

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних занять з дисципліни
«Перспективи розвитку ДВЗ»**

Харків ХНАДУ 2012

Укладач: О.М.Врублевський

Кафедра двигунів внутрішнього згоряння

ЗМІСТ

<i>Передмова</i>	3
ЗАВДАННЯ 1 Дослідження двигуна форсованого наддувом.....	4
ЗАВДАННЯ 2 Розрахунок двигуна з примусовим запаленням. Визначення шляхів його модернізації	7
<i>Література</i>	18

ПЕРЕДМОВА

Основною метою практичних робіт з дисципліни «Перспективи розвитку ДВЗ» є закріплення і поглиблення знань студентів, що одержані на лекціях, ознайомлення з поширеними та перспективними конструкціями ДВЗ, їх параметрами [1 - 3].

Головними задачами навчальної дисципліни є формування у студентів комплексу знань, умінь, навичок і уявлень, необхідних для розв'язання фахових задач, пов'язаних з обґрунтуванням вибору типу двигуна, його основних показників і характеристик на етапі розробки технічного завдання, конструкторського проекту і пропозиції з урахуванням вимог замовника і сучасних тенденцій.

При підготовці до практичного заняття студент повинен вивчити відповідну тему лекційного матеріалу, а також самостійно ознайомитись і законспектувати в робочий зошит необхідний матеріал. Виконання приведених у методичних вказівках завдань відбувається за допомогою спеціального програмного забезпечення, що встановлено у комп'ютерному класі кафедри двигунів внутрішнього згоряння.

ЗАВДАННЯ 1

Дослідження двигуна форсованого наддувом

Мета роботи:

- вивчити основні параметри та залежності, що визначають потужність, крутний момент, ККД, робочий об'єм двигуна;
- вивчити принцип дії та конструкцію сучасного двигуна;
- вивчити метод форсування двигуна шляхом застосування наддуву;
- визначити переваги та недоліки застосування наддуву;
- набути вміння, щодо експрес-аналізу ефективності застосування наддуву двигунами з примусовим запаленням та дизелів.

1.1 Загальні положення

Потужність двигуна (N_e , кВт) залежить від розмірів циліндра (V_h -робочий об'єм циліндра в літрах, л), від числа циліндрів (i), від тактності двигуна ($\tau = 2$ або 4 для двотактного або чотиритактного двигуна відповідно), від застосовуваного палива (H_u , кДж / кг і l_0 , кг/кг), від якості робочого процесу (η_i/α), коефіцієнту наповнення (η_v), механічного ККД (η_m), частоти обертання (n , хв⁻¹) і щільності наддувального повітря (ρ_k , кг/м³):

$$N_e = K \cdot \frac{V_h \cdot i \cdot H_u}{\tau \cdot l_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \rho_k \cdot n,$$

де K – константа, $K=10^{-3}$.

Рівняння показує, що основним методом форсування двигуна по потужності є застосування наддування, тобто збільшення густини повітря, що надходить на зарядку циліндра. Звичайно, з застосуванням наддуву змінюються й інші параметри, що характеризують робочий процес. Це потрібно оцінювати при проведенні відповідних приблизних розрахунках.

1.2 Задачі до практичного заняття

Задача 1.1.

Визначити потужність 4^x циліндрового двигуна з примусовим запаленням ($i = 4$), якщо його модернізували турбонаддувом. При цьому відомо, що $V_h \cdot i = 2$ [л]; $H_u = 42500$ [кДж/кг]; $l_0 = 14,6$ [кг/кг]; $\eta_i = 40\%$; $\alpha = 1,3$; $\eta_v = 0,94$; $\rho_k = 1,35$ [кг/м³]; $\eta_m = 0,88$; $n = 5500$ хв⁻¹.

Рішення.

$$\begin{aligned} N_e &= 10^{-3} [(V_h i)/(30\tau)](H_u/l_0)(\eta_i/\alpha)\eta_v \rho_k \eta_m \cdot n = \\ &= 10^{-3} [2/(30 \cdot 4)](42500/14,6)(0,40/1,3)0,94 \cdot 1,35 \cdot 0,88 \cdot 5500 = \\ &= 91,68 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

Задача 1.2.

Визначити зниження потужності вказаного вище дизеля, якщо він працює без наддуву.

Задача 1.3.

Визначити, скільки циліндрів необхідно мати двигуну без наддуву, для досягнення потужності $N_e = 120$ кВт, яку розвиває двигун з наддувом по задачі 1.1.

Задача 1.4.

Визначити можливості підвищення потужності дизеля за умовами задачі 1.1, якщо досягнутий рівень наддуву складає $4\rho_0$.

Задача 1.5.

Визначити, які розміри циліндра ($D/S = 1$) повинен мати двигун потужністю, що отримана у задачі 1.4, якщо він без наддуву.

Задача 1.6.

Визначити потужність двигуна ($i = 4$), якщо його модернізували турбонаддувом. При цьому відомо, що $V_h \cdot i = 4$ [л]; $H_u = 42350$ [кДж/кг]; $l_0 = 14,6$ [кг/кг]; $\eta_i = 39\%$; $\alpha = 1,1$; $\eta_v = 0,85$; $\rho_k = 1,55$ [кг/м³]; $\eta_m = 0,89$; $n = 6400$ хв⁻¹.

Задача 1.7.

Визначити потужність двигуна BMW ($i = 6$), якщо на ньому встановили трьохступеневий турбонаддув. При цьому відомо, що $V_h \cdot i = 3$ [л]; $H_u = 42500$ [кДж/кг]; $l_0 = 14,5$ [кг/кг]; $\eta_i = 45$ %; $\alpha = 1,7$; $\eta_v = 0,93$; $\rho_k = 2,5$ [кг/м³]; $\eta_m = 0,88$; $n = 4600$ хв⁻¹.

Задача 1.8.

Визначити потужність дизеля ($i = 4$), модернізованого турбонаддувом. Відомо, що $V_h \cdot i = 2$ [л]; $H_u = 42500$ [кДж/кг]; $l_0 = 14,4$ [кг/кг]; $\eta_i = 41$ %; $\alpha = 1,6$; $\eta_v = 0,90$; $\rho_k = 1,83$ [кг/м³]; $\eta_m = 0,86$; $n = 4200$ хв⁻¹.

Задача 1.9.

Визначити зниження потужності дизеля (умова задачі 1.8), якщо він працює без наддуву.

Задача 1.10.

