

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни

«Автомобільні двигуни»

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня навчання зі спеціальності 274
«Автомобільний транспорт», денної та заочної форми навчання

ЗАТВЕРДЖЕНО
редакційно-видавничою секцією
науково-методичної ради ДДТУ
17.02.2022 р. протокол №2

Кам'янське
2022

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпровського державного технічного університету заборонено

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Автомобільні двигуни" для здобувачів першого (бакалаврського) рівня навчання зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / Укладач. д.т.н., професор Серeda Б.П. Кам'янське, ДДТУ, 2022 - 26 с.

Укладач зав. кафедри ААГ д.т.н., проф.

Серeda Б.П.

Відповідальний за видання: зав. кафедри ААГ д.т.н., проф.

Серeda Б. П.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри ААГ

Чернета О.Г.

Затверджено на засіданні кафедри
«Автомобілі та автомобільне господарство»,
Протокол №2 від 10 лютого 2022 р.

Коротка анотація видання. У методичних вказівках розглянуто устаткування, методику і порядок виконання лабораторних робіт, отримання дослідних та розрахункових значень з предмету "Автомобільні двигуни" Розглянуто проведенні науково-дослідних випробувань, засвоєнні досвіду в методиці досліджень і визначення похибки вимірювань, обробки, оформлення та аналізу одержаних результатів.

ЗМІСТ

1. Мета, завдання дисципліни, її місце у навчальному процесі	4
2. Організація проведення лабораторних занять	5
3. Вимірювані величини	6
4. Методика і техніка проведення випробувань	8
Лабораторна робота №1 "Ознайомлювальна робота"	8
Лабораторна робота №2 "Швидкісна характеристика холостого ходу бензинового двигуна"	11
Лабораторна робота №3 "Швидкісна характеристика холостого ходу дизеля"	11
Лабораторна робота №4 "Характеристика примусового холостого ходу"	13
Лабораторна робота №5 "Регульовальна характеристика за кутом випередження запалювання"	16
Лабораторна робота №6 "Швидкісна характеристика з регуляторною віткою дизеля"	18
Лабораторна робота №7 "Навантажувальна характеристика дизеля"	21
Список літератури	24

1. МЕТА, ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Перспектива розвитку автомобільного транспорту передбачає подальше зростання вантажообігу, кількості та якості росту автопарку, подальше покращення використання автомобілів, підвищення міжремонтних пробігів, а також підвищення культури експлуатації автомобілів та двигунів. Важливішою з проблем є вдосконалення двигунів з метою підвищення ефективності, потужності, зменшення розмірів і ваги.

Рішення цієї проблеми можливо тільки при умовах повного розуміння фахівцями фізичних та хімічних явищ, які відбуваються в двигуні, а також у творчому використанні накопиченого досвіду науки і техніки в області конструювання, виробництва і експлуатації автомобільних двигунів.

У зв'язку із сказаним, метою викладання дисципліни постає придбання студентами глибоких знань по теорії автомобільних двигунів.

Внаслідок вивчення курсу студент повинен звати теорію робочих процесів автомобільних двигунів внутрішнього згоряння, сумішоутворення у двигунах іскрового запалення і дизельних двигунах, динаміку кривошипно-шатунного механізму, врівноваження двигуна.

Студент повинен вміти розраховувати двигуни, оцінювати вплив різних конструктивних та експлуатаційних факторів на його роботу, що забезпечує надійну роботу двигуна при оптимальних витратах палива.

Студент повинен мати навички аналізувати особливості експлуатації двигуна і процесів що в ньому відбуваються, аналізувати вплив його конструктивних та експлуатаційних особливостей на техніко-економічні та екологічні показники.

Лабораторні роботи — важливий етап у закріпленні одержаних знань, самостійному проведенні науково-дослідних випробувань, засвоєнні досвіду в

методиці досліджень і визначення похибки вимірювань, обробки, оформлення та аналізу одержаних результатів.

Мета лабораторних занять—ознайомитися з видами випробувань автомобільних двигунів; вивчити і засвоїти методику та техніку вимірювання основних величин під час випробувань поршневих двигунів внутрішнього згорання; експериментально визначити основні характеристики автомобільних двигунів.

В основу цих методичних вказівок покладено вимоги ГОСТ 14846- 81 на випробування автомобільних двигунів.

2. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Перед проведенням лабораторних занять необхідно вивчити методику виконання роботи, повторити відповідні розділи лекційного матеріалу та ознайомитись із літературними джерелами з питань виконуваної роботи.

Перед випробуваннями двигуна викладач проводить вступну бесіду, на якій пояснює студентам мету і зміст занять, знайомить з характеристикою об'єкта випробувань, обладнанням і приладами, розповідає про методику і техніку виконання роботи, перевіряє підготовленість групи до виконання лабораторної роботи, знайомить з правилами техніки безпеки, про що робиться відповідний запис до журналу з ТБ.

Під час лабораторних занять студенти повинні засвоїти виконання операцій на усіх робочих місцях. З цією метою після кожного етапу роботи студенти-виконавці міняються робочими місцями. Усі студенти повинні ознайомитися з обладнанням та вимірювальними приладами, практично опанувати методи їх використання, порядок перевірки та тарування, засвоїти техніку проведення вимірювань, правила обробки та оформлення результатів випробувань.

Після визначення параметрів, необхідних для побудови відповідної характеристики, її будують у вигляді графіка на бланку, форма і розміри якого наведено в дод.А.

Ці графіки — основна технічна документація, що відображає результати випробувань двигуна.

Матеріали випробувань студенти ретельно оформляють і подають викладачеві. Якщо результати неправильні, викладач повертає роботу для повторного виконання.

Після закінчення лабораторних занять проводиться залік, до якого допускають лише тих студентів, які правильно виконали всі лабораторні роботи.

3. ВИМІРЮВАНІ ВЕЛИЧИНИ

Знімання характеристик двигуна ведуть шляхом вимірів ряду параметрів на різних сталих режимах роботи двигуна.

