

Домашнее задание:
**Расчет внешней скоростной характеристики
двигателя с искровым зажиганием**

Основные цели работы:

1. Ознакомить студентов с современным программным обеспечением, предназначенным для расчета и оптимизации параметров ДВС.
2. Показать алгоритм регулирования угла опережения зажигания.
3. Показать характерное изменение основных показателей и процессов в ДВС при изменении режима работы.

Дополнительные цели работы:

1. Показать последовательность действий направленных на оптимизацию фаз газораспределения.
2. Показать последовательность действий по оптимизации угла опережения зажигания.

Исходные данные:

1. Число цилиндров и конструкция блока (рядный, V-образный, boxer, etc).
2. Основные размеры двигателя: диаметр цилиндра, ход поршня.
3. Степень сжатия.
4. Максимальная частота вращения.
5. Тип системы охлаждения (жидкостная, воздушная).
6. Область применения двигателя (транспортный, авиационный, и т.д.).
7. Наличие наддува (рекомендуется для простоты выбирать безнаддувный).
8. Число клапанов на один цилиндр.

Программные средства:

Программа ДИЗЕЛЬ-РК.


Для выполнения расчетов нужно соединение с Интернет, т.к. расчеты будут выполняться сервером МГТУ им. Баумана.

Студентам предлагается выбрать двигатель по своему усмотрению, но таким образом, чтобы были известны перечисленные выше Исходные данные (степень сжатия можно назначить самостоятельно, проконсультировавшись с преподавателем). Обычно все перечисленные данные можно найти в Интернет.

Клиентская часть программы загружается студентами на свои компьютеры самостоятельно с сайта www.diesel-rk.bmstu.ru и устанавливается.

Последовательность действий студента после запуска программы для ввода данных и создания проекта.

Шаг 1

Кнопка:  создает новый проект с помощью программы **Wizard of New Project Creation**.

Шаг 2

В окнах программы **Wizard of New Project Creation** ответьте на все вопросы, задайте геометрические параметры двигателя, параметры рабочего процесса,

выберите схему наддува. Программа **Wizard of New Project Creation** сгенерирует файл данных, установит необходимые эмпирические коэффициенты, рассчитает и задаст основные размеры систем воздухообеспечения и топливоподачи исходя из статистического опыта конструкторских решений принятых в отрасли.

Шаг 3

Сохраните проект в отдельной папке. Данные каждого двигателя сохраняйте в отдельных папках, стараясь систематизировать информацию. Включайте названия компании производителя и название двигателя в имена папок и файлов. Это поможет в дальнейшем.

Шаг 4

Отредактируйте таблицу рабочих режимов двигателя в соответствии с внешней скоростной характеристикой ДВС. Пусть режим максимальной мощности будет расположен в столбце #1 этой таблице, режимы с меньшими частотами вращения – в следующих столбцах, а режим близкий к холостому ходу в последнем столбце.

The screenshot shows the 'Operating Mode' dialog box. It contains several sections for configuration:

- Way of In-Cylinder Process Simulation:**
 - Specify Cycle Fuel Mass, [g]
 - Specify A/F equivalence Ratio in Cylinder
- Environment parameters:**
 - Set explicitly
 - Calculate using vehicle velocity and altitude above sea level
- Losses of pressure before compressor:**
 - Set explicitly
 - Calculate on pressure ratio in inlet device
- Losses of pressure after turbine:**
 - Set explicitly
 - Calculate on pressure ratio in exhaust device (scavenging)

Below these are two columns of input fields for engine modes #1 through #10. Mode #1 is "RPM=5500 Max Power" and mode #6 is "RPM=800".

At the bottom is a table with 8 columns (#1 to #7) and 10 rows of engine parameters. The table shows values for Engine Speed, Air Fuel Equivalence Ratio, Injection/Ignition Timing, Ambient Pressure, Ambient Temperature, Inlet Pressure Losses, Differential Pressure in exhaust, Fuel Supply Timing, and Fuel Supply Duration for each mode. Mode #1 is 'RPM=5500 Max Power' and mode #6 is 'RPM=800'.

Mode of Performance (#1 = Full Load)	<input checked="" type="checkbox"/> #1	<input checked="" type="checkbox"/> #2	<input checked="" type="checkbox"/> #3	<input checked="" type="checkbox"/> #4	<input checked="" type="checkbox"/> #5	<input checked="" type="checkbox"/> #6	<input type="checkbox"/> #7
Engine Speed, [rpm]	5500	4500	3500	2500	1500	800	5500
Air Fuel Equivalence Ratio in the Cylinder	1	1	1	1	1	1	1
Injection / Ignition Timing, [deg B.TDC]	25	23	18	13	8	5	25
Ambient Pressure, [bar]	1	1	1	1	1	1	1
Ambient Temperature, [K]	288	288	288	288	288	288	288
Inlet Pressure Losses (before compressor), [bar]	0,03	0,02	0,02	0,1	0,2	0,48	0,02
Differential Pressure in exhaust (tail) system, [bar]	0,04	0,02	0,01	0,005	0,0024	0,002	0,04
Fuel Supply Timing, [deg B.TDC]	340	340	340	340	340	340	340
Fuel Supply Duration, [deg B.TDC]	120	120	120	120	120	120	120

Рис. 1. Таблица рабочих режимов.

