

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**

Кафедра эксплуатации автомобилей

**Составитель
А. С. Березин**

**РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ
ПО УГЛУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ**

**Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Силовые агрегаты»**

**Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе**

Кемерово 2019

Рецензенты

Подгорный А. И. – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации автомобилей

Кудреватых А. В. – кандидат технических наук, зав. кафедрой эксплуатации автомобилей

Березин Александр Сергеевич

Регулировочная характеристика карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Силовые агрегаты» [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения / сост.: А. С. Березин; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

Приведено содержание лабораторной работы, материал, необходимый для успешного изучения дисциплины.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплине «Силовые агрегаты» и организация лабораторных работ.

© КузГТУ, 2019
© Березин А. С.,
составление, 2019

1. ЦЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цели работы – закрепление материала лекций по теории рабочих процессов автомобильных двигателей, экспериментальное построение регулировочной характеристики карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания и характеристики центробежного регулятора угла опережения зажигания.

После изучения теоретических положений, изложенных ниже, запускают двигатель, прогревают на малой нагрузке и устанавливают нагрузочный режим по указанию преподавателя. Затем, изменяя регулировку тормоза, снимают серию регулировочных характеристик, по которым строят характеристику центробежного регулятора угла опережения зажигания. По результатам испытаний оформляют отчёт.

Работа рассчитана на 2 часа.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для получения наибольшей мощности и наилучшей топливной экономичности двигателя необходимо обеспечить эффективное протекание процесса сгорания.

Известно, что теоретически в поршневом двигателе внутреннего сгорания наиболее полное превращение тепла в работу возможно, если тепло подводить мгновенно при положении поршня в верхней мертвой точке (ВМТ). Практически, однако, на осуществление процесса сгорания требуется определенное время, за которое поршень успевает пройти некоторый путь. Обычно процесс выделения тепла начинается несколько раньше ВМТ и заканчивается после ВМТ в процессе расширения. Тепло, выделяющееся в двигателе в процессе сжатия, когда поршень еще не дошел до ВМТ, точно так же, как и тепло, выделяющееся в процессе расширения, когда поршень уже прошёл ВМТ, не может быть использованы с той же полнотой, как тепло, выделившееся при положении поршня в ВМТ, так как уменьшается степень расширения. Для уменьшения потерь, связанных с неполным использованием выделяющегося тепла в цилиндре, желательно, чтобы процесс выделения тепла происходил как можно ближе к ВМТ.

Весь процесс сгорания в карбюраторном двигателе условно принято разбивать на три фазы (рис. 1). После появления искры между электродами свечи зажигания начинается первая фаза горения θ_I . В течение этого периода происходят формирование и развитие очага горения. Хотя объем, охваченный пламенем, к концу первой фазы значителен, количество сгоревшей смеси, а следовательно, выделившегося тепла невелико. Поэтому на индикаторной диаграмме нет видимого повышения давления за счет сгорания над давлением от сжатия. За конец первой фазы обычно принимают точку заметного повышения давления в цилиндре за счет сгорания над давлением сжатия. Первую фазу называют также периодом задержки воспламенения.