Результати вимірювань і розрахунків заносять до протоколу. За даними вимірювань, одержаними під час випробування двигуна, а також за результатами розрахунків величин, одержаних аналітично, будують графіки, на яких криві вимірюваних величин будують за дослідними точками, які наносяться на графік (наприклад, $G_{\text{пал}}$ та M_k). На кривих величин, одержаних внаслідок розрахунків (наприклад, N_e та g_e) точки на графіку не ставлять.

Величини, визначені аналітично

Ефективна потужність двигуна, N_e , кВт,

$$N_e = \frac{M_k \cdot n}{9550},$$

де M_k — крутний момент, Н-м;

n - частота обертання колінчастого валу, хв.⁻¹.

Годинна витрата палива, $G_{\text{пал}}$, кг

$$G_{\text{пал}} = \frac{\Delta G_{\text{пал}}}{\tau_{\text{пал}}}$$

де $\Delta G_{\text{пал}}$ - маса дози палива, витраченого за час вимірювання, г;

$\tau_{\text{пал}}$ — тривалість вимірювань витрат палива, с.

Питома витрата палива, g_e кг/(кВт-год):

$$g_e = \frac{G_{\text{пал}}}{N_{\text{е}}}$$

Густина повітря, кг/м³:

$$\rho_{\text{пов}} = \frac{p_0}{R_{\text{пов}} T_0}$$

де p_0 — атмосферний тиск під час випробувань, Па;

$R_{\text{пов}}$ — газова стала повітря, $R_{\text{пов}} = 287$ Дж/(кг-К);

T_0 — абсолютна температура повітря на впуску, К.

Годинна витрата повітря, кг:

$$G_{\text{пов}} = \frac{\Delta V_{\text{пов}}}{t_{\text{пов}}} \rho_{\text{пов}},$$

де $\Delta V_{\text{пов}}$ - об'єм повітря в процесі вимірювання, м³;

$t_{\text{пов}}$ - тривалість вимірювань витрати повітря, с.

Коефіцієнт надміру повітря

$$\alpha = \frac{I_{\text{пов}}}{I_0},$$

де I_0 - кількість повітря, необхідного для повного згорання 1 кг палива, $I_0 = 14,94$ (кг палива / кг повітря (для бензину)).

Коефіцієнт наповнення

$$\eta_v = \frac{V_{\text{пов}}}{V_{\pi}} 10^{-3},$$

де V_{π} - робочий об'єм двигуна, л.

Двигун випробовують на стенді з гальмовою установкою, яка поглинає механічну енергію і дає змогу змінювати навантаження та вимірювати крутний момент. Частоту обертання, витрату палива й повітря та інші величини, що характеризують роботу двигуна, визначають за допомогою ряду пристроїв і приладів.

4. МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ І ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ

Перед випробуванням двигун прогрівають до нормального теплового стану: температура води 80...90 °С, мастила 85...95 °С.

Усі вимірювання проводять одночасно за сигналом. Кожен виконавець на своєму робочому місці повинен чітко й акуратно, не допускаючи помилок, виконати доручену йому операцію, інакше в процесі побудови характеристики неодмінно "випадуть" точки, що вимагатиме повторного проведення дослідів. Випробування двигуна бригадою — це колективна праця, успіх якої значною мірою залежить від чіткої, злагодженої роботи кожного виконавця.

Під час випробування двигунів з іскровим запалюванням на режимі "повного дроселя" і дизелів (без наддуву та з наддувом від нагнітача з механічним приводом), що працюють за повної подачі палива, потужність, крутний момент і середній ефективний тиск приводять до стандартних атмосферних умов за методикою, викладеною в ГОСТ 14846-81.

Загальні результати після обробки даних випробувань зображають у вигляді графіків. Для побудови графіків потрібно приготувати бланки. Розміри їх наведено в дод. А.

Лабораторна робота № 1 ОЗНАЙОМЛЮВАЛЬНА РОБОТА

Мета роботи — дати студентам деякий практичний досвід і ознайомити їх з приладами та технікою проведення вимірювань окремих параметрів під час випробувань та досліджень двигунів, а також з технікою управління двигуном і способами встановлення різних режимів роботи двигуна в умовах стендових випробувань.

Крім того, в роботі передбачено ознайомлення студентів з виконанням розрахунків для визначення параметрів роботи двигуна за результатами вимірювань окремих величин.

З метою підготовки до лабораторних занять студент повинен ознайомитись із загальною будовою гальмових стендів і принципом їх роботи, вивчити схему і конструкцію конкретної гальмівної установки і окремих її елементів, у тому числі:

- а) систему живлення двигуна паливом;
- б) систему охолодження двигуна;
- в) систему мащення;
- г) способи закріплення двигуна на стенді;
- д) допоміжні пристрої.

Виконуючи лабораторну роботу, потрібно з'ясувати принцип дії, будову та характерні особливості приладів для вимірювання температури, тиску, часу.

Для кожної групи приладів визначається похибка вимірювань (за паспортом або за написами на шкалі приладу), ціна поділки шкали, границя показань шкали, можливість регулювання.

Визначені дані про прилади заносять до таблиці у журналі спостережень.

Вивчаються також спеціальне обладнання і пристрої, які застосовуються під час випробувань двигунів для гальмування і вимірювання крутного моменту, витрати пального, повітря, кута випередження запалювання і т.п.

Підготовку і пуск двигуна виконують під керівництвом викладача або працівника лабораторії.

Двигун прогрівають за неповного навантаження (приблизно 10... 15%) до підвищення температури охолоджуючої рідини до 75...80 °С.

Після прогрівання двигуна студенти за вказівкою викладача встановлюють декілька режимів роботи (приблизно 20, 60 і 100% потужності), змінюючи навантаження, створюване гальмовим стендом.

Для встановлення сталих параметрів двигун повинен попрацювати 3...5 хв. у кожному режимі. Після цього всі учасники випробувань заносять дані

вимірювань до журналу спостережень. Кожен студент повинен виконати вимірювання на всіх робочих місцях.

Після закінчення випробувань студенти опрацьовують результати вимірювань за наведеними формулами і в разі необхідності наводять результати визначення потужності, крутного моменту та середнього ефективного тиску до нормальних атмосферних умов.