Помните, что препроцессор имеет внутреннюю логику, необходимые окна и поля ввода появляются только в том случае, если соответствующие данные необходимы для расчета выбранного типа ДВС.

Если Вы затрудняетесь при выборе эмпирических коэффициентов, оставьте установки **Wizard of New Project Creation**.


Установите частоту вращения вала двигателя на каждом из режимов по аналогии с приведенной таблицей режимов работы (рис. 1).

Установите опережение зажигания на каждом из режимов по аналогии с таблицей режимов работы (рис. 1).

Установите разрежение на впуске для каждого из режимов по аналогии с таблицей режимов работы (рис. 1).

Не забывайте писать в строке комментария характерную особенность каждого режима работы ДВС, это поможет в дальнейшей работе.

Шаг 5

Кнопка:  запускает расчет. В появившемся окне нажмите кнопку "ICE simulation".

Шаг 6

Результаты расчета можно посмотреть и распечатать в пункте меню "Results". Для быстрого доступа к некоторым пунктам меню используйте кнопки:



Кнопка для просмотра таблицы интегральных параметров ДВС.



Кнопка для просмотра *1D графиков* результатов расчета: скорости тепловыделения, параметров газообмена, результатов 1D сканирования, характеристик двигателя, и т.д.

При расчете характеристики ДВС таблица интегральных показателей двигателя не выводится. Таблица используется только для вывода параметров двигателя на отдельном режиме.

Для построения / просмотра характеристики двигателя следует воспользоваться кнопкой «*просмотра 1D графиков*» или пунктом меню:

<Результаты => Engine Performance>

Для построения функций перечисленных в левой панели следует перетащить левой кнопкой мышки нужную кривую на одну из панелей в правой части экрана.

Технология работы с окнами построения графиков описана в системе контекстной помощи.

Выполнение работы:

1. Подберите разрежение на впуске двигателя на режиме близком к холостому ходу таким образом, чтобы расчетная мощность не превышала на этом режиме 5 кВт. Для этого выполняйте расчеты не всей характеристики, а только данного режима. Выбор режимов для расчета осуществляется либо в таблице рабочих режимов (рис. 1.) либо в окне "Run", рис. 2.

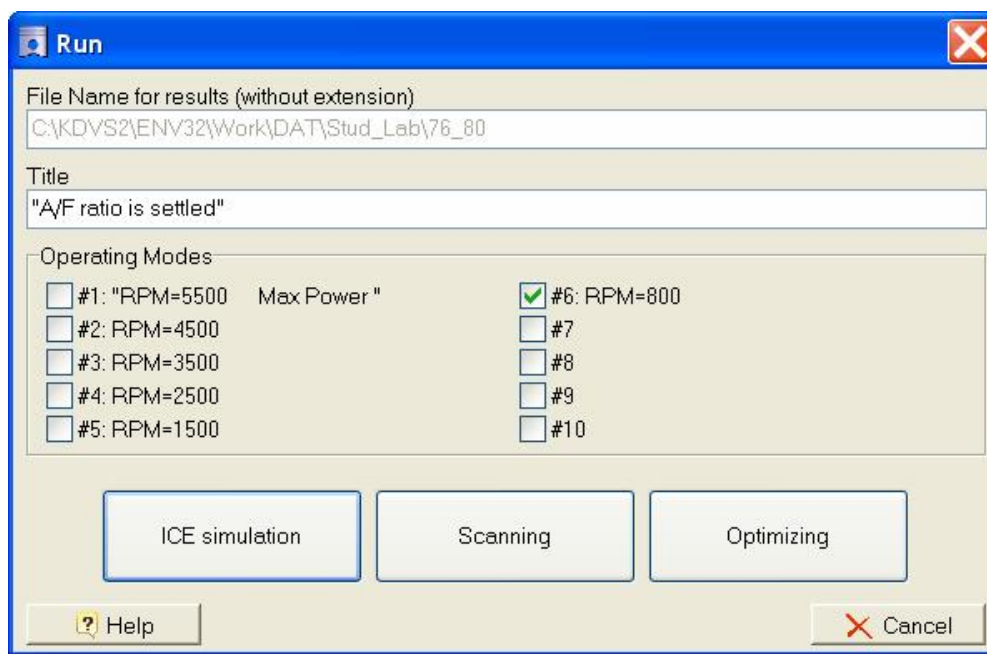


Рис. 2. Окно: "Run".

Для просмотра результатов используйте кнопку: " *reviewing the table of integral parameters of the engine* ".