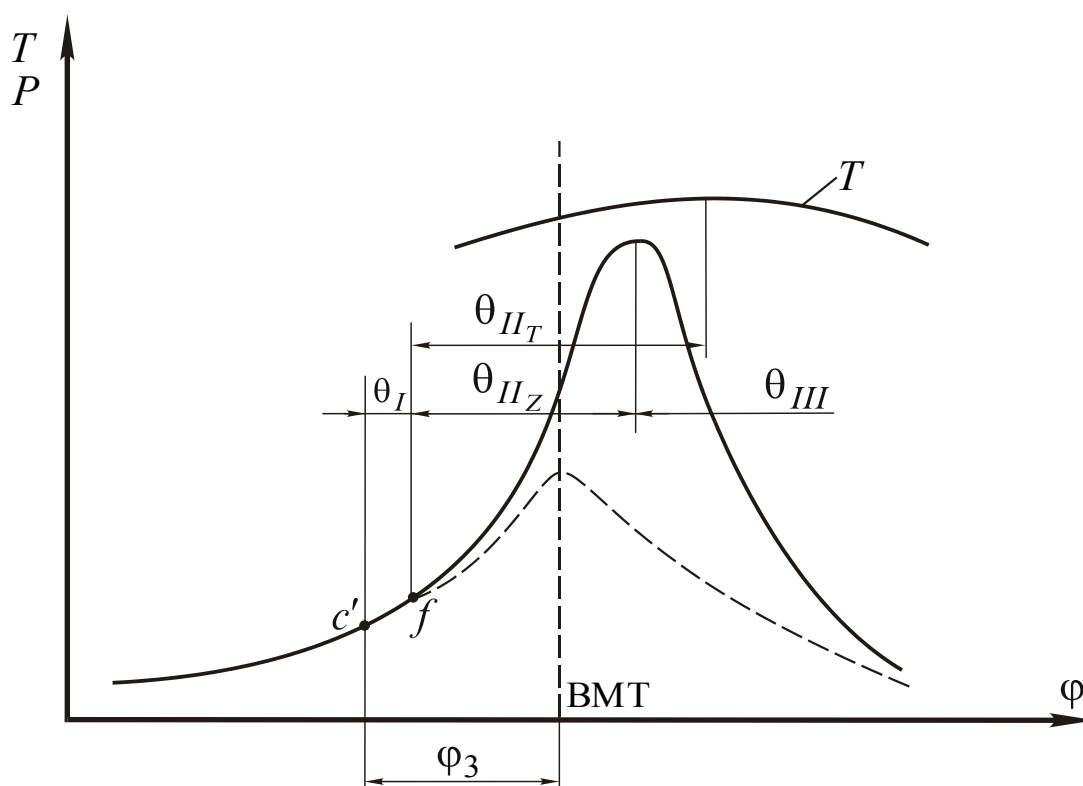


Рис. 1

После этого начинается вторая фаза горения, в течение которой выделяется основная доля тепла. За конец второй фазы принимают либо момент достижения максимума давления в цилиндре (ϕ_Z), либо момент достижения максимальной температуры цикла (ϕ_t). Соответственно, длительность второй фазы сгорания обозначается θ_{II_Z} или θ_{II_T} . В третьей фазе θ_{III} происходит

догорание смеси в пристеночных слоях. Окончание третьей фазы строго не определено и во многом зависит от режима работы двигателя. Очевидно, что для лучшего использования тепла важно расположить вторую фазу горения, во время которой сгорает основная часть смеси, как можно ближе к ВМТ. Этого можно достигнуть, выбрав правильно момент воспламенения заряда, или, как говорят, установить оптимальный угол опережения зажигания. При оптимальном угле опережения зажигания вторая (основная) фаза горения располагается симметрично относительно верхней мертвой точки. При этом потери тепла в стенки цилиндра минимальны.

Углом опережения зажигания ϕ_3 называется угол в градусах поворота коленчатого вала от момента искрового разряда в свече зажигания до ВМТ. Оптимальный угол опережения в первую очередь зависит от длительности первой и второй фаз горения. С изменением режима работы двигателя (состава смеси, числа оборотов, нагрузки, теплового состояния) условия изменяются, и поэтому изменяется и оптимальный угол опережения зажигания.

В зависимости от конструктивных особенностей двигателя это изменение может быть различным. Поэтому для каждого двигателя и при разных режимах его работы приходится экспериментально определять наивыгоднейшие значения угла опережения зажигания.

Определение наивыгоднейшего угла опережения зажигания производится путем снятия регулировочных характеристик по углу опережения зажигания.

Регулировочной характеристикой по углу опережения зажигания называется зависимость показателей рабочего процесса (N_e , G_t , g_e) от угла опережения зажигания при постоянной скорости вращения коленчатого вала и постоянном положении дроссельной заслонки. Регулировочные характеристики по углу опережения зажигания позволяют:

- 1) установить наивыгоднейшее значение угла опережения зажигания для исследуемого нагрузочного и скоростного режима работы двигателя;
- 2) определить предельные мощностные и экономические

показатели двигателя для всех режимов при данной регулировке карбюратора;

3) определить изменение мощностных и экономических показателей двигателя при установке опережения зажигания, отличающегося от оптимального.