Контрольні питання:

1. Як визначається ефективна потужність двигуна ?
2. Як визначається Годинна витрата палива?
3. Складові гальмівного стенду
4. Складові системи живлення двигуна, що випробується на стенді.

Лабораторна робота № 2

ШВИДКІСНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОСТОГО ХОДУ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

Характеристика холостого ходу є швидкісною, вона показує залежність витрати палива та інших параметрів двигуна від частоти обертання при роботі без зовнішнього навантаження. Знімається характеристика в діапазоні частот обертання від мінімально сталої до такої, що дорівнює 60% максимальної. Двигун заздалегідь прогрівається до нормального температурного режиму.

Збільшення частоти обертання досягається відкриттям дросельних заслінок, проте кут їх відкриття невеликий, що спричинює незначну зміну розрідження на лінії впуску $\Delta\rho_k$ і коефіцієнта наповнення циліндра η_v . Із збільшенням частоти обертання витрати палива $G_{\text{пал}}$ і повітря $G_{\text{пов}}$ зростають.

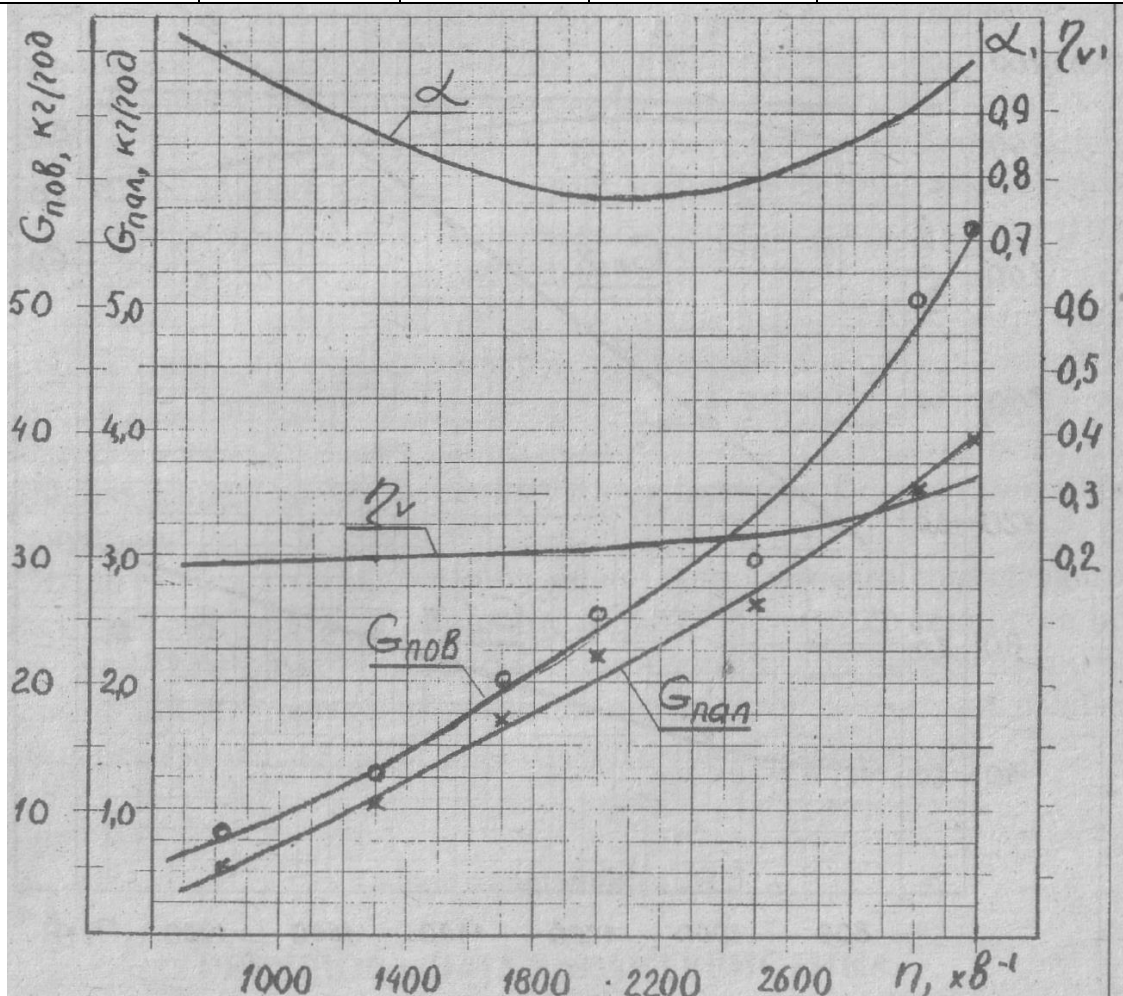
Коефіцієнт надміру повітря α спочатку знижується (суміш збагачується), а при більш інтенсивному зростанні витрати повітря, порівняно з паливом, збільшується.

Лабораторна робота № 3

ШВИДКІСНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОСТОГО ХОДУ ДИЗЕЛЯ

Характеристика холостого ходу дизеля знімається в діапазоні частот обертання від мінімально сталої до максимальної, яка обмежується регулятором. Двигун прогрівається до нормального температурного режиму. Збільшення частоти обертання досягається збільшенням циклової подачі палива. Витрата повітря за годину зростає пропорційно частоті обертання, а годинна витрата палива зростає більш інтенсивно, тому коефіцієнт надміру повітря поступово знижується. Коефіцієнт наповнення залишається практично незмінним, а в швидкохідних дизелях може незначно зменшуватися внаслідок збільшення втрат на подолання опору впускного тракту.

