

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра АТМ

Графічна частина  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
“Зменшення шкідливого впливу на довкілля  
автобусів Вінницької транспортної компанії  
використанням двигунів на водневому паливі”

Розробив студент гр. 1АТ-15м Бублик Р.В.

Керівник: докт. техн. наук, професор Поляков А.П.

- **Мета роботи:** покращення паливної економічності та зменшення шкідливих викидів автомобільного транспорту завдяки теоретичним дослідженням роботи автомобільного двигуна на водневому паливі.
- **Предмет дослідження:** Режими роботи двигуна внутрішнього згоряння на водні та бензоводневих сумішах.
- **Об'єкт дослідження:** Двигун внутрішнього згоряння та пальне для його роботи.

## **Задачі дослідження:**

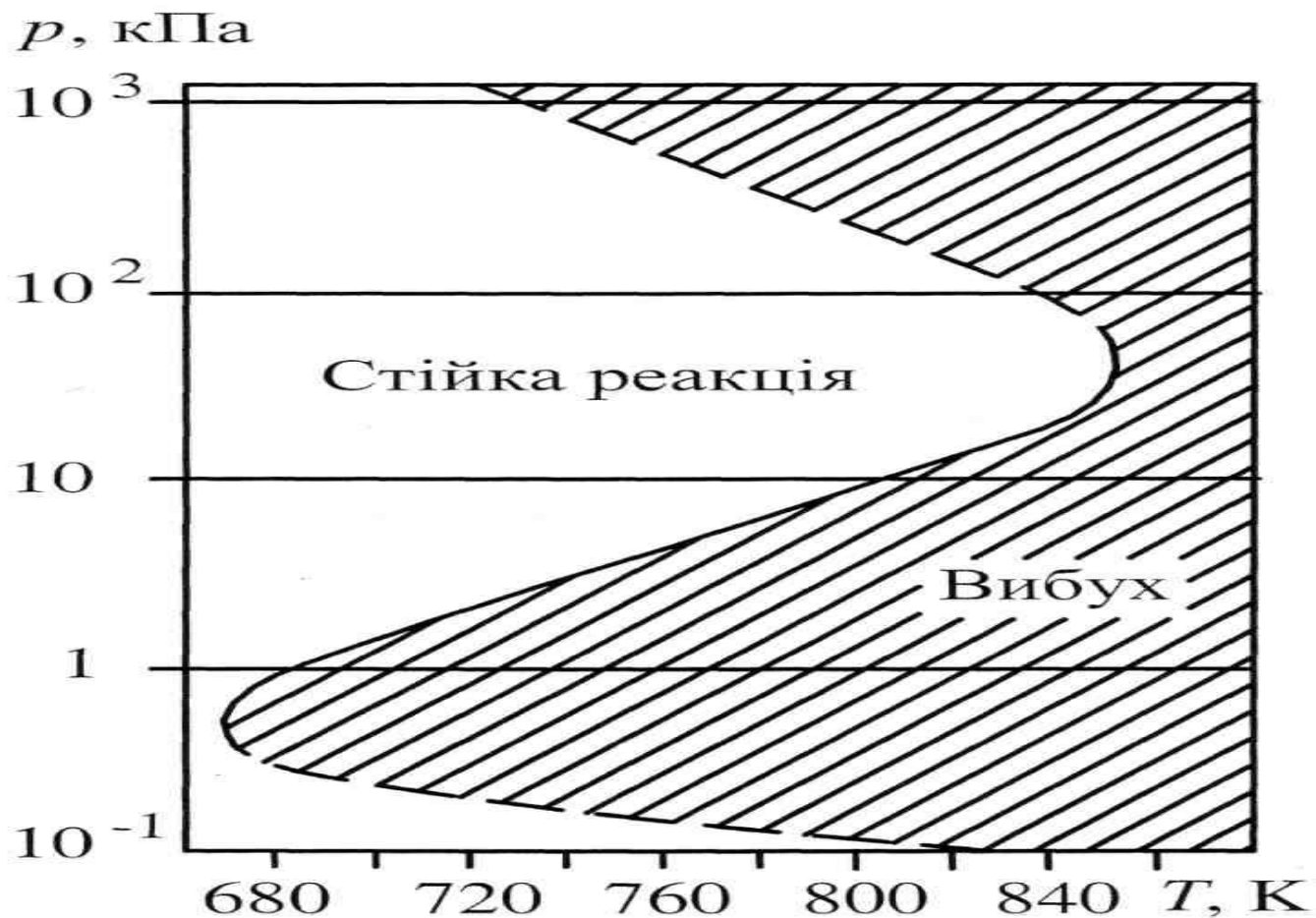
- 1) проаналізувати стан та напрямки розвитку екологічно безпечних двигунів, сучасний стан та перспективи використання водню, як палива для автомобільних двигунів;
- 2) охарактеризувати технології виробництва та зберігання водню;
- 3) провести теоретичні дослідження використання водню, як палива для двигунів внутрішнього згорання;
- 4) провести аналіз роботи автобусного парку «Вінницької транспортної компанії»
- 5) розробити схему, методикау реалізації добавки водню в камеру згорання ДВЗ; схему модифікованого впускного колектора та карбюратора для водневого двигуна;
- 6) провести теплологічне проектування виробничо-технічної бази автобусного парку «Вінницької транспортної компанії»
- 7) провести теоретичні дослідження з роботи двигуна на водневому паливі та бензоводневій суміші;
- 8) здійснити економічну оцінку доцільності використання водню у двигунах внутрішнього згорання.

## Порівняльні характеристики водню та бензину

Властивість-параметр	Бензин	Водень
Енергія запалювання, МДж	0,25	0,02
Відстань гасіння, мм	Більше 2,5	0,6
Температура запалювання, °С	530	430
Межа запалювання, % (за об'ємом)	0,59-6,0	4,7-74,2
Коефіцієнт дифузії (за нормальних умов) см <sup>2</sup> /с	0,08	0,63
Швидкість поширення полум'я, см/с	30	270
Нижча теплотворна здатність, МДж/кг	44,0	120
Стехіометрична кількість повітря на 1 кг палива, кг	14,95	34,2
Теплотворність паливної суміші при $\alpha = 1$		
- у суміші з повітрям, МДж/м <sup>3</sup>	3,71	3,18
- у суміші з киснем, МДж/кг	-	13,4

Види палива	Викид шкідливих речовин, г/км		
	CO	CH	NO <sub>x</sub>
ЄВРО-3	2,72	4,8	8,7
Бензин	42	8,5	9,1
Зріджений нафтовий газ	19	4,8	8,7
Стислий природний газ	8,5	4,5	8,5
Бензин в суміші з воднем	3	2,8	4,55
Метанол	28	4,6	4,4
Метанол в суміші з бензином	32	5,4	7,6
Метанол в суміші з синтез-газом (H <sub>2</sub> +CO)	5	2,5	3,5
Синтез-газ (H <sub>2</sub> +CO)	0	0,4	2,3
Водень	0	0	2,5