Эти данные необходимы для выбора и оценки регуляторов опережения зажигания (центробежного и вакуумного) при определении требований двигателя к октановому числу топлива во время проведения детонационных испытаний и при исследованиях процесса сгорания в двигателе.

На рис. 2 показана типичная регулировочная характеристика по углу опережения зажигания. Зависимость N_e имеет максимум при угле опережения зажигания $\varphi_{3\text{опт}}$.

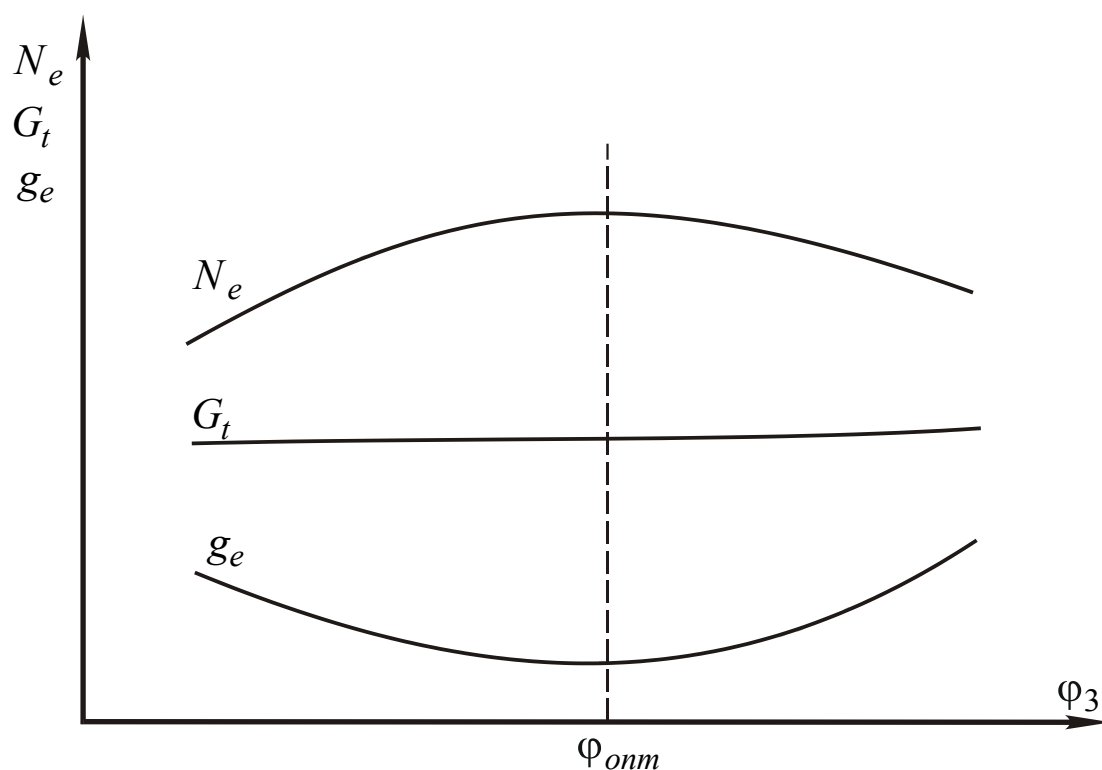


Рис. 2

При снятии регулировочной характеристики положение заслонок в карбюраторе неизменно. Неизменна и скорость вращения коленчатого вала. Оба фактора являются причиной постоянства часового расхода воздуха. Таким образом, при снятии регулировочной характеристики условия в смесительной камере карбюратора неизменны, неизменна скорость истечения топлива из

распылителей всех дозирующих систем. Поэтому часовой расход топлива по регулировочной характеристике не изменяется.