ДІТУ Каф ААГ	Швидкісна характеристика холостого ходу бензинового двигуна (назва характеристики)			
Каф ААГ	Двигун ГАЗ 24	Паливо АІ-92	Атмосферний тиск 99,5 кПа	Температура 21 °С



Дата	Випробування проводив (група, прізвище)	Перевірів
12.03.15	Гр. АГ-16-1ду ст. Корчак	Коржавін

Контрольні питання:

1. Як знімають характеристику холостого ходу двигуна?
2. Що таке коефіцієнт надміру повітря, як його змінюють?
3. Що таке коефіцієнт наповнення, від чого залежить?
4. Як змінюється подача повітря в дизелі

Лабораторна робота № 4

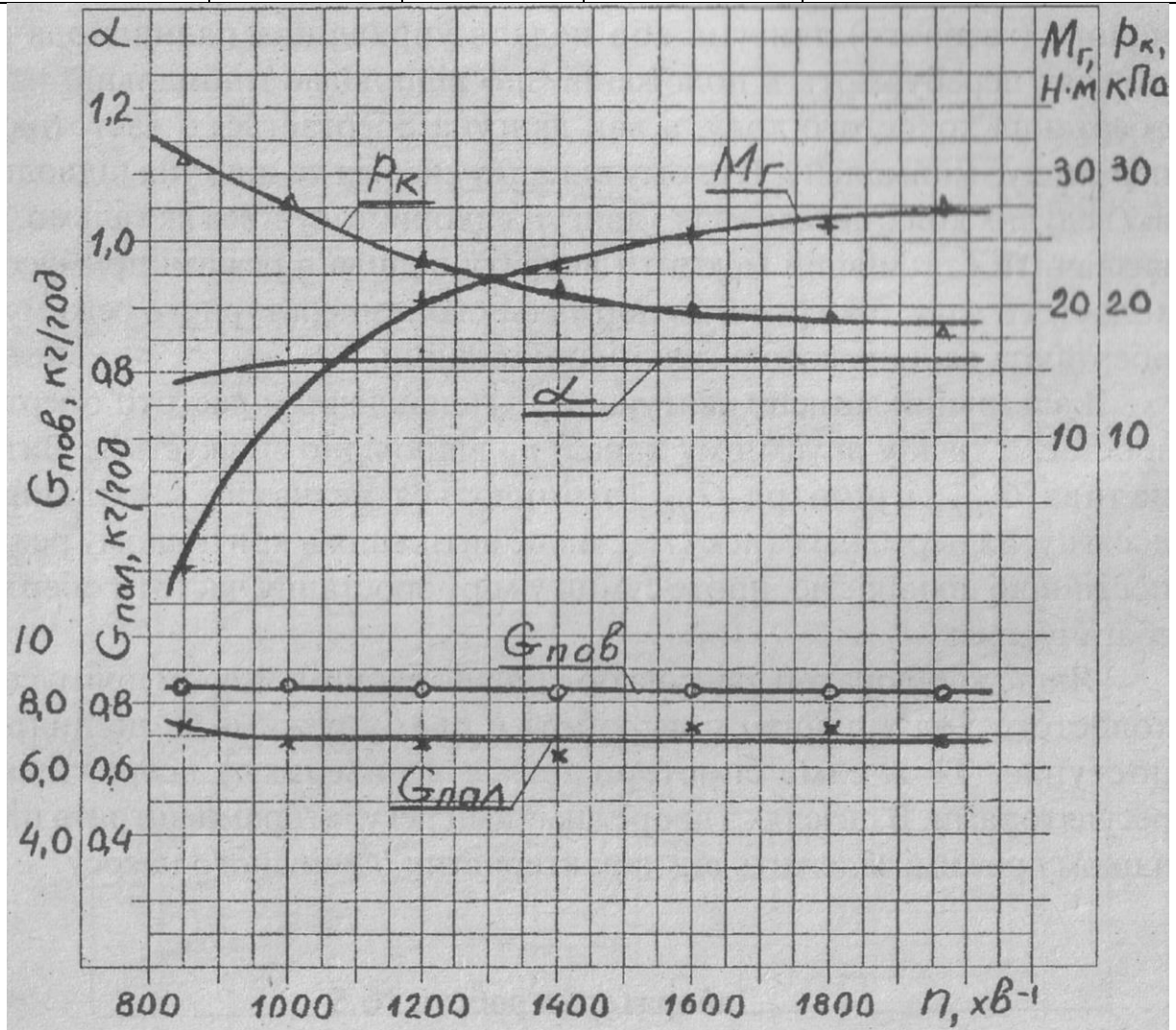
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИМУСОВОГО ХОЛОСТОГО ХОДУ

Режим примусового холостого ходу посідає значне місце в умовах експлуатації автомобілів. Це режим, коли дросельна заслінка бензинового (газового) двигуна або педаль управління паливоподачею в дизелях перебувають в положенні, що відповідає мінімальній частоті обертання холостого ходу, а вал двигуна обертається з частотою, що перевищує мінімальну. В цьому випадку енергія до двигуна підводиться від ведучих коліс автомобіля і двигун використовується як гальмо. Щоб визначити гальмівний момент і витрату палива в режимі примусового холостого ходу, прогрітий до нормального температурного режиму ДВЗ обертають за допомогою гальмівної машини.