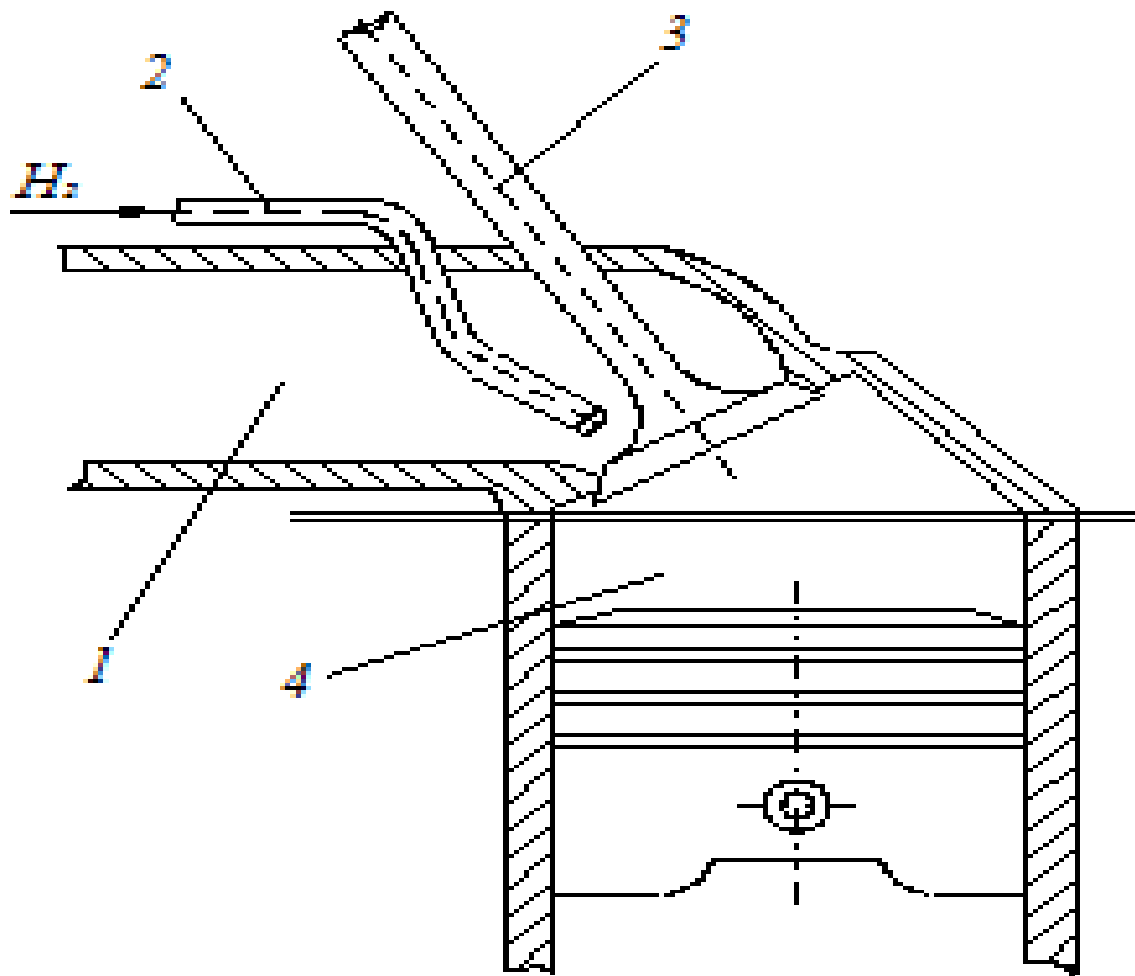
# Діаграма температура-тиск термічної реакції водень-кисень



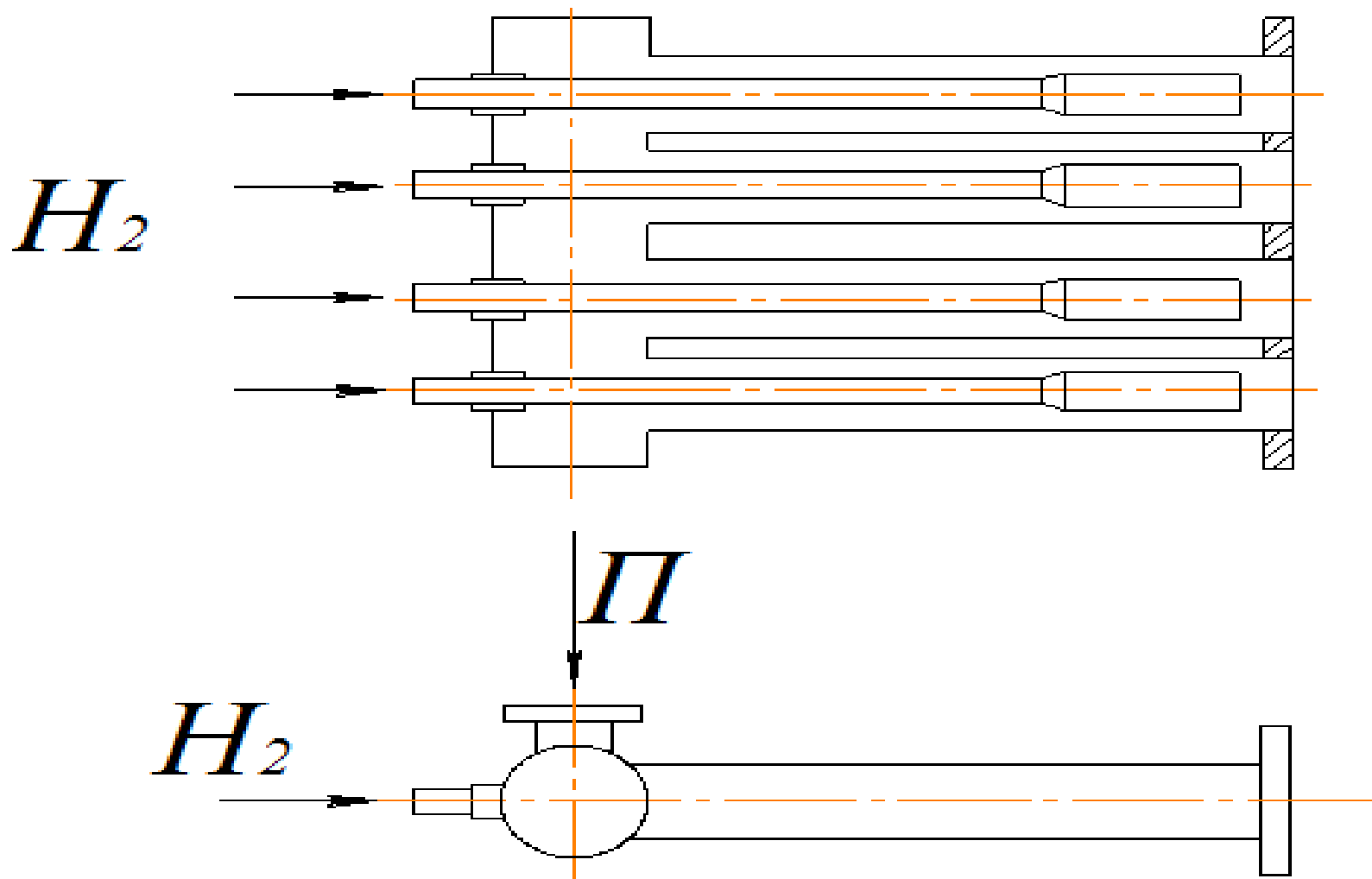
# Схема реалізації одного зі способів роботи

## двигуна:

1 – впускний колектор; 2 – трубка подачі водню; 3 – впускний клапан; 4 – циліндр двигуна.



