельном двигателе зависит от характеристики впрыска топлива, длительности периода задержки его воспламенения и интенсивности движения воздуха в камере сгорания.

Интервал времени между началом впрыска и воспламенением топлива составляет период задержки воспламенения. Он влияет на характер работы двигателя и зависит главным образом от свойств самого топлива, температуры в камере сгорания и угла опережения впрыска. При стандартном качестве топлива, если температура в камере сгорания возрастает, период задержки воспламенения уменьшается. Это снижает жесткость работы двигателя.

Для каждого двигателя в соответствии с условиями смесеобразования находят оптимальный период задержки, обеспечивающий сравнительно мягкую работу при достаточно высокой экономичности.

Продолжительность периода задержки воспламенения зависит от нескольких факторов.

От степени сжатия двигателя. Чем выше степень сжатия, тем выше температура сжатого воздуха и меньше время прогрева топлива.

От формы камеры сгорания. Чем лучше она обеспечивает завихрение смеси и перемешивание топлива с воздухом, тем скорее завершается прогрев.

От числа оборотов коленчатого вала. Увеличение числа оборотов до определенных пределов способствует сокращению задержки воспламенения, так как улуч-

шаются условия смесеобразования: повышается температура сжатого воздуха, усиливается его завихрение. Однако по мере возрастания оборотов сокращается продолжительность впрыска, вследствие чего в камеру одновременно попадает много холодных частиц топлива, что замедляет их прогрев. У быстроходных дизелей период задержки воспламенения по времени приближается к периоду впрыска, и топливо сгорает почти одновременно с резким нарастанием давления. Это является одной из причин, ограничивающих увеличение числа оборотов у дизельных двигателей.

Продолжительность периода задержки зависит также и от эксплуатационных условий.

Топливо будет дольше прогреваться, если оно плохо распылено, если форсунка раньше времени впрыскивает топливо и оно попадает в недостаточно прогретый воздух, если топливо имеет высокую температуру самовоспламенения, если двигатель работает с малой нагрузкой, на холостом ходу и недостаточно прогрет.

На характер протекания процесса сгорания в значительной степени влияет момент впрыска топлива в цилиндр. Положение коленчатого вала, при котором должен начинаться впрыск, характеризуется величиной угла опережения впрыска. Последний зависит от степени сжатия двигателя, сорта применяемого топлива, формы камеры сгорания и некоторых других факторов. Для каждого типа двигателя наиболее выгодный угол опережения впрыска находится при испытании в лабораторных условиях.

При раннем впрыске, когда угол опережения больше наиболее выгодного, работа становится жесткой. Кроме того, топливо может воспламениться преждевременно, и в этом случае сила давления газов будет действовать некоторое время навстречу движущемуся поршню, мощность двигателя снизится. Частицы топлива, не успевая загореться в непрогретом воздухе, будут ударяться о стенки камеры, образуя жидкостную пленку, которая полностью не сгорит. Вследствие этого выхлоп получится дымный.

При позднем впрыске, когда угол опережения меньше наиболее выгодного, горение будет протекать при значительно увеличивающемся объеме, снизится давление газов, увеличится теплоотдача стенкам цилиндра, а следовательно, снизится мощность и экономичность двигателя.

Чтобы обеспечить нормальное протекание процессов смесеобразования и сгорания топлива в дизельном двигателе, необходимо: периодически проверять и регулировать форсунки и топливный насос, более полно загружать двигатель, избегая работы на холостом ходу, и применять только тот сорт топлива, который предусмотрен для данного двигателя.

Качество распыливания топлива особенно важно для двигателей с неразделенными камерами сгорания. Оно зависит от конструкции топливopодающей аппаратуры, частоты вращения коленчатого вала двигателя и количества топлива, подаваемого за один цикл (цикловой подачи). При повышении частоты вращения коленчатого вала и цикловой подачи возрастают давление впрыска и тонкость распыливания.

Заметное влияние на скорость истечения начальных и конечных порций топлива оказывает степень упругости пружины запорной иглы форсунки. При увеличении сжатия пружины размеры капель топлива в начале и в конце подачи уменьшаются. Это вызывает среднее увеличение давления, развиваемого в системе питания, что ухудшает работу двигателя при малой частоте вращения коленчатого вала и малой цикловой подаче. Уменьшение сжатия пружины форсунки оказывает отрицательное влияние на процессы сгорания и выражается в увеличении расхода топлива и повышении дымления. Оптимальное усилие сжатия пружины форсунки рекомендуется заводом-изготовителем и регулируется в процессе эксплуатации на стендах.

Процессы впрыска топлива в значительной степени определяются также техническим состоянием распылителя: диаметром его отверстий и герметичностью запорной иглы. Увеличение диаметра сопловых отверстий снижает давление впрыска и изменяет строение факела распыливания топлива.

Образование факела и его дальность зависят от давления впрыска, диаметра соплового отверстия, плотности и подвижности воздуха. Чем больше давление впрыска и диаметр соплового отверстия, тем сильнее проникает факел вглубь камеры сгорания. Потoki воздуха в камере сгорания отклоняют факел впрыскиваемого топлива по направлению своего движения.