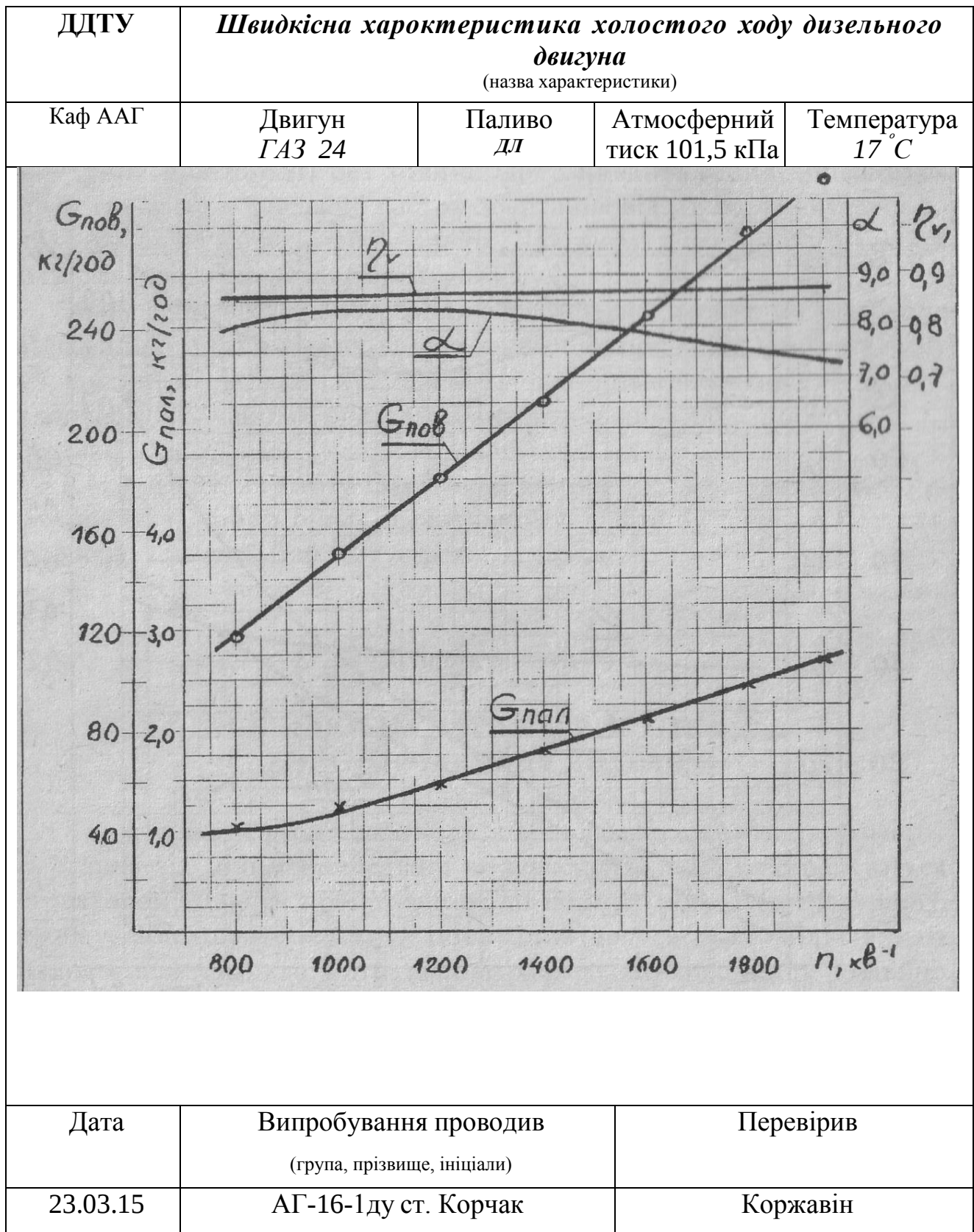
Гальмівний момент двигуна M_z з підвищенням частоти обертання зростає, а тиск у впускному каналі p_k відповідно знижується. Витрати палива $G_{\text{пал}}$ і повітря $G_{\text{пов}}$ змінюються незначно, оскільки при досягнутих перепадах тиску має місце витікання в критичному режимі з постійною швидкістю, проте суміш у міру зростання частоти обертання збагачується.

Якщо карбюратор двигуна обладнано економайзером примусового холостого ходу, паливо при роботі в цьому режимі до циліндрів не поступає. Те ж саме спостерігається в дизелях із всережимними регуляторами. В дизелях з дворегимними регуляторами витрата палива в цьому режимі залежить від характеристик паливного насосу.

ДЦТУ Каф ААГ	Характеристико примусового холостого ходу бензинового двигуна (назва характеристики)			
Каф ААГ	Двигун ГАЗ 24	Паливо АІ-92	Атмосферний тиск 100,5 кПа	Температура 12 °С



Дата	Випробування проводив (група, прізвище)	Перевірів
19.03.15	АГ-16-1 ду ст. Корчак	Коржавін



Лабораторна робота № 5
РЕГУЛЮВАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗА КУТОМ
ВИПЕРЕДЖЕННЯ ЗАПАЛЮВАННЯ

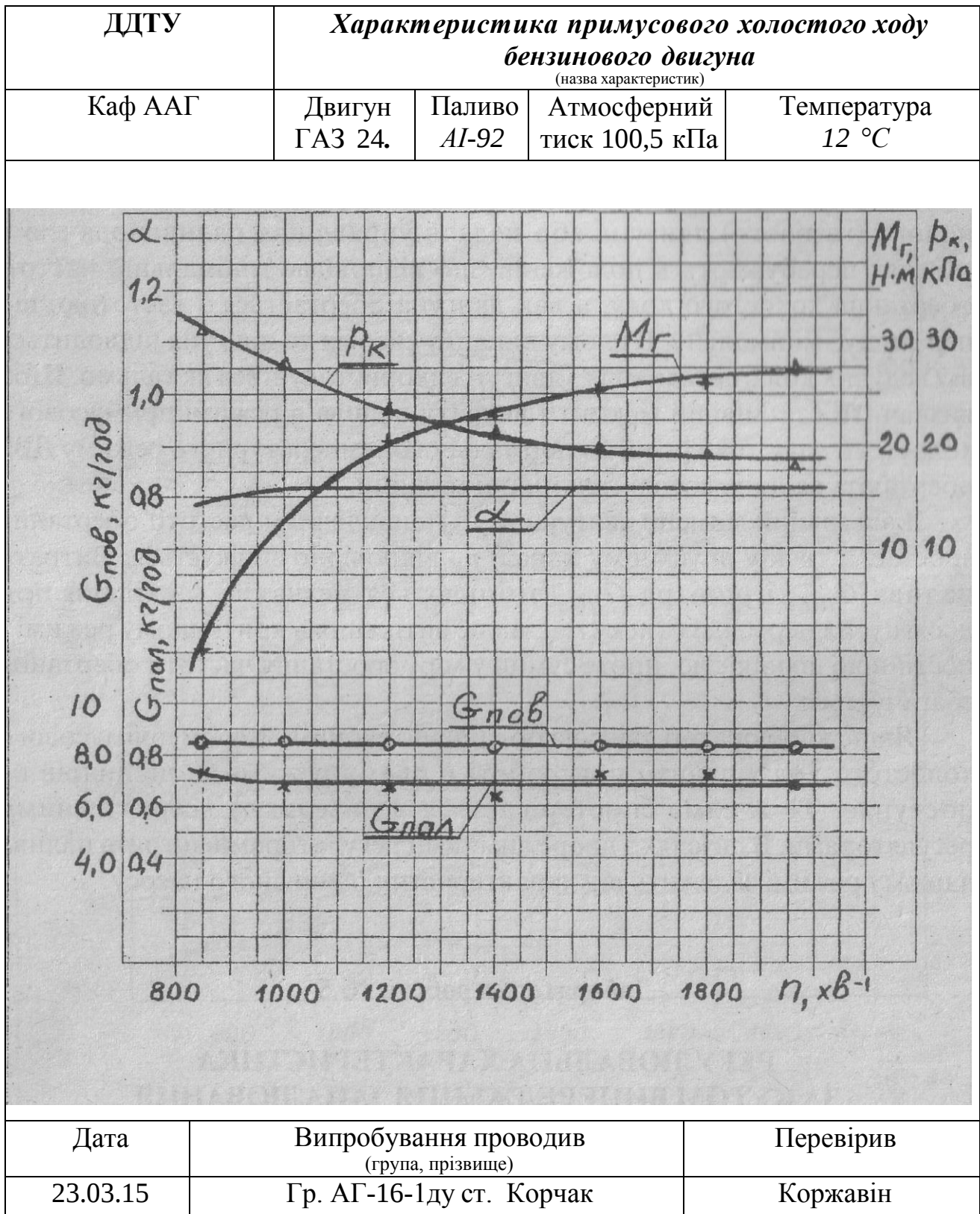
Названі характеристики знімають для визначення оптимального кута випередження запалювання для кожного досліджуваного швидкісного і навантажувального режимів. Характеристика показує залежність потужності i'_{ω} , годинної $C_{\text{пал}}$ та питомої витрат палива від кута випередження запалювання. Характеристику знімають за постійних положень дросельної заслінки і частоти обертання.