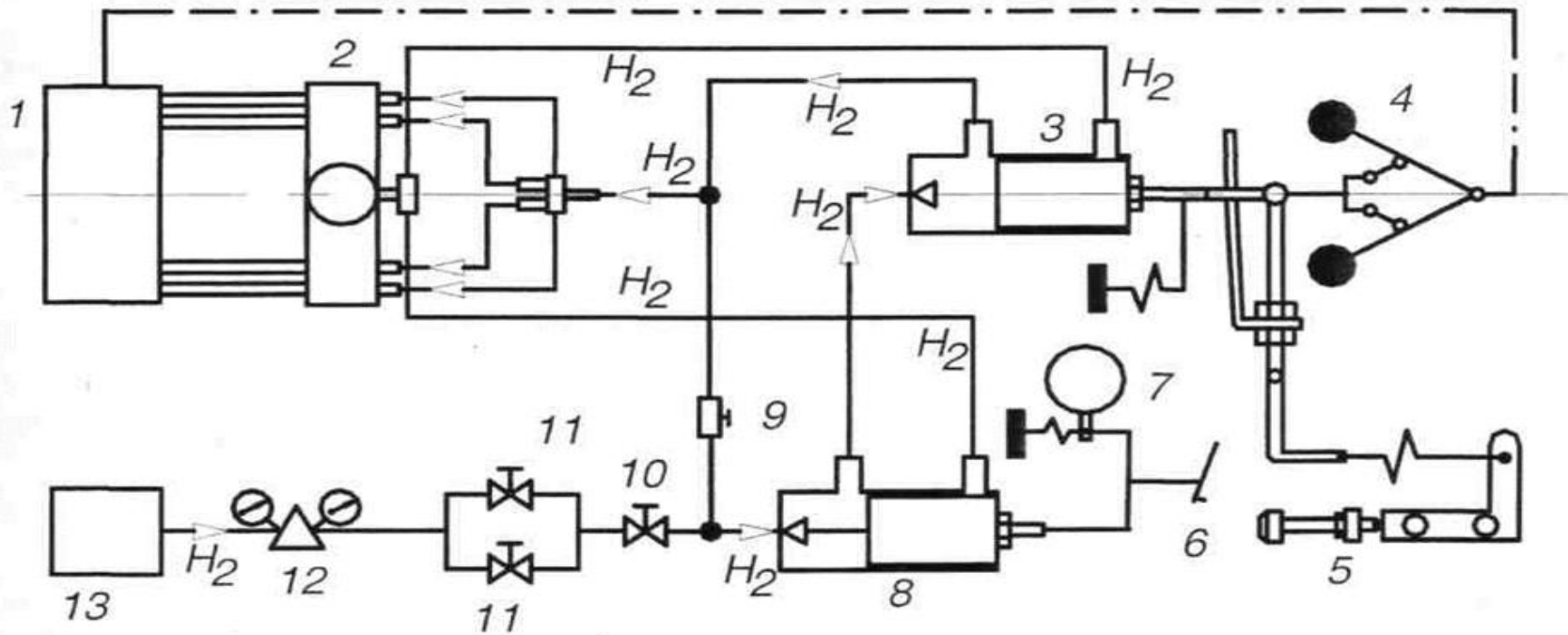
# Схема модифікованого впускного колектора водневого двигуна.





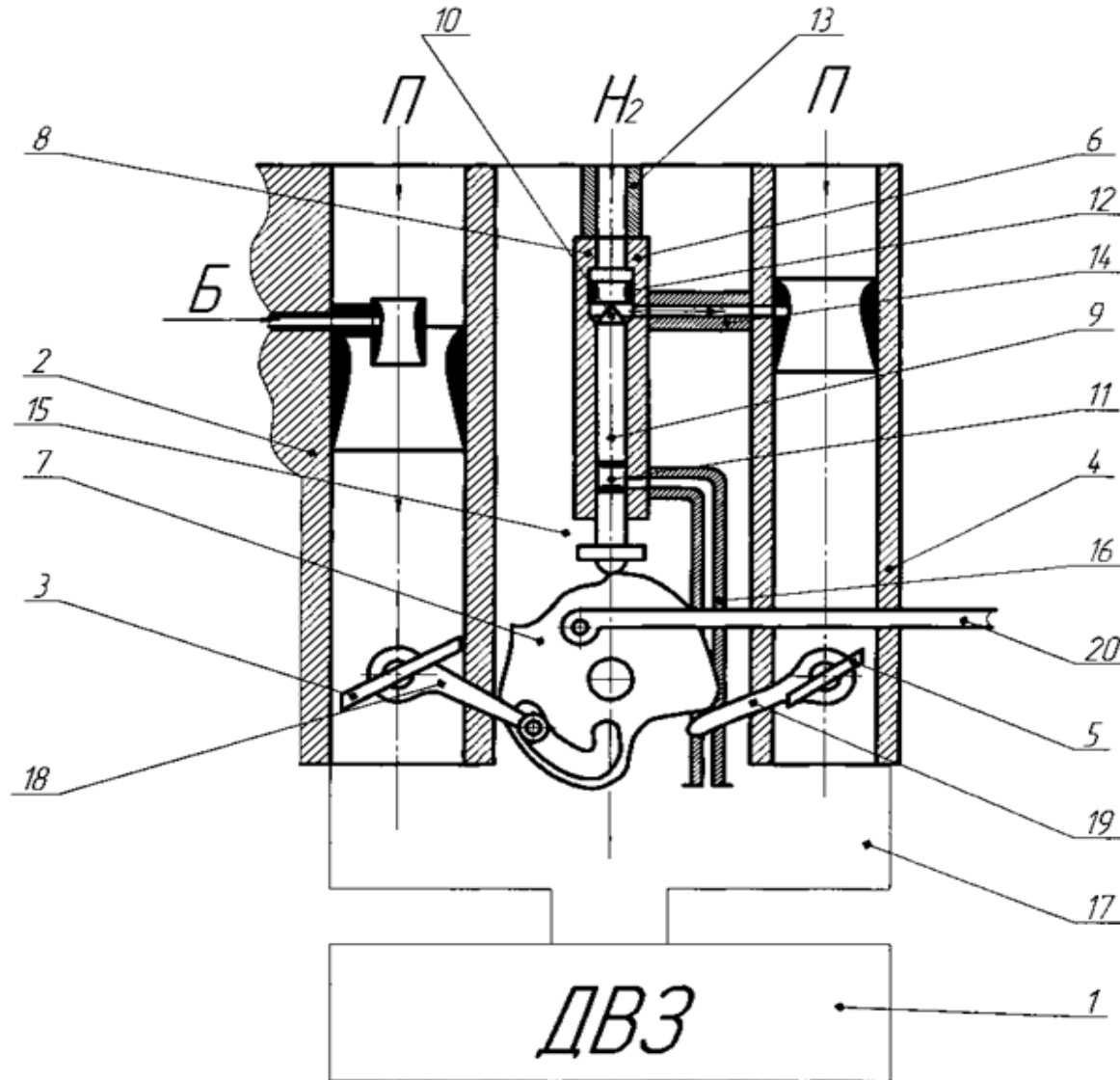
# Схема впускного колектора водневого двигуна:

1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – впускний колектор; 3 – відцентровий дозатор; 4 – відцентровий регулятор; 5 – регулювальний гвинт; 6 – педаль керування; 7 – переривник-розподільник; 8 – механічний дозатор; 9 – регулювальний гвинт холостого ходу; 10 – електроклапан; 11 – запірні вентиля; 12 – редуктор; 13 – гідридний акумулятор водню.



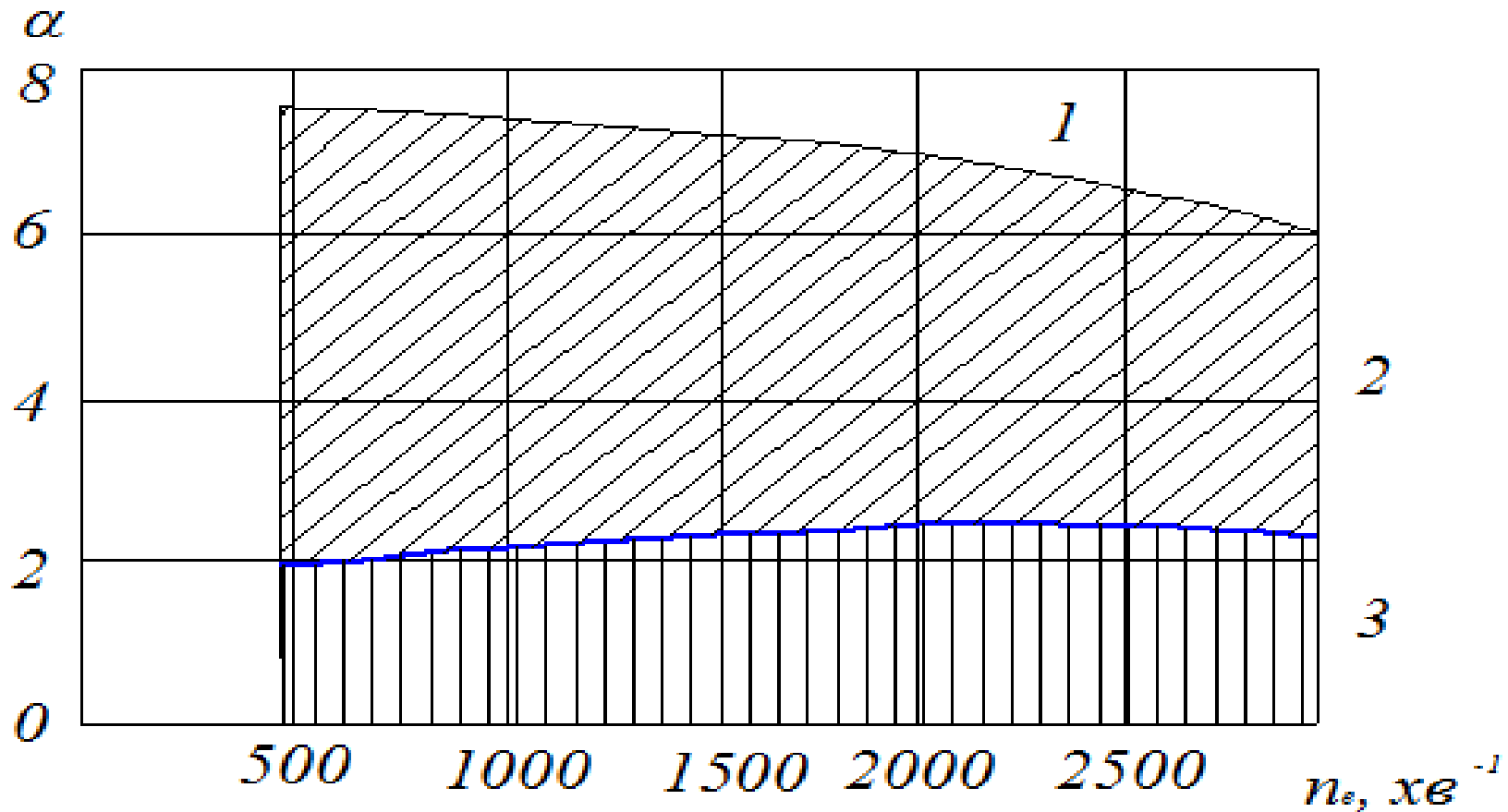
# Схема запропонованого карбюратора:

ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння; ОК – орган керування; Б – бензин;  $H_2$  – водень; П – повітря.