2. Подберите разрежение на впуске двигателя на режиме между самой малой мощностью и средней мощностью, так, чтобы получилось плавное нарастание мощности и крутящего момента без превышения детонационного предела (расчетное октановое число не должно превышать октановое число топлива, минус 10). Рис. 3.

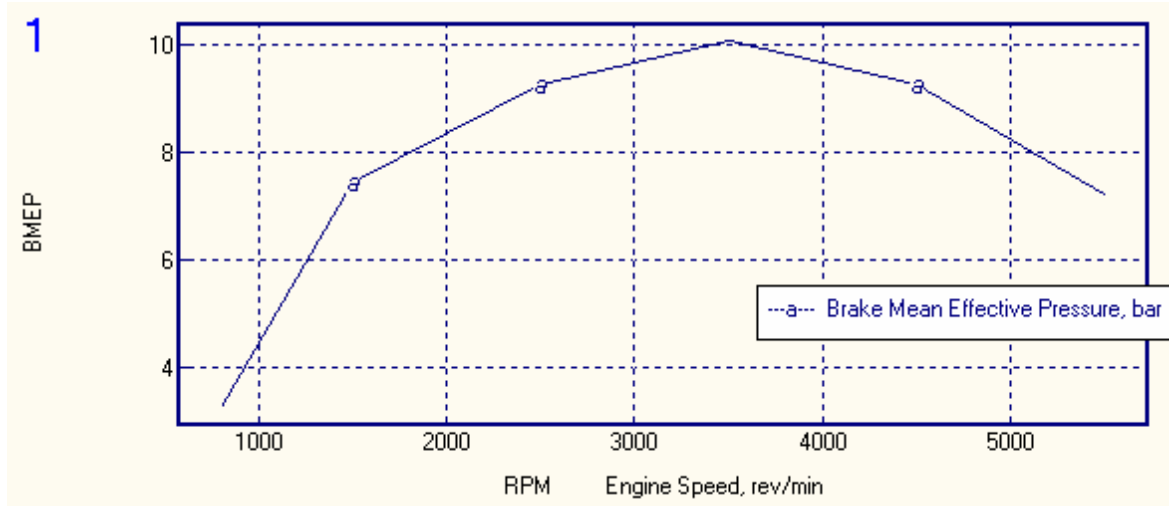


Рис. 3 а. Зависимость среднего эффективного давления от частоты вращения.

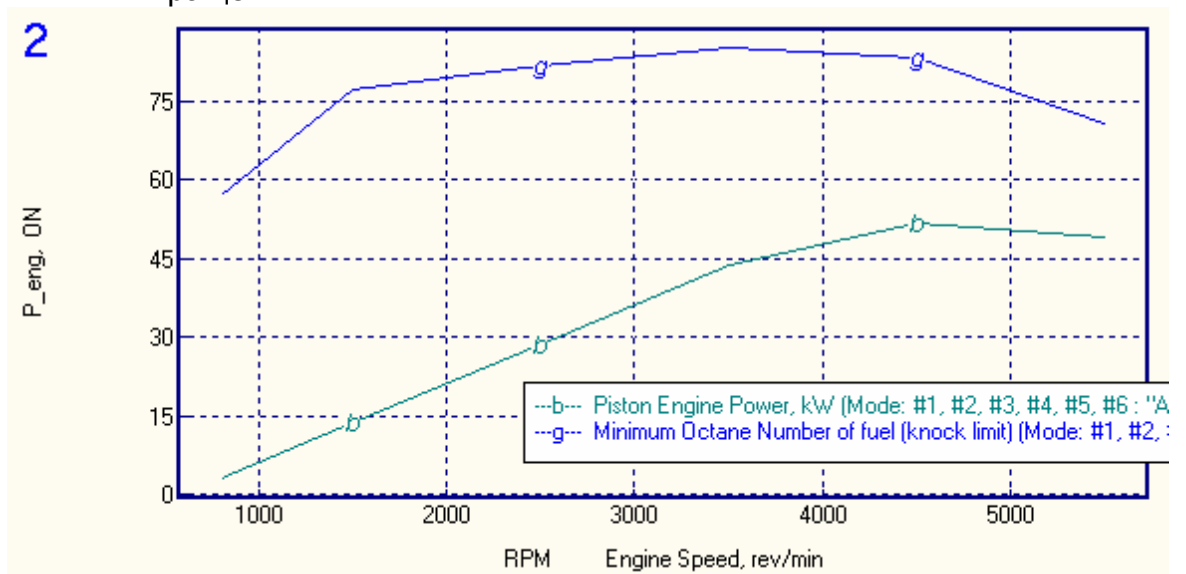


Рис. 3 б. Зависимость мощности "b" и октанового числа бензина "g" от частоты вращения.

