

Уважаемая редакция газеты «Автодвор». Подскажите, пожалуйста, чем опасна детонация в двигателе и какие факторы влияют на ее возникновение. С уважением Василий Иванович, Одесская обл.

Кулаков Юрий Николаевич, преподаватель кафедры «Тракторы и автомобили» ХНТУСХ им. П. Василенка

В процессе сгорания в цилиндрах двигателя химическая энергия топлива превращается в тепловую. Это превращение осуществляется в течение некоторого промежутка времени, когда поршень находится вблизи ВМТ.

Эффективность протекания процесса сгорания зависит от большого количества факторов и прежде всего от способа смесеобразования и воспламенения топлива. Процесс горения топлива, его развитие и полное завершение в короткий срок представляют собой ряд сложных последовательных реакций.

При некоторых условиях работы в двигателях с искровым зажиганием возникают звенящие металлические стуки, которые являются признаком детонационного сгорания топлива. При слабой детонации они появляются через некоторые интервалы и похожи на стуки, возникающие при увеличении зазора между верхней втулкой шатуна и поршневым пальцем. Налицо наличие детонации.

С увеличением интенсивности детонации в цилиндре двигателя слышатся сильные непрерывные стуки. При этом работа двигателя становится неустойчивой, уменьшается число оборотов коленчатого вала, поршень, цилиндр и головка цилиндров перегреваются и появляется черный дым в отработавших газах.

В случае длительной работы двигателя с детонационным сгоранием возможно обгорание кромок поршня, прокладки между цилиндрами и головкой блока, а также электродов и изоляторов свечи зажигания. Местные высокие давления, возникающие при детонации, создают повышенные ударные нагрузки на кривошипно-шатунный механизм и вызывают разрушения антифрикционного слоя в шатунных подшипниках. Из-за разрушения масляной пленки, а также под воздействием содержащихся в продуктах сгорания активных веществ усиливается износ гильз цилиндров в верхней части.

По указанным выше причинам длительная работа двигателя с детонацией недопустима.

Исследования показали, что в процессе сгорания перед фронтом пламени вследствие расширения продуктов сгорания несгоревшая рабочая смесь сжимается, и ее температура повышается. В результате повышения температуры и давления несгоревшей части рабочей смеси в ней возникают химические реакции окисления молекул топлива и образуются перекисные соединения. При достаточно высоких давлениях и температуре эти соединения воспламеняются еще до того, как к этой части рабочей смеси приблизится фронт пламени. Начавшийся процесс сгорания распространяется с весьма высокой скоростью на соседние слои рабочей смеси, где также произошли предварительные реакции окисления.

В результате такого развития процесса сгорания возникают ударные волны, которые распространяются с большой скоростью по всему объему камеры сгорания и, отражаясь от стенок, вызывают металлические стуки. Попадая в зоны, где указанные химические реакции близки к завершению, эти ударные волны вызывают детонационный взрыв. Распространение детонационной волны происходит со скоростью 2000–2300 м/сек.

Опытным путем установлено, что детонационное сгорание, как правило, возникает в зоне камеры сгорания, наиболее удаленной от свечи зажигания, где рабочая смесь сгорает в последнюю очередь и наиболее подвержена сжатию газами, образовавшимися от сгоревшего топлива, и воздействию высоких температур.

На возникновение детонации влияют различные факторы.

Степень сжатия. При увеличении степени сжатия температура и давление в конце процесса сжатия возрастают, что способствует возникновению детонации.



ПОЧЕМУ ВОЗНИКАЕТ ДЕТОНАЦИЯ ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЕ

Поэтому пределом увеличения степени сжатия является такое ее значение, при котором возникает детонационное сгорание. При прочих равных условиях возможное повышение степени сжатия зависит от октанового числа топлива и применяемой формы камеры сгорания. Поэтому степень сжатия для данного двигателя выбирают с учетом предназначаемого для него топлива и типа камеры сгорания.

Форма камеры сгорания и расположение свечи зажигания. Форма камеры сгорания в известной мере определяет характер распространения фронта пламени. Компактная камера сгорания с размещением свечи зажигания в центре так, чтобы пламя распространялось равномерно во все стороны, позволяет повысить допустимую степень сжатия, при которой процесс сгорания протекает без детонации. При использовании камеры сгорания с вытеснителем, улучшается отвод теплоты от сгорающей в последнюю очередь части рабочей смеси, и склонность двигателя к детонации снижается.

Размер и число цилиндров. При больших диаметрах цилиндра путь пламени до наиболее удаленной точки камеры сгорания увеличивается, что способствует возникновению детонации. В этом случае для получения бездетонационного сгорания устанавливают две свечи зажигания, располагая их в диаметрально противоположных концах.

В многоцилиндровых двигателях с внешним смесеобразованием возможно возникновение детонации в отдельных цилиндрах из-за неравномерного распределения смеси по цилиндрам. Склонность к детонации появляется в тех цилиндрах, в которые поступает обогащенная горячая смесь ($\alpha = 0,8...0,9$).

Материал головки цилиндров и поршня. Склонность двигателя к детонации можно уменьшить, улучшив отвод теплоты от деталей, обрабатывающих камеру сгорания. С этой целью для изготовления головки цилиндров и поршня следует применять материал, обладающий большой теплопроводностью. Использование алюминиевого сплава, имеющего по сравнению с чугуном большую теплопроводность, позволяет при том же топливе несколько повысить допустимую степень сжатия.

Состав рабочей смеси. Наибольшую склонность к детонации имеет рабочая смесь при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 0,8...0,9$, так как при этом скорость сгорания, температура, и давление оказываются наибольшими, что способствует возникновению детонации.

Число оборотов коленчатого вала. При увеличении числа оборотов уменьшается время для химической подготовки топлива. Кроме того, из-за повышения сопротивления во впускной системе коэффициент остаточных газов возрастает. В результате этого температура и давление в процессе сгорания уменьшаются. Совместное действие этих факторов приводит к тому, что с увеличением числа оборотов склонность двигателя к детонации снижается.

Нагрузка двигателя. При уменьшении нагрузки и соответствующем прикрытии дроссельной заслонки увеличивается коэффициент остаточных газов, а давление и температура конца сжатия снижаются. Оба эти фактора уменьшают склонность двигателя к детонации.

Угол опережения зажигания. При увеличении угла опережения зажигания процесс сгорания развивается ближе к ВМТ, повышая давление и температуру во второй фазе процесса сгорания, что способствует возникновению детонации.

Нагарообразование. При отложении нагара на днище поршня и поверхности головки цилиндров, обращенной к камере сгорания, отвод теплоты от них уменьшается и температура поверхности, ограничивающей камеру сгорания, повышается. Кроме того, по мере отложения нагара несколько увеличивается степень сжатия.

Оба эти фактора приводят к повышению температуры и давления рабочей смеси, что способствует появлению детонационного сгорания.

В случае необходимости эксплуатации двигателя с нагаром на деталях, следует уменьшить угол опережения зажигания.

Охлаждение двигателя. Часть теплоты отработавших газов через стенки отводится в охлаждающую среду. При уменьшении отвода теплоты возникает перегрев внутренних поверхностей цилиндра, поршня и головки цилиндров, что приводит к возникновению детонационного сгорания. ■