

## **В отчете ответьте на контрольные вопросы**

### **Лабораторная работа №47.**

**Тема:** Характеристики двигателей внутреннего сгорания.

**Наименование работы:** Сравнение регулировочной характеристики по углу опережения зажигания.

**Цели работы:** Научиться сравнивать внешние скоростные характеристики карбюраторных и дизельных двигателей.

**Норма времени:** 2 часа

Регулировочная характеристика по углу опережения зажигания представляет собой зависимость эффективной мощности  $N_e$  двигателя, часового  $G_m$  и удельного эффективного  $g_e$  расходов топлива от угла опережения зажигания  $\theta$ .

Условия снятия характеристики:

- нормальное тепловое состояние двигателя;
- неизменное положение дроссельной заслонки;
- постоянная частота вращения коленчатого вала двигателя;
- постоянная температура в системе охлаждения двигателя.

Регулировочная характеристика двигателя по зажиганию позволяет:

- 1) выявить характер протекания мощностных и экономических показателей двигателя в зависимости от угла опережения зажигания;
- 2) определить оптимальный (наивыгоднейший) угол опережения зажигания для каждого исследуемого режима работы;
- 3) оценить требования к октановому числу топлива;
- 4) выбрать параметры регулирования автоматов управления углом опережения зажигания (УОЗ).

#### **Теоретическая часть**

Закон изменения давления по углу поворота коленчатого вала во время процесса сгорания во многом определяет развиваемую двигателем мощность и экономичность. Для получения наибольшей мощности и наилучшей топливной экономичности необходимо стремиться к такой организации процесса сгорания, при которой основная фаза сгорания будет протекать вблизи верхней мертвой точки (ВМТ).

Скорость распространения пламени при нормальном сгорании бензовоздушных смесей составляет 20-40 м/с. В результате при частоте вращения коленчатого вала около  $5000 \text{ мин}^{-1}$  продолжительность основной фазы процесса сгорания получается равной 40 ... 50 градусам поворота коленчатого вала (п.к.в.)

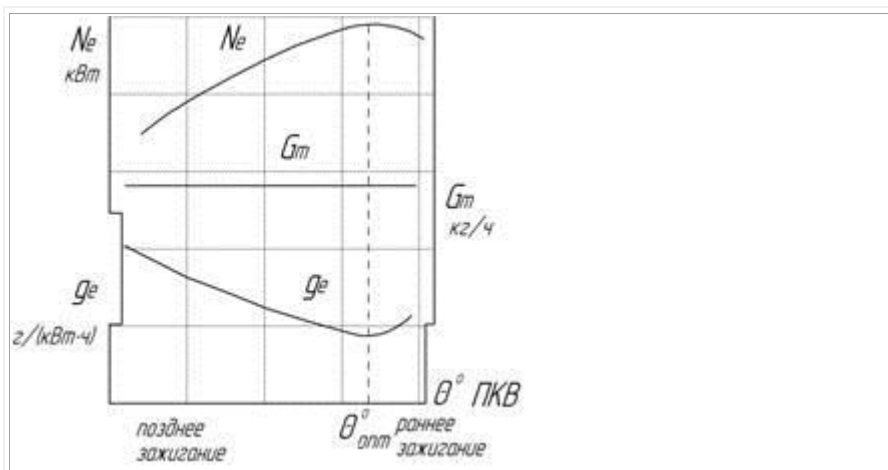


Рис. 14. Регулировочная характеристика по зажиганию

Осуществить протекание основной фазы сгорания вблизи ВМТ возможно только при условии соответствующей установки момента зажигания.

Угол опережения зажигания – число градусов по углу поворота коленчатого вала до верхней мертвой точки (ВМТ) от момента начала проскакивания искры между электродами свечи зажигания.