Визначити збільшення крутного моменту двигуна ($i = 4$), якщо його виконали з турбонаддувом. Відомо, що $V_h \cdot i = 2,2$ [л]; $H_u = 42560$ [кДж/кг]; $l_0 = 14,4$ [кг/кг]; у двигуна з наддувом $\eta_i = 44$ %; $\alpha = 1,5$; $\eta_v = 0,89$; $\rho_k = 2,2$ [кг/м³]; $\eta_m = 0,89$ при $n = 6600$ хв⁻¹.

ЗАВДАННЯ 2

Розрахунок двигуна з примусовим запаленням. Визначення шляхів його модернізації

Мета заняття:

- ознайомитись з сучасною програмою розрахунку та аналізу двигунів внутрішнього згорання;
- отримати уявлення про засоби математичного моделювання процесів, що відбуваються у двигуні;
- визначити ефективність або доцільність запропонованої модернізації двигуна з примусовим запаленням;
- отримати навички стосовно аналізу результатів розрахункового дослідження;
- визначити алгоритм регулювання кута випередження запалювання;
- показати послідовність дій, що направлені на оптимізацію фаз газорозподілу;
- показати ефективність впровадження безпосереднього впорскування палива у двигуні з примусовим запаленням.

2.1 Загальні положення

При виконанні даного завдання необхідно попередньо ознайомитись з програмним комплексом ДИЗЕЛЬ-РК [4].

Для виконання розрахунків потрібно з'єднання з Інтернет, тому що розрахунки виконуються сервером МГТУ ім. Баумана (Росія).


Студентам пропонується обрати двигун на свій розсуд, але таким чином, щоб були відомі перераховані нижче вихідні дані (ступінь стиснення можна призначити самостійно, проконсультувавшись із викладачем). Зазвичай всі необхідні дані можна знайти в Інтернет. Клієнтська частина програми завантажена на комп'ютери самостійно з сайту www.diesel-rk.bmstu.ru. Послідовність дій студента після запуску програми для введення даних і виконання завдання приведена нижче.

2.2 Вихідні дані для виконання завдання

1. Кількість циліндрів і конструкція блоку (рядний, V-подібний, опозитний, зіркоподібний).
2. Основні розміри двигуна: діаметр циліндра, хід поршня.
3. Ступінь стискання.
4. Максимальна частота обертання колінчастого валу.
5. Тип системи охолодження (рідинна, повітряна).
6. Область застосування двигуна (транспортний, авіаційний, та інш.).
7. Наявність наддуву.
8. Кількість клапанів на один циліндр.

2.3 Підготовка до виконання завдання

Крок 1

Кнопка:  створює новий проект за допомогою програми **Wizard of New Project Creation**.

У якості прикладу розрахуємо одноциліндровий двигун Honda GX35 [5].

Крок 2

У вікнах програми **Wizard of New Project Creation** надайте відповіді на усі питання, задайте геометричні параметри двигуна, параметри робочого процесу, оберіть схему наддуву, як це вказано на рис. 1 - 5. Програма **Wizard of New Project Creation** згенерує файл даних, встановить необхідні емпіричні коефіцієнти, розрахує та задасть основні розміри систем подачі повітря й паливоподачі виходячи з статистичного досвіду конструкторських рішень прийнятих у двигунобудуванні.