Поскольку часовой расход топлива остается постоянным, зависимость удельного расхода топлива $g_e = \frac{G_t \cdot 10^3}{N_e}$ от угла опережения зажигания носит характер обратной зависимости $N_e = f(\varphi_3)$. Следовательно, угол опережения зажигания, обеспечивающий наибольшую мощность двигателя, одновременно будет обеспечивать и наименьший удельный расход топлива. Этот угол и называется наивыгоднейшим или оптимальным углом опережения зажигания.

Изменение показателей двигателя при установке опережения, отличающегося от оптимального, объясняется следующим.

При уменьшении угла опережения зажигания, по сравнению с оптимальным (позднее зажигание), сгорание будет происходить слишком поздно (в слишком большом объеме) на линии расширения, использование тепла ухудшается, мощность двигателя уменьшается, а удельный расход топлива возрастает. В этом случае большая часть тепла уносится с отработавшими газами (увеличивается температура отработавших газов) и перегревается система выпуска отработавших газов: выпускной клапан, приемная труба, глушитель. Поэтому слишком позднее зажигание может приводить к прогоранию этих деталей.

При увеличении угла зажигания, по сравнению с оптимальным (ранее зажигание), максимальное давление газов в цилиндре возрастает, как это видно на рис. 3, где показаны индикаторные диаграммы в координатах $P - \varphi$ и $P - V$ для трех различных углов опережения.

Вместе с этим увеличивается и максимальная температура цикла. Увеличение давления и температуры вызывает появление детонации, что неизбежно приводит к повышенным динамическим нагрузкам на детали двигателя. В результате выходят из строя поршни, шатуны, вкладыши и другие детали двигателя. При детонации мощность двигателя падает, поскольку, хотя максимальное давление в цилиндре двигателя и повышается, однако среднее индикаторное давление уменьшается.