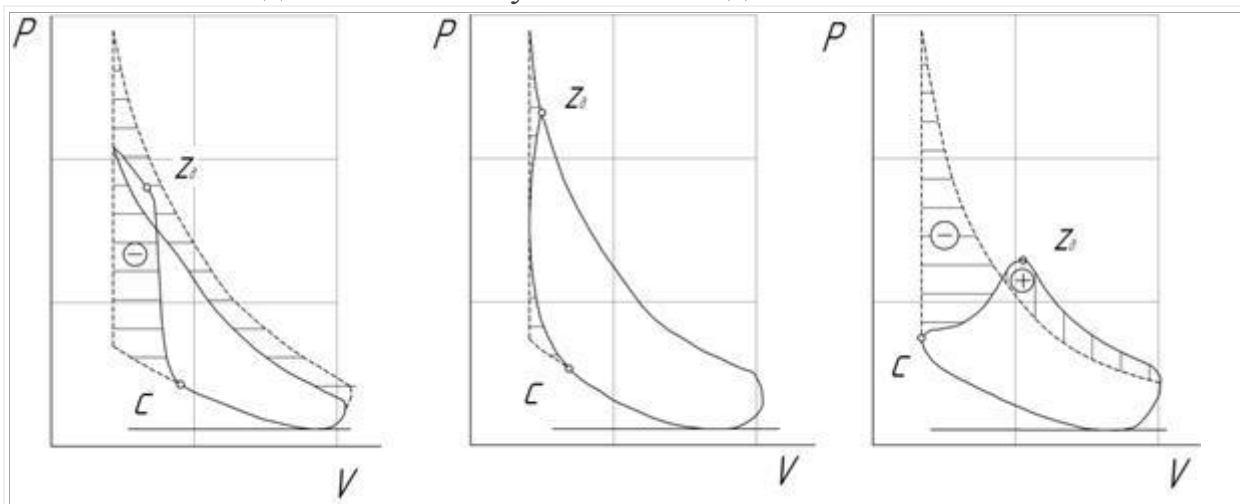
На рис. 14 приведена типичная характеристика по углу опережения зажигания. Кривая мощности имеет максимум при оптимальном угле опережения зажигания ( $\theta_{opt}$ ). Максимум мощности двигателя и минимум удельного расхода топлива достигаются при одном и том же значении УОЗ, поскольку часовой расход воздуха и, соответственно, часовой расход топлива при сохранении постоянными частоты вращения вала и положения дросселя практически не изменяются.

Оптимальным (наивыгоднейшим) углом опережения зажигания будет такой угол, при котором выгорание основной массы заряда происходит при положении поршня вблизи ВМТ. На индикаторной диаграмме это обычно соответствует достижению максимального давления сгорания  $P_z$  при  $12...15^\circ$  п.к.в. после ВМТ (рис. 15б). В этом случае быстрое горение заряда, высокая степень расширения продуктов сгорания в сочетании с минимальными потерями на сжатие заряда, а также на отвод теплоты в стенки камеры сгорания и с отработавшими газами обеспечивают наилучшие мощностные и экономические показатели.

С уменьшением угла опережения зажигания (позднее зажигание) сгорание значительной части смеси переносится на линию расширения (рис. 15в).

Процесс сгорания происходит в увеличивающемся объеме, что приводит к падению давления в цилиндре и к значительной потере тепла в стенки, связанной с соответственно возрастающей поверхностью цилиндра, омываемой горящими газами. В результате наблюдается значительный перегрев двигателя, уменьшение его мощности, ухудшение экономичности. При увеличении угла опережения зажигания (раннее зажигание) возрастает количество заряда, которое выгорает на такте сжатия до ВМТ при уменьшающемся объеме над поршнем, что увеличивает отрицательную работу сжатия. Максимальное давление и температура цикла возрастают, в

результате чего увеличиваются тепловые потери в стенки цилиндра. Все это приводит к снижению мощности и экономичности двигателя. Высокие температуры, кроме того, являются причиной значительного роста количества оксидов азота в выпускных газах двигателя.



а) б) в) Рис. 15. Влияние угла опережения зажигания на изменение давления в цилиндре а) раннее зажигание; б) наиболее выгодное зажигание; в) позднее зажигание.

При очень раннем зажигании сгорание может закончиться до прихода поршня в ВМТ; в этом случае на индикаторной диаграмме вблизи максимального давления появляется отрицательная петля (рис. 15а), площадь которой выражает дополнительные потери работы.

Достигнув определенных высоких значений, давление и температура конца такта сжатия провоцируют переход от нормального сгорания горючей смеси (скорость сгорания 20...40 м/с) к детонационному сгоранию (свыше 2000 м/с) (рис. 16). Внешние признаки детонации – звонкий металлический стук, дымный выхлоп, перегрев двигателя. Металлические стуки являются результатом многократных периодических отражений от стенок камеры сгорания образующихся в газах детонационных и ударных волн. При этом в конце сгорания регистрируются колебания давления, наблюдаемые на индикаторной диаграмме в виде ряда постепенно затухающих пиков (рис. 16).