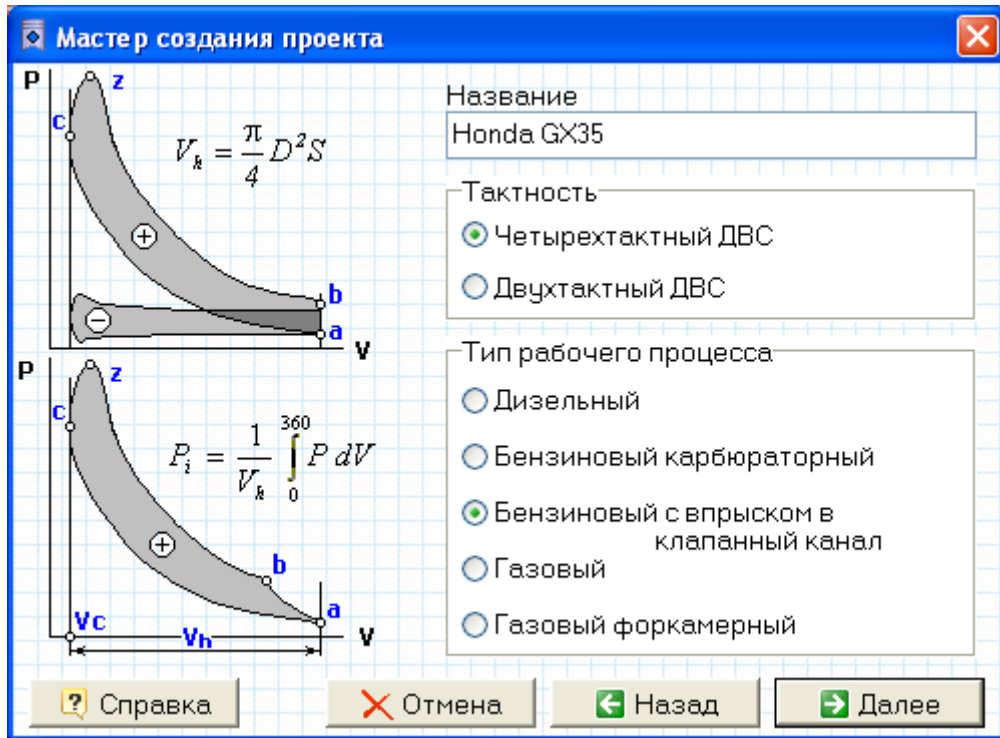


Рисунок 2.1 – Вікно завдання типу двигуна

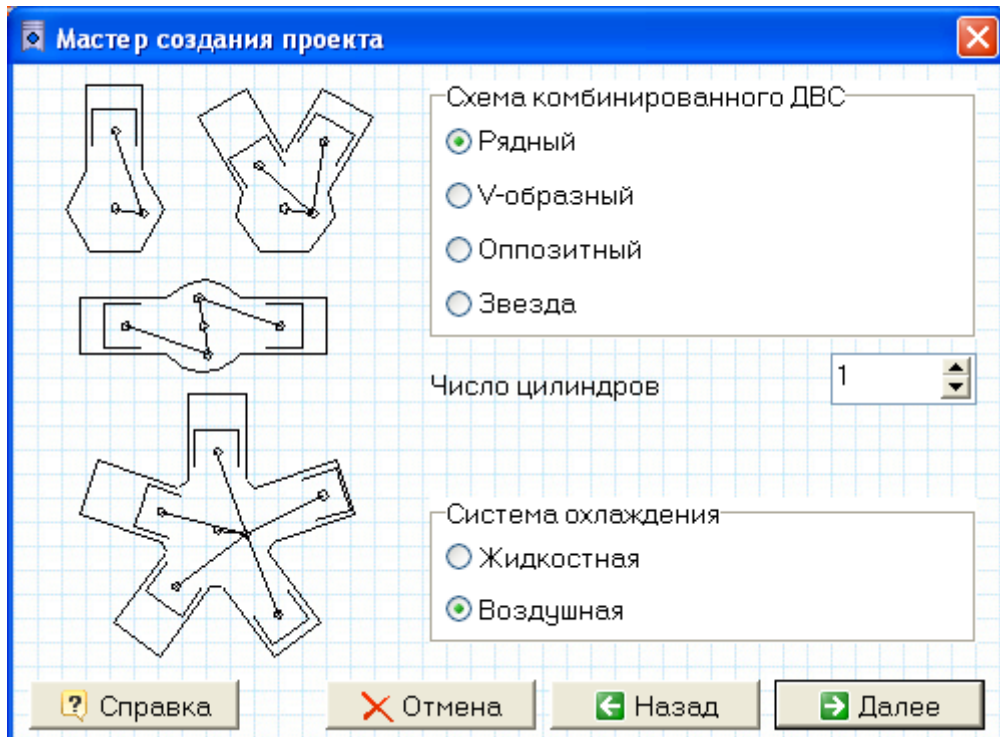


Рисунок 2.2 – Вікно завдання схеми двигуна та системи охолодження

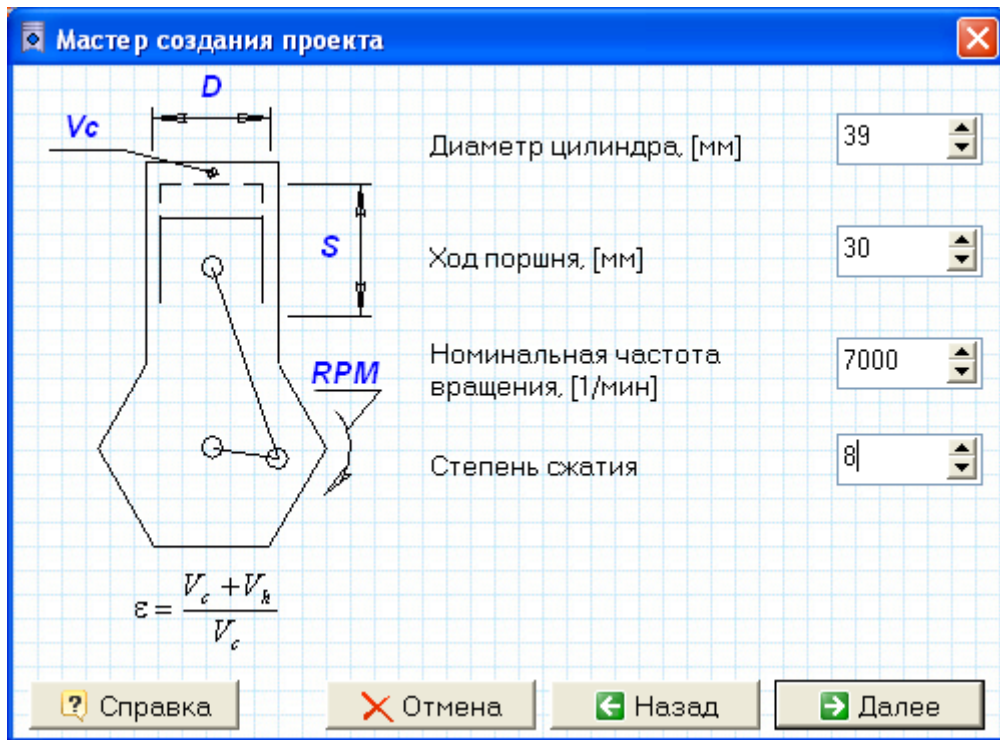


Рисунок 2.3 – Вікно завдання основних параметрів двигуна

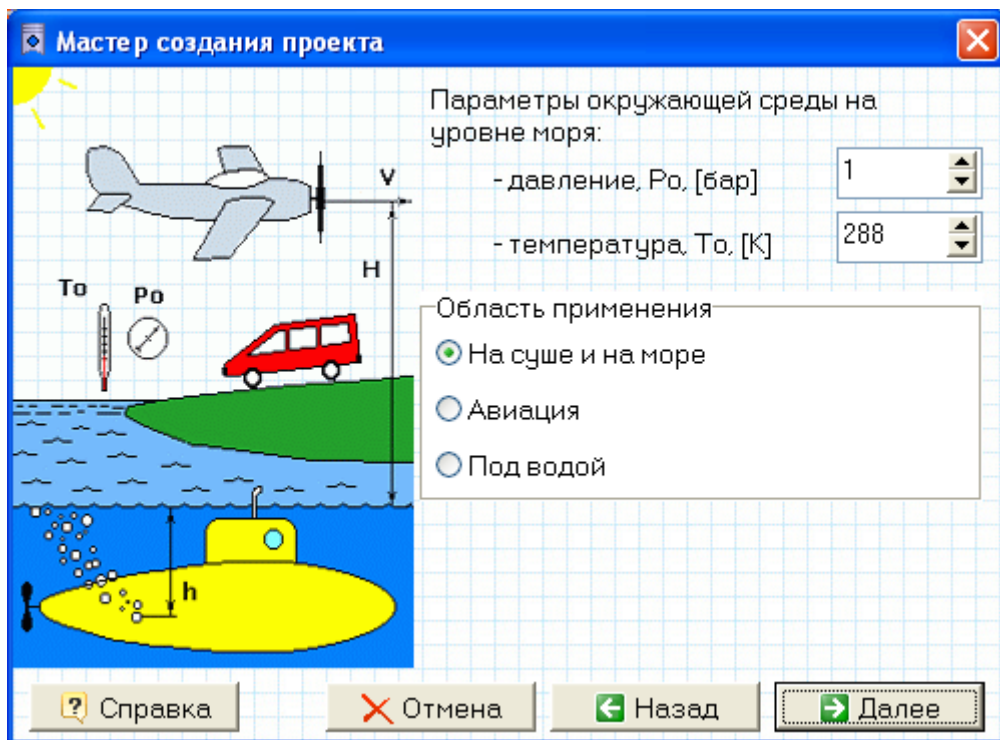


Рисунок 2.4 – Вікно завдання умов експлуатації двигуна

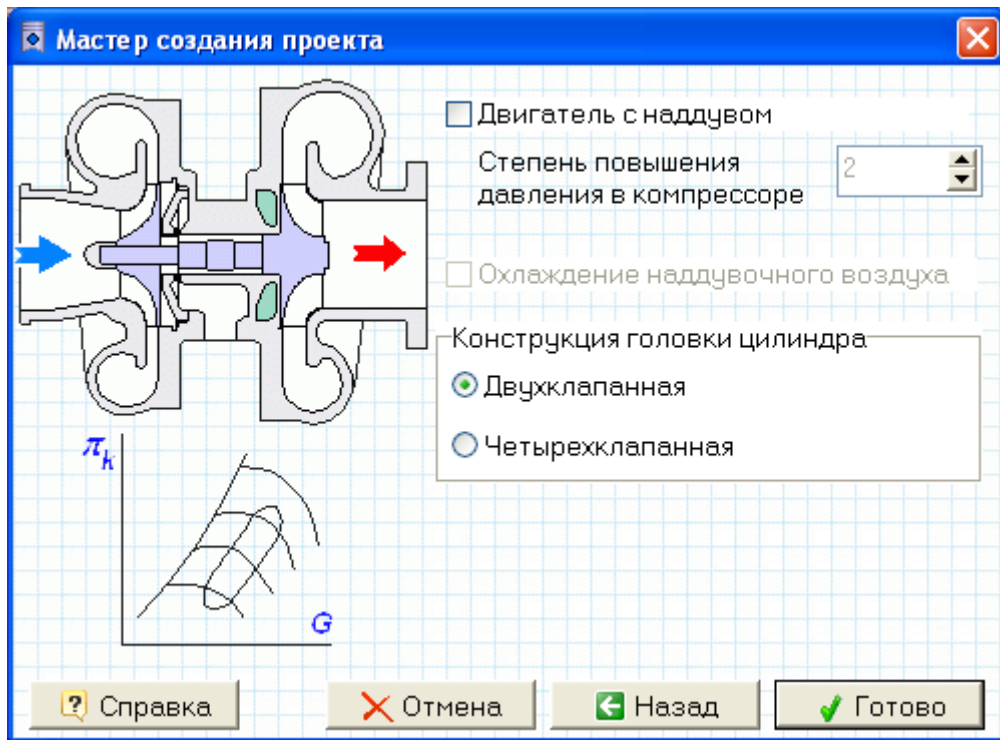


Рисунок 2.5 – Вікно завдання умов подачі повітря

Крок 3

Збережіть проект у окремій папці. Дані кожного двигуна зберігайте у окремих папках, стараючись систематизувати інформацію. Включайте назву компанії виробника й назву двигуна в імена папок і файлів. Це допоможе подалі.