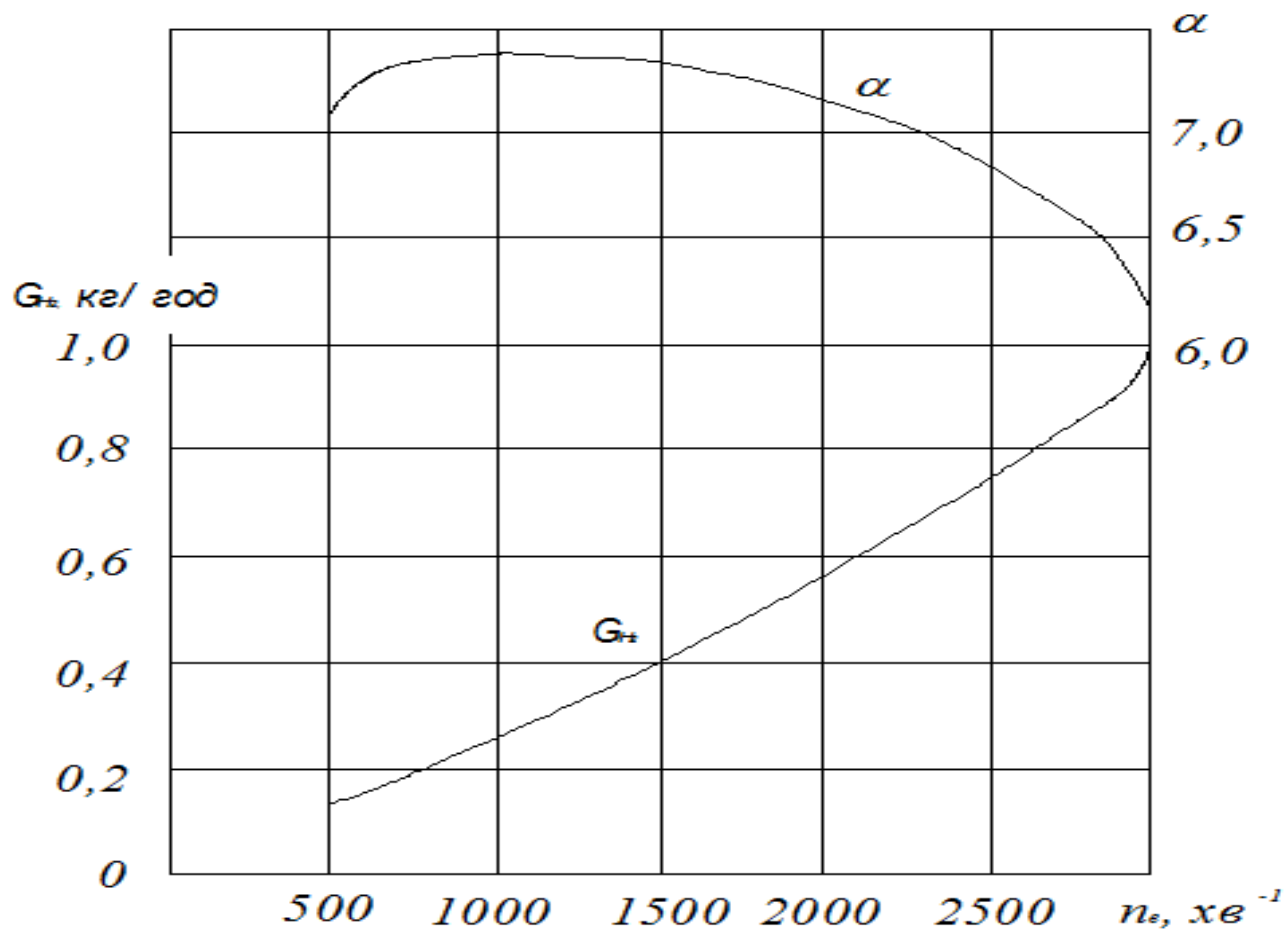


# Область стихійного перебігу робочого процесу

1 – верхня межа роботи двигуна; 2 – область стійкої роботи; 3 – область порушень робочого процесу



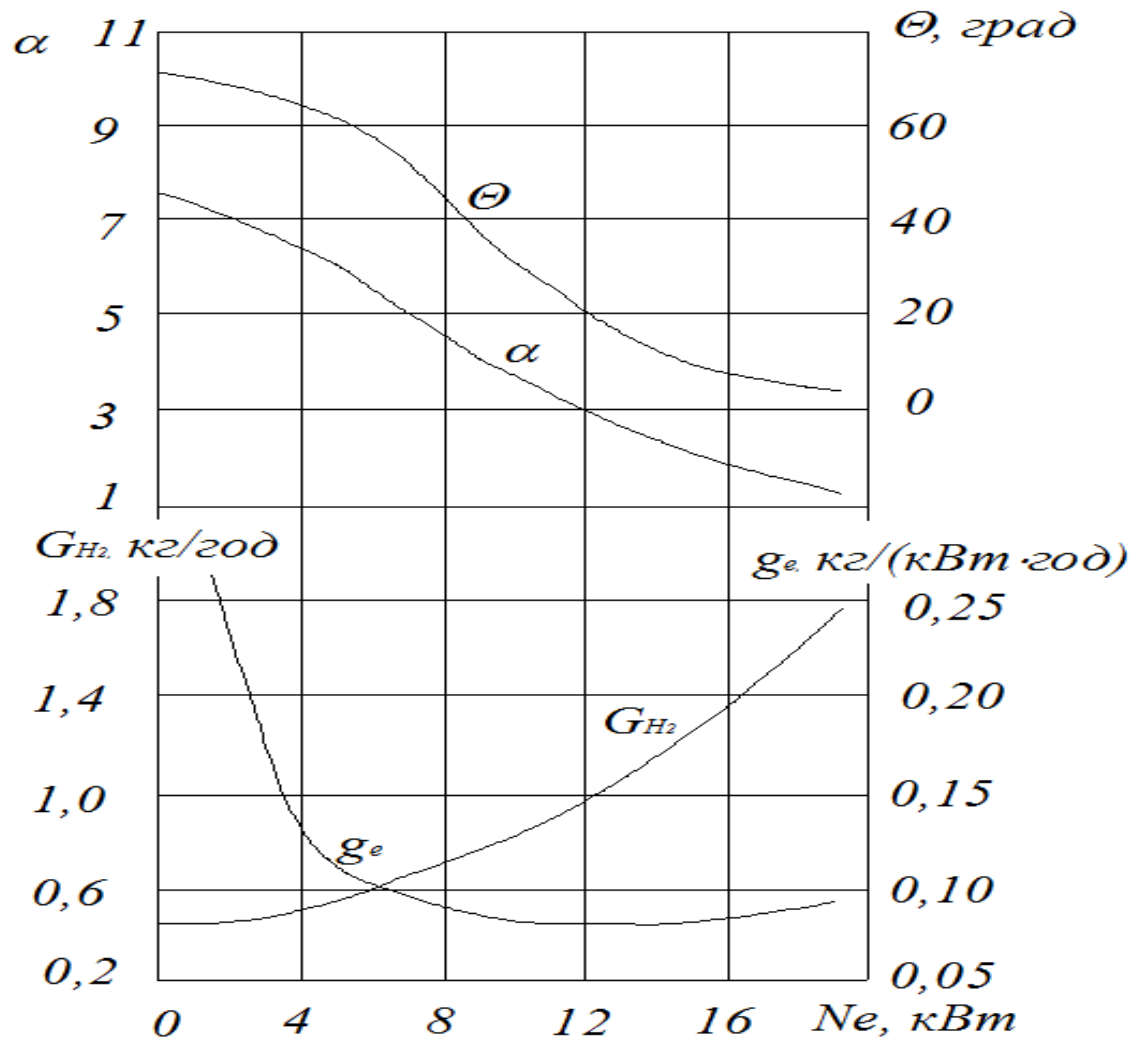
# Характеристика холостого хода водневого двигателя



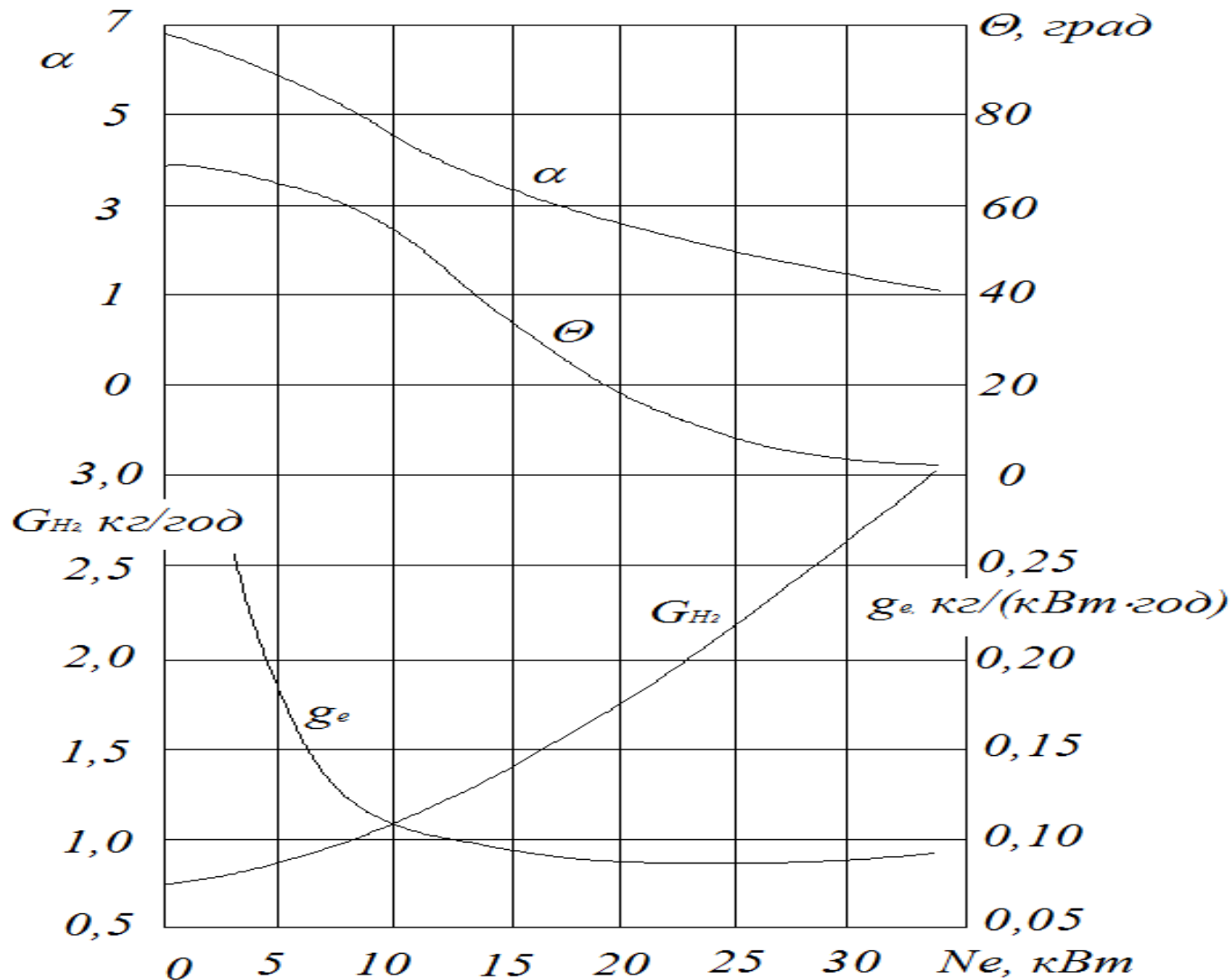
# Навантажувальна характеристика

водневого двигуна:

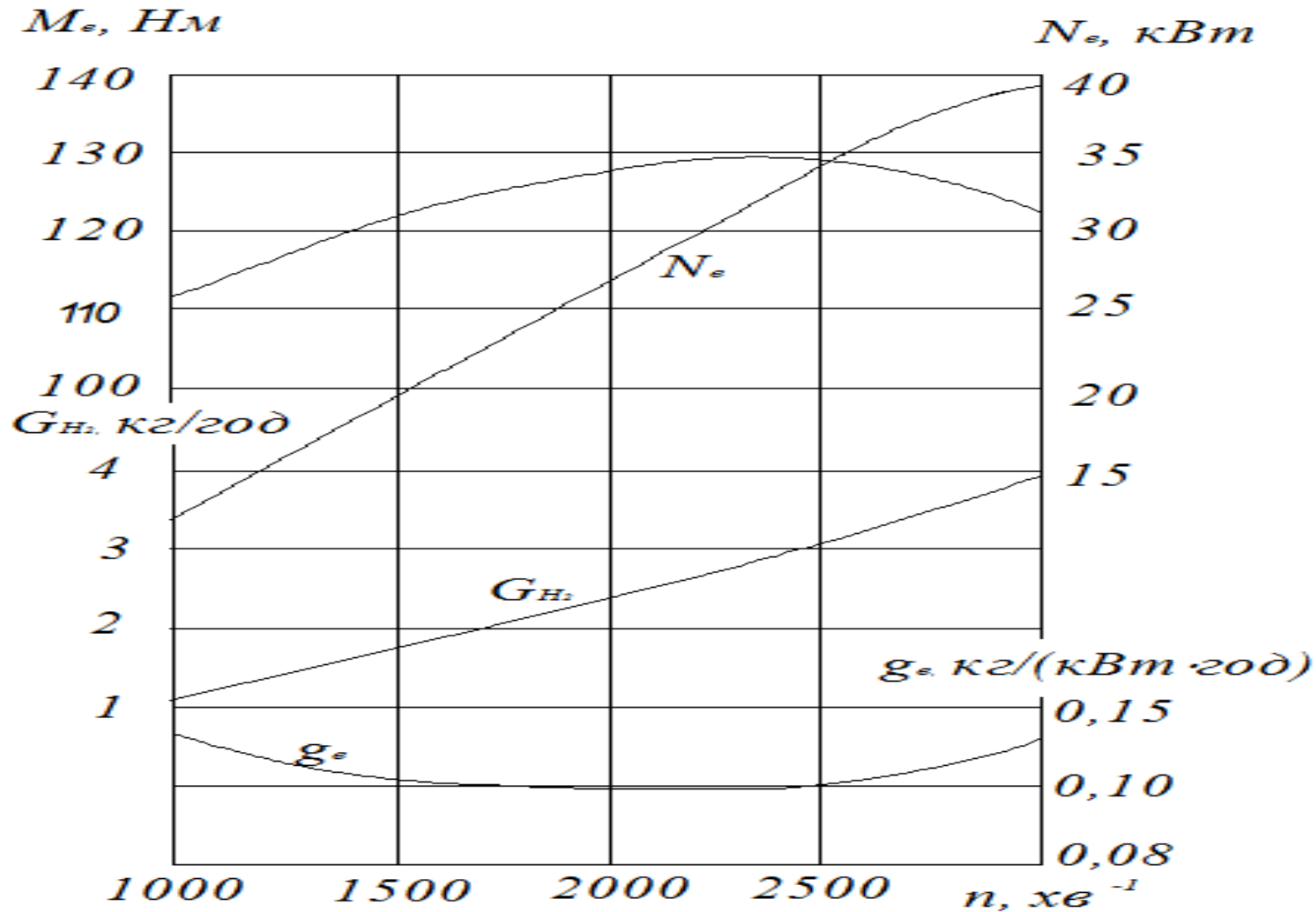
$$n = 1500 \text{ хв}^{-1}$$



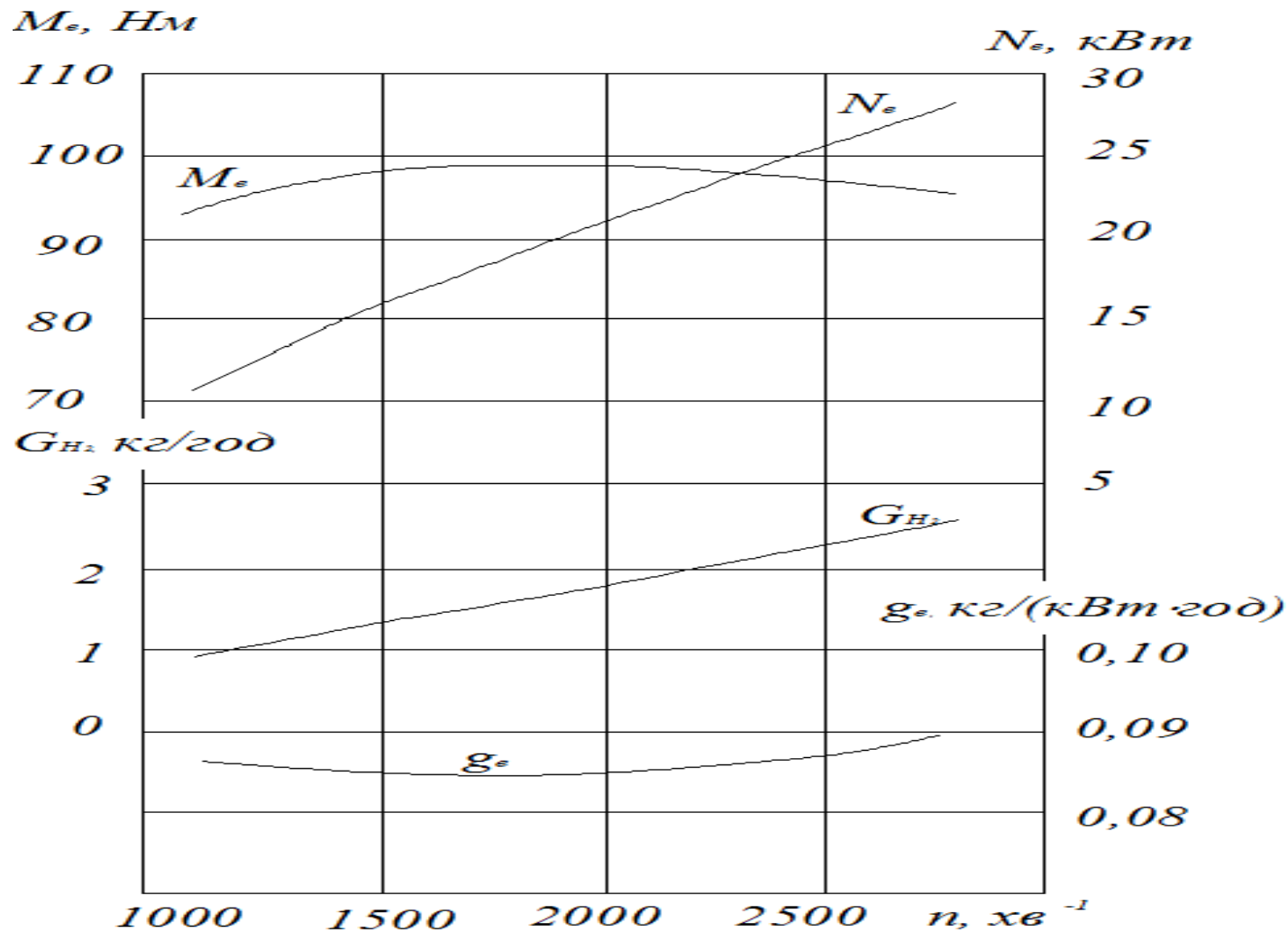
# Навантажувальна характеристика водневого двигуна $n = 2500 \text{ хв}^{-1}$



# Теоретична зовнішня швидкісна характеристика водневого двигуна: $\alpha = 1$



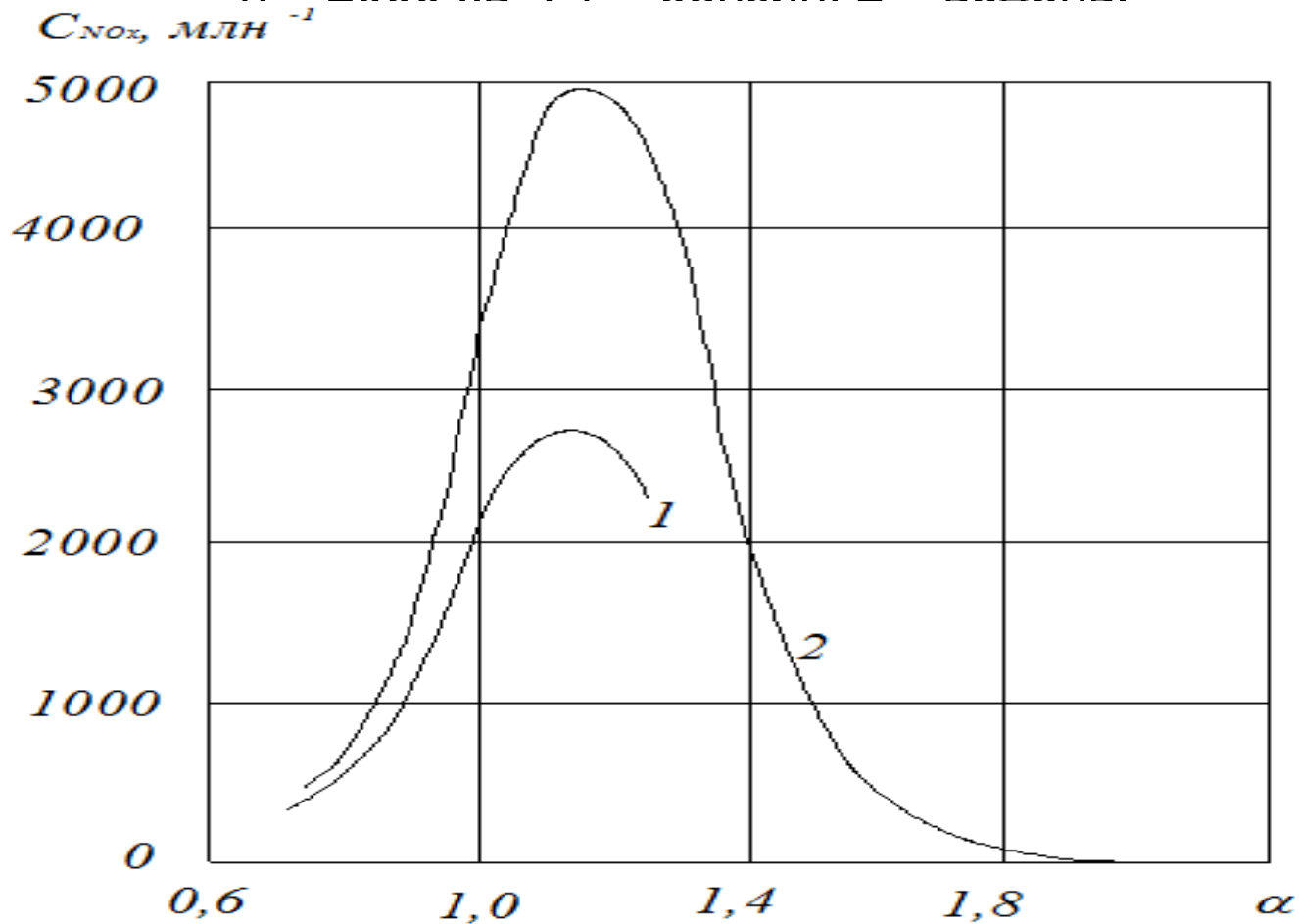
# Швидкісна характеристика водневого двигуна: $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$