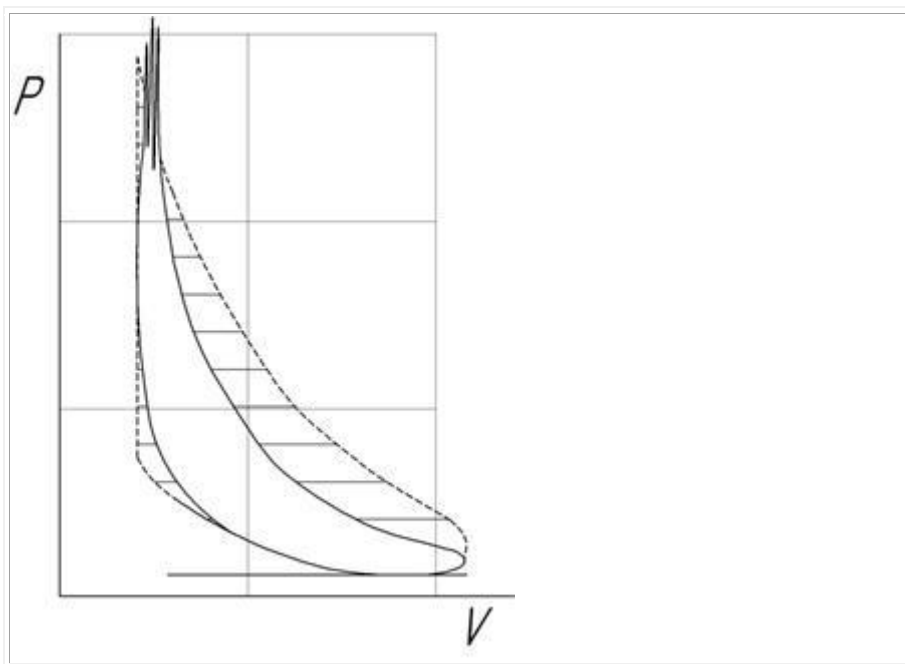
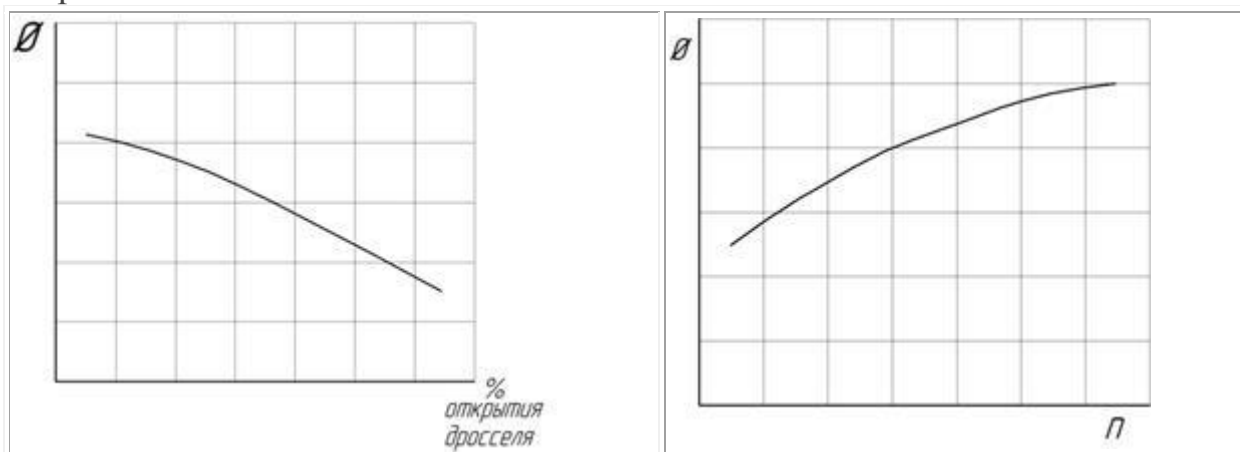


Рис. 16. Изменение давления в цилиндре при детонации

Детонация приводит к повышенной отдаче тепла от сгоревших газов (из-за увеличения как перепада температур между газом и стенками камеры сгорания, так и коэффициента теплопередачи), вызывает «сдираание» масляной пленки с поверхности цилиндра, повышая износ цилиндров и колец, разрушает антифрикционный слой шатунных подшипников. Интенсивная диссоциация продуктов сгорания с образованием сажи, характерная для детонации, является причиной дымного выхлопа двигателя и залегания поршневых колец.

Перегрев двигателя, вызванный детонацией, создает условия для самопроизвольного (калильного) зажигания рабочей смеси, которое происходит от сильно нагретых деталей в камере сгорания (электроды свечи, выпускной клапан, прокладка головки цилиндра). Будучи неуправляемым, калильное зажигание воспламеняет смесь до подачи искры, усугубляя тем самым негативные последствия детонации.

С изменением режима работы двигателя (нагрузка, частота вращения) меняются условия сгорания и, соответственно, наивыгоднейший угол опережения зажигания.



а)	б)
Рис. 17. Зависимость оптимального угла опережения зажигания от нагрузки на двигатель (а) и от частоты вращения (б)	

При дросселировании двигателя уменьшается количество свежей смеси, поступающей в цилиндры, вследствие этого возрастает относительное количество остаточных газов в рабочей смеси, ухудшается качество последней и замедляется процесс ее сгорания. В этих условиях угол опережения зажигания должен быть увеличен (*рис. 17а*).

Такая мера, естественно, не повышает скорость горения смеси и не сокращает продолжительность сгорания, но более раннее воспламенение смеси обеспечивает своевременное окончание процесса сгорания относительно ВМТ с наименьшими потерями тепла.

При повышении частоты вращения коленчатого вала скорость основной фазы сгорания увеличивается благодаря интенсификации в цилиндре вихревого движения смеси, однако скорость начальной фазы горения изменяется мало, т. к. зависит, главным образом, от состава смеси. В результате продолжительность процесса сгорания в градусах поворота коленчатого вала возрастает, и основная фаза горения смещается на такт расширения, что приводит к ухудшению показателей двигателя. Чтобы компенсировать увеличение длительности первой фазы и сжигать основную массу топлива вблизи ВМТ, надо увеличивать угол опережения зажигания (*рис. 17б*).

Из сказанного следует, что значение оптимального угла опережения зажигания необходимо корректировать в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки. В современном бензиновом двигателе это заложено в программу микропроцессора системы управления двигателем.

### **Экспериментальная часть**

При снятии характеристики положение дросселя и частота вращения коленчатого вала поддерживаются постоянными, переменным является угол опережения зажигания. Испытательный стенд оборудован устройством для дистанционной установки угла опережения зажигания, для этого к диагностическому разъему двигателя подключен компьютер, с которого и осуществляется регулирование УОЗ.

После пуска и прогрева двигателя, постепенно открывая дроссельную заслонку, нагружают двигатель при помощи тормозного устройства. Закрепив дроссель в нужном положении и поддерживая определенную частоту вращения, устанавливают момент подачи искры с большим запаздыванием, например, в ВМТ. Откорректировав частоту вращения и угол опережения зажигания, производят замер первой опытной точки.

Далее устанавливают более ранний момент зажигания, с помощью тормоза восстанавливают принятую частоту вращения вала двигателя и производят следующий замер.

Изменяя таким образом через каждые 5 градусов момент зажигания, производят замер опытных точек до тех пор, пока не наступит детонация или пока не будет зафиксировано явное снижение показаний динамометра.

Надежное определение этой части характеристики возможно при использовании бензина с более высоким октановым числом, чем тот, что рекомендован заводом-изготовителем испытуемого двигателя.

При проведении опыта измеряют:

1) угол опережения зажигания  $\theta$ , град.; 2) показания весов тормозного устройства  $P$ ,  $H$ ; 3) время расхода топлива  $\tau$ , с; 4) температуру отработавших газов  $t_{вып}$ , °С; 5) температуру охлаждающей воды  $t_{в}$ , °С;

б) температуру масла  $t_{м}$ , °С.

Лабораторная работа рассчитана на снятие трех регулировочных характеристик по зажиганию.

Первые две характеристики снимают при полной нагрузке и двух различных значениях частоты вращения вала двигателя  $n_1$  и  $n_2$ . Обе характеристики изображаются на одном общем координатном поле.

Третья характеристика снимается при частоте вращения  $n_1$ , но при частично прикрытом дросселе. Она изображается на втором координатном поле вместе с первой характеристикой.

### **Контрольные вопросы**

1. Какой угол опережения зажигания называется оптимальным?
2. Каковы условия снятия регулировочной характеристики по зажиганию?
3. Укажите порядок проведения опытов на стенде.
4. Объясните механизм влияния очень большого и очень маленького угла опережения зажигания на мощность двигателя, расход топлива и КПД цикла?
5. Что может стать причиной детонационного сгорания топлива?
6. Каковы признаки детонации?