Крок 4

Відредагуйте таблицю робочих режимів двигуна у відповідності із зовнішньою швидкісною характеристикою ДВЗ. Внесемо режим максимальної потужності у стовбчик #1 у вікні «Режим роботи» (рис. 2.6), режими з меншими частотами обертання колінчастого валу – у наступних стовпчиках, а режим, що наближається до холодного ходу у останньому стовпчику.

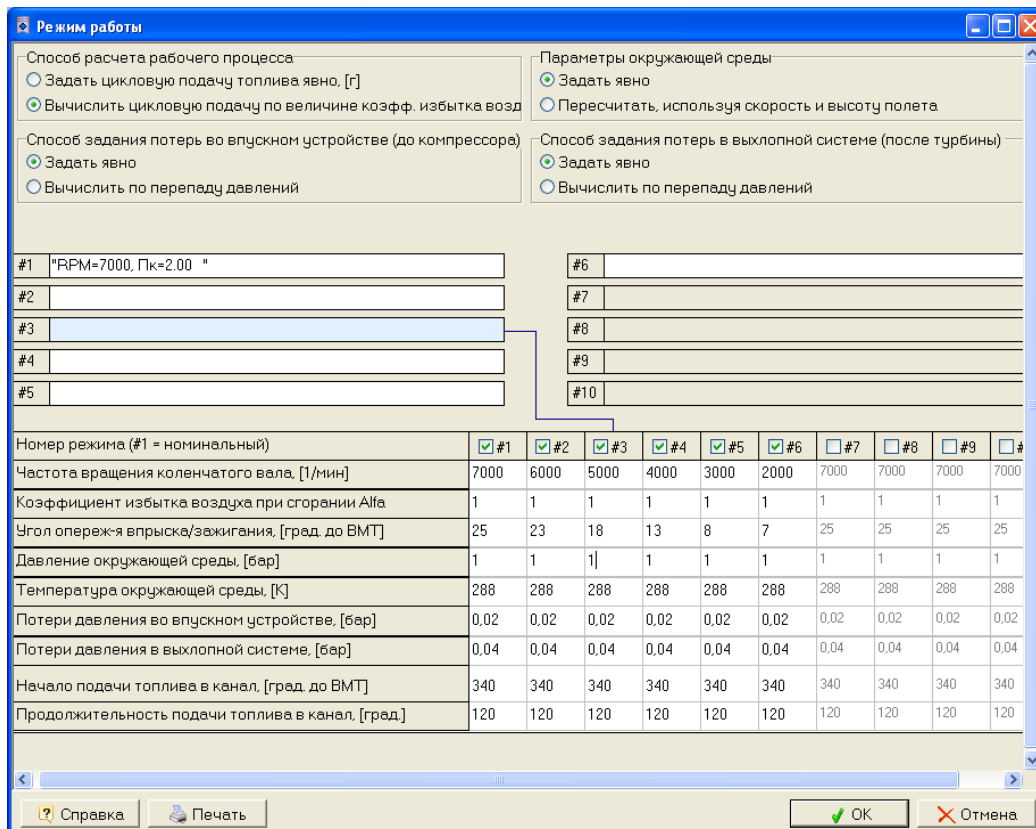



Рисунок 2.6 – Вікно завдання параметрів режимів роботи двигуна (вказані параметри для розрахунку зовнішньої швидкісної характеристики)

Крок 5

Кнопка:  запускає розрахунок. В вікні, що з`являється, необхідно натиснути кнопку «Розрахунок КДВС».

