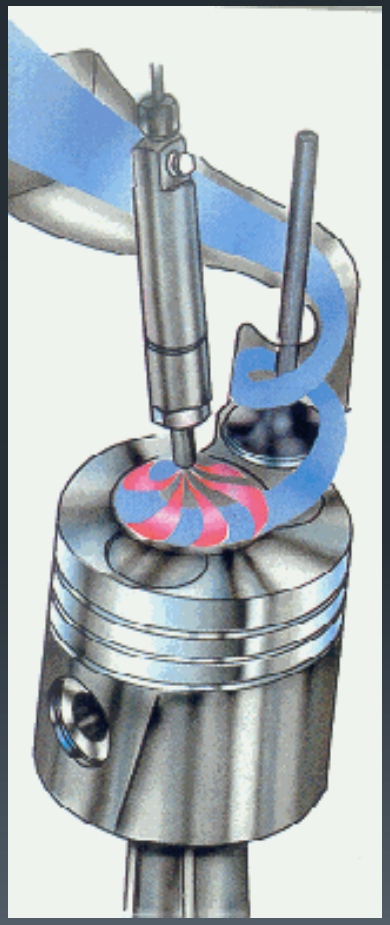
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"

Кафедра двигунів внутрішнього згоряння

Малогабаритний двигун дизель-генераторної установки. Шляхи підвищення ефективності



Виконавець: Козак В.О.
Науковий керівник: Парсаданов І.В.

Харків 2020р.

Мета, обєкт предмет та задачі дослідження

Мета роботи: проаналізувати та запропонувати шляхи покращення ефективності роботи малогабаритного двигуна 468А-1 дизель-генераторної установки.

Об'єкт дослідження – фізичні, фізико-хімічні, термодинамічні, газодинамічні процеси, що мають місце в дизелі 468А-1, які визначають енергетичні, економічні та екологічні показники енергетичної.

Предмет дослідження – параметри і показники дизеля 468А-1.

Задачі роботи:

Виконати аналіз призначення та особливості експлуатації дизеля 468А-1, навести конструктивні особливості дизеля 468А-1 та його систем, ефективні показники дизеля, узагальнити основні конструктивні параметри чотиритактних швидкохідних малогабаритних дизелів.

Проаналізувати принципи і напрямки організації процесів сумішоутворення та згоряння сучасних чотиритактних швидкохідних малогабаритних дизелів

Проаналізувати напрямки підвищення ефективності малогабаритного двигуна 468А-1 дизель-генераторної установки.

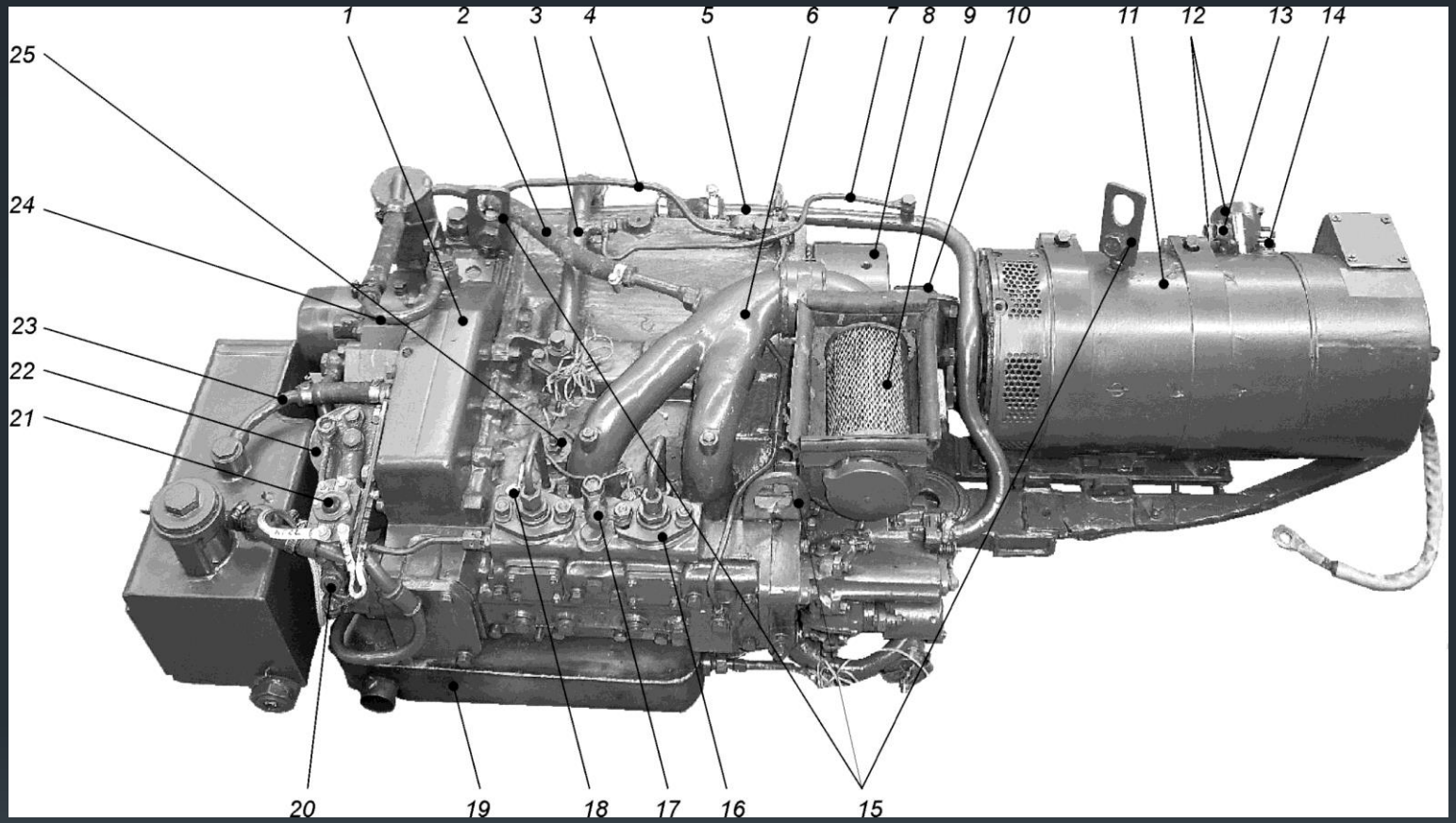
Виконати дослідження з підвищення ефективності дизеля 468А-1.

Розробити конструктивні рішення з підвищення ефективності дизеля 468А-1.

Техніко-економічна характеристика дизеля 468А-1 (2Ч 7,9/7,8) для привода генератора наземної транспортної машини

Параметр	Значення
Заводський індекс	468А-1
Максимальна потужність, кВт	$11_{-0,5}$
Частота обертання колінчатого вала дизеля при максимальній потужності, $хв^{-1}$	4100±100
Витрата палива на режимі максимальної потужності, кг/год., не більше	$3,8^{+0,2}$
Число циліндрів	2
Розташування циліндрів	Рядне, горизонтальне
Діаметр циліндра, мм	79
Хід поршня, мм	78
Робочий об’єм, л	0,764
Витрата масла на вигар, кг/год., не більш	0,09
Нумерація циліндрів	з боку передачі
Габаритні розміри, (L × B × H), мм	615 × 472 × 311
Маса (суха), кг, не більше	120

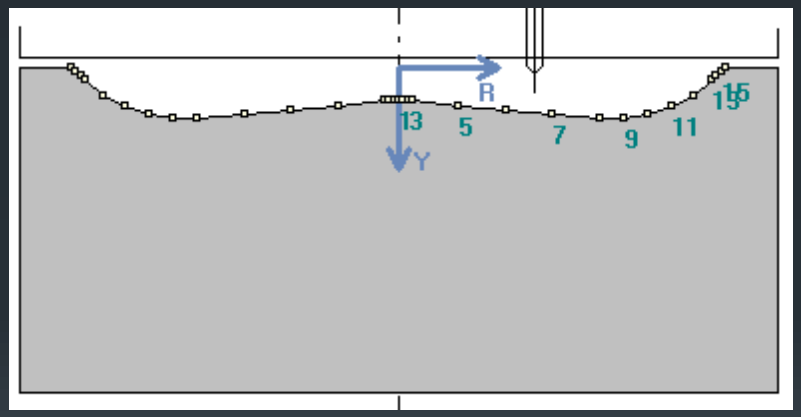
Енергоагрегат ЕА-10А



1 - дизель 468А-1; 2 - трубка відведення картерних газів; 3 - трубка відведення ОР з дизеля; 4 - трубка підведення масла до паливного насоса; 5 - трубка підведення води до водяного насоса; 6 - впускний ресивер; 7 - трубка паровідвідна; 8 - маховик; 9 - очисник повітря; 10 - муфта; 11 - стартер-генератор; 12 - клема генератора "+ЯГ"; 13 - роз'їм ШРГ-25"Ш"; 14 - клема стартера "+ЯС"; 15 - сережки для установки ЕА; 16 - паливний насос; 17 - штуцер відведення палива; 18 - свічка розжарювання; 19 - глушник; 20 - штуцер підведення палива; 21 - контактор; 22 - паливний фільтр; 23 - трубка суфлірування бака; 24 - трубка суфлірування картера; 25 – термоперетворювач.

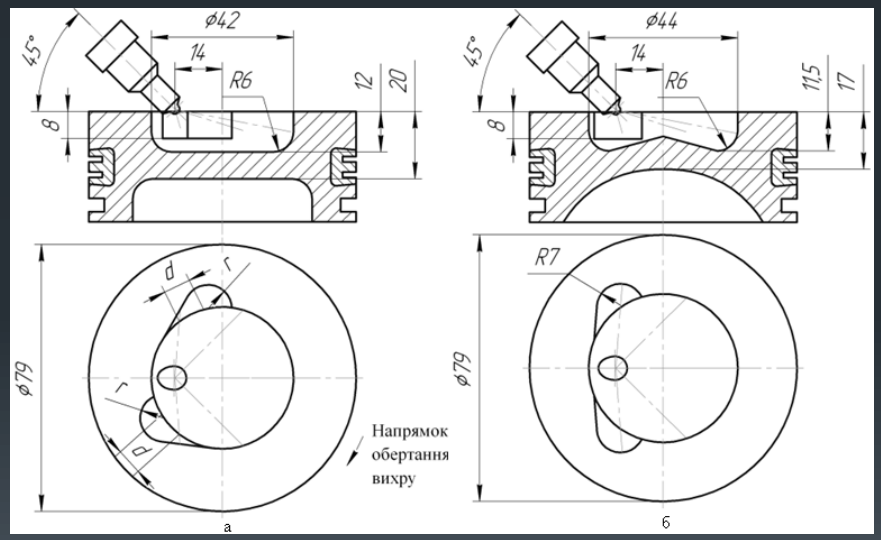
Дослідження двигуна 468А-1, що були проведені раніше

На ДП «ХКБД» запропоновано відкриту камеру згоряння типу "Гессельман", застосувати тангенціальні канали в поршні для створення осьового вихору



Форма КЗ Гесельман

На кафедрі ДВЗ НТУ «ХПІ» запропоновано:



а – камера згоряння під вихор; б – камера згоряння без вихору

Математичне моделювання робочого процесу дизеля 468А-1

В програмному комплекся ДИЗЕЛЬ-РК циліндри двигуна розглядаються як відкриті термодинамічні системи для якої вирішується система рівнянь балансу маси і енергії спільно з рівнянням стану:

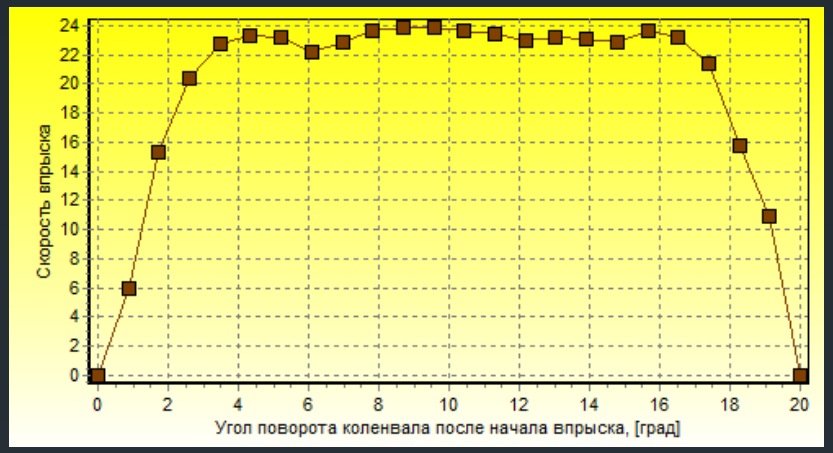
$$\begin{cases} dU = -pdV + dQx - dQw + \sum_{j=1}^{n} dI_j^*; \\ dG = \sum_{j=1}^{n} dG_j; \\ pV = GRT \end{cases}$$