Характеристику починають знімати за пізнього кута випередження запалювання, поступово збільшуючи його до появи детонаційних стуків. За кожного нового значення кута випередження запалювання зміною навантаження двигуна підтримують його постійну частоту обертання. Під час випробувань вимірюють навантаження, частоту обертання, витрату палива, температуру води, мастила і відпрацьованих газів, тиск мастила.

Появу детонаційних стуків під час випробувань бензинового двигуна на великих кутах випередження запалювання відмічають у журналі спостережень.

Після проведення усіх дослідів і обробки результатів випробувань будують регулювальну характеристику.

У процесі аналізу характеристики за кутом випередження запалювання необхідно визначити оптимальний кут випередження запалювання, пояснити фактори, які впливають на зміну потужності за різних значень кута ω , а також явища, що відбуваються в роботі двигуна за граничних значень кута, характер протікання індикаторної діаграми за нормальних значень кута випередження запалювання, методи боротьби з детонацією.



запалювання, поступово збільшуючи його до появи детонаційних стуків. За кожного нового значення кута випередження запалювання зміною навантаження двигуна підтримують його постійну частоту обертання. Під час випробувань

вимірюють навантаження, частоту обертання, витрату палива, температуру води, мастила і відпрацьованих газів, тиск мастила.

Появу детонаційних стуків під час випробувань бензинового двигуна на великих кутах випередження запалювання відмічають у журналі спостережень.

Після проведення усіх дослідів і обробки результатів випробувань будують регульовальну характеристику.

У процесі аналізу характеристики за кутом випередження запалювання необхідно визначити оптимальний кут випередження запалювання, пояснити фактори, які впливають на зміну потужності за різних значень кута α , а також явища, що відбуваються в роботі двигуна за граничних значень кута, характер протікання індикаторної діаграми за нормальних значень кута випередження запалювання, методи боротьби з детонацією.

Контрольні питання:

1. Як впливає кут випередження запалення на витрату палива
2. Як впливає кут випередження запалення на появу детонації
3. Які фактори, впливають на зміну потужності за різних значень кута випередження запалювання
4. Які методи боротьби з детонацією використовують
5. Як змінюють кут випередження запалення при роботі двигуна.