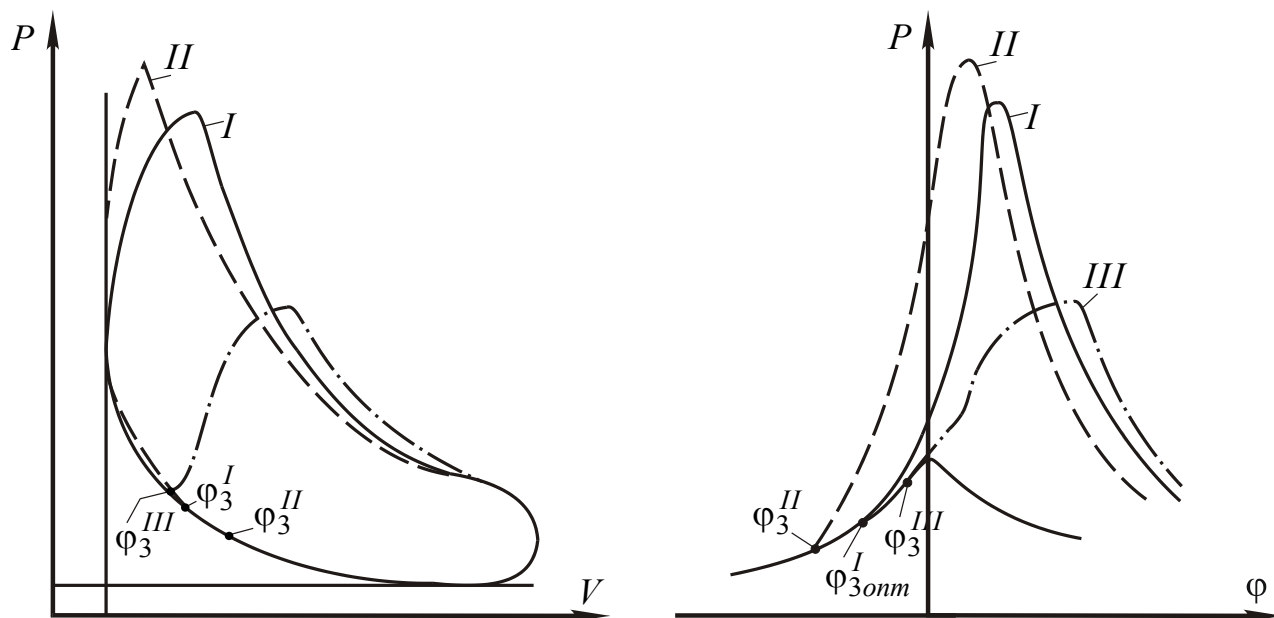


Рис. 3

На величину оптимального угла опережения зажигания большое влияние оказывает режим работы двигателя. С увеличением скорости вращения коленчатого вала длительность основной фазы горения в градусах поворота коленчатого вала (ϕ п.к.в.) остается почти постоянной, так как благодаря увеличению турбулентности заряда скорость горения увеличивается примерно пропорционально числу оборотов. Длительность первой фазы горения с ростом числа оборотов, как правило, несколько увеличивается, поэтому наиболее выгодный угол опережения зажигания увеличивается с ростом числа оборотов вала двигателя. Для того чтобы в эксплуатации обеспечить изменение опережения зажигания с повышением скоростного режима, применяют центробежный автомат опережения зажигания.

Оптимальный угол опережения зажигания зависит и от состава горючей смеси. При бедных смесях ($\alpha > 1$) процесс сгорания происходит медленнее, и такую смесь надо раньше воспламенить, чтобы основная доля тепла успела выделиться, пока поршень находится вблизи ВМТ, то же можно сказать и о сильно переобогащенных смесях.

Оптимальный угол опережения зажигания изменяется также в зависимости от нагрузки двигателя. При прикрытии дросселя

уменьшается давление в цилиндре в момент воспламенения, снижается турбулентность заряда и увеличивается разбавление горючей смеси остаточными газами. Все эти факторы приводят к увеличению длительности фаз сгорания, и поэтому наивыгоднейший угол опережения зажигания с прикрытием дроссельной заслонки увеличивается. Кроме того, при прикрытии дроссельной заслонки изменяется состав смеси, подаваемой карбюратором. При полных нагрузках состав смеси близок к $\alpha = 0,9$. При переходе к средним нагрузкам состав смеси обедняется, и лишь при очень сильном дросселировании смесь вновь начинает обогащаться. Изменение состава смеси при изменении нагрузки, также влияет на величину оптимального угла опережения зажигания.

Для обеспечения изменения угла опережения зажигания с изменением нагрузки на многих двигателях устанавливается вакуумный автомат опережения зажигания.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед началом испытаний двигатель прогревают и затем устанавливают необходимый режим работы (число оборотов, положение дроссельной заслонки). Поворачивая корпус прерывателя-распределителя, примерно подбирают угол опережения зажигания, обеспечивающий наибольшее для данного режима показание весов тормоза. Затем корпус прерывателя-распределителя смещают в сторону уменьшения угла опережения зажигания до тех пор, пока показания весов тормоза не снизятся на 10–15 %, и производят необходимую коррекцию нагрузки, создаваемой тормозом, с тем, чтобы установить точно заданное число оборотов. После стабилизации теплового режима производят измерения усилий на весах тормоза, расхода воздуха и топлива, угла опережения зажигания.

Затем переходят к определению следующей точки характеристики, увеличив угол опережения зажигания на $2 \div 4^\circ$ поворота коленчатого вала. Измерения производят после корректировки нагрузки и стабилизации теплового режима двигателя. По мере увеличения угла опережения зажигания, мощность двигателя (показания весов тормоза) будет сначала возрастать, а затем

уменьшаться. Испытания прекращают, когда показание весов вновь уменьшаться на 2–3 %. Желательно, чтобы после максимума мощности на кривой при ранних углах опережения зажигания было определено не менее двух экспериментальных точек.

При ранних углах опережения зажигания в двигателе может возникнуть детонация. В этом случае дальнейшее увеличение опережения зажигания прекращают, а в протоколе испытаний отмечают появление детонации.

Чтобы избежать детонации при определении характеристики по углу опережения зажигания как правило применяют топливо с заведомо большим октановым числом, чем это необходимо при обычной работе двигателя.

Таким образом, получается регулировочная характеристика для одного режима работы двигателя. Для получения характеристики центробежного регулятора необходимо построить серию регулировочных характеристик для нескольких скоростей вращения коленчатого вала, но при неизменном положении дроссельной заслонки.