Крок 6

Результати розрахунку можна переглянути й роздрукувати у пункті меню «Результати». Для швидкого доступу до дечких пунктів меню використовуйте кнопки:



Кнопка перегляду таблиці інтегральних параметрів ДВЗ.



Кнопка для перегляду *1D графіків* результатів розрахунку: швидкості тепловиделення, параметрів газообміну, результатів 1D сканування, характеристик двигуна, и т. д.

При розрахунку характеристики ДВЗ таблиця інтегральних показників двигуна не виводиться. Таблиця використовується тільки для виводу параметрів двигуна на окремому режимі.

Для побудови / перегляду характеристики двигуна слід використати кнопку «*перегляд 1D графіків*» або пунктом меню: <Результати => Engine Performance>.

Для побудови функцій, що перелічені у лівій панелі слід перенести лівою кнопкою миші потрібну криву на одну з панелей у правій частині екрану.

Технологія роботи з вікнами побудови графіків описана у системі контекстної допомоги програми Дизель-РК.

2.4 Виконання завдання

1. Побудуйте зовнішню швидкісну характеристику двигуна Honda GX35. Обрання режимів для розрахунку відбувається або у таблиці (рис. 2.6) або у вікні "Розрахунок", рис. 2.7.

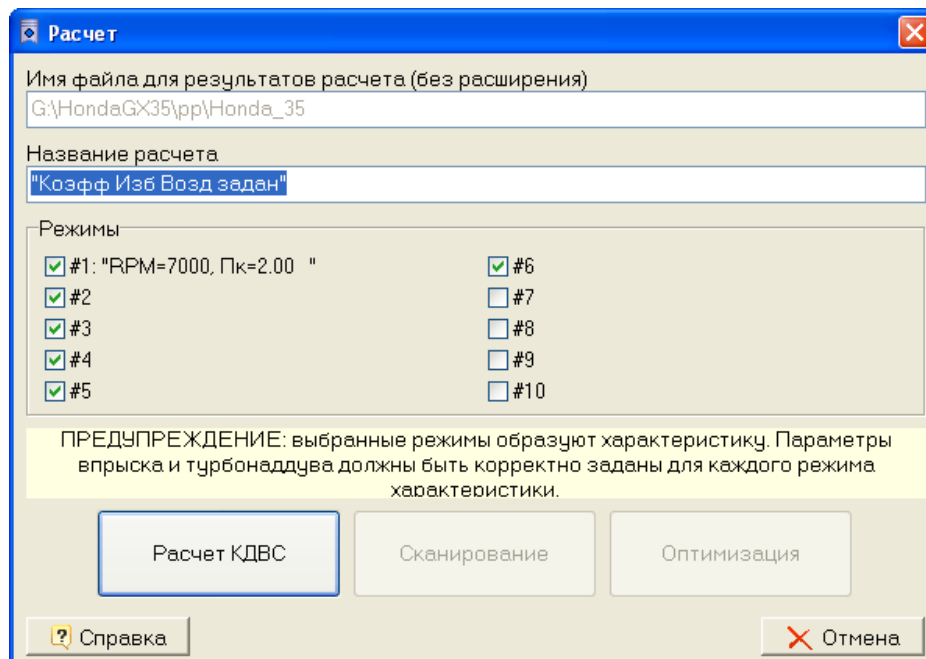


Рисунок 2.7 – Вікно "Розрахунок"

Для перегляду результатів розрахунку використовуйте кнопки: «параметри робочого процесу» та «впорскування та тепловиділення». Результати розрахунку представлені на рис. 2.8.

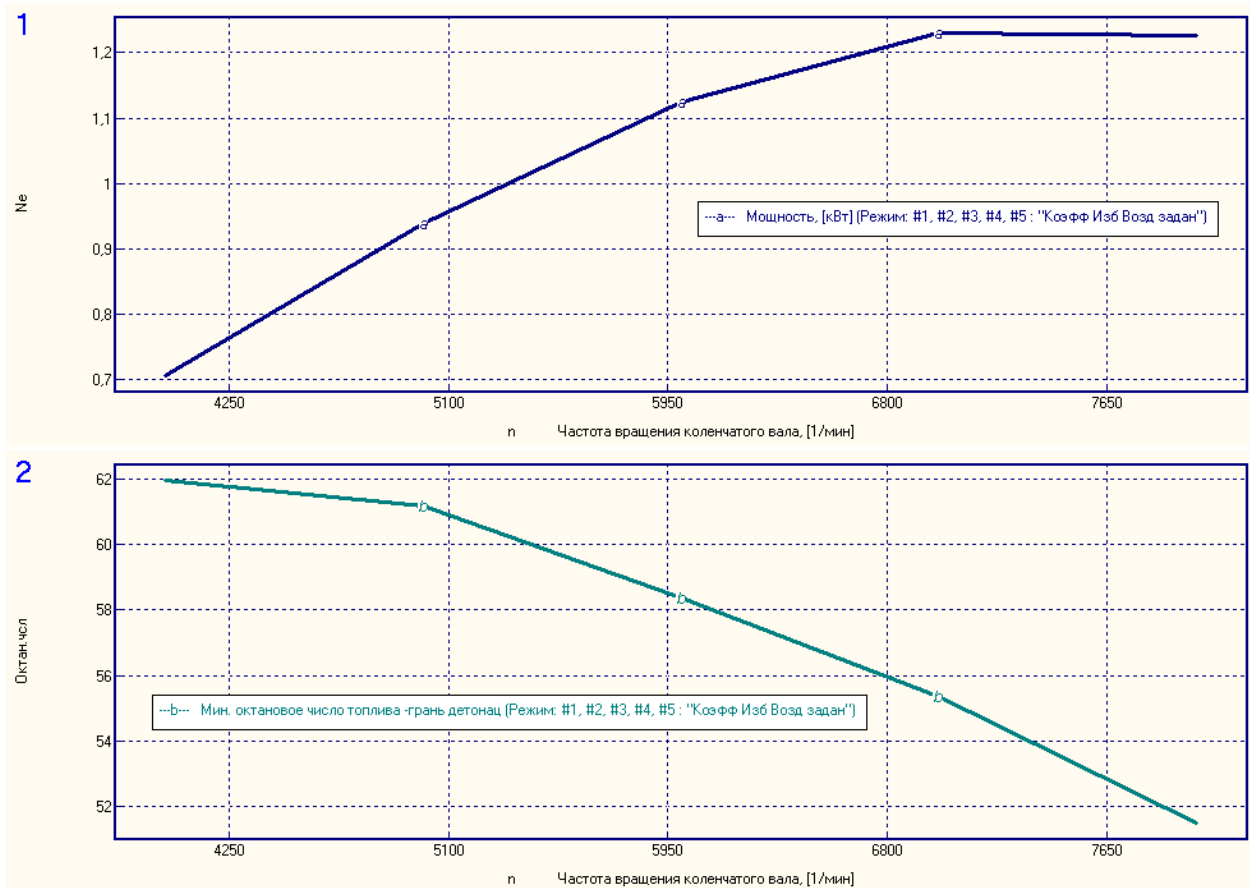


Рисунок 2.8 – Криві зміни потужності та октанового числа, що забезпечує роботу двигуна без детонації