При эксплуатации форсунок следует учитывать, что установка распылителей с иным расположением отверстий, засорение или закоксование хотя бы одного отверстия у многосоплового распылителя приводит к нарушению факелов распыливания топлива, а в итоге - к нарушению смесеобразования и процессов сгорания. Если же распылители зависают и форсунка «льет» то возможно появление стуков, подобных стуку вкладышей коленчатого вала.

Условием нормального протекания рабочего цикла двигателя является умеренная скорость подачи топлива в начале впрыска, чтобы за период задержки воспламенения не накапливалось слишком много топлива в цилиндре. Тогда нарастание давления при воспламенении происходит плавно, а двигатель работает мягко.

Слишком большое опережение впрыска ведет к увеличению периода задержки воспламенения и жесткой работе двигателя, так как начало впрыска происходит в этом случае при сравнительно низких температурах в цилиндре.

Малый угол опережения впрыска способствует развитию сгорания топлива в процессе расширения, что ухудшает температурный режим двигателя, вызывая его перегрев. Поэтому для получения лучших показателей работы двигателя завод-изготовитель устанавливает оптимальный угол опережения впрыска, который не допускается изменять при эксплуатации.

На дизелях ММЗ Д-260.1, Д-260.2, Д-260.4 и дизелях Д-260.7С и Д-262.2S2 применяются неразделенные камеры сгорания. Смесеобразование в них протекает подобно, но ФОРМЫ КАМЕР СГОРАНИЯ В ПОРШНЯХ — РАЗЛИЧНЫ (см. фото на рис. 2). Для осуществления качественного смесеобразования и полного сгорания топлива ОТВЕРСТИЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ У НИХ ВЫПОЛНЕНЫ ПО-РАЗНОМУ.

Дизели ММЗ Д-260.1 (комбайн «Нива»), Д-260.2 (трактор МТЗ), а также Д-260.4 (трактор переоборудован «Автодвором»), изготовлены в соответствии с требованиями Stage-0 (Евро-0). В их поршнях выполнена неразделенная закрытая камера сгорания типа ЦНИДИ (см. ЛЕВОЕ фото на рис. 2). Для обеспечения КАЧЕСТВЕННОГО СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ на указанные двигатели устанавливается ФОРСУНКА С РАСПЫЛИТЕЛЕМ 174-02.

На дизелях ММЗ Д-260.7С, изготовленном в соответствии с требованиями Stage-1 (Евро-1), Д-260.4С2, Д-262.2S2, изготовленных в соответствии с требованиями Stage-2 (Евро-2) используется неразделенная открытая камера сгорания (см. ПРАВОЕ фото на рис. 2). Изменение формы камеры сгорания (она выполнена меньшей глубины и с большей горловиной) потребовало применения других распылителей, отличающихся от предыдущего расположением отверстий и, соответственно, другим углом их распыла. НА УКАЗАННЫХ ДИЗЕЛЯХ МОЩНОСТЬЮ ДО 210 л.с. (ЭТО ДВИГАТЕЛИ Д-260.4С2) ПРИМЕНЯЕТСЯ РАСПЫЛИТЕЛЬ 172-11.01, А НА ДИЗЕЛЯХ МОЩНОСТЬЮ 250 л.с. (ЭТО ДВИГАТЕЛИ Д-260.7С И Д-262.2S2) — РАСПЫЛИТЕЛЬ 172-11.02.

**УКАЗАННЫЕ РАСПЫЛИТЕЛИ ИМЕЮТ СУЩЕСТВЕННЫЕ ОТЛИЧИЯ И НЕ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫЕ.**

ПРИ УСТАНОВКЕ ОШИБОЧНО, например, распылителя 172-11.02, вместо необходимого 174-02, на дизель ММЗ Д-260.4 (трактор переоборудован «Автодвором»), не обеспечится оптимальное смесеобразование и полное сгорание топлива, вследствие чего **МОЩНОСТЬ ЕГО СУЩЕСТВЕННО СНИЗИТСЯ**, будет наблюдаться дымный выхлоп (черный дым) и происходить интенсивное нагарообразование. **Расход топлива при этом возрастает на 15-20% и более, двигатель будет перегреваться.**

Будьте внимательны при обслуживании и ремонте, и минский двигатель ответит Вам надежной экономичной работой на протяжении длительного периода эксплуатации. А если возникнут неисправности, специалисты СЕРВИСНОГО ЦЕНТРА «АВТОДВОРА» окажут квалифицированную консультацию и при необходимости произведут качественный ремонт дизеля.

Звоните (057) 715-45-55, (057) 703-20-42.

**ВИРОБНИЧО-КОМЕРЦІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО**

**ТехАгроЛюкс**

**ПРИСТОСУВАННЯ для збирання СОНЯШНИКУ**



**РИПАКОВИЙ СТИЛ**  
до комбайнів імпортного та вітчизняного виробництва від 4 до 9 м.



**ЖНИВАРКИ ДЛЯ КУКУРУДЗИ ТА СОНЯШНИКУ**  
6-8 рядкові



**ВІЗКИ для транспортування ЖНИВАРОК**

марки ПС до всіх видів комбайнів вітчизняного та імпортного виробництва

**(067) 633-37-05**  
**(050) 230-15-54**  
**(06153) 3-44-04**  
**www.tehagrolux.com**