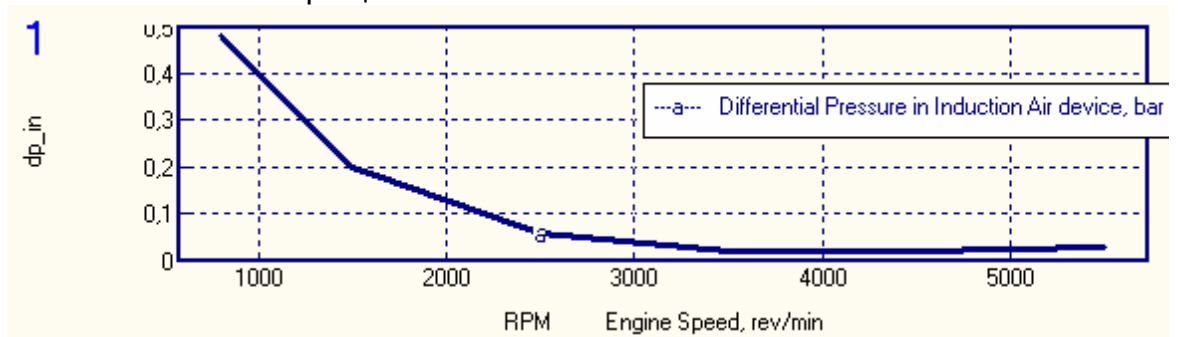


Рис. 3 в. Зависимость разрежения на впуске от частоты вращения.

3. Дополнительно постройте кривые зависимости крутящего момента, максимального давления цикла и удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения. рис. 4.

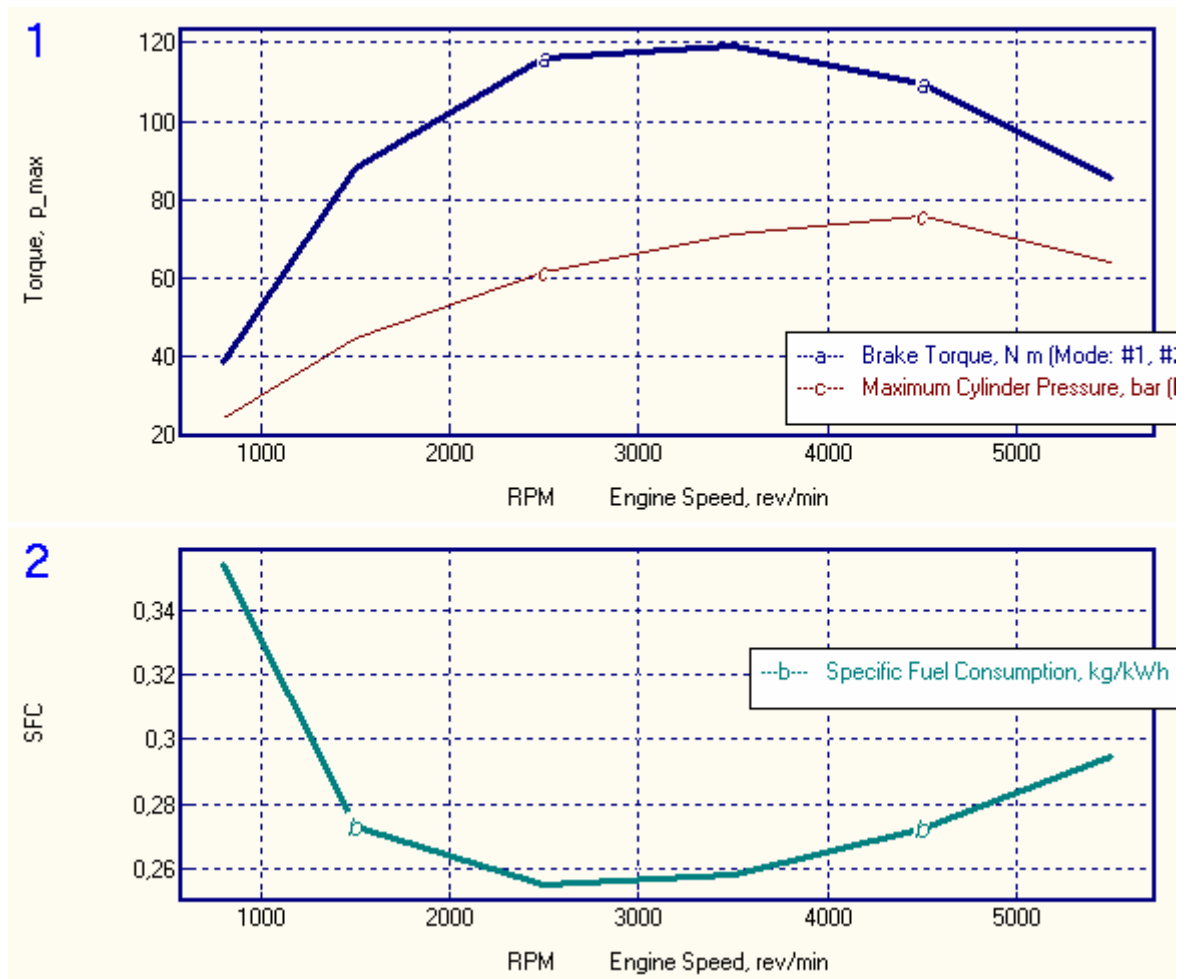


Рис. 4. Зависимость крутящего момента, максимального давления цикла и удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения.