Затем, выбирая из каждой регулировочной характеристики $\varphi_{3\text{опт}}$ и соответствующую ему скорость, строят характеристику центробежного регулятора угла опережения зажигания (рис. 4).

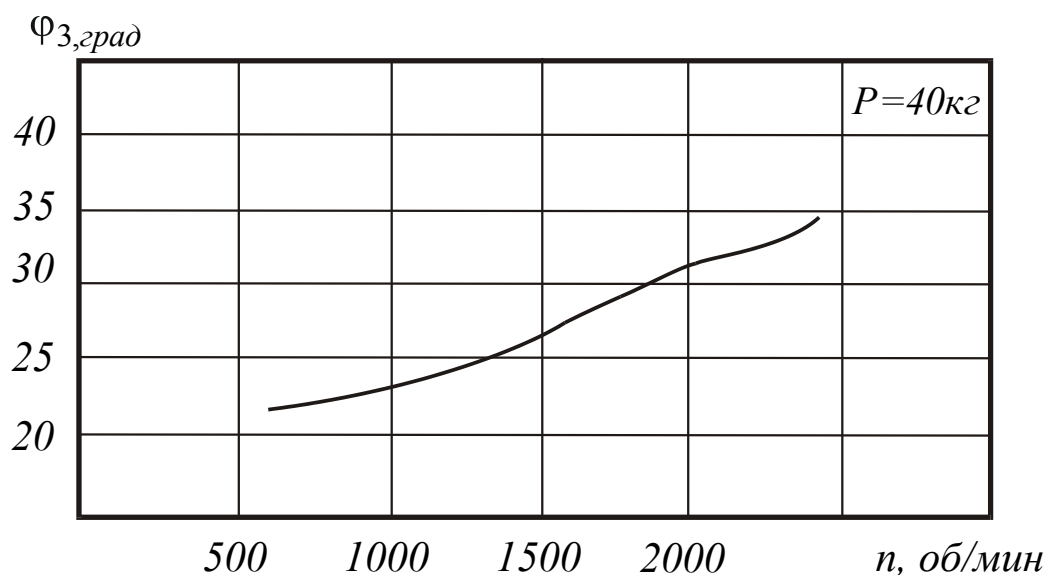


Рис. 4

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать протокол испытаний с результатами измерений и вычислений, а также графические зависимости $N_e(\varphi_3)$, $G_t(\varphi_3)$, $g_e(\varphi_3)$ на миллиметровой бумаге стандартным форматом. Вычисления произвести по следующим формулам.

Эффективная мощность

$$N_e = \frac{P n}{1000} \text{ л. с.},$$

где P – усилие на весах тормоза, кг; n – скорость вращения коленчатого вала, об/мин;

Часовой расход топлива

$$G_t = 3,6 \cdot \frac{\Delta G}{t} \text{ кг/ч},$$

где ΔG – измеряемая порция топлива, г; t – время расхода порции топлива, с.

Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = \frac{G_t \cdot 10^3}{N_e} \text{ г/(л. с. ч)}$$

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется углом опережения зажигания?
2. Что называется регулировочной характеристикой по углу опережения зажигания?
3. Сколько и какие фазы горения различают в карбюраторном двигателе?
4. Как должны располагаться фазы горения относительно ВМТ?
5. Как изменяются максимальные давления и температура цикла при изменении угла опережения зажигания?
6. Как влияет режим работы двигателя (скорость, нагрузка) на величину оптимального угла опережения зажигания?
7. Как осуществляется на двигателе автоматическая коррекция угла опережения зажигания при изменении режима работы?

8. Какова методика снятия регулировочной характеристики по углу опережения зажигания?

9. Как получить характеристики центробежного и вакуумного регуляторов?

Список рекомендуемой литературы

1. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей / под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглева. – Москва: Машиностроение, 1983. – 372 с.

2. Двигатели внутреннего сгорания: в 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов / под ред. В. Н. Луканина. – Москва: Высш. шк., 1995. – 368 с.