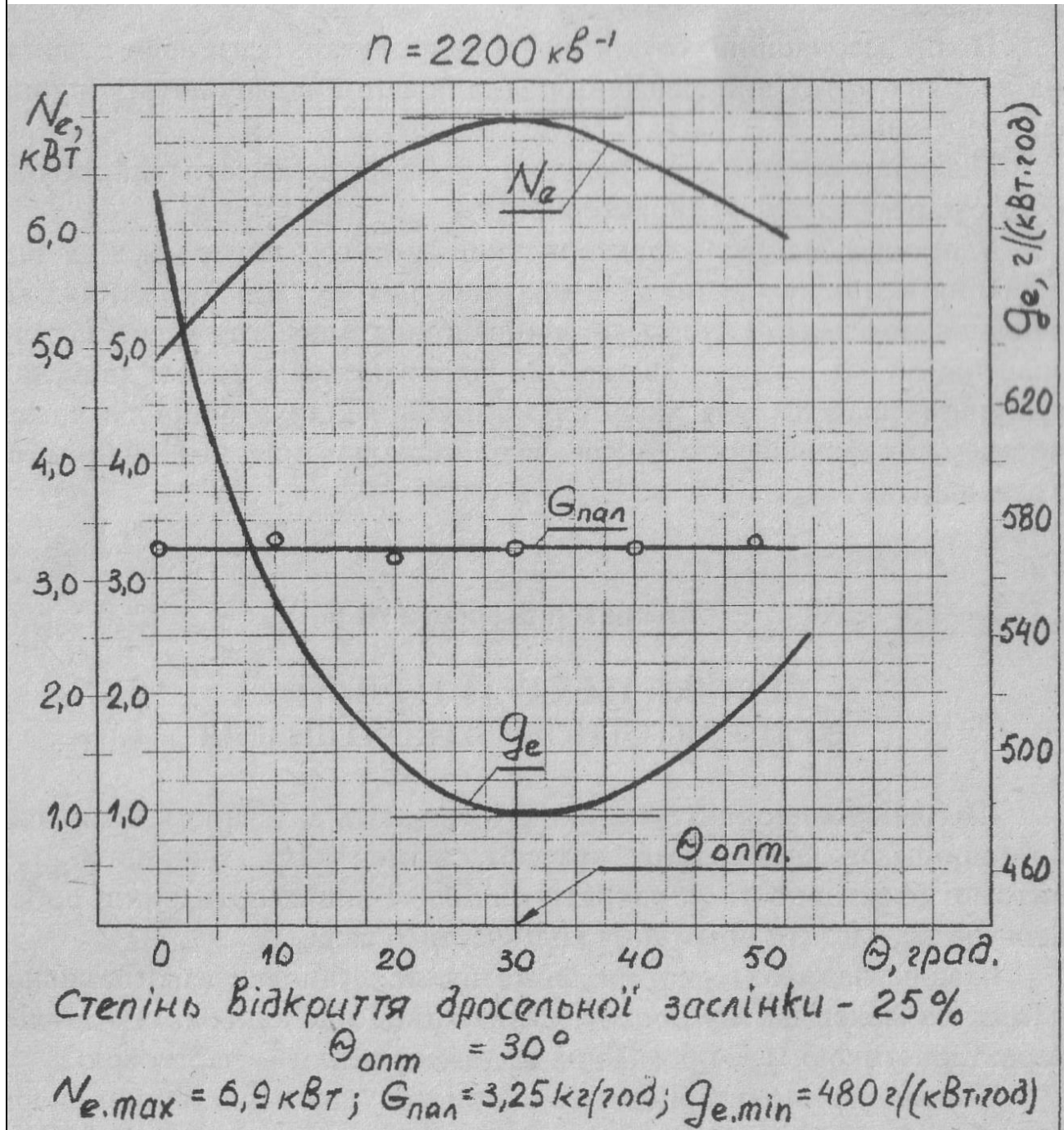
Лабораторна робота № 6

ШВИДКІСНА ХАРАКТЕРИСТИКА З РЕГУЛЯТОРНОЮ ВІТКОЮ ДИЗЕЛЯ

Швидкісною характеристикою називають залежність ефективної потужності N_e , ефективного крутного моменту M_k , годинної $G_{\text{пал}}$ та питомої ефективної g_e витрати палива й інших показників роботи двигуна від частоти обертання колінчастого валу.

Швидкісна характеристика, знята під час установки рейки паливного насоса на максимальну подачу, називається зовнішньою швидкісною характеристикою, а за проміжних положень рейки — частковою.

ДТУ	Регулювальна характеристика за кутом випередження запалювання (назва характеристик)			
Каф ААГ	Двигун ГАЗ 24.	Паливо АІ-92	Атмосферний тиск 102,3 кПа	Температура 13 °С



Дата	Випробування проводив (група, прізвище)	Перевірив
30.03.15	АГ-16-1ду ст. Корчак	Коржавін

Швидкісна характеристика використовується для оцінки енергетичних і економічних показників двигуна, а також для визначення мінімальної стійкої частоти обертання колінчастого валу під навантаженням, частоти обертання за максимальної потужності і максимального крутного моменту, мінімальної питомої витрати палива.

Режими, характерні для зовнішньої швидкісної характеристики:

$n_{\min}$ — за якого двигун стабільно працює з повним навантаженням;

$n_{\max}$ — максимального крутного моменту;

n_{ge} — за якого питома ефективна витрата палива найменша;

$n_{ном}$ — номінальної ефективної потужності;

$n_{хmax}$ — холостого ходу за умови роботи двигуна з регулятором.

Швидкісні характеристики дизеля з регулятором частоти обертання знімають, послідовно збільшуючи навантаження від холостого ходу до частоти обертання, відповідної режиму максимального крутного моменту. У цей час ведуться вимірювання навантаження, частоти обертання колінчастого валу, витрати палива, температур води, мастила і відпрацьованих газів, тиску мастила в системі мащення двигуна.

Рекомендується змінювати навантаження так, щоб частота обертання валу двигуна змінювалась з інтервалами $10... 15 \text{ хв}^{-1}$ на регуляторній вітці і приблизно 100 хв^{-1} — на безрегуляторній вітці характеристики.

За результатами випробувань будують характеристику і визначають, чи відповідають заводським технічним умовам основні параметри двигуна ($N_{\max}$, $M_{\max}$, $g_{\min}$). Для аналізу роботи двигуна визначають:

— запас крутного моменту

$$K_M = \frac{M_{\max} - M_N}{M_N} \cdot 100,$$

де $M_{\max}$ — максимальне значення крутного моменту;

M_N — значення крутного моменту за максимальної потужності.

Двигун з більшим запасом крутного моменту в експлуатаційних умовах може краще подолати збільшення моменту опору без необхідності переходу на нижчу передачу.

— степінь нерівномірності регулятора

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{ном}}} \cdot 100,$$

де n — частота обертання, відповідна початку дії регулятора. Крім того, студент повинен пояснити характер протікання кривої крутного моменту, призначення коректора і регулятора частоти обертання.

Контрольні питання:

1. Що таке швидкісна характеристика двигуна?
2. Як регулюють подачу палива в дизелі?
3. Як впливає крутий момент двигуна на подолати збільшення моменту опору?
4. Що таке питома ефективна витрата палива ?
5. Що таке зовнішня і часткова швидкісна характеристика?

Лабораторна робота № 7

НАВАНТАЖУВАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИЗЕЛЯ

Навантажувальною характеристикою називають залежність основних показників двигуна від навантаження за постійної частоти обертання. Вона служить для визначення закономірності зміни витрати палива і встановлення границі видимого димлення, а також визначення даних для регулювання максимальної подачі палива.

При випробуванні двигуна навантаження змінюють за допомогою стенду, а відновлення швидкісного режиму здійснюють, змінюючи подачу палива.