4. Оптимизация угла окончания впуска на режиме средней мощности (RPM=3500). Выберите в главном меню режим одномерного сканирования: <Optimization => Scanning => Radio button 1D scanning
Выберите аргумент сканирования : IVC, установите минимальное значение 5 град за НМТ, максимальное значение: 65 град за НМТ, количество точек : 7. Закройте окно кнопкой ОК и выполните расчет в режиме сканирования. В качестве результата постройте зависимость коэффициента наполнения от угла IVC. Зафиксируйте результат как оптимальный, т.е. величину IVC соответствующую максимальному наполнению введите в окно исходных данных в окне <Gas Exchange System => Inlet valve Timing> .
Объясните почему кривая Eta_v vs IVC имеет выраженный максимум.

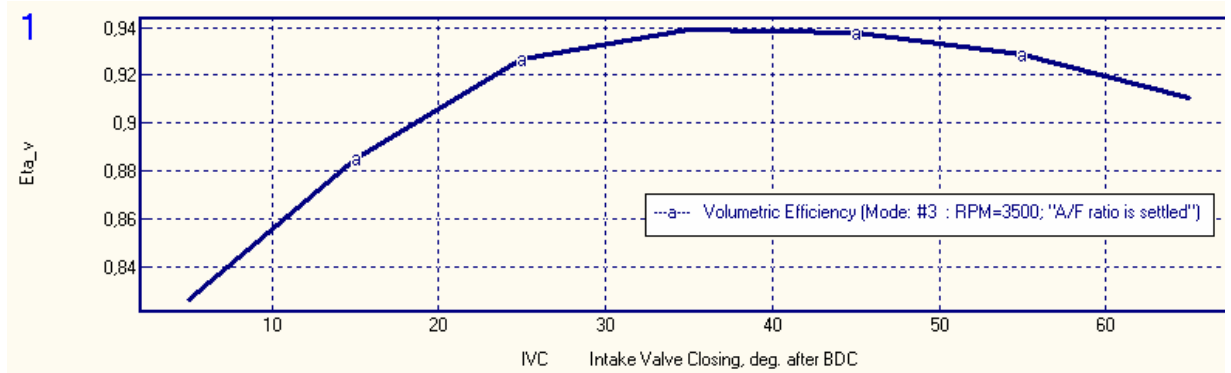


Рис. 5. Зависимость коэффициента наполнения Eta_v от угла IVC.
Оптимальное значение $\text{Eta}_v = 40$ град. За НМТ.

5. Оптимизация перекрытия фаз выпуска и впуска на режиме средней мощности. Выберите в главном меню режим двумерного сканирования: <Optimization => Scanning => Radio button 2D scanning
 Выберите аргументы сканирования: EVC, IVO установите минимальные значение 4 град за НМТ, максимальные значение: 40 град за НМТ, количество точек : 7 для каждого аргумента сетки сканирования. Закройте окно кнопкой ОК и выполните расчет в режиме сканирования. В качестве результата постройте зависимость коэффициента наполнения и удельного эффективного расхода топлива от углов EVC и IVO. Выберите оптимальное значение на основе анализа зависимостей удельного эффективного расхода топлива и коэффициента наполнения от EVC и IVO. Зафиксируйте результат как оптимальный, т.е. величины EVC и IVO соответствующие максимальному наполнению и минимальному расходу топлива введите в окно исходных данных в окнах:
 <Gas Exchange System => Inlet valve Timing> и
 <Gas Exchange System => Exhaust valve Timing>.
 Объясните, почему поверхности SFC vs (EVC, IVO) и η_{v} vs (EVC, IVO) имеют выраженный максимум.

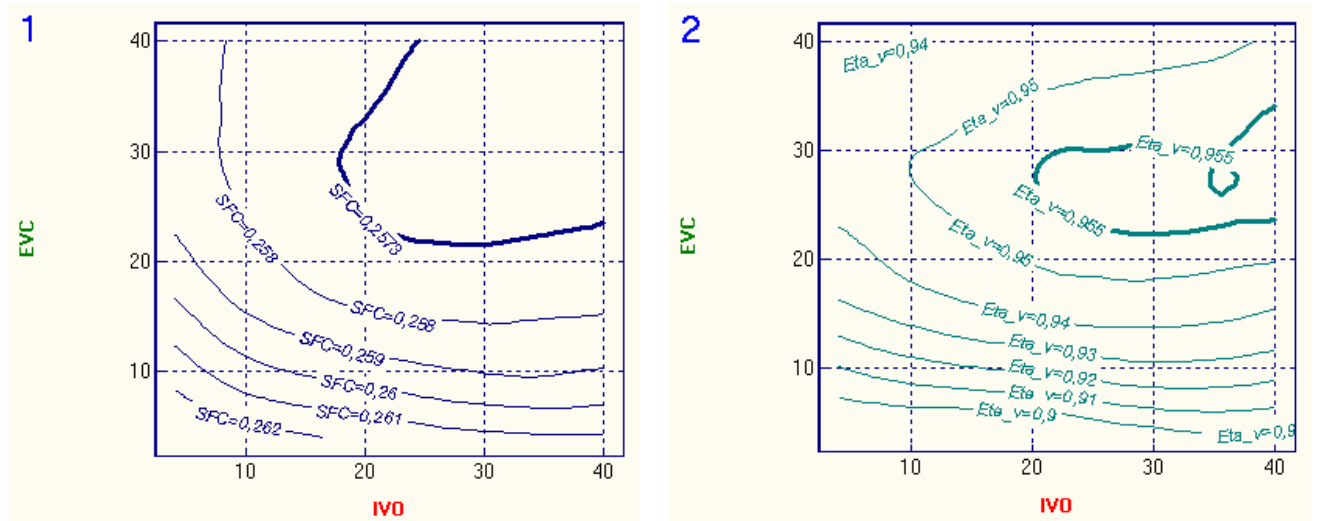


Рис. 6. Зависимость удельного эффективного расхода топлива SFC и коэффициента наполнения η_{v} от углов EVC и IVO.

Оптимальные значения углов: EVC = 23 град. за ВМТ;
 IVO = 23 град. до ВМТ.

6. Оптимизация угла начала выпуска на режиме средней мощности. Выберите в главном меню режим одномерного сканирования: <Optimization => Scanning => Radio button 1D scanning. Выберите аргумент сканирования: EVO, установите минимальное значение 15 град за НМТ, максимальное значение: 75 град за НМТ, количество точек : 7. Закройте окно кнопкой ОК и выполните расчет в режиме сканирования. В качестве результата постройте зависимость среднего индикаторного давления и среднего давления насосных ходов, а также среднего эффективного давления от угла EVO. Зафиксируйте результат как оптимальный, т.е. величину EVO соответствующую максимальному BMEP введите в окно исходных данных в окне <Gas Exchange System => Exhaust valve Timing>. Объясните, почему кривая BMEP vs EVO имеет выраженный максимум.

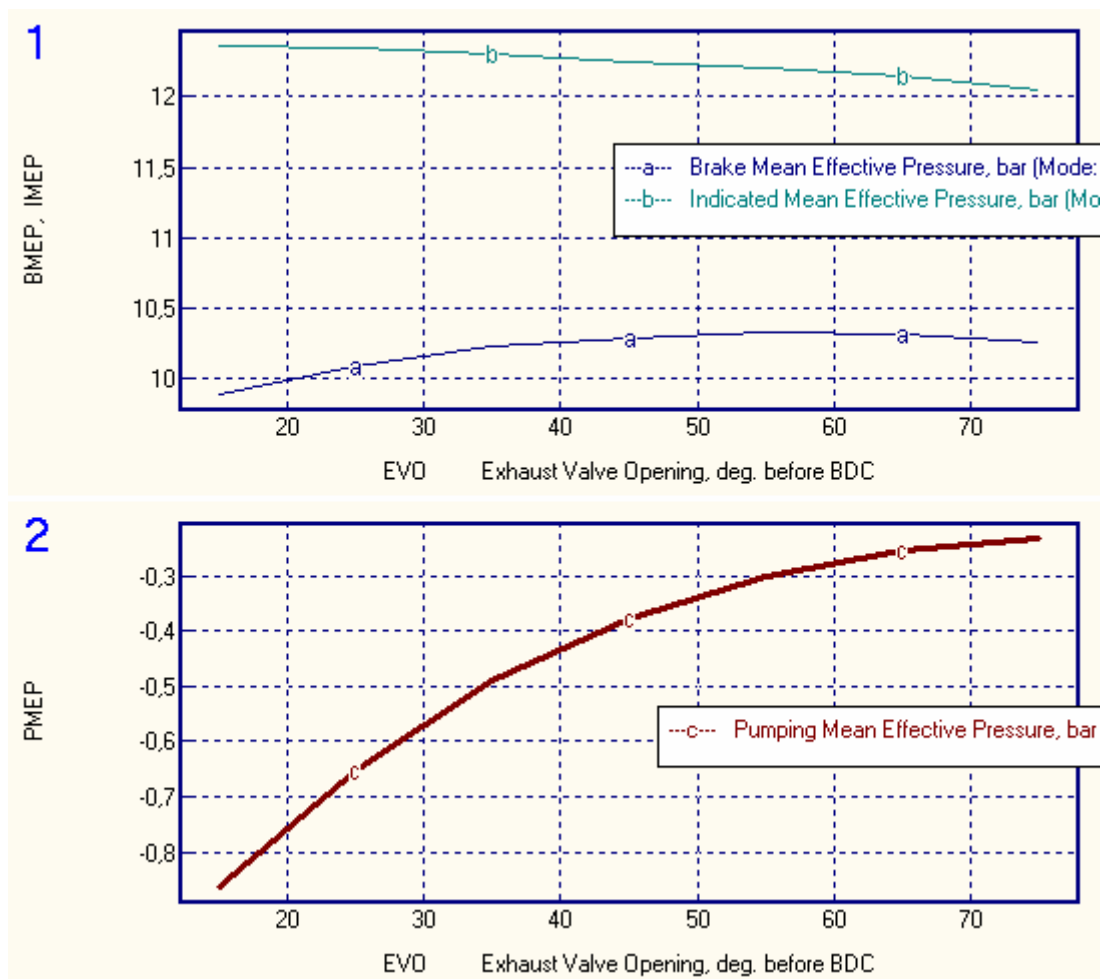


Рис. 7. Зависимость среднего эффективного давления, среднего индикаторного давления и среднего давления насосных ходов от угла открытия выпускного клапана: EVO.

Оптимальный угол выпускного клапана: EVO = 67 град до НМТ.

7. Рассчитайте внешнюю скоростную характеристику ДВС с оптимальными фазами газораспределения и сравните ее с первоначальной. Для этого в поле ввода комментария к расчету (рис. 2) введите комментарий: «оптимальные фазы газораспределения». Отобразите две характеристики на одном графике.

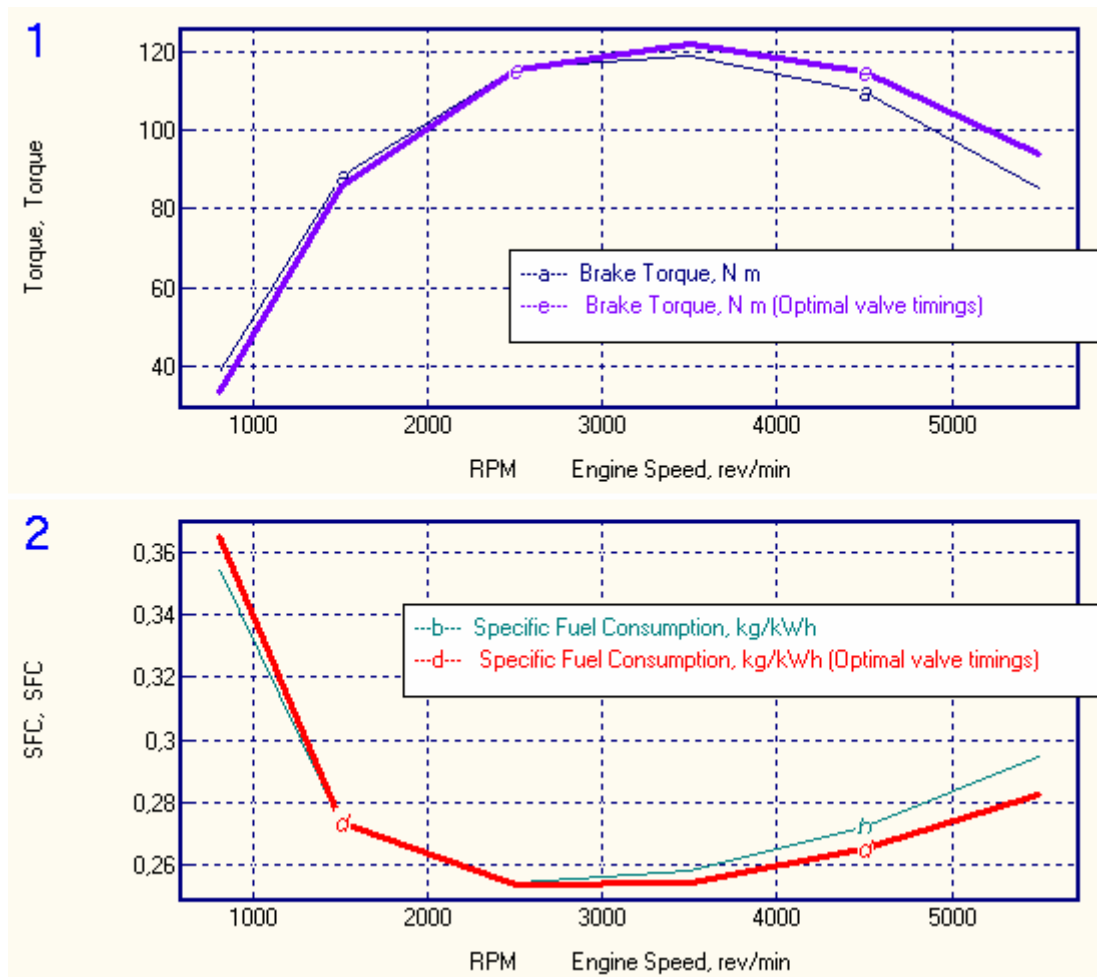


Рис. 8. Сопоставление характеристик двигателя: а, б – первоначальные; е, д – с оптимальными фазами газораспределения.