Вихідні дані для математичної моделі робочого процесу

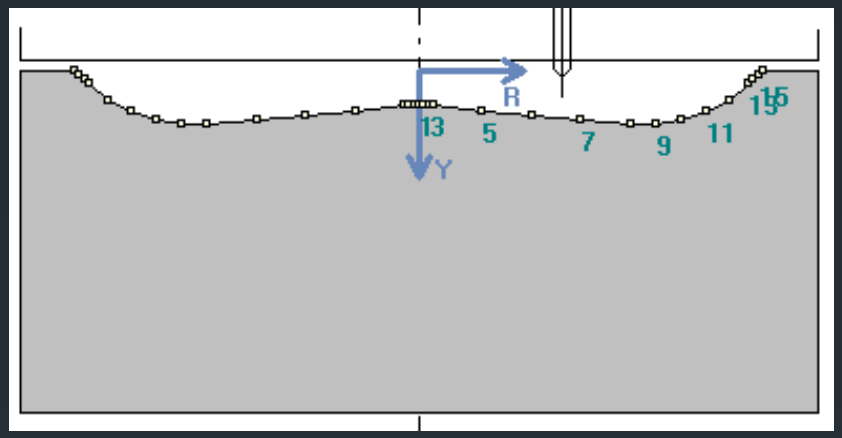
Параметр	Значення параметра
Циліндро-поршнева група	
діаметр циліндра	79 мм
хід поршня	78 мм
кількість циліндрів	2
номінальна частота обертання	4100 хв$^{-1}$
геометрична ступінь стиску	18
відношення радіусу кривошипа до довжини шатуна	0,302
температура гільзи циліндру, °С;	570
коефіцієнту тепловіддачі у циліндрі за формулою Вошні	масштабний коеф. обраний s=130
тиск рідини в системі охолодження	0,25 МПа
температура рідини у системі охолодження	360°К
Паливна апаратура та камера згоряння	
Умовна відносна тривалість вприскування для «нульової» циклової подачі	0,546
вихрове значення задається в КЗ у кінці такту стиску на рад. R=29	1,5
циклова подача	0,0169 г
тривалість впуску	20°
кількість форсунок	1
кількість струменів у форсунці	5
зміщення розпилювача відносно вісі КЗ	14,2 мм
виступ точки початку струменів від днища кришки	0

Налаштування математичної моделі	
коефіцієнт "у" в поправочній функції константи випаровування палива	4
коефіцієнт в рівнянні вигоряння парів палива, утворених у період затримки само спалахування	6
критерій Нуссельта для дифузії палива з поверхні поршня із ядра пристіночного потоку	2
множник у формулі розрахунку коефіцієнта турбулізації заряду в пристіночних зонах в залежності від інтенсивності подовження газового стовпа	3000
ступінь ефективного використання повітряного заряду циліндра Ksi_b – залежність Ksi_z від часу задається відносними координатами точки мінімуму, положення якої обирається виходячи з форми КЗ і типу сумішоутворення	абсциса (в долях від тривалості згоряння) – 0,2, ордината – 0,7
коефіцієнт у формулі визначення середнього діаметру крапель d32	1,7
коефіцієнт у формулі далекобійності паливного факелу Dф	3,0
коефіцієнт у формулі розрахунку кута розкриття струменя (0,2…1,5)	0,5
час від закінчення впорскування до початку догоряння, [мс]	0,3
коефіцієнт рівняння розрахунку періоду догоряння великих крапель	0,01
коефіцієнт у розрахунку частини палива, що згоряє за механізмом холодного окислення	1
для розрахунку періоду затримки спалахування використовується модифікована методика Толстова, поправочний коефіцієнт	1

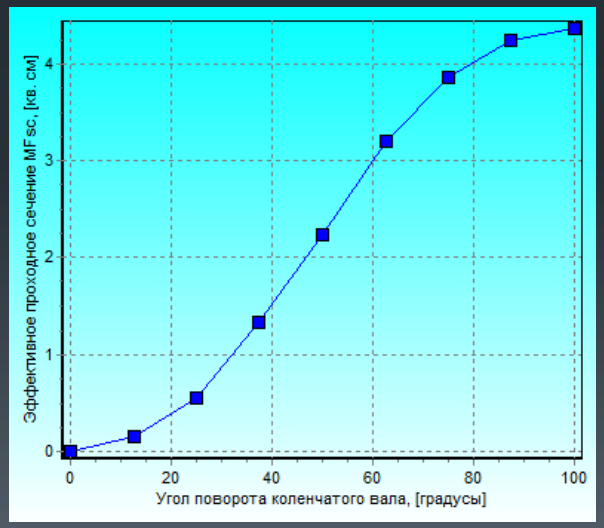
Налаштування математичної моделі робочого процесу дизеля 468А-1

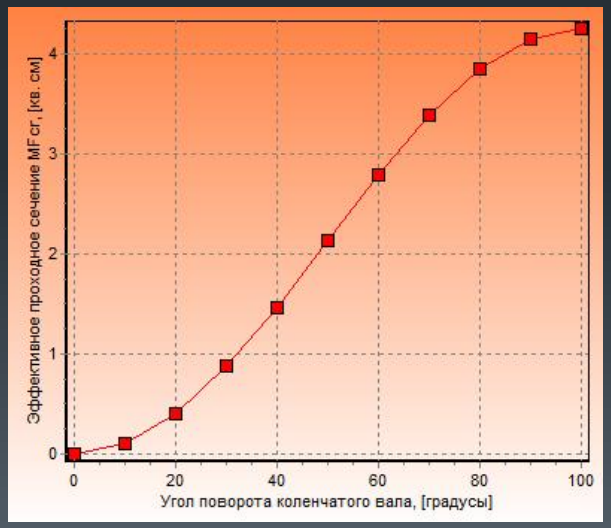


Графік характеристики впорскування



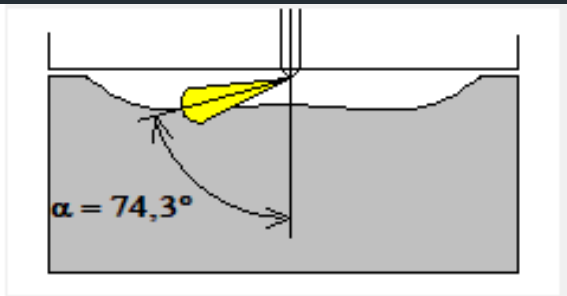
Форма КЗ

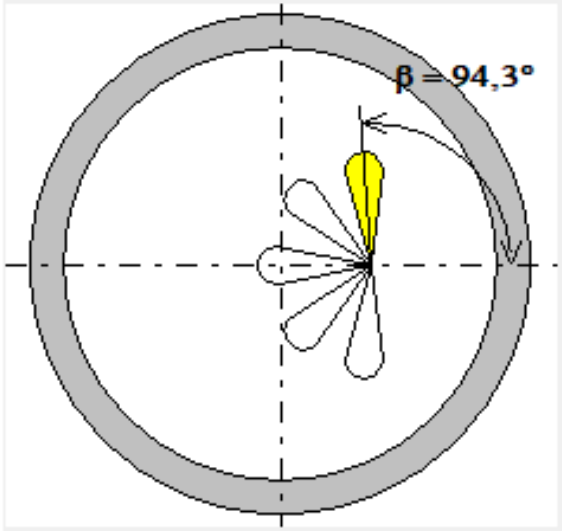




Час-перетин впускного (а) та випускного (б) клапанів

Налаштування математичної моделі робочого процесу дизеля 468А-1



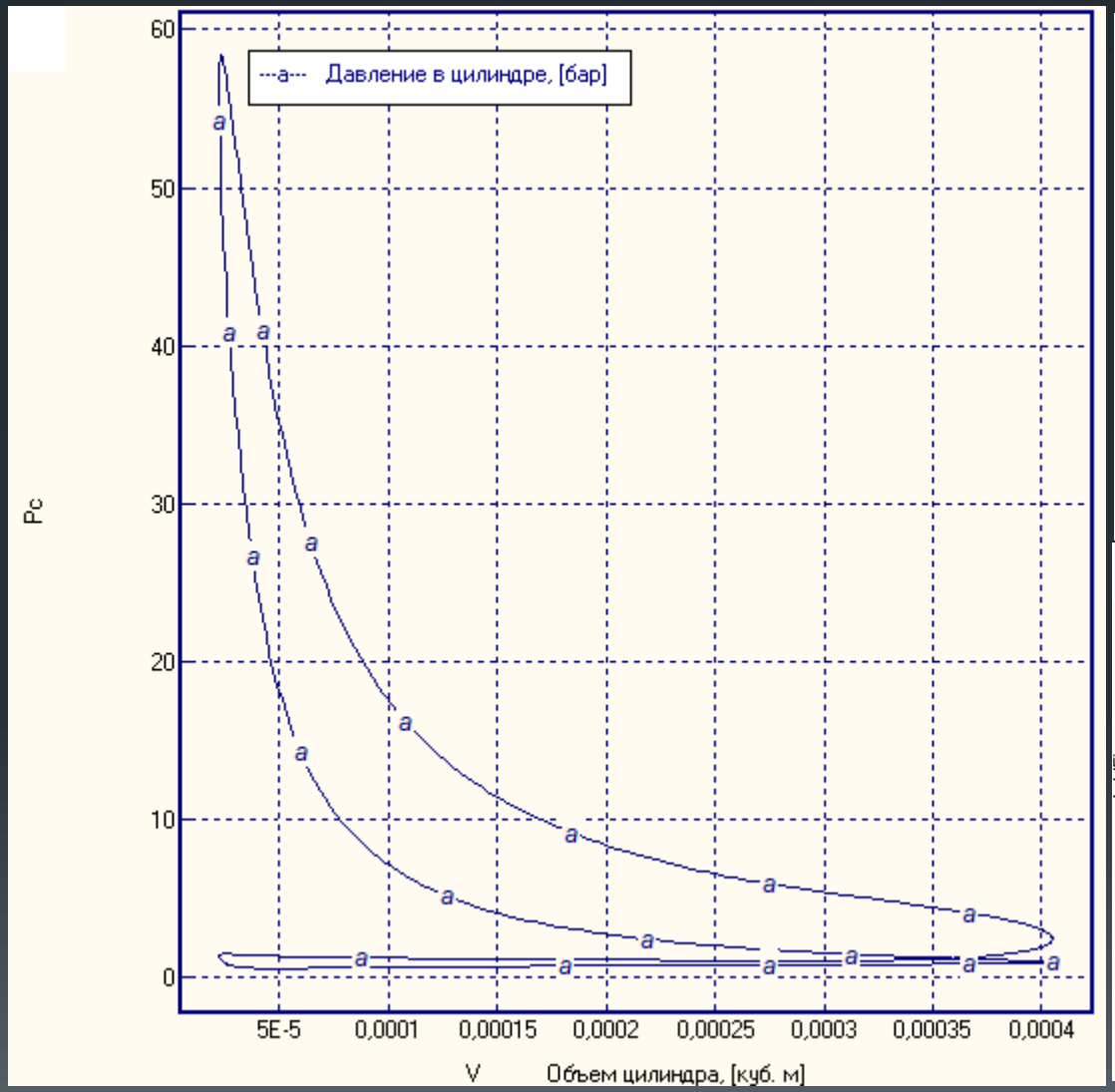


Количество форсунок	1
Диаметр сопловых отверстий, [мм]	0,17
Коэффициент расхода сопел при проливке в атмосферных условиях	0,86
Количество струй	5
Все струи идентичны	
Смещение распылителя относительно оси КС, Si, [мм]	14,2
Выступание точки начала струй от днища крышки, hi, [мм]	1,56

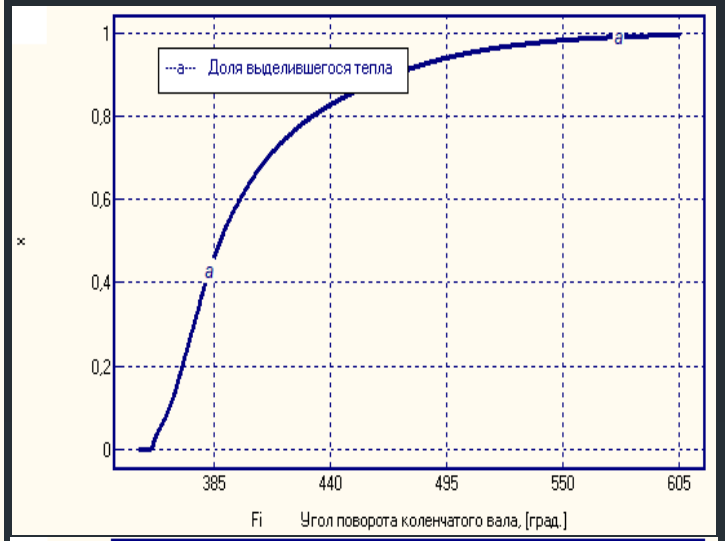
Spray #	Beta, [deg]	Alpha, [deg]
#1	94,30	74,30
#2	135,90	77,30
#3	180,00	79,00
#4	-135,90	77,30
#5	-94,30	74,30

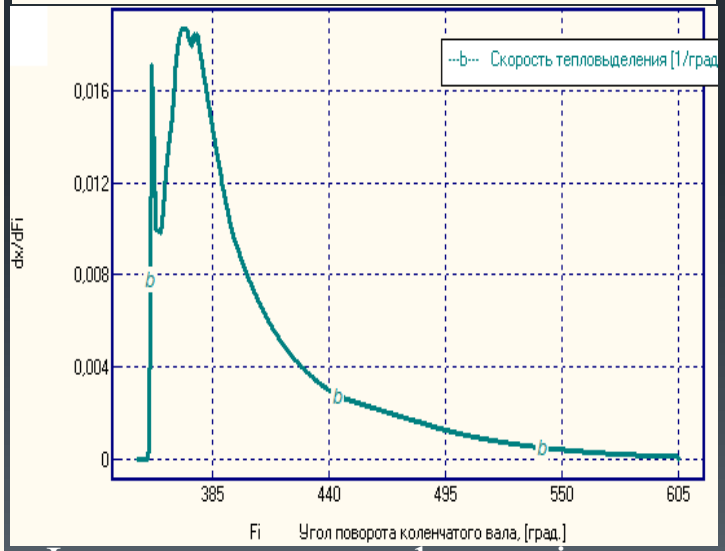
Параметри розпилювача

Результати розрахунку робочого процесу дизеля 468А-1



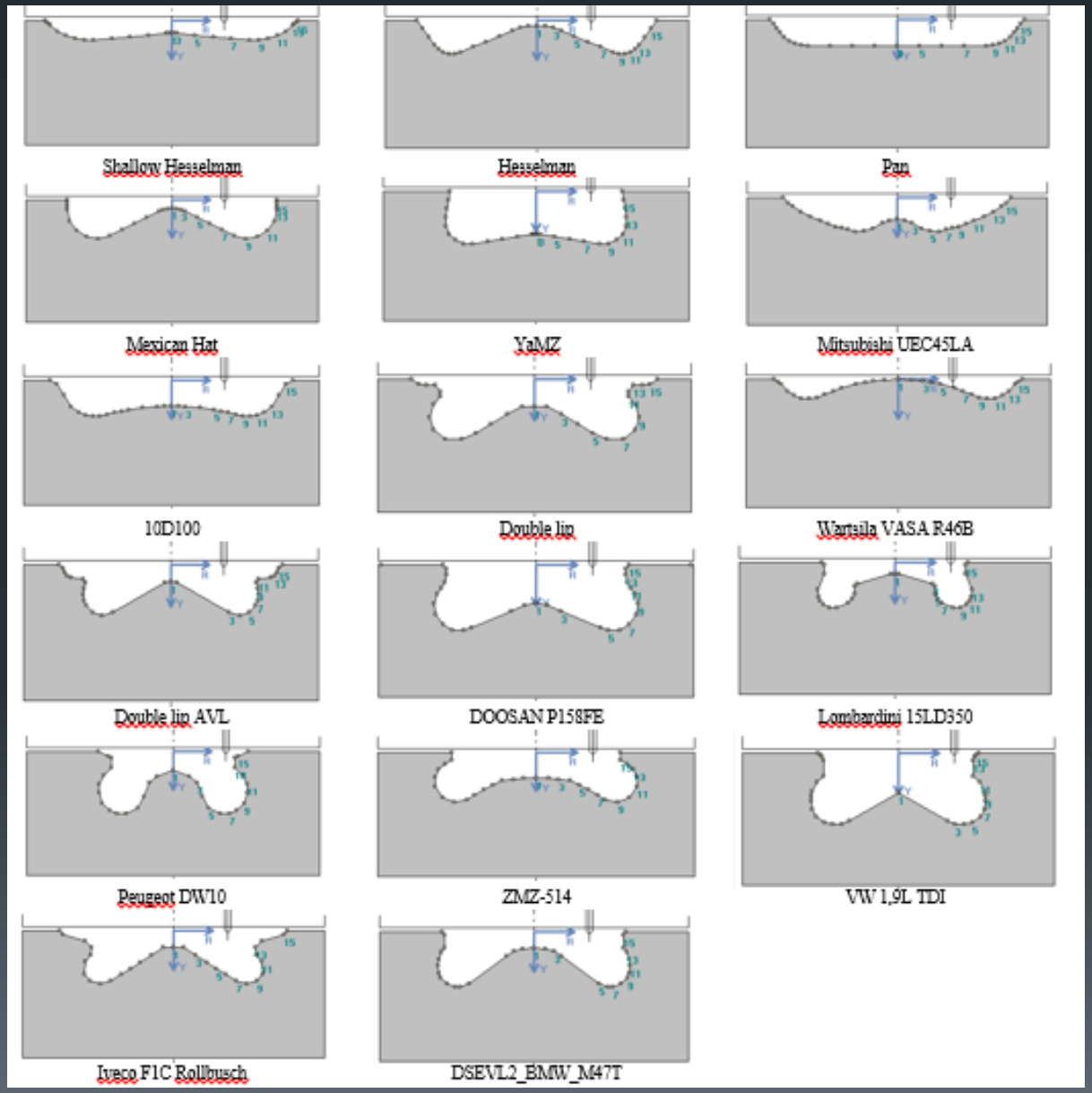
Індикаторна діаграма дизеля





Інтегральна та диференціальна характеристика дизеля

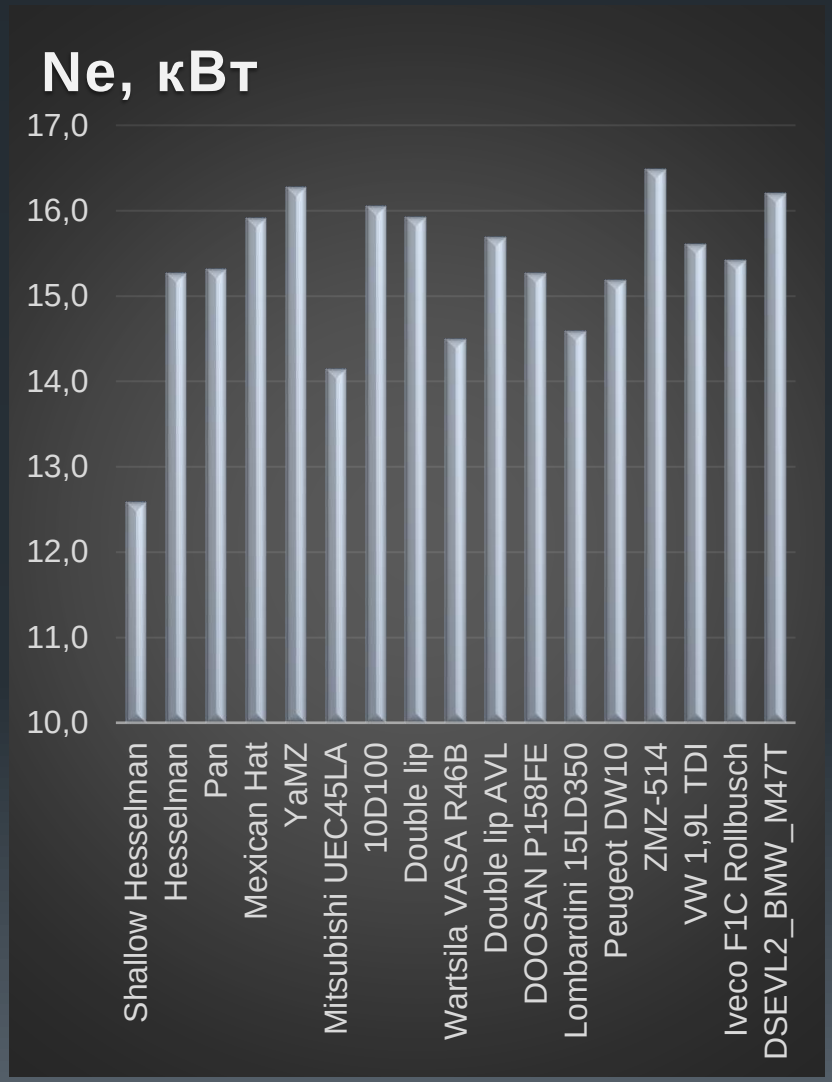
Типи камер згоряння, що досліджуються

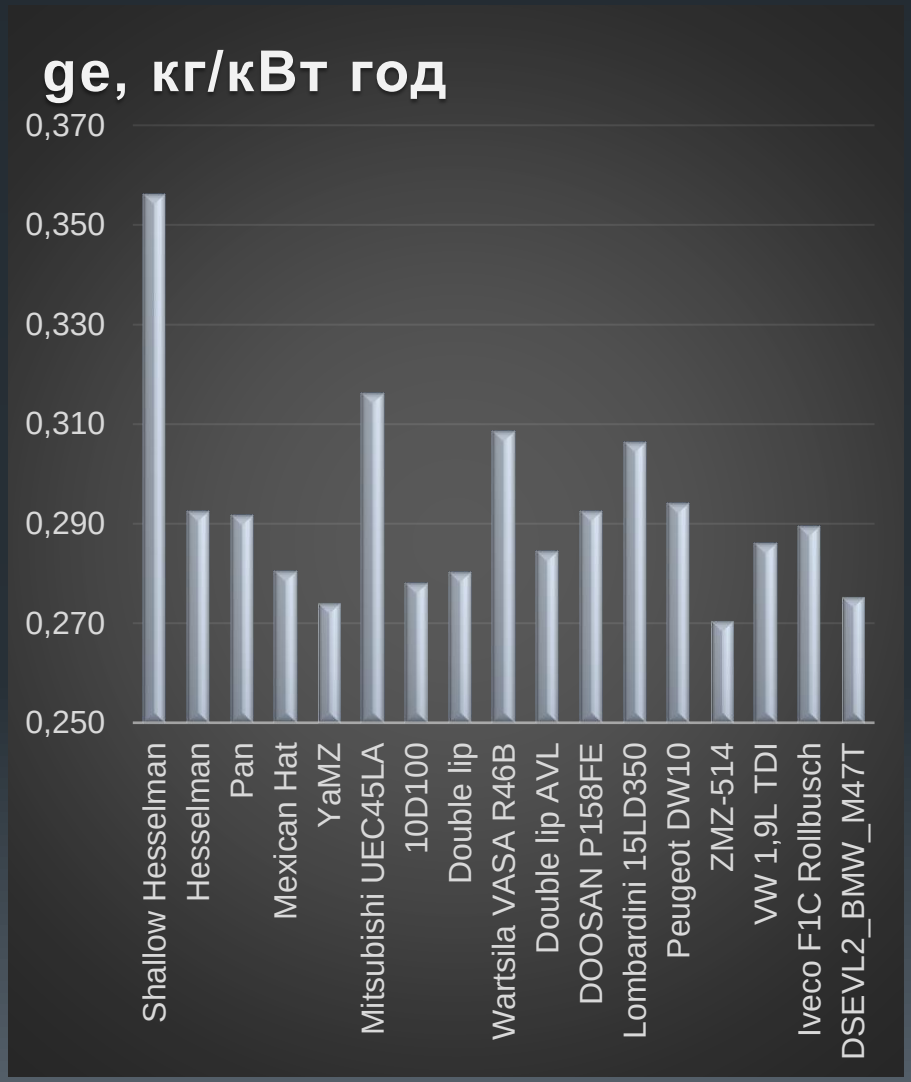


Вплив типу камери згоряння на показники робочого процесу дизеля 468А-1

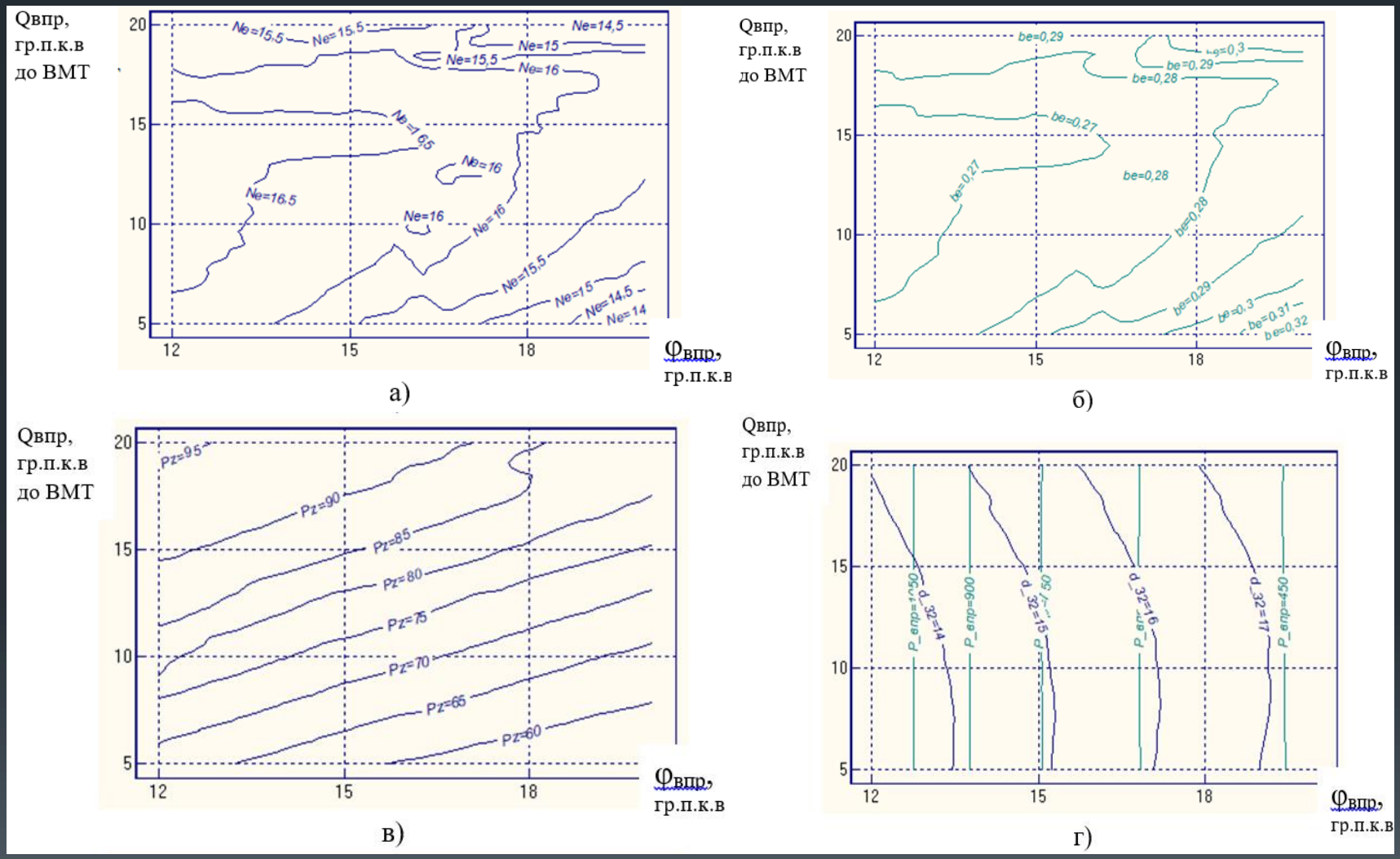
Параметр	Значення																
Тип камери згоряння	Shallow Hesselman	Hesselman	Pan	Mexican Hat	YaMZ	Mitsubishi UEC45LA	10D100	Double lip	Wartsila R46B	Double lip AVL	DOOSAN P158FE	Lombardini 15LD 350	Peugeot DW10	ZMZ-514	VW 1,9L TDI	Iveco F1C Rollbusch	DSEV L2_BMW_M47T
Потужність, кВт	12,6	15,3	15,3	15,9	16,3	14,1	16,0	15,9	14,5	15,7	15,3	14,6	15,2	16,5	15,6	15,4	16,2
Середній ефективний тиск, бар	4,3	5,8	5,9	6,0	6,2	5,4	6,1	6,1	5,5	6,0	5,3	5,5	5,3	6,3	6,0	5,9	6,2
Питома ефективна витрата палива, кг / (кВт * год)	0,356	0,293	0,292	0,281	0,274	0,316	0,278	0,280	0,309	0,285	0,292	0,306	0,294	0,271	0,286	0,289	0,275
Ефективний ККД	0,238	0,240	0,290	0,302	0,309	0,268	0,305	0,302	0,275	0,298	0,240	0,276	0,288	0,313	0,296	0,293	0,308
Середній індикаторний тиск, бар	7,0	8,0	8,0	8,3	3,4	7,6	8,3	8,3	7,7	8,1	8,0	7,7	8,0	3,5	8,2	3,0	3,3
Індикаторний ККД	0,343	0,397	0,393	0,410	0,418	0,375	0,413	0,411	0,331	0,406	0,397	0,384	0,395	0,422	0,404	0,400	0,416
Макс. тиск циклу, МПа	5,8	6,4	6,5	6,6	6,9	6,5	6,7	6,8	5,9	6,7	6,5	6,4	6,5	7,0	6,7	6,6	6,8
Макс. температура циклу, К	1521	1707	1715	1762	1796	1621	1772	1758	1653	1738	1699	1650	1700	1816	1735	1714	1787
Макс. швидк. наростання тиску, бар / град	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6
Емісія диму за шкалою Хартрідж	84,64	71,94	70,37	65,65	60,80	77,67	63,92	65,08	78,48	67,55	71,40	76,53	72,60	58,08	68,21	69,85	61,87
Емісія диму за шкалою Бош	5,75	5,01	4,93	4,70	4,46	5,32	4,62	4,67	5,37	4,79	4,98	5,26	5,05	4,33	4,82	4,90	4,52
Емісія твердих частинок, г / (кВт * год)	3,27	2,11	2,05	1,82	1,63	2,53	1,75	1,80	2,51	1,90	2,09	2,40	2,15	1,54	1,93	2,01	1,67
Емісія діоксиду вуглецю, г / (кВт * год)	1148	942,67	939,72	903,83	882,85	1019	895,65	902,79	994,2	916,85	942,2	987,39	947,73	871,62	921,51	932,75	886,77
Концентр, вологих NOx, 1 / млн	0,31	1,16	1,10	1,71	2,29	0,75	1,91	1,84	0,70	1,58	1,26	0,87	1,11	2,72	1,50	1,39	2,19
Комплекс сумарної емісії NOx і PM	10,91	7,04	6,82	6,06	5,45	8,44	5,84	6,00	8,36	6,34	6,98	8,01	7,15	5,12	6,43	6,71	5,58

Вплив типу камери згоряння на показники робочого процесу дизеля 468А-1



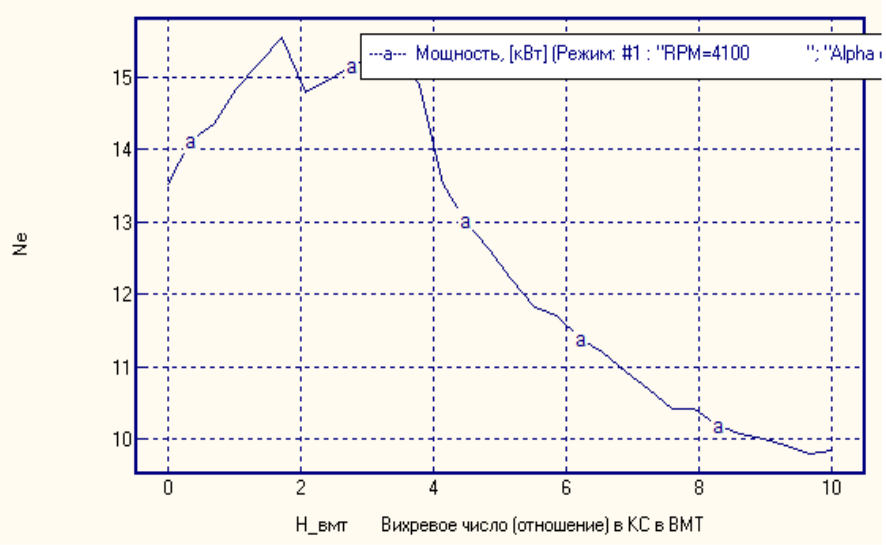


Вплив тривалості вприскування і кута початку подачі палива

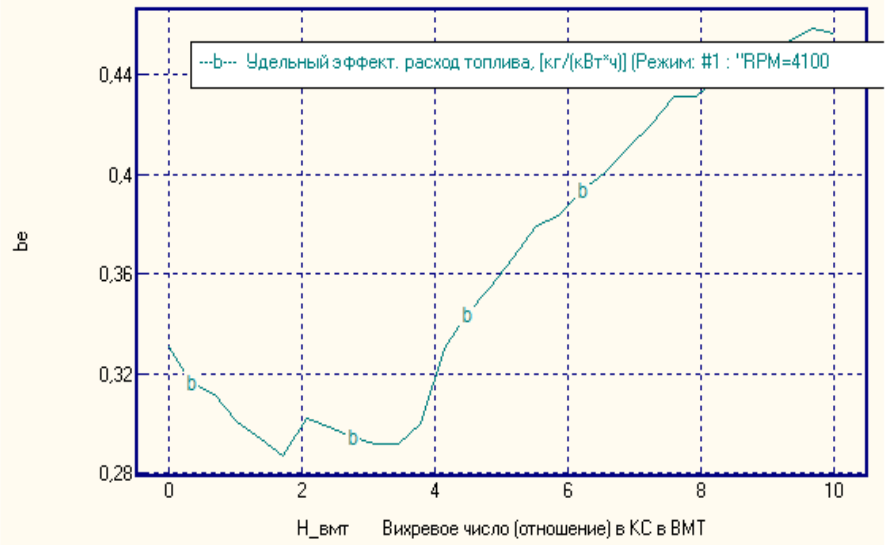


а – потужність двигуна; б – питома ефективна витрата палива; в – максимальний тиск циклу; г – тиск впорскування та діаметр капель палива

Вплив вихрового відношення на показники двигуна 468А-1



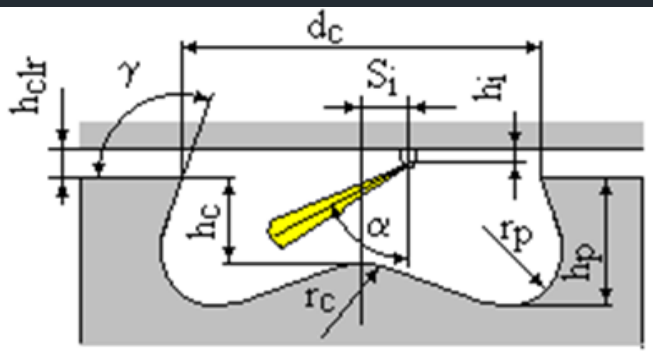
а)



б)

Вплив вихревого числа на потужність (а) та ефективну витрату палива (б) двигуна

Параметри камери згоряння, що пропонується



Внешний диаметр камеры сгорания, dc, [мм] 46

Дно камеры сгорания

○ Плоское ◉ Неплоское

Глубина камеры сгорания в центре, hc, [мм] 4,3

Радиус скругления в центре камеры сгорания, rc, [мм] 4,6

Глубина камеры сгорания на периферии, hp, [мм] 12,3

Радиус скругления на периферии, rp, [мм] 5

Угол наклона образующей к плоскости поршня, gamma, [градусы] 120

Надпоршневой зазор, h_clr, [мм] 1

Висновки

- В дипломній роботі поставлена мета і вирішена задача покращення ефективності роботи малогабаритного двигуна 468А-1 дизель-генераторної установки, яка використовується в якості автономного енергоагрегату (ЕА10) для наземного транспортну та одержані наступні результати.
- 1. Проведено аналіз особливостей конструкції, основних конструктивних параметрів та результатів раніше проведених досліджень високообертового малолітражного дизеля з безпосереднім впорскуванням палива 2Ч 7,9/7,8 (468А-1) для енергоагрегату.
- 2. Узагальнено основні конструктивні параметри допоміжних енергетичних установок бронетехніки та особливості організації сумішоутворення. Визначено, що переваги мають дизельні двигуни з безпосереднім впорскуванням палива потужністю до 16 кВт і витратою палива 6,6 кг/год з частотою обертання 4100 хв-1
- 3. Проаналізовано результати виконаних досліджень з підвищення ефективності дизеля 468А-1, що проведені на ДП «ХКБД». Проведені дослідження на державному підприємстві "Харківське конструкторське бюро з двигунобудування" показали, що забезпечення прийнятних економічних та екологічних показників, 20…25% запасу по потужності, потребує реалізації конструктивних заходів, що направлені на удосконалення сумішоутворення при впровадженні форми камери згоряння типу «Гессельман».
- 4. Розроблена на кафедрі ДВЗ НТУ «ХПІ» камера згоряння для дизеля 468А-1 із забезпеченням локальної турбулізації повітряного заряду дозволяє підвищити паливну економічність, знизити токсичність і димність відпрацьованих газів, однак є нетехнологічною при виготовленні.
- 5. Проведено аналіз камер згоряння різних форм використовуваних в сучасних високооборотних дизелях, що можуть бути застосовані в дизелі 468А-1 та обрані варіанти для дослідження.

Висновки

- 6. З використанням програмного комплексу ДИЗЕЛЬ-РК для проведення досліджень була розроблена та ідентифікована математична модель робочого процесу дизеля 468А-1, що дозволяє визначити вплив конструктивних параметрів на показники двигуна.
- 7. Для вихідного варіанту поршня з камерою згоряння «Гессельман» на номінальному режимі n=4100 хв-1 отримано: потужність Ne=12,6 кВт, ефективний ККД ηe=0,238 питома ефективна витрата палива ge=356 г/(кВт•год), максимальний тиск циклу Pz=5,8 МПа, що є близькими до параметрів дослідного двигуна 468А-1.
- 8. Проаналізовано вплив кут випередження та тривалість впорскування палива на техніко-економічні показники дизеля 468А-1 та утворення шкідливих речовин в циліндрі.
- 9. Досліджено вплив вихрового відношення на показники дизеля 468А-1. Згідно отриманих результатів розрахунку вихрове відношення в КЗ в ВМТ повинно бути близько 1,8-2. Досліджено вплив максимального тиску впорскування палива, який для забезпечення мінімальної питомої ефективної витрати палива та максимальної потужності повинен бути не менш ніж 52,2 МПа.
- 10. З урахуванням зміни направлення паливних струменів в камеру згоряння поршня для дослідного двигуна 468А-1 розроблено нову камеру згоряння. Згідно отриманих результатів дослідження потужність дизеля забезпечується 16,8 кВт (збільшилася на 33%), питома ефективна витрата палива зменшилася до 264 г/кВт год (зменшилася на 25,9%), максимальний тиск циклу складатиме 7,8 МПа.

Дякую за увагу!