2. Визначить, чи забезпечують прийняті параметри двигуна на усіх режимах роботу двигуна без детонації (розрахункове октанове число не повинне перевищувати октанове число палива, мінус 10). Прослідкуйте чи повільно наростає потужність й крутний момент при цьому (рис. 2.8).

3. Додатково побудуйте криві залежності крутного моменту й питомої ефективної витрати палива від частоти обертів колінчастого валу (рис. 2.9).

4. Оптимізація кута закінчення впуску на режимі номінальної потужності ($n = 7000 \text{ хв}^{-1}$). Оберіть у головному меню режим одновимірного сканування: <Оптимізація => Сканування => одновимірне сканування>. Оберіть аргумент сканування: «кут закінчення впуску», встановіть мінімальне значення - 10 град. п.к.в. за НМТ, максимальне значення: 90 град. п.к.в. за НМТ, кількість точок: 10. Закрийте вікно кнопкою ОК та виконайте розрахунок у режимі скану-

вання. У якості результату побудуйте залежність коефіцієнту наповнення від кута закінчення впуску. Зафіксуйте результат як оптимальний, тобто величину кута закінчення впуску, що відповідає максимальному наповненню введіть у вікно вихідних даних у вікні <Газорозподіл => Час-переріз впуску> . Поясніть, чому крива η_v у залежності від кута закінчення впуску має виразний максимум (рис. 2.10).

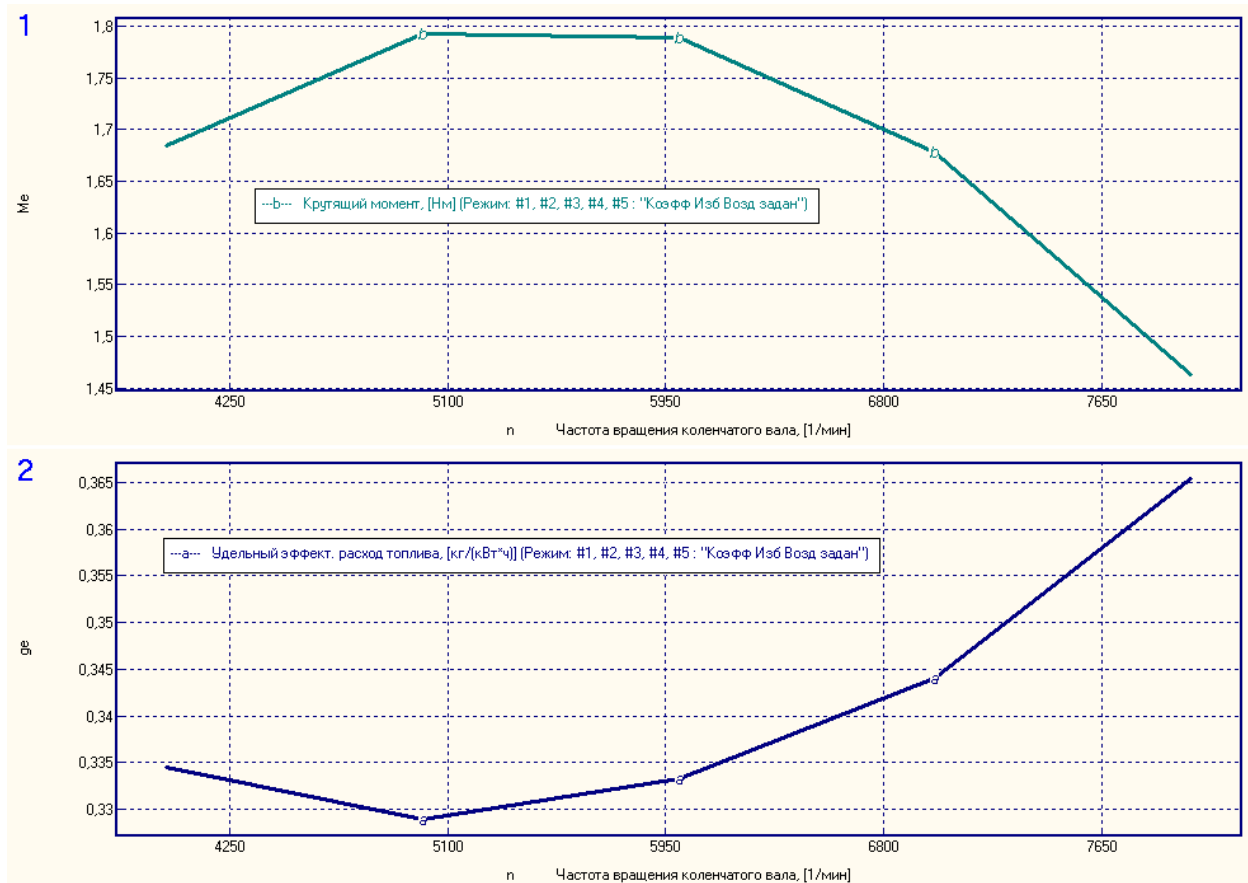


Рисунок 2.9 – Залежність крутного моменту M_e та ефективної витрати палива g_e від частоти обертів колінчастого валу n

5. Оптимізація перекриття фаз випуску й впуску на режимі номінальної потужності. Оберіть у головному меню режим двовимірного сканування: <Оптимізація => сканування => двовимірне сканування>. Оберіть аргументи сканування: кути закриття випускного клапана та відкриття впускного. Встановіть мінімальні значення 4 град. п.к.в. за НМТ, максимальні значення: 40 град. п.к.в. за НМТ, кількість точок: 7 для кожного аргументу сітки сканування.

Закрийте вікно кнопкою ОК та виконайте розрахунок у режимі сканування. В якості результату побудуйте залежність коефіцієнта наповнення й питомої ефективної витрати палива від кутів закриття випускного та відкриття впускного клапанів (рис. 2.11). Оберіть оптимальне значення на основі аналізу залежностей питомої ефективної витрати палива й коефіцієнту наповнення від кутів закриття випускного та відкриття впускного клапанів.

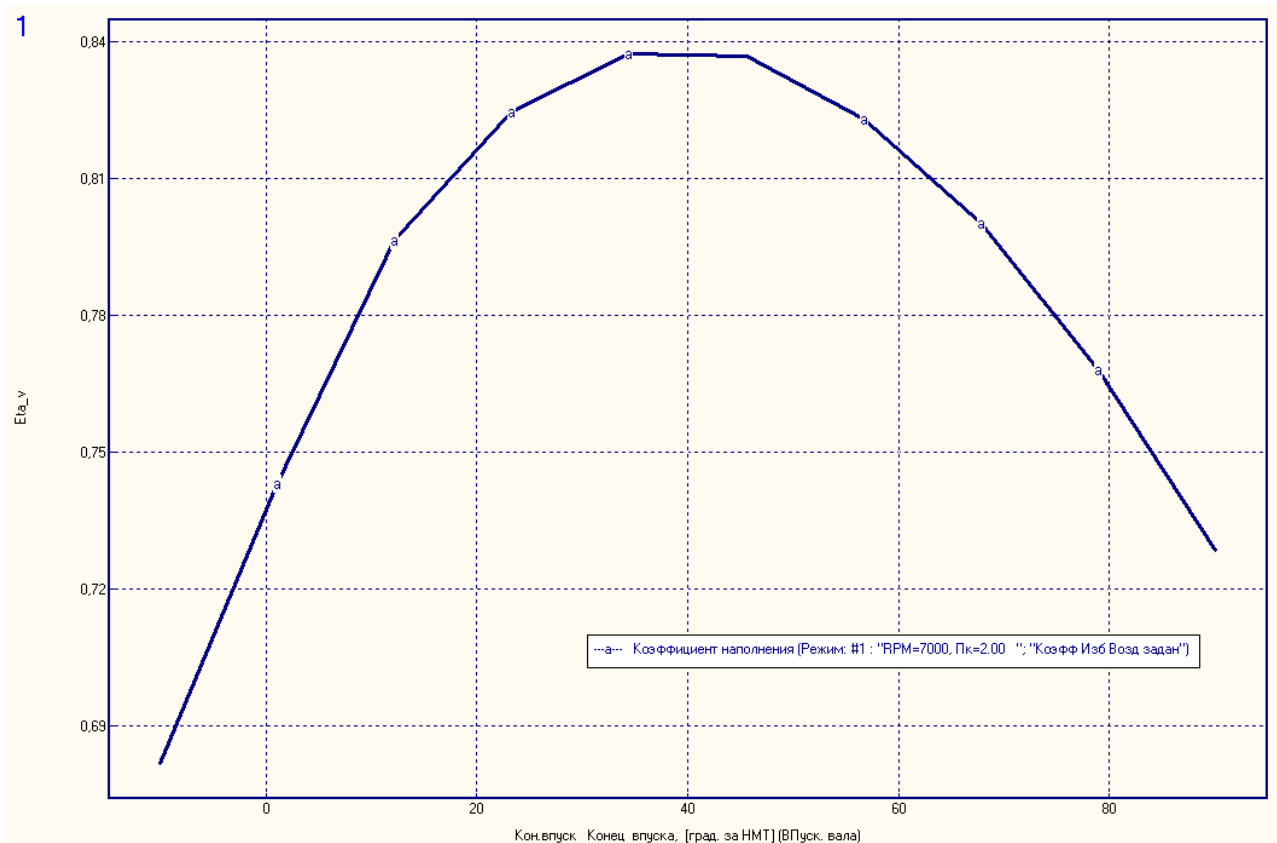


Рисунок 2.10 – Залежність коефіцієнта наповнення Eta_v від кута закінчення впуску (оптимальне значення Eta_v при закінченні впуску 40 град. п.к.в. за НМТ)

6. Зафіксуйте результат як оптимальний, тобто величини кутів закриття випускного клапана та відкриття впускного, що відповідають максимальному наповненню й мінімальній витраті палива введіть у вікно вхідних даних у вікнах: <Газообмін => Час-переріз впуску> і <Газообмін => Час-переріз випуску>. Поясніть, чому по-

верхні $g_e = f$ (Нач. впуск, Кон. вип) та $E_{ta_v} = f$ (Нач. впуск, Кон. вип) мають виражені максимуми.

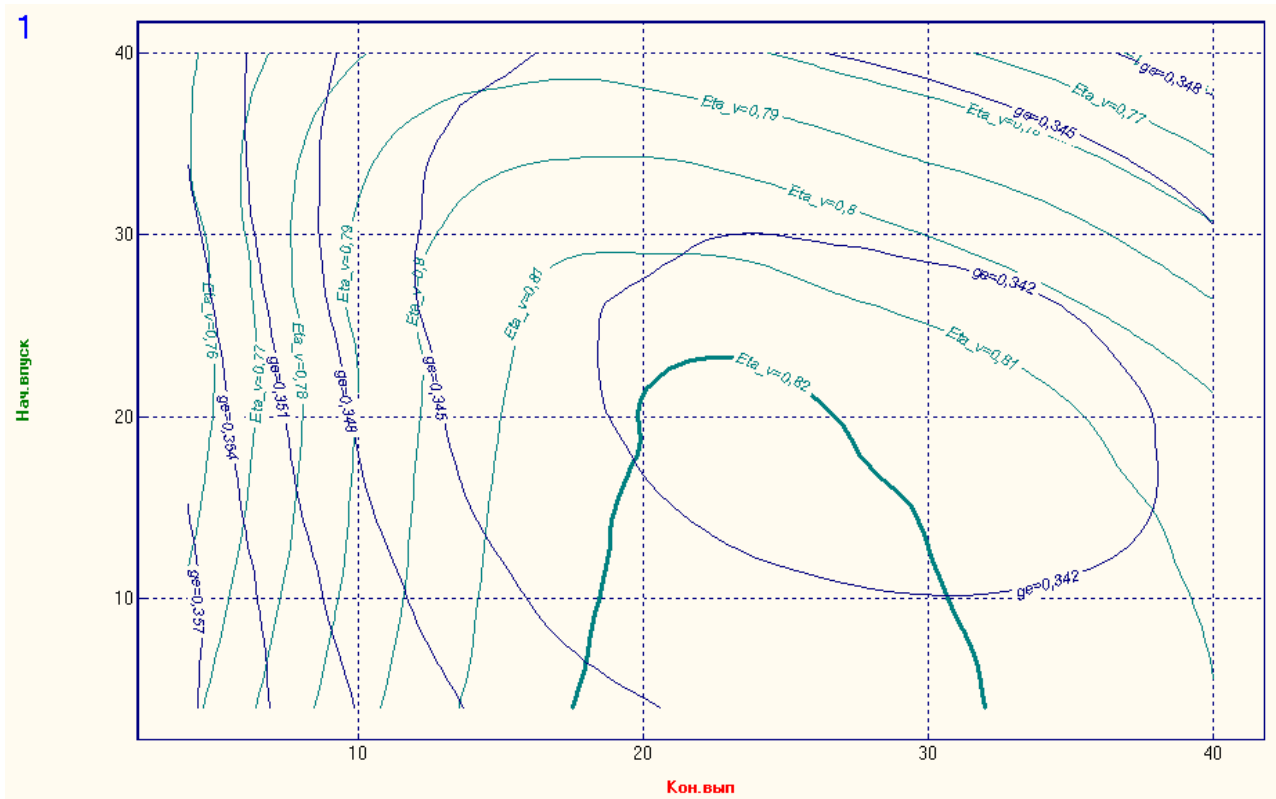


Рисунок 2.11 – Багатопараметрова характеристика $g_e = f$ (Нач. впуск, Кон. вип) та $E_{ta_v} = f$ (Нач. впуск, Кон. вип) (оптимальні значення кутів Кон. вип = 26 град. п.к.в. за ВМТ; Нач. впуску = 12 град. п.к.в. до ВМТ)

7. Розрахуйте окремо робочий процес двигуна на режимі повної потужності ($n = 7000 \text{ хв}^{-1}$) при різних способах подачі палива (наприклад «карбюратор або впорскування у впускний колектор» та «безпосереднє впорскування») і порівняйте між собою діаграми тиску в циліндрі у функції кута повороту колінчастого валу і в функції від об'єму циліндра (рис. 2.12). Зробіть висновок, при організації якого способу подачі робота більше. Яким чином змінюються процеси стискання та розширення.

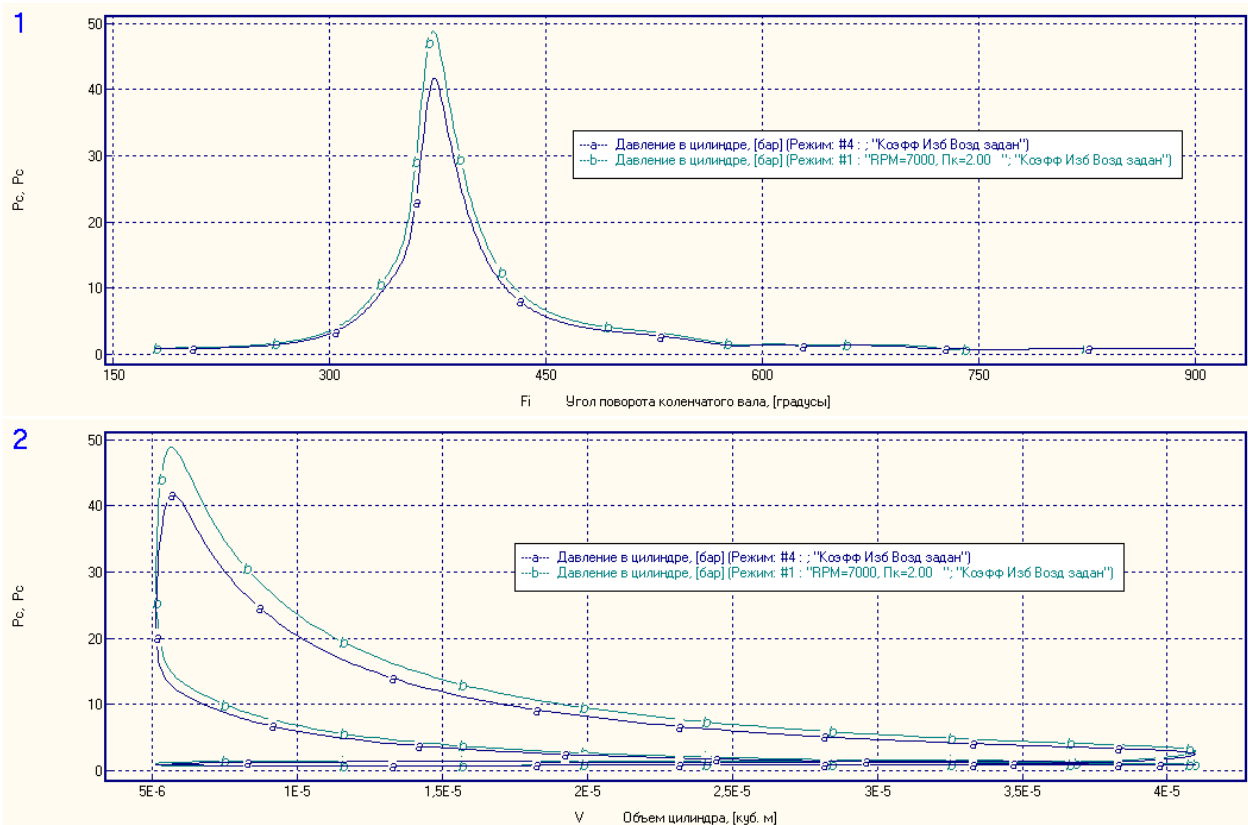


Рисунок 2.12 – Співставлення діаграм тиску в цилиндрі у функції кута обертання колінчастого вала та у функції від об'єму цилиндра

ЛІТЕРАТУРА

1. В.Н. Луканин Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория ДВС: Учебник для вузов. / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др.; Под редакцией В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 400 с.
2. Абрамчук Ф.І. Перспективи розвитку двигунів внутрішнього згоряння // Ф.І.Абрамчук, С.С.Жилін, А.М.Левтеров: Конспект лекцій – Харків: – ХНАДУ, 2009, – 56 с.
3. Ханин Н.С. Автомобильные двигатели с турбонаддувом // Н.С.Ханин, Э.В.Аболтин, Б.Ф.Лямцев. – М.: Машиностроение, 1991. – 336 с.
4. Електронна система допомоги програми Дизель-РК
5. Електронний ресурс <http://engines.honda.com/models/model-detail/gx35>