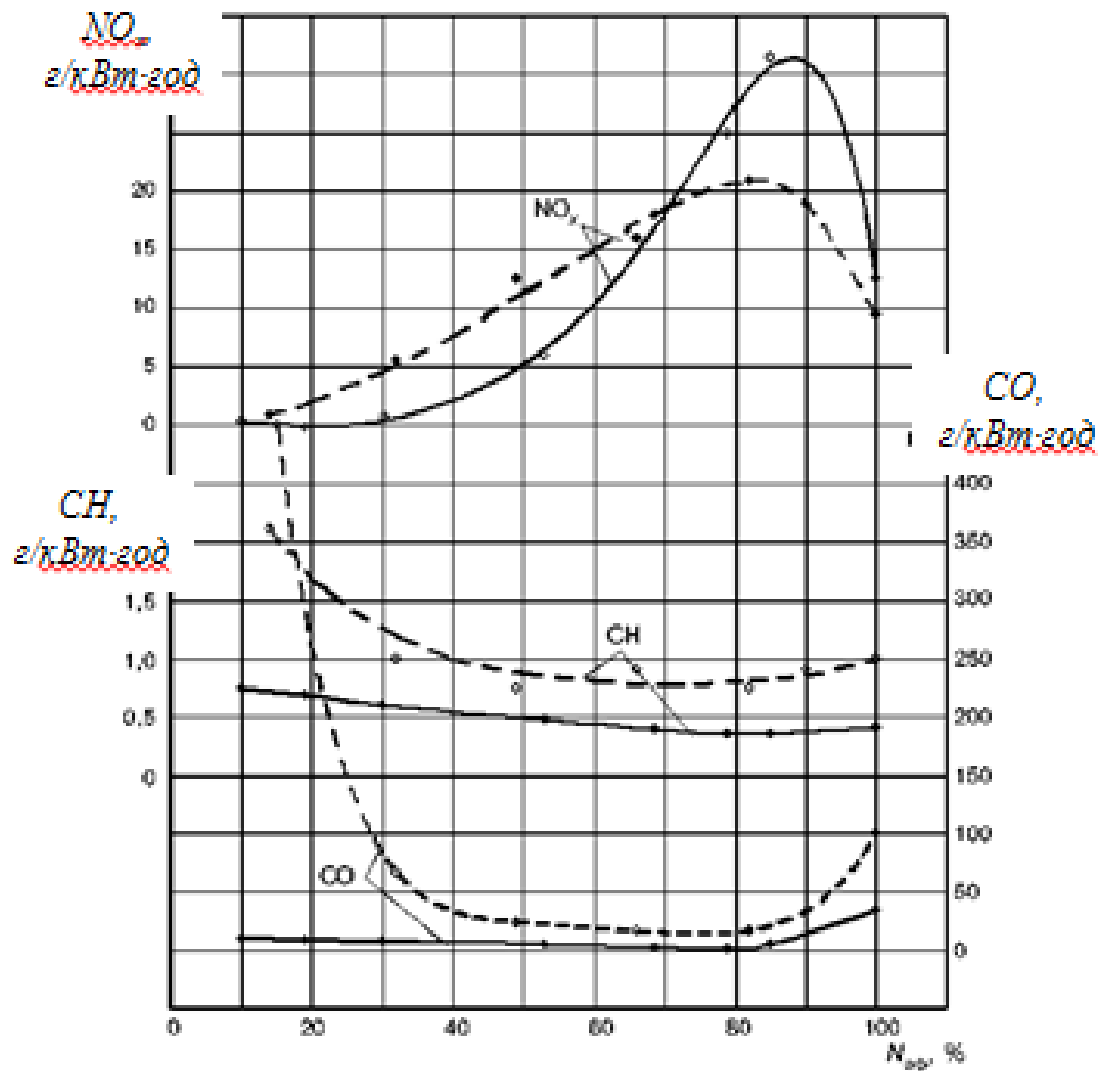




# Залежність вмісту оксидів азоту у відпрацьованих газах від коефіцієнта надлишку повітря:

$n = 2000 \text{ хв}^{-1}$ : 1 – бензин: 2 – волець.





Токсична характеристика двигуна  $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$

---- бензин;

— бензин з добавкою водню.

**Результати розрахунків порівняння економічної ефективності  
використання бензину та бензоводневої суміші**

**14**

Показник	Од. вимір.	Варіант	
		Бензиновий	Бензоводневий
Балансова вартість автомобіля	грн	290000	500000
Річне завантаження автомобіля	год	1100	1300
Витрата палива	л/100 км	8,5	5
Річне напрацювання	км	66000	78000
Прямі затрати на:	грн/км		
– ПММ		255	250
– ТО, ПР та КР		0,79	0,64
– реновацію		0,55	170,1
Всього прямих затрат	грн/км	256,39	251,87
Капітальні вкладення	грн/км	4,39	6,41
Зведені затрати, грн.	грн/км	257,05	252,83
Економія експлуатаційних затрат	грн	4642	5486
Річний економічний ефект, грн.		—	329160
Ступінь зменшення затрат	%		
– прямих затрат		—	1,76
– зведених затрат		—	1,64
– капіталовкладень		—	- 45,88
Термін окупності капіталовкладень	роки	—	1,52

# ВИСНОВКИ

У роботі виконано наукове завдання – покращення паливної економічності та зменшення шкідливих викидів завдяки теоретичним дослідженням роботи автомобільного двигуна на водневому паливі.

Запропонована схема реалізації способу роботи двигуна на водневому паливі, модифікованого впускного колектора та карбюратора, дозволяє провести теоретичні дослідження роботи двигуна внутрішнього згорання з сумішшю водню та бензину.

Запропонована методика експериментальних досліджень дозволяє теоретично встановити вплив добавки водню на робочий процес ДВЗ та встановити коефіцієнт корисної дії двигуна.

Теоретичними дослідженнями встановлено, що під час роботи двигуна на бензо-воднево-повітряних сумішах, близьких до стехіометричних, максимальна потужність і економічність двигуна досягаються при 3 %-ній добавці водню.

За результатами аналізу зовнішньої швидкісної характеристики карбюраторного двигуна встановлено, що суміш водню з бензином дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії двигуна на 8-12 %. Викиди CO і CH зменшуються в 2-3 рази, а викиди оксидів азоту збільшуються на 30-40%.

Встановлено, що ефективний ККД збільшується на 8-10 %, а токсичність ВГ істотно знижується. Окис вуглецю практично відсутній у ВГ при навантаженнях менше 90 % від максимального, а викиди вуглеводнів зменшуються в 2-3 рази по всій навантажувальній характеристиці.

Викиди оксидів азоту зменшуються в 1,5-4 рази в діапазоні навантажень 40-60 % від максимального і практично відсутні при навантаженнях менше 40 % від максимальною.

Результати розрахунків економічної ефективності використання бензоводневої суміші порівняно з автомобілем на бензині спостерігається зменшення прямих затрат на 1,76 %; зведених затрат – 1,64 %.

Не зважаючи, що вартість транспортного засобу на бензоводневій суміші на 58 % більша, а вартість палива на 30 % – річний економічний ефект становить 329160 грн. За рахунок меншої витрати палива та збільшеного річного завантаження автомобіля, термін окупності додаткових капіталовкладень становить 1,52 року.