8. Рассчитайте отдельно рабочий процесс двигателя на режиме полной мощности (RPM=5500) и на режиме малой мощности (RPM=1500) с оптимальными фазами газораспределения и сравните между собой диаграммы давления в цилиндре в функции угла поворота коленчатого вала и в функции от объема цилиндра (рис. 9).

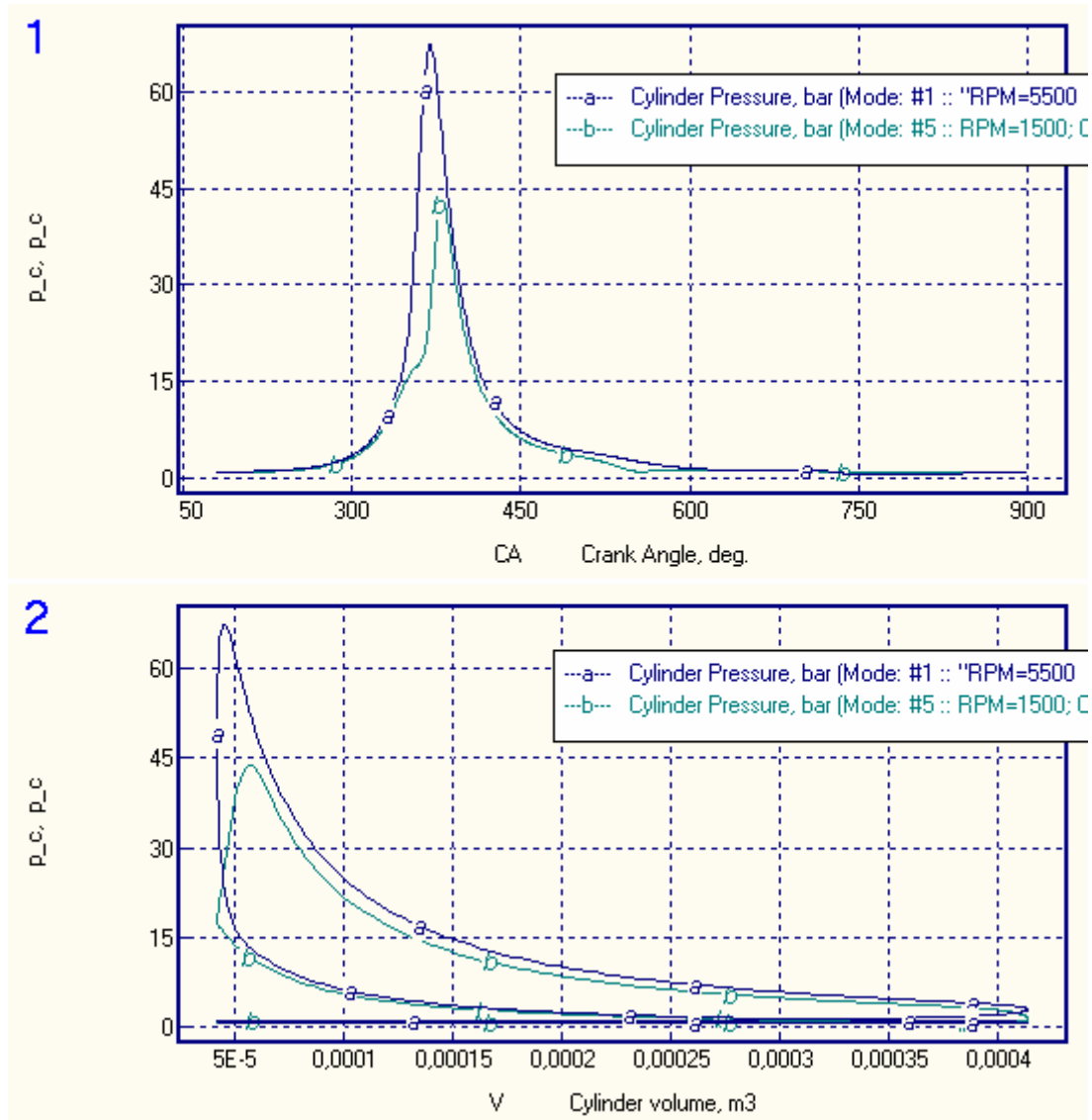


Рис. 9. Сопоставление диаграмм давления в цилиндре в функции угла поворота коленчатого вала и в функции от объема цилиндра