Під час першого вимірювання двигун працює без навантаження, на холостому ході. Послідовність проведення досліду така ж, як і для швидкісної характеристики.

Для проведення другого вимірювання навантаження двигуна збільшують до $0,25N_e$, важелем управління встановлюють ту ж частоту обертання. Вимірювання виконують після встановлення стабільної частоти обертання за даного навантаження.

Третє і наступні вимірювання проводять з навантаженнями відповідно $0,35 N_e$, $0,5 N_e$, $0,6 N_e$, $0,75 N_e$ і за повних потужностей.

Останнє вимірювання проводять з найбільшим навантаженням, за якого ще можлива стійка робота двигуна на заданій частоті обертання. Після обробки матеріалів будують криві навантажувальні характеристики двигуна $C_{\text{пал}}(N_e)$ та $g_e(N_e)$.

У процесі аналізу характеристики необхідно визначити параметри, які найбільш повно характеризують режими роботи: загальну і питому витрати палива на повному навантаженні, потужність при мінімальній ефективній питомій витраті палива, витрату палива за роботи двигуна на холостому ходу. Для дизеля необхідно визначити зону початку димлення і пояснити це явище.

ДТУ		Навантажувальна характеристика дизеля (назва характеристик)		
Каф ААГ	Двигун Д-243	Паливо ДЛ	Атмосферний тиск 100,7 кПа	Температура 13 °С
Початок зони димлення $G_{пл}$ $P_{е, 2/(кВт, год)}$ $N_e, кВт$				
14.04.15	АГ-16-1ду ст. Корчак.		Коржавін	
Дата	Випробування проводив (група, прізвище)		Перевірив	

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобільні двигуни» для здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» 1-денної і заочної форми навчання / Укладач. к.т.н., доцент Коржавін Ю.А., Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2019 р. - 96 с.
2. Мигаль В.Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления. Учеб. пособ. / В.Д. Мигаль. – Харьков: Майдан, 2016. – 320 с.
3. Мигаль В.Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: учеб. пособ. / В. Д.Мигаль, А.Н.Врублевский. – Х. : Майдан, 2015. – 269 с.
4. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. Підручник. - 3-тє видання. Київ: Арістей, 2006. — 476 с.
5. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підруч. для студентів спец. “Автомобілі та автомобільне господарство” вищ. навч. закладів. – К.: Арістей, 2004. – 438 с.: іл. – Бібліогр.: с.432.
6. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004. – 493с.
7. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.2. Доводка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004. – 367с.
8. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.3. Комп’ютерні системи керування ДВЗ. / За редакцією А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004. – 429с.
9. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ. – Підручник для студентів ВНЗ, що навчаються за 14 напрямом “Інженерна механіка” / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Видавничий центр НТУ “ХПІ”, 2004. – 468с.

10. Автоматичне регулювання двигунів внутрішнього згоряння: Навч. посібник / К.Є.Долганов, А.А.Лісовал – К.: НТУ, 2003. – 138 с

11. Захарчук В.І. Розрахунок автомобільних двигунів. Навчально-методичний посібник до виконання курсового проекту з дисципліни „Автомобільні двигуни” студентами спеціальності „Автомобілі та автомобільне господарство”.- Луцьк: ЛДТУ, 2002.- 95 с.

12. Випробування двигунів внутрішнього згоряння: Навч. посібник / Ю.Ф.Гутаревич, А.О.Корпач – К.: НТУ, 2002. – 191 с.

13. Основенко М.Ю., Сахно В.П. Автомобілі: Навч.Посібник. – К.: НМК ВО, 1992. – 344.

14. Коденцев В.Й., В`язовський І.К., Онопрієнко І.С. Двигуни внутрішнього згоряння. К.: „Вища школа”, 1974. – 271 с

15. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов. /А.И.Колчин, В.П.Демидов – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 496 с.

16. Методичні вказівки до лабораторних робіт (Рижий О.П., Глінчук В.М., Морозюк С.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автомобільні двигуни» для студентів напряму підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форм навчання. НУВГП, Рівне. – 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/5104/1/02-03-18.pdf>.); – методичні вказівки до практичних робіт (Рижий О.П. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Автомобільні двигуни» для студентів спеціальності 274 Автомобільний транспорт денної та заочної форм навчання. НУВГП, Рівне. – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/5104/1/02-03-68.pdf>.); – роздатковий матеріал; – комплект прозірок (фолій); – відеопрезентації.

17. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні). Принцип роботи та особливості будови: Навч. Посібник / Ю.Ф. Гутаревич, Л.П. Мержиєвська, О.В. Сирота, Д.М. Тріфонов, -К.: НТУ, 2014.- 240 с

18. Екологія та автомобільний транспорт: Навч. посібник /Ю.Ф.Гутаревич, Д.В.Зеркалов, А.Г.Говорун, А.О.Корпач, Л.П.Мержиєвська – К.: НТУ, 2005. – 260 с.

19. Автоматичне регулювання двигунів внутрішнього згоряння: Навч. посібник / К.Є.Долганов, А.А.Лісовал – К.: НТУ, 2003. – 138 с.

20. Випробування двигунів внутрішнього згоряння: Навч. посібник / Ю.Ф.Гутаревич, А.О.Корпач – К.: НТУ, 2002. – 191 с.
21. Орлина А.С., В.М. Манойло Автомобільні двигуни. Розділ 1 «Особливості конструкції ДВЗ», Курс лекцій. Харків, ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2018. – 79 с.
22. В.М. Манойло Автомобільні двигуни. Розділ 2 «Системи ДВЗ», Курс лекцій. Харків, ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2018. – 65 с.
23. В.М. Манойло Автомобільні двигуни. Розділ 3 «Теорія, розрахунок і аналіз роботи автотракторних ДВЗ», Курс лекцій. Харків, ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. – 193 с.
24. В.М. Манойло Автомобільні двигуни. Розділ 4 «Зрівноваженість, розрахунок деталей КШМ наміцність та систем ДВЗ», Курс лекцій. Харків, ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. – 75 с.
25. Інформаційні ресурси Наукова бібліотека НУВГП – м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75 / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua>