

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного

обслуговування та ремонту автомобілів Audi 80 Avant з дослідженням

напружень, що виникають в циліндро-поршневій групі ДВЗ

Виконав: студент 6 курсу, групи МАм-61

спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Микола ДЕМБЦЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник

(підпис)

Роман РОГАТИНСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(ім'я та прізвище)

Зав. кафедри

(підпис)

Олег ЦЬОНЬ

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«14» листопада 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Дембіцькому Миколі Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту автомобілів Audi 80 Avant з дослідженням напружень, що виникають в циліндро-поршневій групі ДВЗ

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2025 року № 4/7-970

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий ТП ремонту циліндро-поршневої двигунів автомобілів Audi 80 Avant.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Ескіз підставки під двигун – 1А1.

Стенд балансувальний – 1А1.

Пристрій 9571 - 49 для комплексної перевірки колінчастого вала – 1А1.

Пристрій для контролю лінійних розмірів – 1А1.

Дільниці для відновлювання колінчастих валів та ремонту двигунів – 1А1.

Результати наукових досліджень – 5А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, ім'я та прізвище консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 14.11.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	20.11.25	
2	Технологічний розділ	27.11.25	
3	Конструкторський розділ	03.12.25	
4	Науково-дослідний розділ	11.12.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.25	
6	Оформлення графічної частини	19.12.25	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра		

Студент

(підпис)

Микола ДЕМБІЦЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Роман РОГАТИНСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту автомобілів Audi 80 Avant з дослідженням напружень, що виникають в циліндро-поршневій групі ДВЗ».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н. професор Рогатинський Роман Михайлович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 69 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова: двигун; циліндро-поршнева група; механічні напруження; міцність; надійність.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Технічне обслуговування автомобіля Audi 80 Avant.....	8
1.2 Особливості технічного обслуговування основних систем автомобіля.....	10
1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	15
2.1 ТО кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant.....	15
2.2 Типові несправності двигуна автомобіля Audi 80 Avant, їх зовнішні прояви, причини виникнення та методи усунення.....	16
2.3 Технологічний процес ремонту кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant.....	18
2.4 Розробка ТП обкатування та випробування двигуна автомобіля Audi 80 Avant.....	25
2.5 Розрахунок трудомісткості та вартості технологічного процесу ремонту кривошипно-шатунного механізму (КШМ) двигуна автомобіля Audi 80 Avant.....	27
2.6 Проектування ділянки з технічного обслуговування та ремонту автомобільних двигунів.....	29
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	35
3.1 Кінематичний аналіз кривошипно-шатунного механізму двигуна.....	35
3.2 Визначення силових факторів і крутних моментів у КШМ.....	36
3.3 Визначення сил, що діють на шатунну та корінні шийки колінчастого вала.....	41
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	46
4.1 Аналіз впливу стиснення на граничні температурно-тискові параметри робочого циклу.....	46
4.2 Дослідження впливу стиснення на ефективні характеристики робочого циклу.....	55
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	

	6
СИТУАЦІЯХ.....	60
5.1 Вимоги до планувальної організації приміщень.....	60
5.2 Санітарно-технічне забезпечення захисних сховищ.....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68
ДОДАТКИ	

ВСТУП

В умовах постійного ускладнення конструкції автомобілів та зростання навантажень на їх основні агрегати особливої актуальності набуває раціональне проєктування автотранспортних підприємств, здатних забезпечити високий рівень технічної готовності рухомого складу.

Важливу роль у підтриманні працездатності автомобілів відіграє двигун внутрішнього згоряння, технічний стан якого значною мірою визначає експлуатаційні показники транспортного засобу. Одним із найбільш навантажених і відповідальних вузлів ДВЗ є циліндро-поршнева група, елементи якої працюють в умовах дії високих механічних і теплових навантажень. Напруження, що виникають у деталях циліндро-поршневої групи, безпосередньо впливають на їхню міцність, зносостійкість, довговічність та ймовірність виникнення відмов у процесі експлуатації.

Актуальність даної кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю поєднання питань організаційно-технологічного проєктування автотранспортного підприємства з інженерними дослідженнями напруженого стану деталей двигуна. Такий комплексний підхід дозволяє не лише обґрунтувати структуру, виробничу програму та технічне оснащення підприємства для виконання технічного обслуговування і ремонту автомобілів Audi 80 Avant, але й оцінити вплив експлуатаційних навантажень на працездатність циліндро-поршневої групи двигуна, що є важливим для підвищення надійності та ресурсу силового агрегату.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є проєктування автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту автомобілів Audi 80 Avant, а також дослідження напружень, що виникають у циліндро-поршневій групі двигуна внутрішнього згоряння з метою підвищення надійності та ефективності його експлуатації. Для досягнення поставленої мети в роботі передбачається вирішення комплексу організаційних, технологічних і розрахунково-аналітичних завдань, спрямованих на обґрунтування виробничо-технічної бази підприємства та оцінювання міцності основних деталей ДВЗ.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічне обслуговування автомобіля Audi 80 Avant

Технічне обслуговування автомобіля Audi 80 Avant являє собою сукупність регламентованих організаційно-технічних заходів, спрямованих на підтримання справного та працездатного стану транспортного засобу, забезпечення його надійності, безпеки руху та економічності експлуатації протягом усього життєвого циклу. Періодичність і обсяг робіт з технічного обслуговування встановлюються з урахуванням нормативної документації, пробігу автомобіля, умов експлуатації та фактичного технічного стану його агрегатів і систем.

Автомобіль Audi 80 Avant належить до легкових автомобілів середнього класу та оснащується бензиновими або дизельними двигунами внутрішнього згоряння, механічною або автоматичною трансмісією, а також системами рульового керування і гальмування, що потребують систематичного контролю та своєчасного виконання профілактичних і регламентних робіт.

У процесі експлуатації автомобіля Audi 80 Avant технічне обслуговування виконується за планово-попереджувальною системою, яка передбачає проведення регламентних робіт через установлені інтервали пробігу або часу з метою підтримання належного технічного стану транспортного засобу, запобігання відмовам і забезпечення безпеки руху. Періодичність виконання робіт визначається вимогами нормативно-технічної документації, рекомендаціями виробника та умовами експлуатації автомобіля.

Щоденне технічне обслуговування є початковою ланкою системи ТО і виконується перед виїздом автомобіля на лінію або після завершення роботи. Основною метою ЩТО є своєчасне виявлення зовнішніх ознак несправностей, які можуть вплинути на безпеку руху або призвести до відмов у процесі експлуатації.

До складу ЩТО входять оглядово-контрольні операції, що не потребують застосування спеціалізованого діагностичного обладнання, зокрема:

зовнішній огляд кузова з метою виявлення механічних пошкоджень, деформацій і порушень кріплень;

перевірка працездатності світлових приладів, покажчиків повороту, стоп-сигналів і звукового сигналу;

контроль рівнів моторної оливи, охолоджувальної та гальмівної рідин;

оцінювання технічного стану шин, зокрема тиску повітря, ступеня зносу протектора та відсутності видимих пошкоджень;

виявлення можливих підтікань пального, мастила або охолоджувальної рідини з агрегатів і трубопроводів.

Своєчасне виконання ЩТО дозволяє запобігти розвитку дрібних несправностей у серйозні відмови та забезпечує належний рівень безпеки під час експлуатації автомобіля.

Технічне обслуговування №1 виконується через встановлений пробіг і має профілактичний характер. Основним завданням ТО-1 є зниження інтенсивності зносу деталей і вузлів автомобіля, а також підтримання параметрів його роботи в межах нормативних значень.

У процесі ТО-1 виконують такі основні операції:

перевірку технічного стану двигуна, включаючи оцінювання стабільності його роботи, рівня шуму та вібрацій;

контроль справності системи живлення та запалювання, герметичності з'єднань і працездатності елементів керування;

перевірку рульового керування на наявність люфтів, стану шарнірних з'єднань і кріплень;

огляд гальмівної системи з контролем зносу гальмівних колодок, стану дисків або барабанів та герметичності гідроприводу;

оцінювання стану підвіски і кріплень ходової частини;

підтягування різьбових з'єднань та змащування вузлів відповідно до карти змащування.

ТО-1 дозволяє підтримувати працездатність автомобіля без втручання у внутрішню структуру агрегатів і суттєво зменшує ймовірність передчасного виходу їх з ладу.

Технічне обслуговування №2 є більш поглибленим видом обслуговування та виконується з більшими інтервалами пробігу порівняно з ТО-1. Воно передбачає часткове розбирання окремих вузлів і застосування діагностичного обладнання для оцінювання технічного стану агрегатів.

У межах ТО-2 виконують:

- заміну моторної оливи та фільтрів системи змащування і живлення;
 - контроль компресії в циліндрах двигуна з метою оцінювання стану циліндро-поршневої групи;
 - перевірку технічного стану газорозподільного механізму та елементів приводу;
 - діагностування паливної системи з контролем параметрів подачі пального;
 - оцінювання ступеня зносу елементів трансмісії, підвіски та гальмівних механізмів;
 - перевірку та, за необхідності, регулювання кутів встановлення коліс.
- Виконання ТО-2 забезпечує своєчасне виявлення прихованих дефектів, дозволяє прогнозувати ресурс основних агрегатів і є важливою складовою системи підтримання високого рівня технічної готовності автомобіля.

1.2 Особливості технічного обслуговування основних систем автомобіля

Під час технічного обслуговування автомобіля Audi 80 Avant першочергова увага приділяється основним системам і агрегатам, від технічного стану яких безпосередньо залежать надійність, безпека руху та економічні показники експлуатації. До таких систем належать двигун внутрішнього згоряння, трансмісія, рульове керування, гальмівна система, ходова частина та електрообладнання.

Двигун внутрішнього згоряння є найбільш навантаженим агрегатом автомобіля, оскільки його деталі працюють в умовах високих теплових, механічних і інерційних навантажень. У процесі технічного обслуговування двигуна особливу увагу приділяють контролю стану системи змащування, охолодження та циліндро-поршневої групи.

Обслуговування системи змащування включає перевірку рівня та стану моторної оливи, своєчасну її заміну разом із масляним фільтром, а також контроль герметичності з'єднань і відсутності підтікань. Неналежний стан мастила або його нестача призводять до інтенсивного зносу пар тертя і зниження ресурсу двигуна.

Під час обслуговування системи охолодження контролюють рівень і стан охолоджувальної рідини, працездатність термостата, вентилятора та герметичність радіатора і патрубків. Порушення теплового режиму роботи двигуна може спричинити перегрів, деформацію деталей і зниження їхньої міцності.

Контроль циліндро-поршневої групи здійснюється шляхом перевірки компресії в циліндрах, аналізу витрати моторної оливи та наявності сторонніх шумів. Своєчасне виявлення ознак зносу поршнів, кілець і циліндрів дозволяє запобігти розвитку серйозних пошкоджень і значно зменшити витрати на капітальний ремонт двигуна.

Під час технічного обслуговування трансмісії контролюють рівень і стан мастильних матеріалів у коробці передач і головній передачі, перевіряють герметичність картерів, працездатність зчеплення та відсутність сторонніх шумів під час руху. Своєчасна заміна мастила і регулювання механізмів трансмісії забезпечують плавність передачі крутного моменту та знижують зношування зубчастих передач.

Обслуговування ходової частини передбачає контроль технічного стану елементів підвіски, амортизаторів, пружин, сайлентблоків і кріплень. Особливу увагу приділяють виявленню люфтів, тріщин і деформацій, які можуть призвести до погіршення керованості та стійкості автомобіля.

Рульове керування є однією з ключових систем активної безпеки автомобіля. Під час технічного обслуговування перевіряють величину люфту кермового колеса, стан рульових тяг, шарнірних з'єднань і кріплень, а також герметичність вузлів рульового механізму. Перевищення допустимих значень люфтів або наявність заїдань свідчать про знос деталей і потребують негайного усунення.

Систематичний контроль технічного стану рульового керування забезпечує точність передавання керувальних зусиль від водія до керованих коліс і сприяє підвищенню безпеки руху, особливо під час маневрування та руху на високих швидкостях.

Гальмівна система безпосередньо визначає можливість своєчасної зупинки автомобіля та запобігання дорожньо-транспортним пригодам. У процесі технічного обслуговування здійснюють контроль зносу гальмівних колодок і дисків (або барабанів), перевірку герметичності гідроприводу, стану гальмівних шлангів і трубопроводів, а також рівня та якості гальмівної рідини.

Перевірка ефективності гальмування та рівномірності дії гальм на колеса дозволяє своєчасно виявляти несправності та підтримувати гальмівну систему у працездатному стані.

Комплексне та своєчасне технічне обслуговування основних систем автомобіля забезпечує підтримання його експлуатаційних характеристик у межах нормативних значень, підвищує ресурс агрегатів і знижує ймовірність виникнення відмов у процесі руху. Це є необхідною умовою безпечної, економічно доцільної та довговічної експлуатації автомобіля.

1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

У кваліфікаційній роботі магістра необхідно виконати комплексне опрацювання технологічних, конструкторських і науково-дослідних аспектів, пов'язаних із технічним обслуговуванням, ремонтом та дослідженням навантажень елементів двигуна автомобіля Audi 80 Avant.

У технологічному розділі необхідно. Розглянути технічне обслуговування кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant, визначити зміст, періодичність та основні операції сервісного обслуговування, обґрунтувати їх вплив на зниження зносу та підвищення ресурсу двигуна.

Проаналізувати типові несправності двигуна, встановити їх зовнішні прояви, основні причини виникнення та систематизувати методи усунення, що

застосовуються в умовах автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування.

Розробити технологічний процес ремонту кривошипно-шатунного механізму, визначивши послідовність операцій від демонтажу двигуна до його складання та контролю якості. Необхідно описати методи очищення, дефектації, відновлення або заміни деталей, а також вимоги до точності й технологічних допусків.

Розробити технологічний процес обкатування та випробування двигуна після ремонту, обґрунтувати режими холодної та гарячої обкатки, перелік контрольованих параметрів і критерії приймання двигуна в експлуатацію.

Виконати розрахунок трудомісткості та вартості технологічного процесу ремонту КШМ, визначити загальні витрати часу, вартість робіт і матеріалів, а також оцінити економічну доцільність ремонту порівняно із заміною двигуна.

Спроекувати ділянку з технічного обслуговування та ремонту автомобільних двигунів, обґрунтувати її спеціалізацію, склад і кількість обладнання, чисельність персоналу, а також визначити необхідну виробничу площу з урахуванням вимог охорони праці та організації виробництва.

У конструкторському розділі необхідно. Виконати кінематичний аналіз кривошипно-шатунного механізму двигуна, визначити закономірності руху поршня, його швидкість і прискорення залежно від кута повороту колінчастого вала.

Визначити силові фактори та крутні моменти в КШМ, дослідити дію газових і інерційних сил, а також їх вплив на навантаження основних елементів механізму.

Розрахувати сили, що діють на шатунну та корінні шийки колінчастого вала, проаналізувати характер зміни навантажень протягом робочого циклу та оцінити їх вплив на міцність і довговічність деталей.

У науково-дослідному розділі необхідно. Проаналізувати вплив ступеня стиснення на граничні температурно-тискові параметри робочого циклу двигуна, визначити тенденції зміни максимальних значень тиску й температури в циліндрі.

Дослідити вплив ступеня стиснення на ефективні характеристики робочого циклу, зокрема на крутний момент, ефективну потужність і характер навантаження елементів кривошипно-шатунного механізму.

Виконання зазначених завдань має забезпечити комплексне обґрунтування технологічних і конструкторських рішень, а також наукове пояснення впливу основних параметрів робочого циклу на напружений стан і надійність деталей двигуна. Отримані результати повинні мати практичну цінність для автотранспортних підприємств і можуть бути використані при вдосконаленні технологій ремонту та експлуатації автомобільних двигунів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 ТО кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant

Зміст і періодичність сервісного обслуговування. Сервісне обслуговування КШМ передбачає комплекс профілактичних, контрольних і, за потреби, регулювальних операцій, які виконуються переважно без повного розбирання двигуна:

Контроль тиску та стану моторної оливи, своєчасна її заміна разом із масляним фільтром, оскільки змащування безпосередньо впливає на знос корінних і шатунних підшипників.

Прослуховування роботи двигуна з метою виявлення сторонніх стуків, характерних для зносу підшипників колінчастого вала або поршнево-шатунної групи.

Перевірка герметичності системи мащення та відсутності витоків оливи в зоні картера, сальників колінчастого вала і з'єднань.

Оцінювання компресії в циліндрах, що дозволяє непрямо визначити стан поршнів, кілець і циліндрів.

Періодичність цих операцій визначається регламентом технічного обслуговування Audi та умовами експлуатації автомобіля, зокрема пробігом, режимами навантаження і якістю пального та мастильних матеріалів.

Обслуговування під час ремонту

Під час середнього або капітального ремонту двигуна КШМ підлягає детальному дефектуванню. Виконується вимірювання зносу шийок колінчастого вала, перевірка геометрії шатунів, зазорів у підшипниках, стану поршнів і кілець. За результатами контролю приймається рішення щодо шліфування колінчастого вала, заміни вкладишів, поршневої групи або окремих елементів механізму.

Значення своєчасного обслуговування

Систематичне та якісне сервісне обслуговування кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant забезпечує стабільну роботу двигуна, зменшення механічних втрат, підвищення паливної економічності та

подовження ресурсу силового агрегату в цілому. Це особливо важливо для автомобілів з великим терміном експлуатації, де профілактика відіграє ключову роль у запобіганні дороговартісним ремонтам.

Інженерно-економічний розрахунок тривалості та вартості технічного обслуговування (ТО) кривошипно-шатунного механізму (КШМ) двигуна автомобіля Audi 80 Avant.

Розрахунок виконано для регламентного ТО без розбирання двигуна.

Вихідні дані для розрахунку.

Тип ТО: періодичне технічне обслуговування. Рівень втручання: без демонтажу КШМ. Середня ставка нормо-години СТО:

$$C_{н-г} = 400 \text{ грн/год}$$

Тип двигуна: бензиновий 4-циліндровий.

Об'єм оливи: 4,0–4,5 л

Олива: 10W-40 (напівсинтетика)

Перелік операцій ТО КШМ.

№	Найменування операції	Норма часу, год
1	Зовнішній огляд двигуна, картера, сальників	0,20
2	Перевірка тиску оливи	0,30
3	Заміна моторної оливи	0,50
4	Заміна масляного фільтра	0,20
5	Прослуховування роботи КШМ (акустична діагностика)	0,30
6	Перевірка компресії в циліндрах	0,40
7	Контроль витоків і герметичності	0,20
	Загальна трудомісткість	2,10 год

2.2 Типові несправності двигуна автомобіля Audi 80 Avant, їх зовнішні прояви, причини виникнення та методи усунення

Надійність роботи двигуна автомобіля Audi 80 Avant у процесі експлуатації значною мірою визначається технічним станом його основних систем і механізмів. Унаслідок тривалої роботи, дії високих температур і змінних

навантажень у двигуні виникають характерні несправності, які мають чітко виражені зовнішні прояви. Своєчасне їх виявлення та правильний вибір методів усунення дозволяють запобігти розвитку серйозних пошкоджень і знизити витрати на ремонт.

Таблиця 2.1. Основні типові несправності двигуна.

№	Несправність	Зовнішні прояви	Основні причини	Методи виправлення
1	Знос поршневих кілець	Зниження компресії, підвищена витрата оливи, синій дим з вихлопної труби	Природний знос, перегрів, використання неякісної оливи	Заміна поршневих кілець, хонінгування циліндрів
2	Знос корінних і шатунних підшипників колінчастого вала	Металеві стуки під навантаженням, падіння тиску оливи	Масляне голодування, забруднення оливи, перевищення навантажень	Заміна вкладишів, шліфування колінчастого вала
3	Порушення герметичності сальників колінчастого вала	Патьоки оливи під двигуном, забруднення картера	Старіння ущільнювальних елементів, надлишковий тиск у картері	Заміна сальників, перевірка системи вентиляції картера
4	Перегрів двигуна	Підвищення температури охолоджувальної рідини, зниження потужності	Несправність термостата, водяного насоса або вентилятора	Ремонт або заміна елементів системи охолодження
5	Деформація або задири циліндрів	Нестабільна робота, падіння потужності, підвищений шум	Перегрів, потрапляння абразивних частинок	Розточування блоку, заміна поршневої групи

6	Підвищена витрата палива	Збільшення споживання пального, втрата динаміки	Низька компресія, неправильні фази газорозподілу	Діагностика ЦПГ, регулювання фаз ГРМ
7	Сторонні шуми у двигуні	Дзвінки або глухі стуки на різних режимах	Ослаблення кріплень, знос деталей КШМ	Підтяжка кріплень, заміна зношених деталей

Типові несправності двигуна автомобіля Audi 80 Avant мають переважно зношувальний характер і безпосередньо пов'язані з порушенням режимів змащування, охолодження та експлуатації. Їх зовнішні прояви, зокрема підвищений шум, витоки оливи, зниження потужності та перевитрата пального, можуть бути ефективно усунуті за умови своєчасної діагностики та виконання регламентних ремонтних робіт. Комплексний підхід до обслуговування двигуна забезпечує стабільну роботу силового агрегату та продовжує його моторесурс.

2.3 Технологічний процес ремонту кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant

Наведений технологічний процес призначений для середнього або капітального ремонту кривошипно-шатунного механізму (КШМ) двигуна автомобіля Audi 80 Avant і може бути безпосередньо використаний у кваліфікаційній, курсовій або дипломній роботі. Процес побудований відповідно до вимог ремонтної технології ДВЗ і практики автотранспортних підприємств.

Технологічна схема ремонту КШМ.

Загальна послідовність процесу:

Демонтаж двигуна. Зміст операції:

Двигун знімають з автомобіля для забезпечення повного доступу до деталей КШМ та можливості їх якісного ремонту.

Технологічні дії:

від'єднання акумуляторної батареї;

злив моторної оливи та охолоджувальної рідини;

від'єднання паливних, електричних і вакуумних з'єднань;
демонтаж системи випуску та зчеплення;
від'єднання опор двигуна;
зняття двигуна кран-балкою або тельфером.



Мета. забезпечення безпечного та повного розбирання силового агрегату.
Розбирання кривошипно-шатунного механізму.



Зміст операції:

Поетапне розбирання вузлів КШМ з обов'язковим маркуванням деталей.

Технологічні дії:

демонтаж піддона картера;

зняття масляного насоса;

демонтаж маховика;

виймання шатунно-поршневих груп;

зняття колінчастого вала;

демонтаж корінних і шатунних вкладишів.

Особливість шатуни та кришки корінних підшипників маркують, щоб зберегти їх початкову взаємну відповідність.

Очищення та миття деталей.



Зміст операції:

Видалення продуктів зносу, нагару, залишків оливи та забруднень.

Методи очищення:

лужне або мийне очищення у ваннах;

механічне очищення поршнів від нагару;

промивання масляних каналів колінчастого вала;

продування стисненим повітрям.

Мета підготовка деталей до точної дефектації та вимірювань.

Дефектація.



Зміст операції. Визначення ступеня зносу та придатності деталей до подальшої експлуатації або відновлення.

Контролюються:

діаметри та овальність шийок колінчастого вала;

зазори в підшипниках;

знос канавок поршнів;

деформація шатунів;

наявність тріщин і задирів.

Результат деталі поділяють на придатні, такі, що підлягають відновленню, та непридатні.

Відновлення або заміна деталей.



Зміст операції. Відновлення номінальних параметрів або заміна зношених деталей.

Основні роботи:

шліфування шийок колінчастого вала під ремонтний розмір;

полірування та балансування колінчастого вала;

правка та відновлення шатунів;

заміна поршнів, кілець і пальців;

встановлення нових корінних і шатунних вкладишів.

Мета відновлення геометрії та міцності елементів КШМ.

Контроль якості.



Зміст операції. Перевірка відповідності відновлених або нових деталей технічним вимогам.

Контролюються:

точність розмірів після обробки;

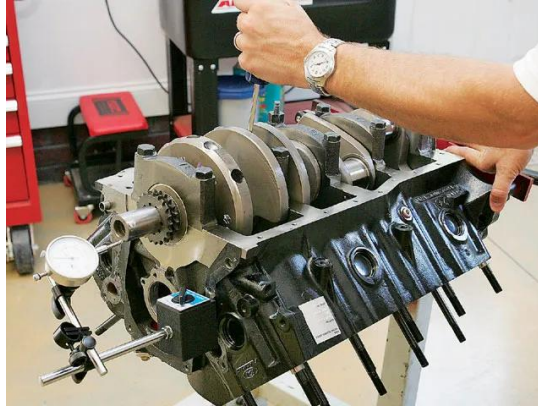
шорсткість поверхонь;

балансування колінчастого вала;

відповідність зазорів допускам.

Мета гарантування надійності роботи КШМ після ремонту.

Складання КШМ.



Зміст операції. Складання КШМ у строгій технологічній послідовності.

Технологічні дії:

встановлення корінних вкладишів;

монтаж колінчастого вала;

перевірка осьового зазору;

встановлення шатунно-поршневих груп;

затягування різьбових з'єднань динамометричним ключем.

Особливість усі тертьові поверхні змащують моторною оливою.

Установлення двигуна та випробування.

Зміст операції. Установлення двигуна на автомобіль і перевірка його працездатності.

Випробування включають:

запуск і прогрів двигуна;

контроль тиску оливи;

перевірку відсутності сторонніх шумів;

контроль герметичності;

перевірку компресії.

Мета підтвердження якості виконаного ремонту та готовності двигуна до експлуатації.

Технологічний процес ремонту (операційна карта)

Таблиця 2.2. Демонтаж і розбирання.

№	Операція	Обладнання	Примітка
1	Зняття двигуна з автомобіля	Кран-балка, траверса	Від'єднати АКБ
2	Злив оливи та ОЖ	Ємність	Дотримуватись ТБ
3	Демонтаж картера	Набір ключів	
4	Демонтаж маховика	Фіксатор маховика	
5	Зняття шатунно-поршневої групи	Спецключ	Маркування шатунів
6	Демонтаж колінчастого вала	Підіймач	

Таблиця 2.3. Очищення та миття

Операція	Метод
Видалення оливи та нагару	Лужне миття
Очищення каналів колінвала	Промивання стисненим повітрям
Очищення поршнів	Хімічне очищення

Дефектація деталей КШМ.

Контролюються такі параметри:

діаметр і овальність шийок колінчастого вала;

зазори в корінних і шатунних підшипниках;

деформація шатунів;

знос канавок поршневих кілець;

тріщини та задири.

Таблиця 2.4. Дефектація деталей КШМ.

Деталь	Метод контролю	Інструмент
Колінчастий вал	Вимірювальний	Мікрометр
Шатун	Геометричний	Призма
Поршень	Вимірювання діаметра	Нутромір
Пальці	Зовнішній огляд	Лупа

Відновлення та ремонт деталей.

1 Колінчастий вал.

шліфування корінних і шатунних шийок;

полірування;
динамічне балансування.

2 Шатуни

перевірка паралельності;
правка;
заміна втулок верхньої головки;
розгортання отворів.

3 Поршні та кільця

заміна поршнів при перевищенні зносу;
підбір поршневих кілець ремонтного розміру;
перевірка зазорів у замках кілець.

Таблиця 2.5. Складання кривошипно-шатунного механізму.

№	Операція	Контроль
1	Укладання корінних вкладишів	Чистота
2	Установлення колінчастого вала	Момент затягування
3	Монтаж шатунно-поршневої групи	Орієнтація поршнів
4	Перевірка осьового зазору	Щуп
5	Затягування шатунних болтів	Динамометричний ключ

Контроль і випробування

перевірка легкості обертання колінчастого вала;
контроль тиску оливи;
відсутність сторонніх шумів;
перевірка компресії.

Розроблений технологічний процес ремонту кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant забезпечує відновлення працездатності та ресурсу силового агрегату за рахунок раціональної послідовності операцій, застосування сучасних методів дефектації та точного дотримання технологічних допусків. Реалізація даного процесу дозволяє підвищити надійність двигуна та зменшити ймовірність повторних відмов у процесі експлуатації.

2.4 Розробка ТП обкатування та випробування двигуна автомобіля Audi 80 Avant

Технологічний процес (ТП) обкатування та випробування двигуна після ремонту є завершальним і обов'язковим етапом, що забезпечує прироблення деталей кривошипно-шатунного механізму, газорозподільного механізму та систем мащення й охолодження. Для двигуна автомобіля Audi 80 Avant цей етап дозволяє стабілізувати зазори, перевірити якість ремонту та підтвердити відповідність експлуатаційних показників нормативним вимогам.

1. Призначення та завдання обкатування і випробування

Мета обкатування:

забезпечення прироблення тертьових поверхонь КШМ і ЦПГ;
формування стабільної масляної плівки;
зниження інтенсивності початкового зносу.

Завдання випробування:

перевірка працездатності двигуна в різних режимах;
контроль параметрів тиску, температури, шумності;
виявлення прихованих дефектів складання та ремонту.

2. Підготовка двигуна до обкатування

Зміст операції:

заливання моторної оливи, рекомендованої для обкатування;
заповнення системи охолодження;
перевірка кріплень, герметичності та правильності з'єднань;
попереднє прокручування колінчастого вала без подачі палива;
перевірка тиску оливи при холостому прокручуванні.

Мета запобігання сухому тертю та аварійним навантаженням під час першого пуску.

3. Технологічний процес обкатування двигуна

Обкатування двигуна Audi 80 Avant рекомендується виконувати на моторному стенді або безпосередньо на автомобілі за контрольованих умов.

3.1 Холодна обкатка

Режим:

частота обертання колінчастого вала: $600\text{--}800 \text{ хв}^{-1}$;

тривалість: 10–15 хв;

навантаження: відсутнє.

Контрольовані параметри:

тиск оливи;

рівень шуму;

відсутність підтікання рідин.

3.2 Гаряча обкатка

Режим:

частота обертання: $1200\text{--}2500 \text{ хв}^{-1}$;

ступінчасте підвищення обертів;

тривалість: 30–40 хв.

Особливості:

двигун працює без повного навантаження;

забороняється різка зміна обертів;

контроль температури охолоджувальної рідини.

Мета плавне прироблення деталей КШМ і стабілізація теплових зазорів.

4. Технологічний процес випробування двигуна

Після завершення обкатування двигун підлягає випробуванню в різних режимах роботи.

4.1 Випробування на холостому ході

перевірка стійкості обертів;

контроль тиску оливи;

відсутність сторонніх стуків і вібрацій.

4.2 Випробування під частковим навантаженням

імітація експлуатаційних режимів;

контроль температури, шумності;

оцінка плавності роботи.

4.3 Короткочасне повне навантаження

застосовується лише після успішної обкатки;

перевіряється реакція двигуна;

фіксуються граничні параметри.

Таблиця 2.6. 5. Контрольні параметри та нормативні показники.

Параметр	Нормативне значення
Тиск оливи на холостому ході	не менше 0,2 МПа
Температура ОЖ	85–95 °С
Сторонні шуми	не допускаються
Підтікання рідин	не допускаються
Стабільність обертів	у межах норми

6. Завершальні операції після обкатування

злив обкатувальної оливи;
 заміна масляного фільтра;
 заливання експлуатаційної оливи;
 повторний огляд і підтяжка кріплень;
 оформлення протоколу випробувань.

Розроблений технологічний процес обкатування та випробування двигуна автомобіля Audi 80 Avant забезпечує контрольоване приробляння деталей кривошипно-шатунного механізму, підтверджує якість виконаного ремонту та гарантує надійну роботу двигуна в подальшій експлуатації. Дотримання встановлених режимів і параметрів дозволяє суттєво підвищити моторесурс і знизити ризик передчасних відмов.

2.5 Розрахунок трудомісткості та вартості технологічного процесу ремонту кривошипно-шатунного механізму (КШМ) двигуна автомобіля Audi 80 Avant

Вихідні дані для розрахунку.

Тип ремонту: капітальний ремонт КШМ. Місце виконання: моторна дільниця АТП / СТО. Форма організації праці: постова. Кількість виконавців: 1 слюсар-моторист.

Середня вартість нормо-години:

$$C_{н-г} = 400 \text{ грн/год}$$

Розрахунок трудомісткості технологічного процесу.

Таблиця 2.7. Трудомісткість за операціями.

№	Операція ТП	Норма часу, год
1	Демонтаж двигуна з автомобіля	6,0
2	Розбирання двигуна і КШМ	5,0
3	Очищення та миття деталей	2,0
4	Дефектація деталей КШМ	3,0
5	Відновлення колінчастого вала	4,0
6	Ремонт шатунів	2,0
7	Підбір і заміна поршневої групи	3,0
8	Контроль якості після ремонту	1,5
9	Складання КШМ	4,5
10	Установлення двигуна	5,0
11	Обкатування та випробування	3,0
	Загальна трудомісткість	39,0 год

Загальні витрати часу:

$$T_{\text{заг}} = \sum t_i = 39,0 \text{ год}$$

Фактична тривалість ремонту: 4–5 робочих днів (при 8-год. робочому дні).

Розрахунок вартості робіт:

$$C_{\text{робіт}} = T_{\text{заг}} \cdot C_{\text{н-г}}$$

$$C_{\text{робіт}} = 39,0 \cdot 400 = 15\,600 \text{ грн}$$

Таблиця 2.8. Розрахунок вартості матеріалів і запасних частин.

Найменування	Кількість	Ціна, грн	Вартість, грн
Комплект поршнів з кільцями	1 компл.	5 500	5 500
Поршневі пальці	1 компл.	1 200	1 200
Вкладиші корінні	1 компл.	1 800	1 800
Вкладиші шатунні	1 компл.	1 500	1 500
Комплект прокладок двигуна	1 компл.	2 000	2 000
Сальники колінчастого вала	2 шт	350	700
Моторна олива + фільтр	—	—	1 500
Витратні матеріали	—	—	500
Разом матеріали			14 700 грн

Загальна вартість ремонту КШМ:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{робіт}} + C_{\text{мат}}$$

$$C_{\text{заг}} = 15\,600 + 14\,700 = 30\,300 \text{ грн}$$

Таблиця 2.9. Підсумкові результати.

Показник	Значення
Загальна трудомісткість	39,0 год
Тривалість ремонту	4–5 днів
Вартість робіт	15 600 грн
Вартість матеріалів	14 700 грн
Загальна вартість ремонту	≈ 30 000–31 000 грн

Ремонт кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant є трудомістким і матеріалоємним технологічним процесом, проте його виконання дозволяє відновити до 80–90 % моторесурсу двигуна. За умови дотримання технологічної дисципліни та якісного обкатування, проведений ремонт є економічно доцільним порівняно із заміною двигуна в зборі.

2.6 Проектування дільниці з технічного обслуговування та ремонту автомобільних двигунів

Розробка дільниці для ремонту двигунів є важливим етапом формування виробничо-технічної бази автотранспортного підприємства, оскільки саме двигун внутрішнього згоряння визначає надійність, економічність та екологічні показники роботи автомобіля. Технічний стан силового агрегату безпосередньо впливає на ресурс транспортного засобу, витрати палива і мастильних матеріалів, а також на рівень шкідливих викидів, що обумовлює підвищені вимоги до якості виконання ремонтних робіт.

Проектування дільниці ремонту двигунів передбачає обґрунтування її спеціалізації, виробничої структури та технологічного оснащення з урахуванням обсягу й характеру ремонтних операцій. При цьому враховуються типи обслуговуваних двигунів, рівень їх уніфікації, періодичність ремонтів, а також організаційні умови функціонування підприємства. Рациональна організація

дільниці дозволяє забезпечити скорочення простоїв рухомого складу, підвищити продуктивність праці персоналу та знизити собівартість ремонтних робіт.

У межах дільниці ремонту двигунів виконуються операції з діагностування, демонтажу та монтажу силових агрегатів, розбирання й дефектації деталей, відновлення або заміни зношених елементів, складання двигунів і їх обкатування після ремонту. Технологічний процес повинен бути побудований таким чином, щоб забезпечити послідовність і безперервність виконання робіт, мінімізувати внутрішньоцехові переміщення та створити безпечні й ергономічні умови праці.

При розробці дільниці особлива увага приділяється вибору технологічного обладнання, інструменту та пристроїв, які відповідають сучасному рівню розвитку ремонтного виробництва. Доцільним є застосування спеціалізованих стендів, вимірювальних засобів і механізованих пристроїв, що підвищують точність ремонтних операцій та знижують трудомісткість робіт. Одночасно враховуються вимоги охорони праці, пожежної безпеки та виробничої санітарії.

Таким чином, грамотно спроектована дільниця ремонту двигунів створює передумови для підвищення технічної готовності автомобільного парку, забезпечує стабільність виробничого процесу та сприяє ефективному функціонуванню автотранспортного підприємства в цілому.

У межах даної роботи розглядається виробнича зона, призначена для виконання робіт з ремонту агрегатів і силових установок автомобілів. Зазначена дільниця функціонує у складі станції технічного обслуговування та використовується для відновлення двигунів, вузлів і агрегатів, які попередньо демонтовані з транспортних засобів у процесі технічного обслуговування або поточного ремонту.

З метою раціоналізації внутрішньоцехових переміщень та зменшення трудомісткості транспортування масивних і габаритних елементів дільницю розміщено у безпосередній близькості до зони поточних ремонтів, де здійснюється первинний демонтаж агрегатів. Таке планувальне рішення дозволяє скоротити час простою обладнання, підвищити пропускну

спроможність ділянки та знизити навантаження на підйомно-транспортні засоби.

У складі розглянутої зони передбачено організацію слюсарно-механічного відділення, в якому виконуються операції з розбирання, дефектації, механічної обробки та підготовки деталей до подальшого відновлення або складання. Розміщення цього відділення у межах ділянки ремонту агрегатів забезпечує технологічну послідовність виконання робіт і сприяє підвищенню загальної ефективності ремонтного процесу.

У межах даного виробничого підрозділу виконуються різнопланові технологічні операції, пов'язані з проведенням капітального ремонту автомобільних двигунів. Комплекс ремонтних робіт охоплює повний цикл монтажно-демонтажних процесів силового агрегату та його основних вузлів і систем.

До основних технологічних операцій належать розбирання та складання циліндро-поршневої групи, демонтаж і встановлення гільз циліндрів, розбирання та монтаж поршнів і поршневих комплектів, зняття та встановлення колінчастих валів, а також обслуговування механізмів газорозподілу. Окрім цього, у процесі ремонту виконуються операції зі зняття й монтажу навісного обладнання, зокрема генераторів, заміни паливних фільтрів, регулювання параметрів подачі палива, розбирання та складання масляних і водяних насосів, а також демонтажу і встановлення термостатів.

Важливим етапом ремонтного процесу є технічна діагностика стану деталей двигуна. Вона включає вимірювання внутрішніх діаметрів циліндрів у кількох контрольних перерізах, визначення геометричних параметрів отворів у блоці циліндрів, а також візуальний контроль для виявлення тріщин, сколів та інших прихованих дефектів. Додатково проводиться огляд поршнів з метою виявлення пошкоджень, вимірювання їх діаметрів і глибини канавок під кільця, контроль стану втулок і шатунів, а також перевірка співвісності та правильності геометрії отворів.

Кількість працівників на ділянці ремонту двигунів була визначена на попередніх етапах проектування; відповідно до розрахунків, на даній ділянці задіяний один робітник. Сектор ремонту двигунів і агрегатів розміщений в

окремому ізольованому приміщенні, що входить до складу загального виробничого комплексу станції технічного обслуговування. Таке планувальне рішення сприяє підвищенню рівня організації праці, дотриманню вимог безпеки та зменшенню впливу шуму й забруднень на суміжні виробничі зони.

Для забезпечення повного та якісного виконання технологічного процесу дільниця оснащується спеціалізованим універсальним обладнанням, яке дозволяє ефективно здійснювати ремонт агрегатів і двигунів різних типів та виробників. Це забезпечує гнучкість виробничого процесу та розширює функціональні можливості дільниці.

Об'єктом випускної кваліфікаційної роботи є розроблення спеціального пристрою для монтажу та демонтажу автомобільних двигунів, який входить до складу технологічного оснащення ремонтної дільниці. Режим роботи персоналу встановлено відповідно до нормального робочого графіка: початок зміни – о 8:00, обідня перерва – з 12:00 до 13:00, завершення робочого дня – о 17:00. Склад персоналу, задіяного на дільниці ремонту двигунів, наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10. Персонал дільниці ремонту двигунів.

Найменування посади	Кількість осіб	Фонд робочого часу, люд.-год	Оклад, грн/міс
Слюсар з ремонту автомобілів	1	1840	25 000

Для забезпечення повноцінного виконання технологічного процесу ремонту та обслуговування двигунів на даній виробничій дільниці необхідно передбачити встановлення комплексу спеціалізованого обладнання, пристроїв і ручного інструменту. Зазначене технічне оснащення призначене для виконання операцій із демонтажу, складання, діагностування та відновлення агрегатів і окремих вузлів силового агрегату.

Наявність відповідних пристроїв і інструментів дозволяє забезпечити точність виконання ремонтних операцій, зменшити трудомісткість робіт, підвищити безпеку праці та дотриматися технологічних вимог при обслуговуванні двигунів різних типів і конструкцій. Перелік основного обладнання та оснащення, необхідного для функціонування дільниці ремонту двигунів, наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11. Оснащення дільниці ремонту двигунів.

Найменування обладнання та оснащення	Тип / марка	Кіль., шт.	Займана площа, м ²
Шафа для зберігання інструменту та оснащення	без маркування	2	0.90
Верстак слюсарний	без маркування	2	1.26
Стелаж складський	МС-800	1	2,20
Піддон для зберігання двигунів внутрішнього згоряння	—	1	1.40
Стенд для перевірки герметичності блоків і головок блоків циліндрів	—	1	1.70
Стенд контролю геометричних параметрів циліндро-поршневої групи	357843	1	0.40
Контрольна плита для перевірки геометрії колінчастого вала	—	1	0.60
Візок для внутрішньоцехового транспортування агрегатів	—	1	1.65
Кантувач двигунів і агрегатів	власного виготовлення	1	0.80
Прес механіко-гідравлічний	Р-338	1	0.80
Плита контролю плоскості блока та головки блока циліндрів	—	1	1.70
Ванна для очищення деталей	Ignico	1	1.20
Електричний гайковерт	DeWalt 1200	1	—
Разом			14.61

Окрім основного технологічного обладнання, передбаченого для функціонування дільниці ремонту двигунів, виробничий майданчик укомплектований повним набором допоміжного слюсарного оснащення. До нього належать ручні інструменти загального та спеціального призначення,

динамометричні ключі для забезпечення нормативних моментів затягування різьбових з'єднань, а також контрольно-вимірювальні прилади, необхідні для перевірки геометричних і посадкових параметрів деталей.

Крім того, на дільниці використовуються витратні матеріали та технологічні засоби, що застосовуються під час відновлення двигунів внутрішнього згоряння та суміжних механізмів. Наявність зазначеного інструменту і матеріалів забезпечує можливість виконання повного циклу ремонтних операцій відповідно до технологічних вимог, підвищує точність робіт і сприяє дотриманню встановлених стандартів якості.

Площа виробничого майданчика для ремонту двигунів визначається на основі сумарної площі, зайнятої технологічним обладнанням, з урахуванням нормативної щільності його розміщення. Для цього використовується залежність:

$$S = S_{об} \cdot k_{п},$$

де $S_{об}$ — загальна площа, зайнята встановленим обладнанням, м²;

$k_{п} = 4,5$ — коефіцієнт, що враховує щільність розміщення обладнання, а також необхідні проходи, зони обслуговування та безпечні відстані між робочими місцями.

Підставляючи числові значення, отримаємо:

$$S = 14,61 \cdot 4,5 = 65,75 \text{ м}^2.$$

Таким чином, розрахункова площа ремонтного майданчика становить 65,75 м², що забезпечує раціональне планування обладнання та відповідає вимогам організації безпечного й ефективного виробничого процесу.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Кінематичний аналіз кривошипно-шатунного механізму двигуна

Кінематичний аналіз центрального кривошипно-шатунного механізму розроблюваного двигуна виконано з метою визначення закономірностей руху поршня в залежності від кутового положення колінчастого вала. Розрахунок проведено для механізму з радіусом кривошипа 39,5 мм та довжиною шатуна 147,5 мм за номінальної частоти обертання колінчастого вала 5200 хв^{-1} із використанням загальноприйнятих інженерних підходів.

У ході дослідження визначено основні кінематичні параметри руху поршня, зокрема його переміщення вздовж осі циліндра, миттєві значення швидкості та прискорення протягом повного робочого циклу. Отримані результати подано у графічному вигляді, що дозволяє наочно оцінити характер зміни кінематичних величин і використати їх для подальшого динамічного та міцнісного аналізу елементів циліндро-поршневої групи (рисунки 3.1–3.3).

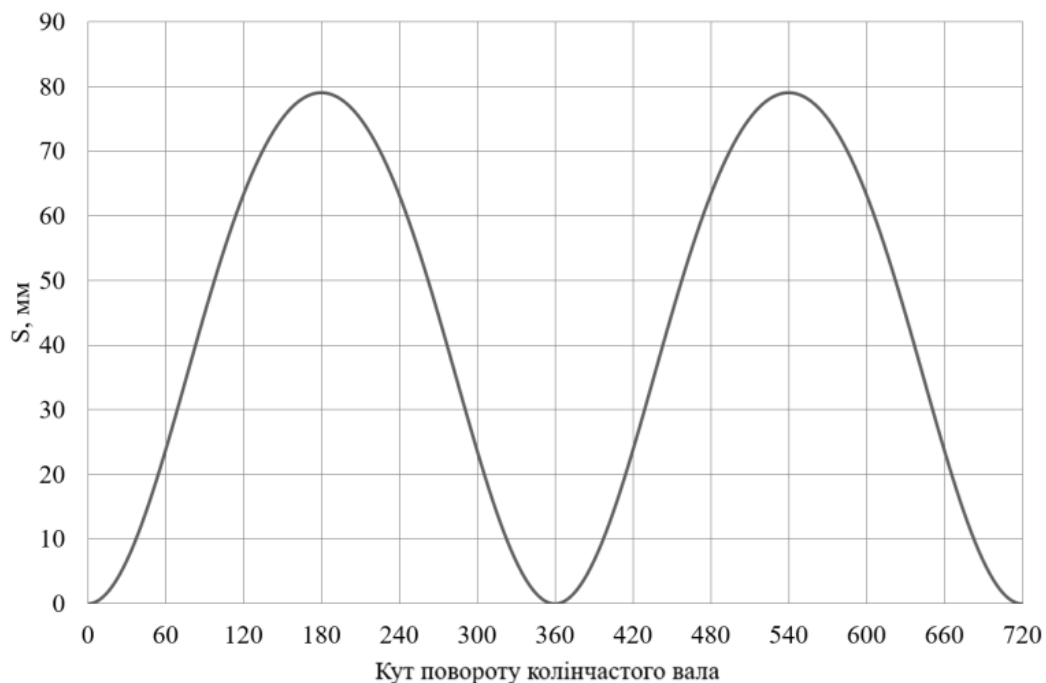


Рис. 3.1. Діаграма зміни ходу поршня.

На основі виконаного кінематичного аналізу руху елементів механізму стає можливим кількісно оцінити інерційні навантаження, які надалі враховуються під час проведення динамічних розрахунків двигуна.

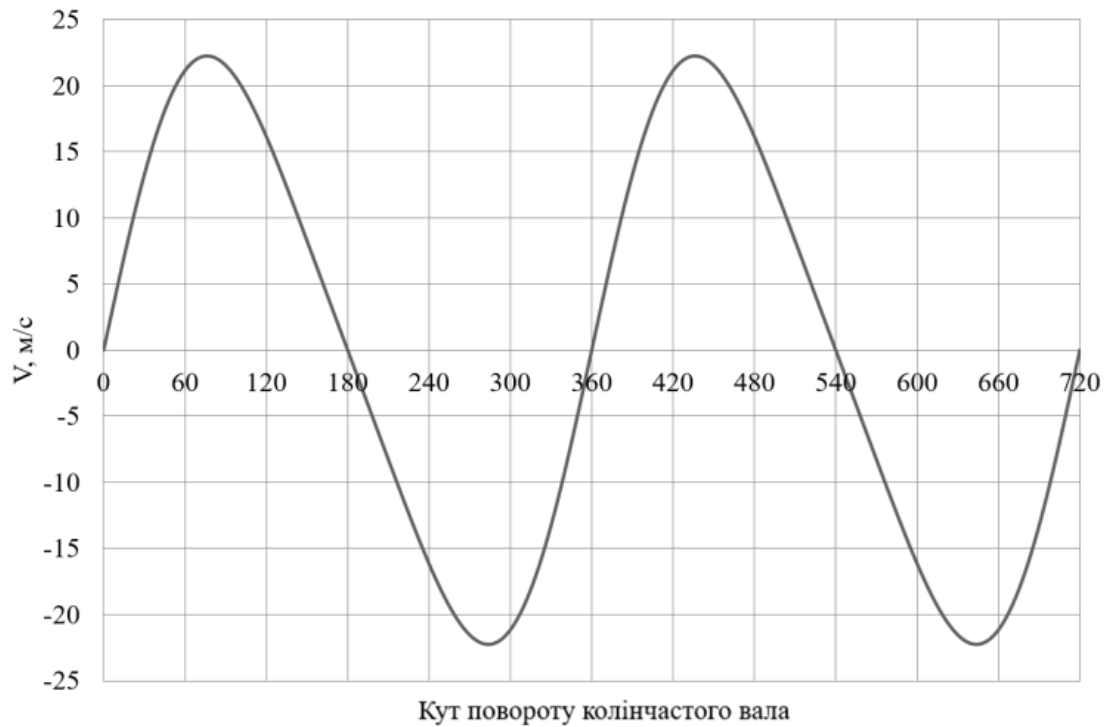


Рис. 3.2. Діаграма зміни швидкості руху поршня.

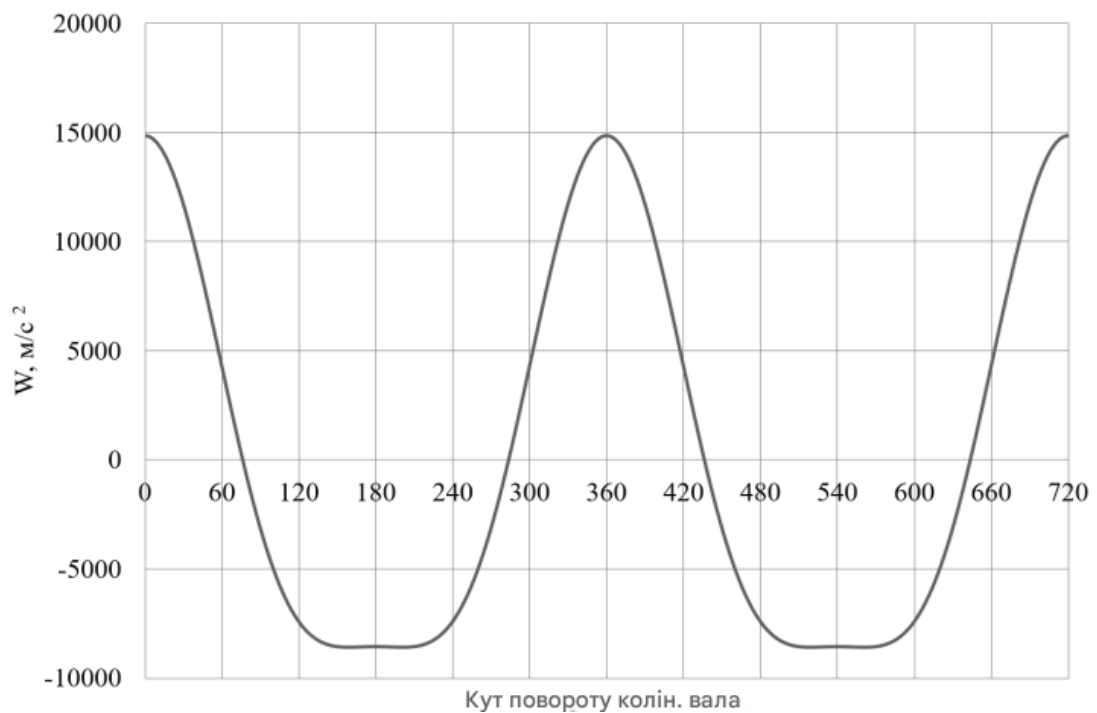


Рис. 3.3. Діаграма зміни прискорення поршня.

3.2 Визначення силових факторів і крутних моментів у КШМ

Розрахунок динамічних характеристик кривошипно-шатунного механізму проєктованого двигуна здійснено із застосуванням апробованих інженерних методик. Аналіз проводився для режиму роботи двигуна за частоти обертання колінчастого вала 5200 хв^{-1} з урахуванням різних значень ступеня стиснення, а

саме 8, 10, 12 та 14, що дозволяє оцінити вплив цього параметра на силове навантаження елементів механізму.

Результати приведення мас складових кривошипно-шатунного механізму відповідно до двомасової розрахункової моделі систематизовано та подано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Результати приведення мас елементів кривошипно-шатунного механізму.

Параметр	Величина
Площа поршня, м^2	0,006362
Питома маса поршня, $\text{кг}/\text{м}^2$	80
Маса поршневої групи, кг	0,50894
Питома маса шатуна, $\text{кг}/\text{м}^2$	130
Маса шатуна, кг	0,82702
Маса шатуна, зосереджена на осі поршневого пальця, кг	0,227
Маса шатуна, зосереджена на осі кривошипа, кг	0,59959
Питома маса одного коліна колінчастого вала, $\text{кг}/\text{м}^2$	125
Маса неврівноважених частин одного коліна колінчастого вала, кг	0,7952
Маси, що здійснюють зворотно-поступальний рух, кг	0,736
Маси, що здійснюють обертальний рух, кг	1,39481
Відцентрова сила інерції обертальних мас шатуна, Н	-7022,91
Відцентрова сила інерції обертальних мас кривошипа, Н	-9314,2
Сумарна відцентрова сила інерції обертальних мас, Н	-16337

Отримані результати розрахункових досліджень представлено у графічній формі; на рисунку 3.4 відображено залежності сил інерції, що виникають під час зворотно-поступального руху.

На рисунках 3.5 і 3.6 подано зіставлення результуючих навантажень, що сприймаються поршневим пальцем двигуна за режимів роботи зі ступенями стиснення 8, 10, 12 і 14. Узагальнення наведених графічних даних підтверджує тенденцію зростання сумарних сил у міру підвищення ступеня стиснення.

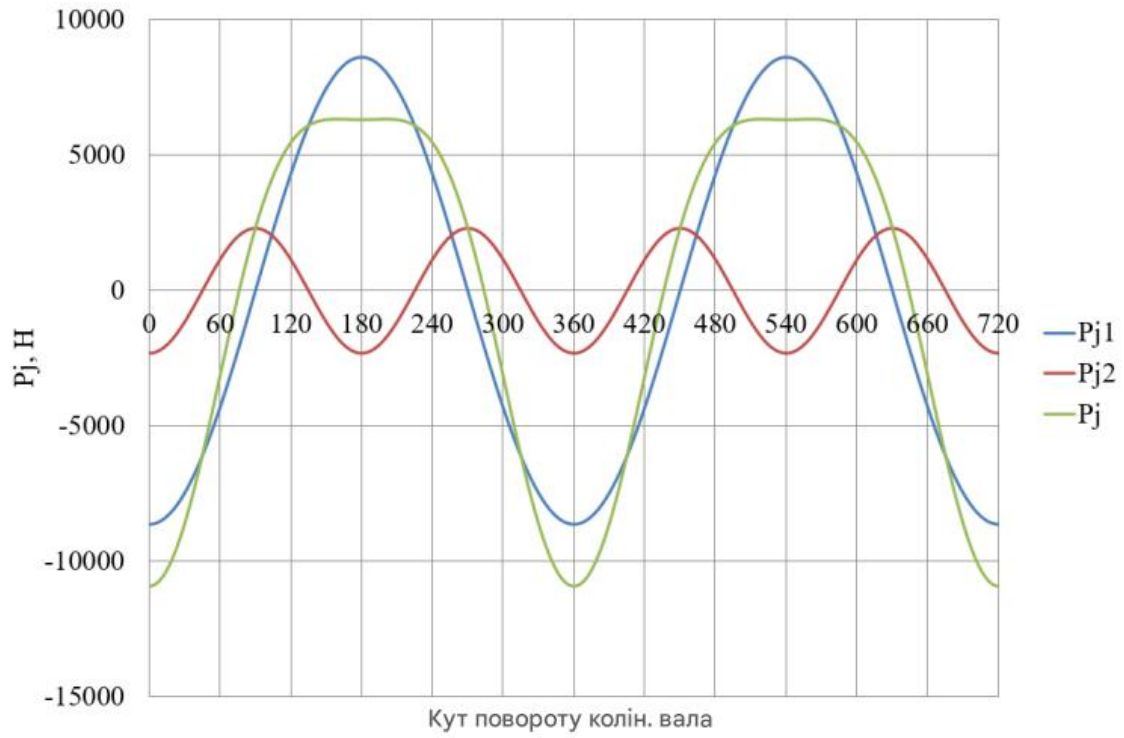


Рис. 3.4. Сили інерції зворотно-поступального руху поршня та шатуна.

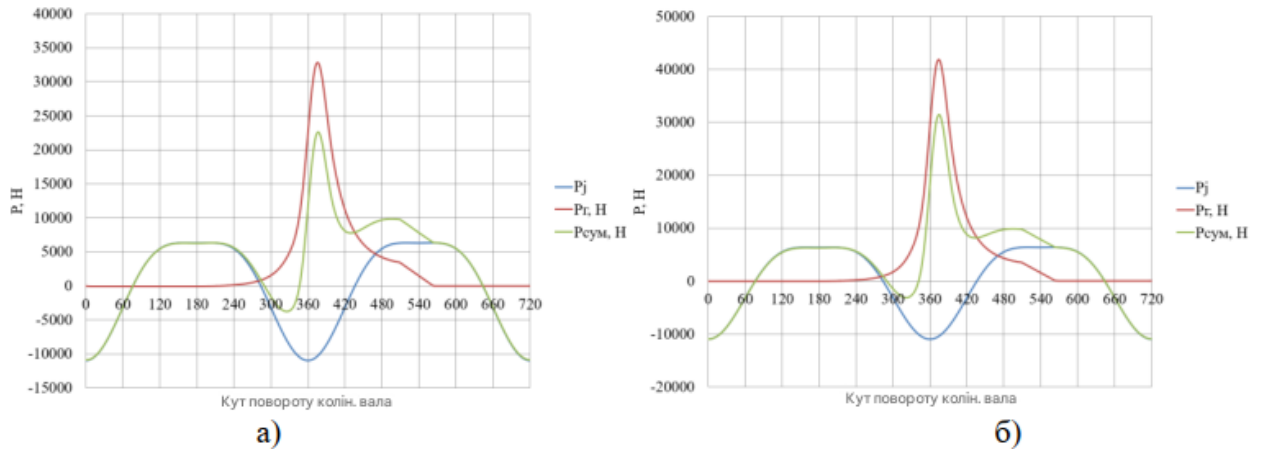


Рис. 3.5. Сумарні сили, що діють на поршневий палець двигуна за ступеня стиснення 8 (а) та ступеня стиснення 10 (б).

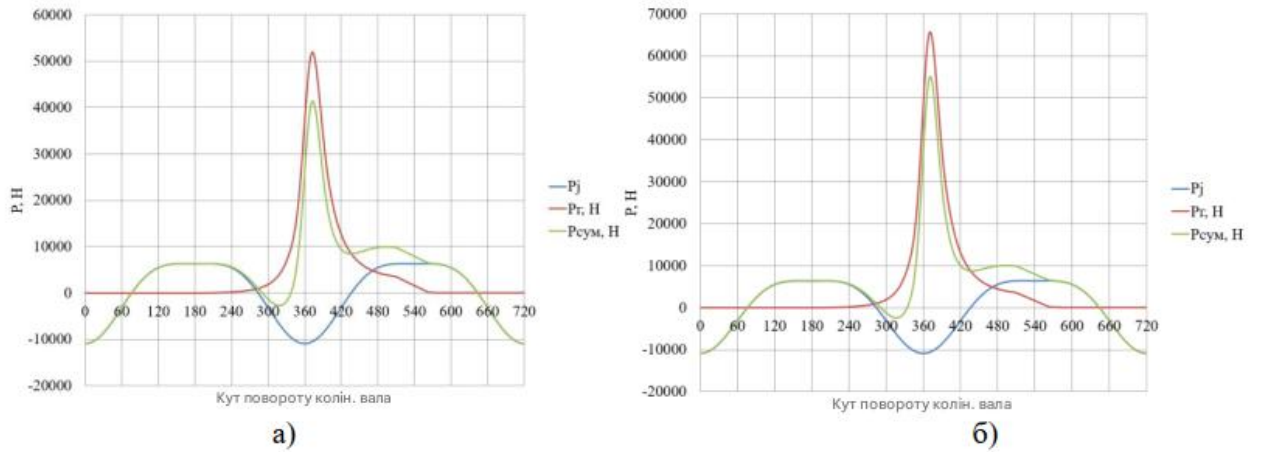


Рис. 3.6. Сумарні сили, що діють на поршневий палець двигуна за ступеня стиснення 12 (а) та ступеня стиснення 14 (б).

На рисунках 3.7 і 3.8 представлено зіставлення силових навантажень, приведених до осі поршневого пальця та шатунної шийки колінчастого вала, для режимів роботи двигуна зі ступеннями стиснення 8, 10, 12 і 14. Узагальнення наведених графіків свідчить, що підвищення ступеня стиснення супроводжується помітним зростанням згинальних сил, які діють на колінчастий вал, орієнтовно на 8000 Н при кожному збільшенні ступеня стиснення на дві одиниці. У результаті підвищення ступеня стиснення з 8 до 14 зумовлює майже двократне зростання згинальних навантажень на елементи кривошипно-шатунного механізму.

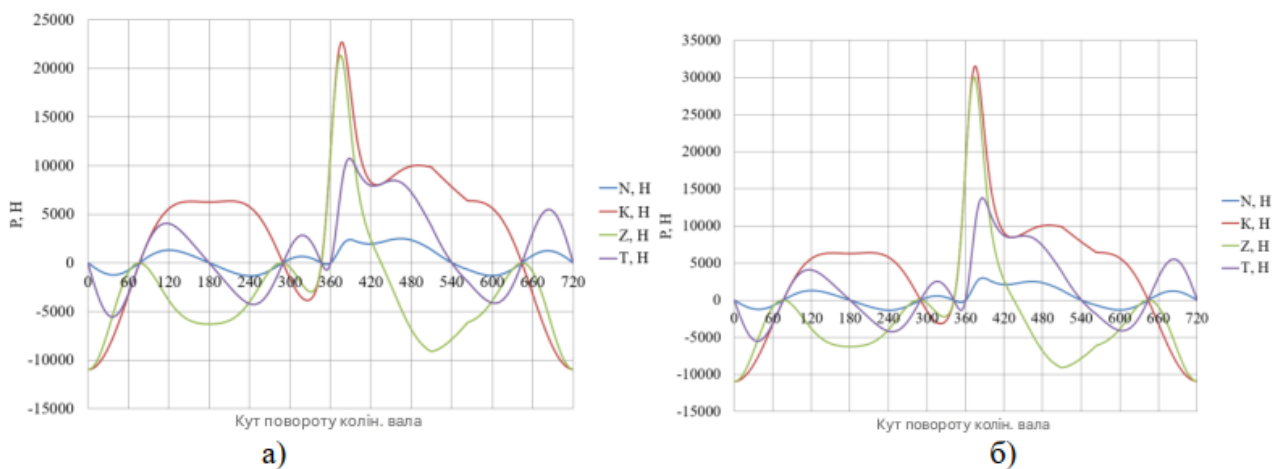


Рис. 3.7. Сили, зосереджені на осі поршневого пальця та шатунній шийці двигуна за ступеня стиснення 8 (а) і ступеня стиснення 10 (б).

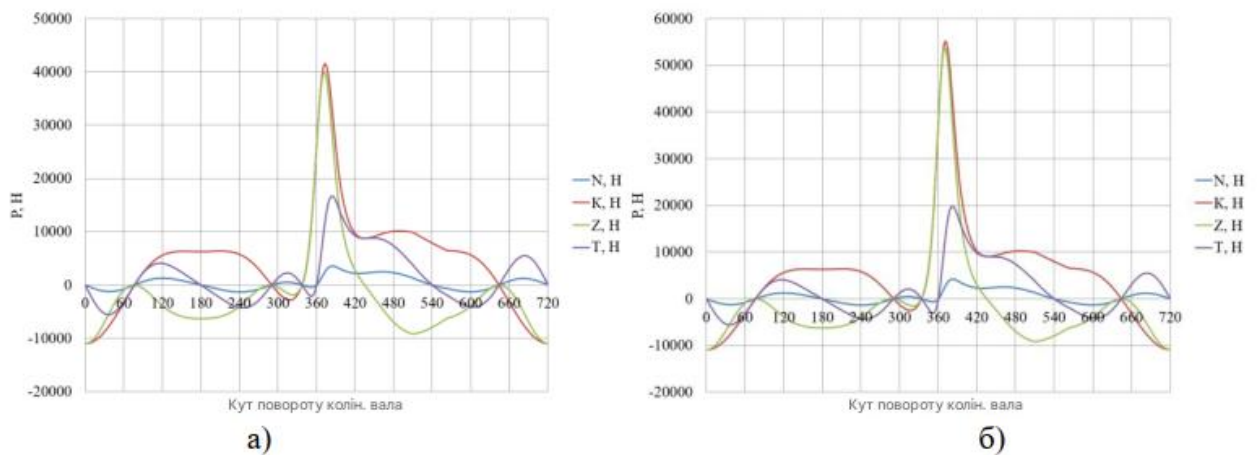


Рис. 3.8. Сили, зосереджені на осі поршневого пальця та шатунній шийці двигуна за ступеня стиснення 12 (а) і ступеня стиснення 14 (б).

На рисунках 3.9 і 3.10 подано зіставлення характеристик крутного моменту двигуна для режимів роботи зі ступеннями стиснення 8, 10, 12 і 14, що дає змогу оцінити вплив зміни ступеня стиснення на величину та характер його зміни.

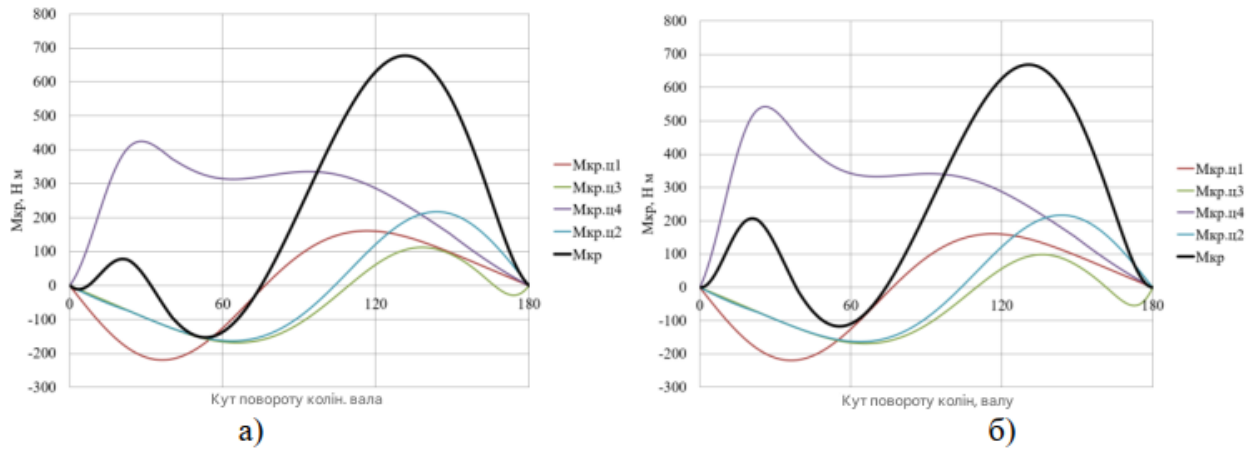


Рис. 3.9. Графік крутного моменту за ступеня стиснення 8 (а) та ступеня стиснення 10 (б).

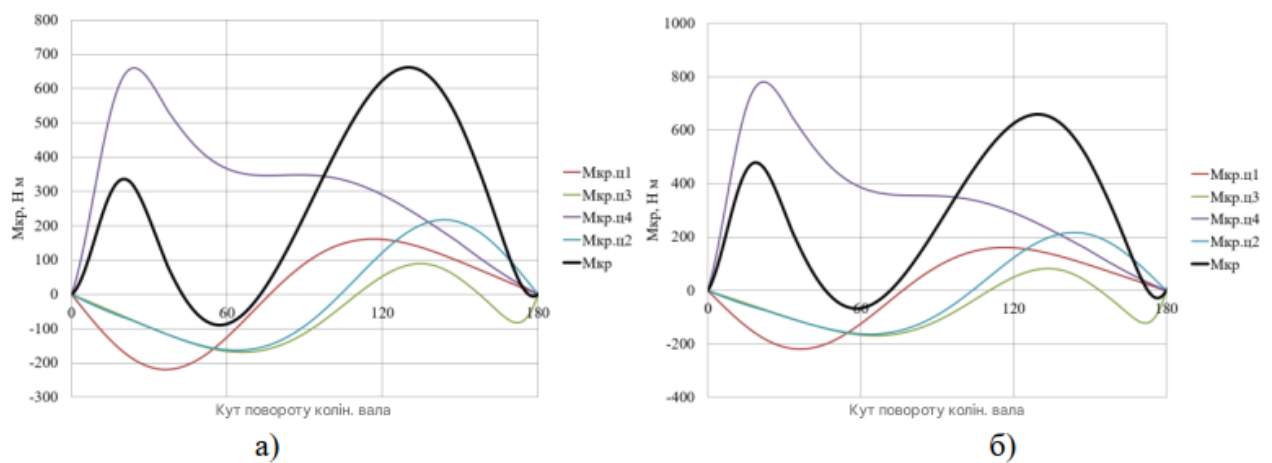


Рис. 3.10. Графік крутного моменту за ступеня стиснення 12 (а) та ступеня стиснення 14 (б).

Опрацювання результатів графічного аналізу дає підстави стверджувати, що підвищення ступеня стиснення супроводжується збільшенням крутного моменту двигуна. Водночас максимальні значення моменту змінюються неістотно, тоді як зростання його середнього рівня забезпечує більш стабільний та рівномірний характер роботи силового агрегату.

Дослідження силових і моментних навантажень у кривошипно-шатунному механізмі показало, що визначальним з погляду надійності є інтенсивне зростання згинальних сил, які діють на шийки колінчастого вала. З метою подальшої оцінки міцнісного стану елементів механізму виконано розрахунок навантажень, що сприймаються коліном колінчастого вала.

3.3 Визначення сил, що діють на шатунну та корінні шийки колінчастого вала

На рисунках 3.11 і 3.12 подано результати зіставлення сумарних сил, прикладених до шатунної шийки колінчастого вала, у декартовій системі координат для режимів роботи двигуна зі ступенями стиснення 8, 10, 12 і 14. Аналіз відповідних залежностей засвідчує суттєве зростання навантажень у ділянці максимального тиску в циліндрі, що відповідає кутам повороту колінчастого вала в межах $350\text{--}380^\circ$. При цьому збільшення навантаження становить близько 9000 Н на кожне підвищення ступеня стиснення на дві одиниці, що еквівалентно приблизно половині навантаження, характерного для режиму роботи зі ступенем стиснення 8.

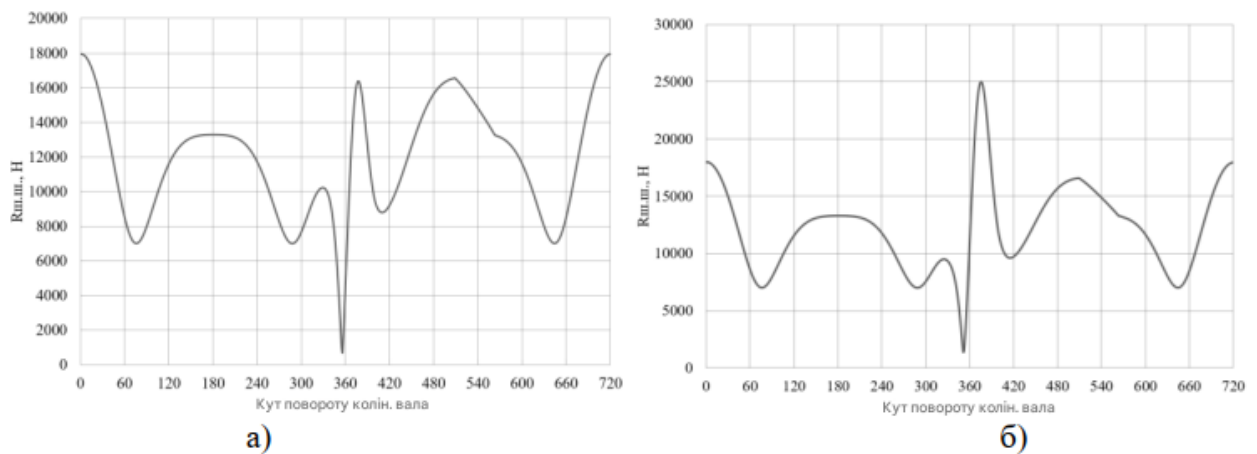


Рис. 3.11. Сумарна сила, що діє на шатунну шийку за ступеня стиснення 8 (а) та ступеня стиснення 10 (б).

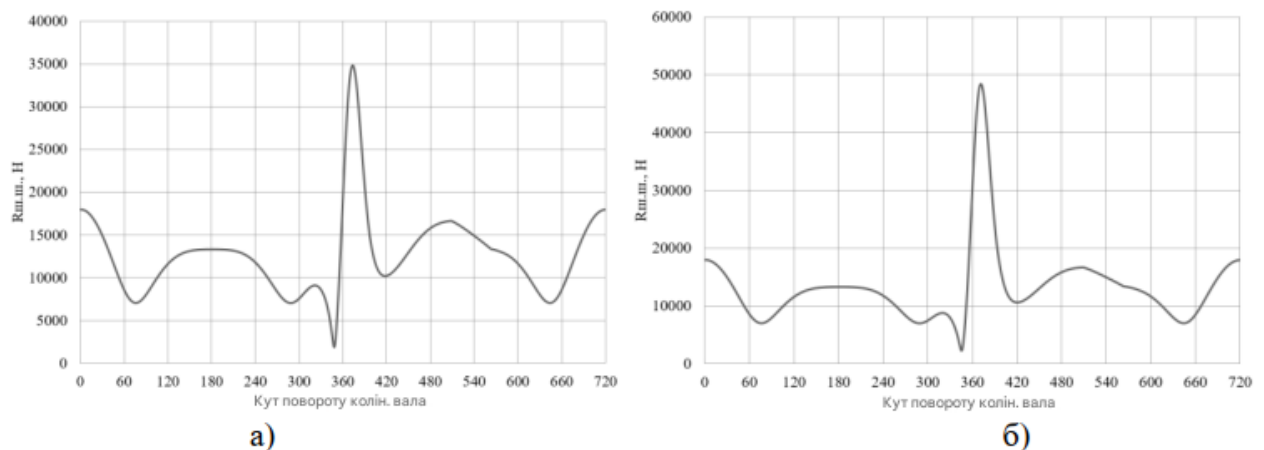


Рис. 3.12. Сумарна сила, що діє на шатунну шийку за ступеня стиснення 12 (а) та ступеня стиснення 14 (б).

На рисунках 3.13 і 3.14 представлено результати аналізу розподілу результуючої сили, прикладеної до шатунної шийки колінчастого вала, у полярній системі координат для режимів роботи двигуна зі ступенями стиснення 8, 10, 12 і 14. Узагальнення наведених залежностей свідчить, що зі збільшенням ступеня стиснення зростання навантаження має локальний характер і концентрується лише в окремій зоні поверхні шатунної шийки.

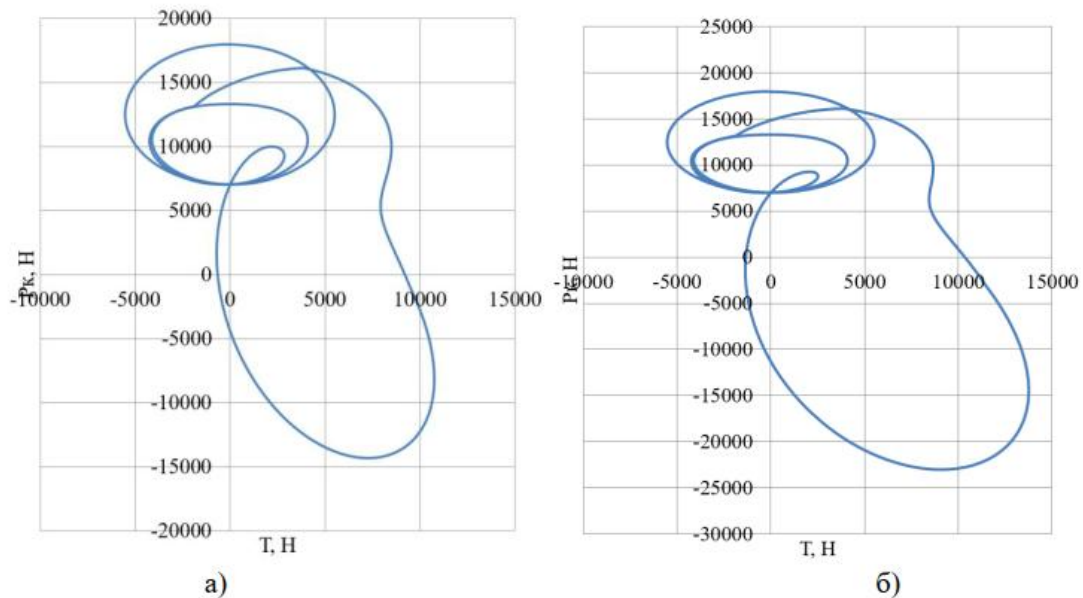


Рис. 3.13. Сумарна сила, що діє на шатунну шийку в полярних координатах за ступеня стиснення 8 (а) та ступеня стиснення 10 (б).

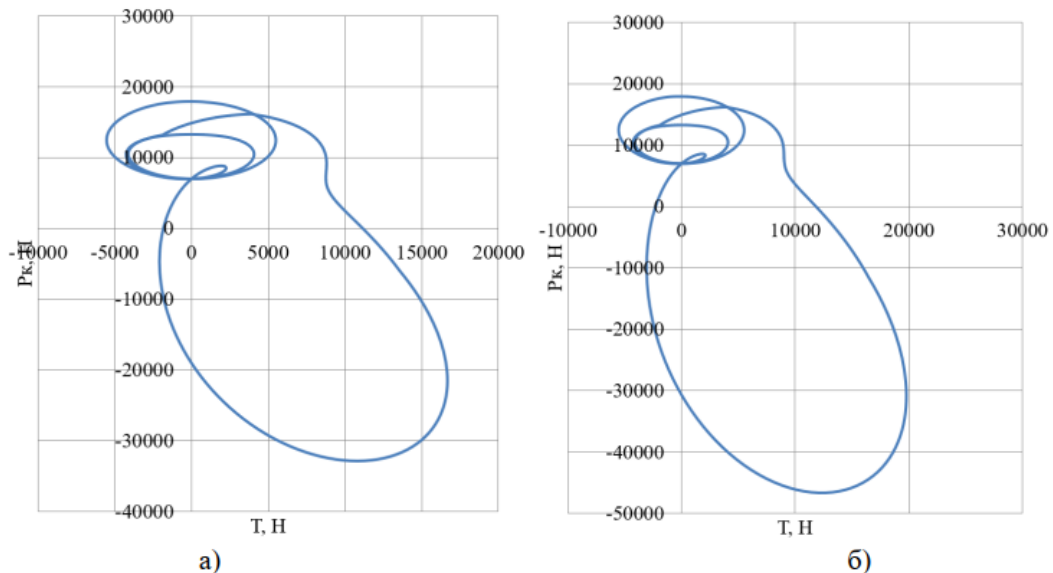


Рис. 3.14. Сумарна сила, що діє на шатунну шийку в полярних координатах за ступеня стиснення 12 (а) та ступеня стиснення 14 (б).

На рисунках 3.15 і 3.16 подано результати зіставного аналізу результуючих сил, що сприймаються корінними шийками колінчастого вала в декартовій

системі координат для режимів роботи двигуна зі ступеннями стиснення 8, 10, 12 і 14. Узагальнення наведених графічних даних свідчить, що підвищення ступеня стиснення супроводжується зростанням навантажень у зонах, які відповідають максимальному тиску в циліндрі. Разом з тим ідентифікуються ділянки зі стабільно низьким рівнем силового навантаження, майже незалежні від значення ступеня стиснення; саме ці зони є найбільш раціональними для розміщення осі масляного каналу.

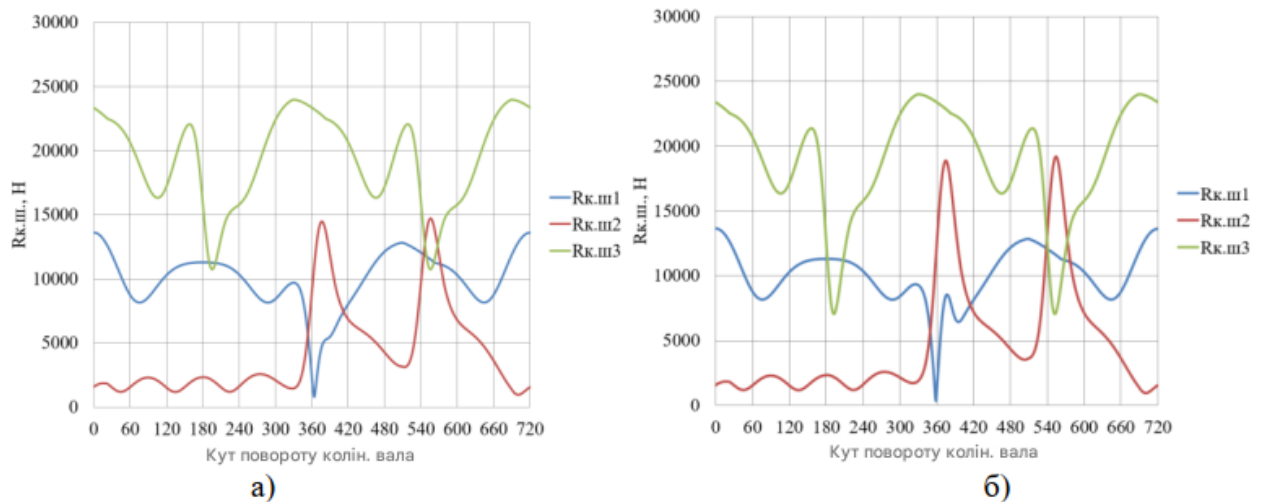


Рис. 3.15. Сумарні сили, що діють на корінні шийки в прямокутній системі координат: (а) за ступеня стиснення 8; (б) за ступеня стиснення 10.

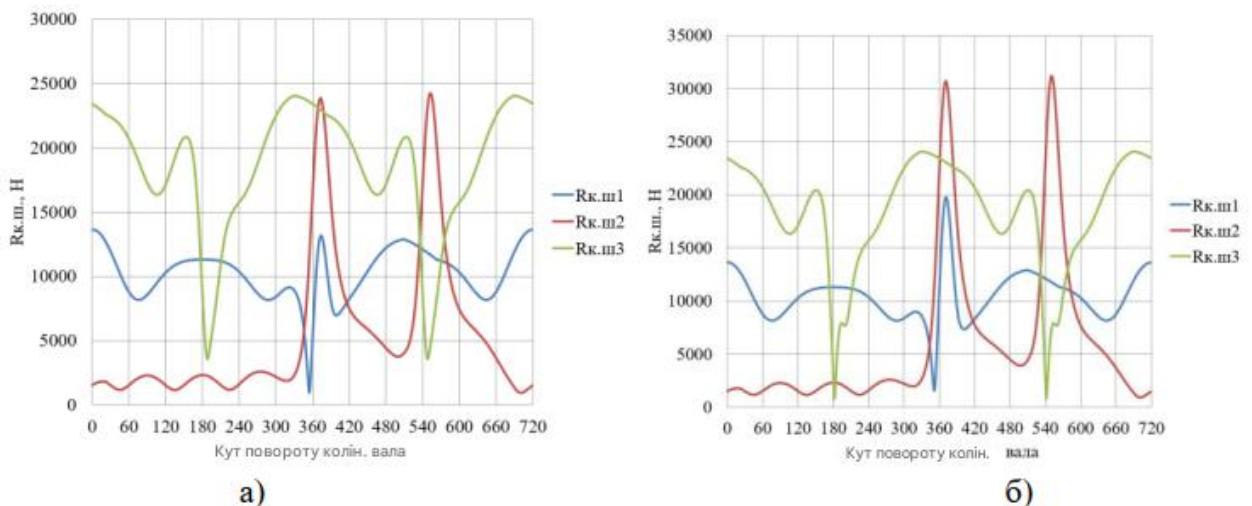


Рис. 3.16. Сумарні сили, що діють на корінні шийки в прямокутній системі координат за ступеня стиснення 12 (а) та 14 (б).

На рисунках 3.17 і 3.18 подано результати дослідження розподілу результуючих сил, прикладених до першої корінної шийки колінчастого вала, у полярній системі координат для режимів роботи двигуна зі ступеннями стиснення 8, 10, 12 і 14. Узагальнення отриманих графічних даних показує, що зі

зростанням ступеня стиснення відбувається суттєва концентрація навантажень на окремій ділянці корінної шийки, що створює передумови для реалізації локального зміцнення найбільш навантаженої зони з метою підвищення її зносостійкості. Разом із тим ідентифікуються області зі стабільно низьким рівнем силових впливів, майже незалежні від значення ступеня стиснення, у межах яких доцільно розміщувати вісь масляного каналу.

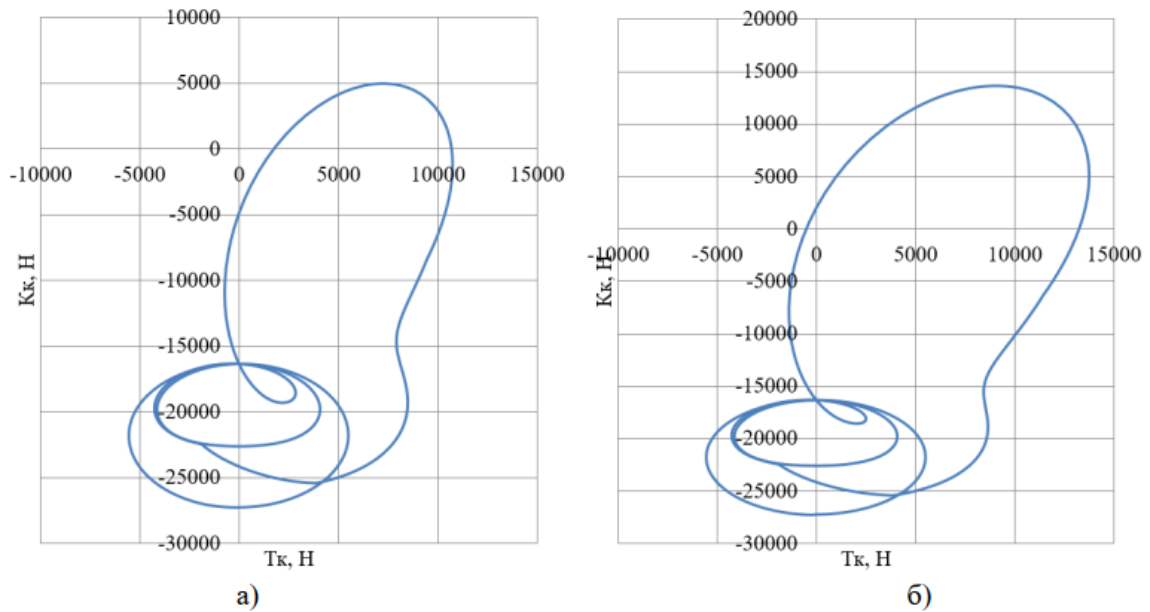


Рис. 3.17. Сумарні сили, що діють на першу корінну шийку в полярних координатах за ступеня стиснення 8 (а) та ступеня стиснення 10 (б).

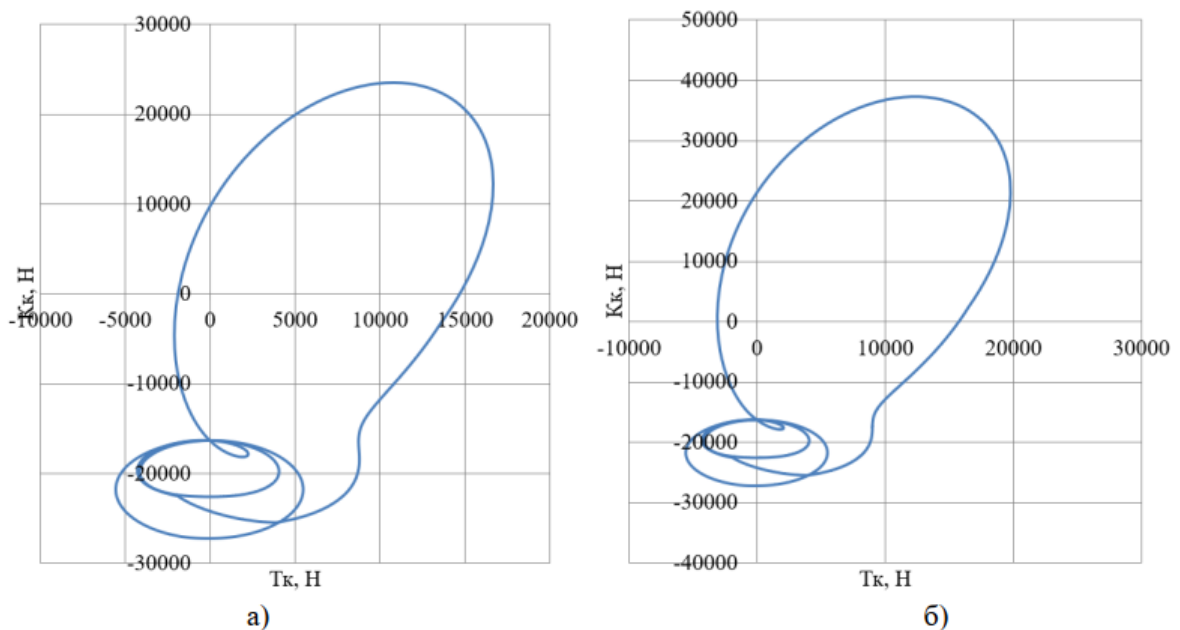


Рис. 3.18. Сумарні сили, що діють на першу корінну шийку в полярних координатах за ступеня стиснення 12 (а) та ступеня стиснення 14 (б).

Аналіз отриманих результатів показує, що збільшення ступеня стиснення не супроводжується різким або критичним зростанням силових навантажень і не призводить до принципового погіршення довговічності елементів кривошипно-шатунного механізму. Водночас встановлено наявність локалізованих стабільних зон підвищеного навантаження, які характеризуються кутовою протяжністю близько 40° повороту колінчастого вала. Обмежені розміри цих зон створюють передумови для застосування ефективних методів локального поверхневого зміцнення, що дає змогу підвищити зносостійкість без необхідності істотного збільшення габаритів елементів КШМ.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Аналіз впливу ступеня стиснення на граничні температурно-тискові параметри робочого циклу

Оцінка максимальних значень тиску та температури робочого середовища в циліндрі двигуна (4.1) свідчить про істотний вплив ступеня стиснення на перебіг термодинамічних процесів. Зокрема, для ступенів стиснення 12 і 14 зафіксовано зростання максимальної температури циклу до рівня, що перевищує 3000 К. Одночасно спостерігається підвищення пікового тиску в циліндрі до приблизно 9 МПа при ступені стиснення 12, що відповідає умовам роботи двигуна з малим наддувом, та до близько 11 МПа при ступені стиснення 14, характерного для режимів середнього наддуву.

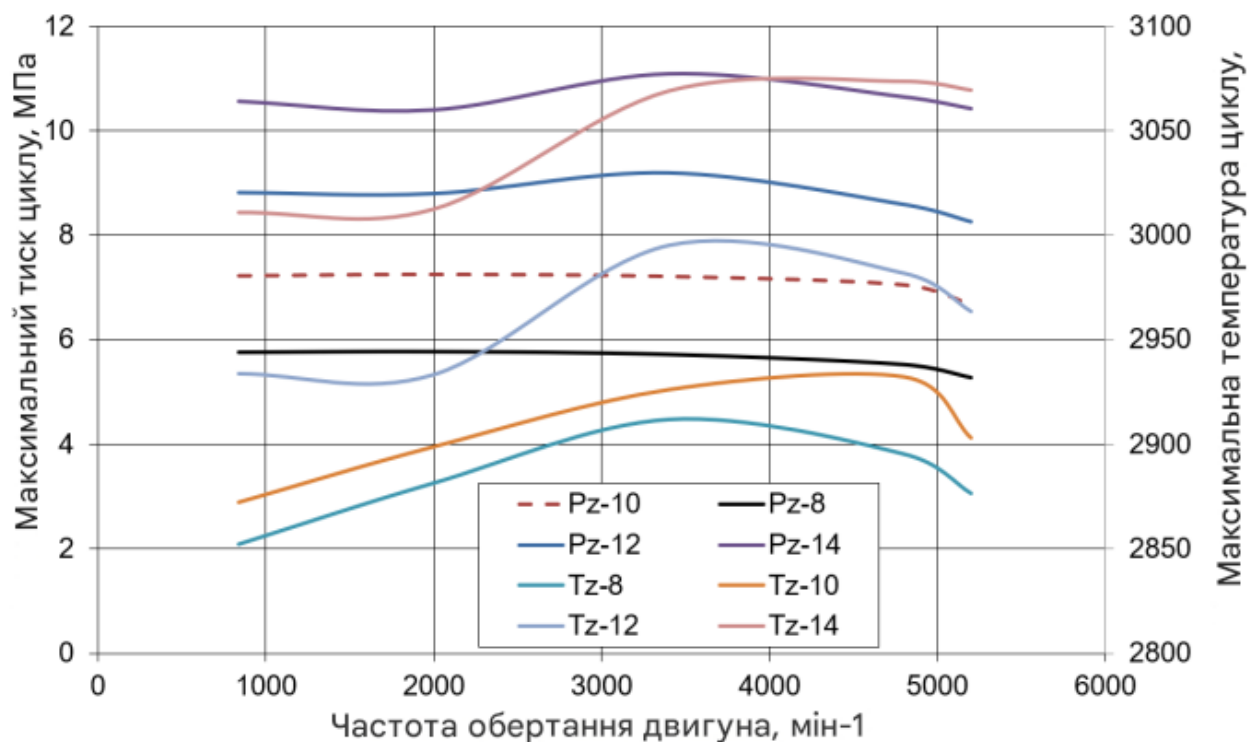


Рис. 4.1. Порівняння значень максимального тиску та максимальної температури в циліндрі двигуна за зміни ступеня стиснення від 8 до 14 з кроком 2 одиниці.

Подальший аналіз виконано шляхом зіставлення індикаторних діаграм у координатах $P-V$ для різних значень ступеня стиснення (рисунки 4.2–4.6). Узагальнення отриманих графічних даних показує, що максимальний тиск у циліндрі зростає зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала до

приблизно 3400 хв^{-1} . При подальшому зростанні частоти обертання відбувається зниження пікових значень тиску, що пояснюється збільшенням тривалості процесу згоряння в кутових координатах повороту колінчастого вала та відповідним перерозподілом тепловиділення в часі.

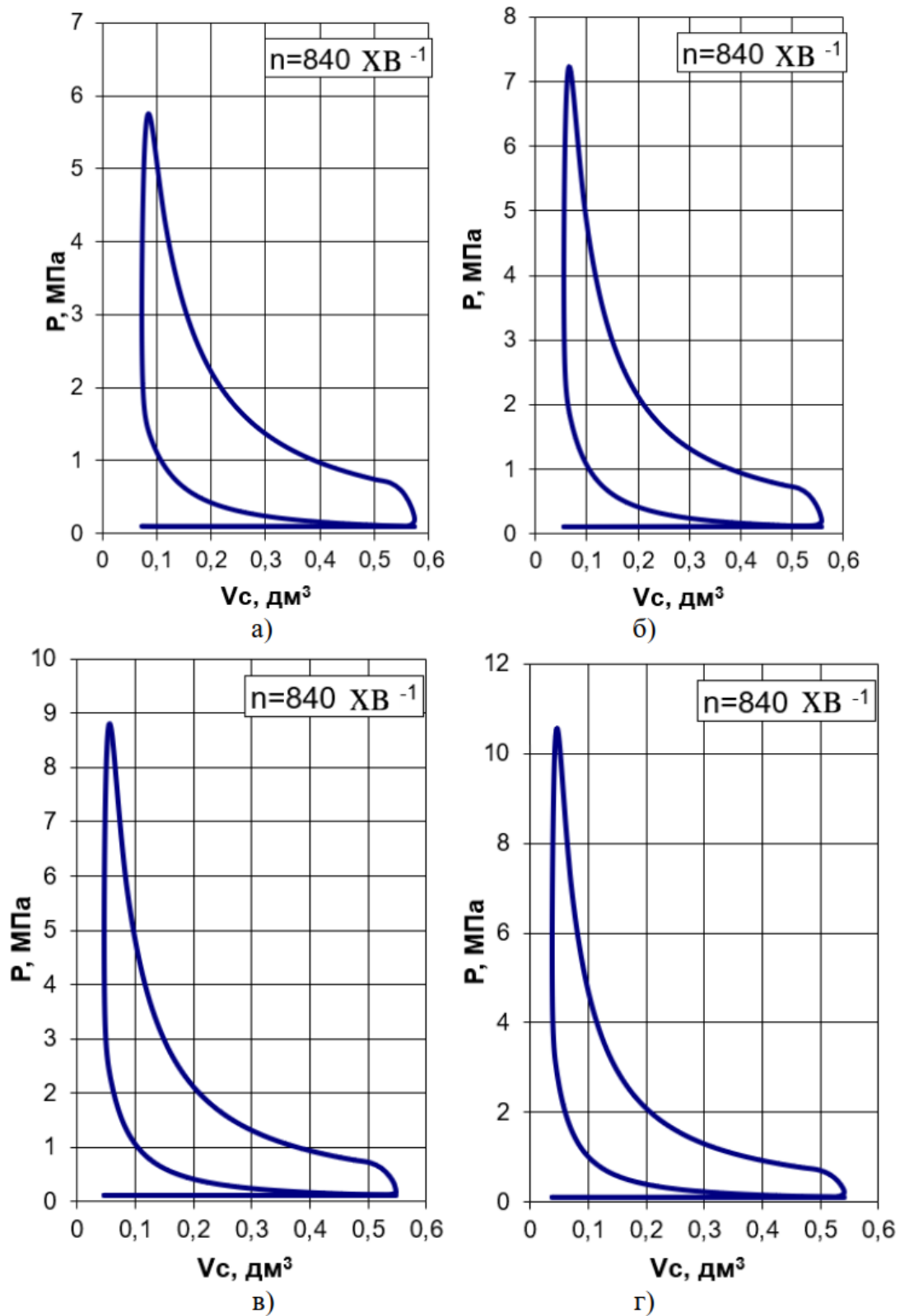


Рис. 4.2. Індикаторні діаграми в координатах $P-V$ для швидкісного режиму 840 хв^{-1} за різних ступенів стиснення: (а) 8; (б) 10; (в) 12 та (г) 14.

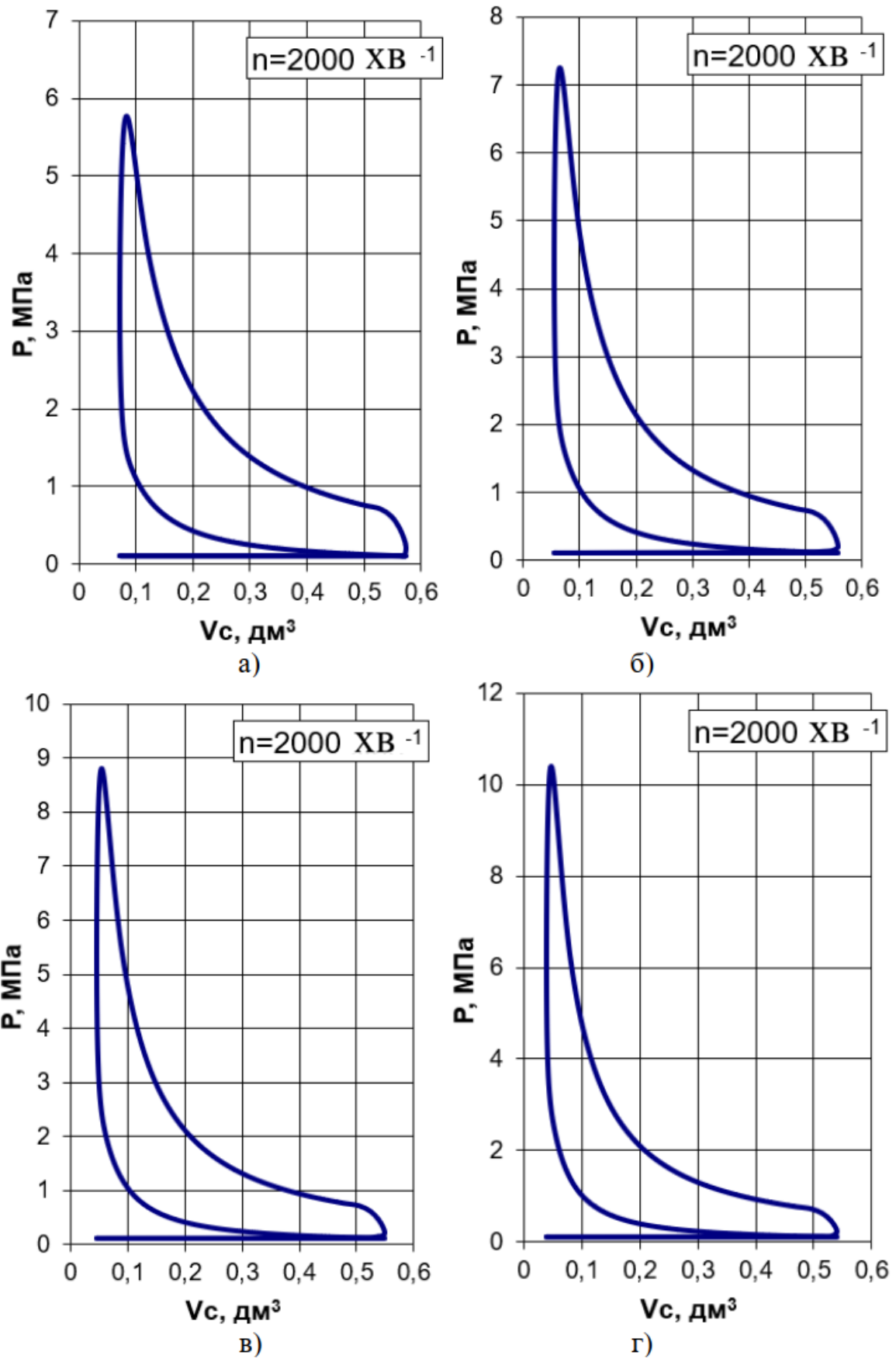


Рис. 4.3. Індикаторні діаграми в координатах P – V для швидкісного режиму 900 хв^{-1} за різних ступенів стиснення: (а) 8; (б) 10; (в) 12 та (г) 14.

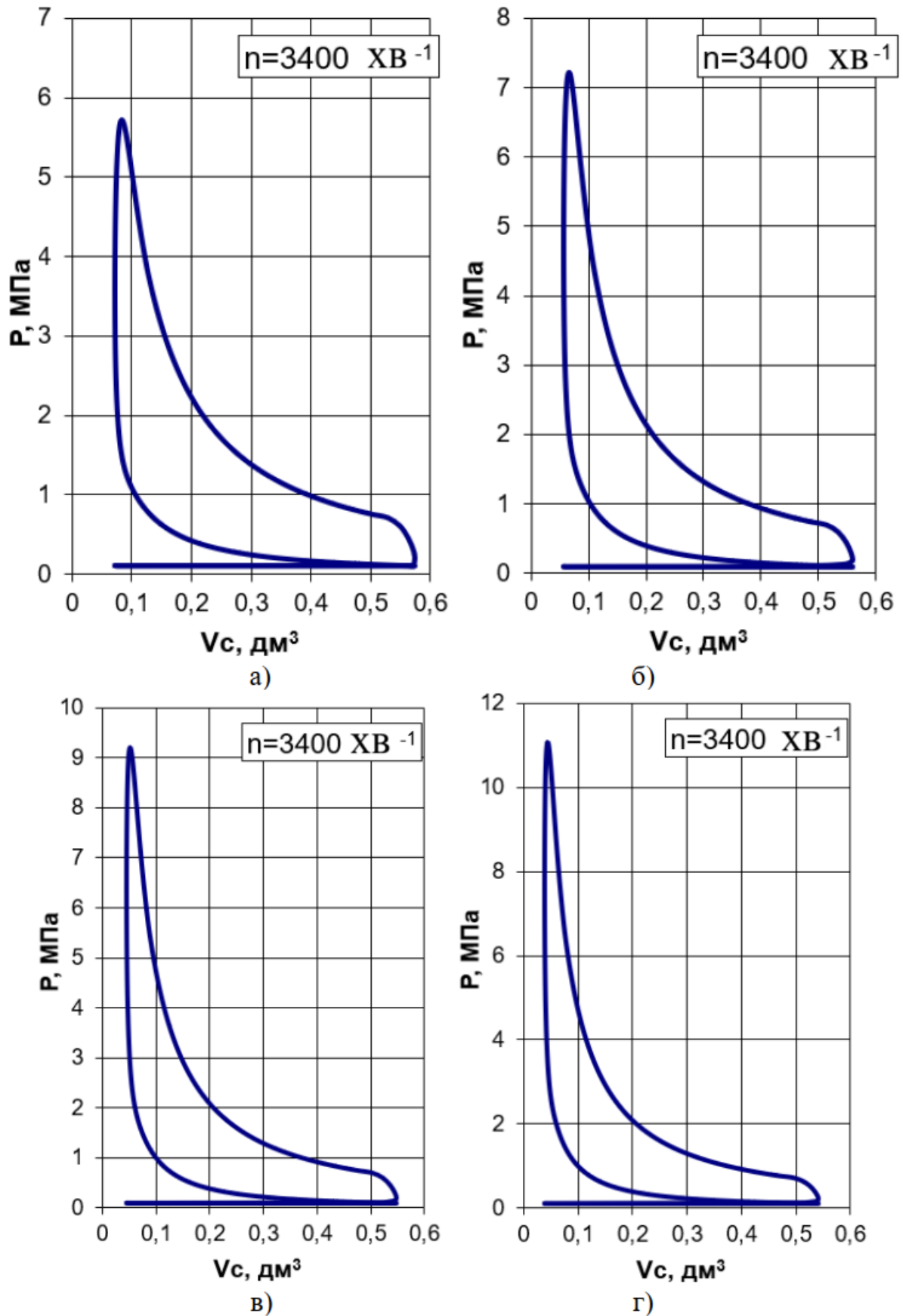


Рис. 4.4. Індикаторні діаграми в координатах $P-V$ для швидкісного режиму 1200 хВ^{-1} за різних ступенів стиснення: (а) 8; (б) 10; (в) 12 та (г) 14.

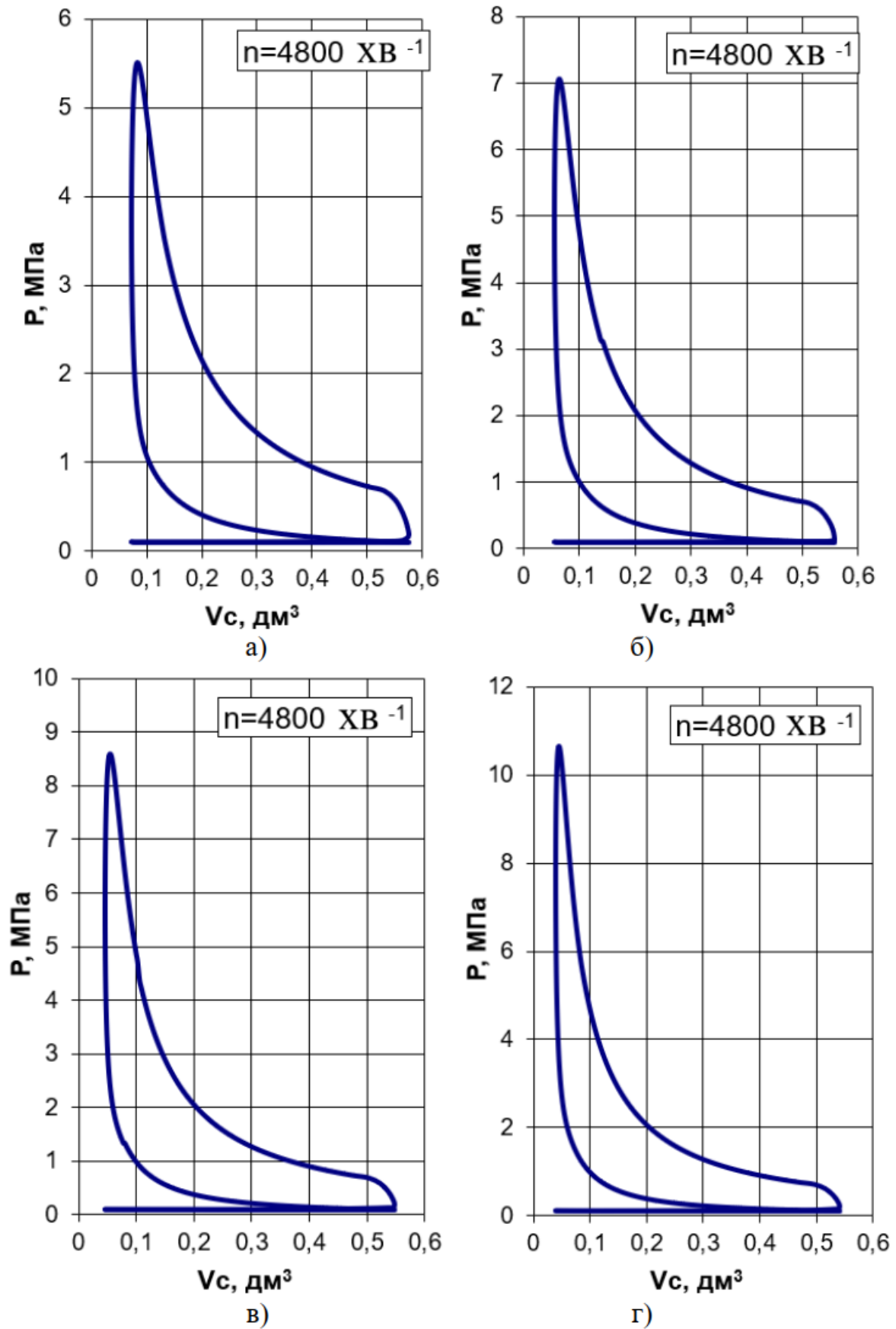


Рис. 4.5. Індикаторні діаграми в координатах P – V для швидкісного режиму 1600 хВ^{-1} за різних ступенів стиснення: (а) 8; (б) 10; (в) 12 та (г) 14.

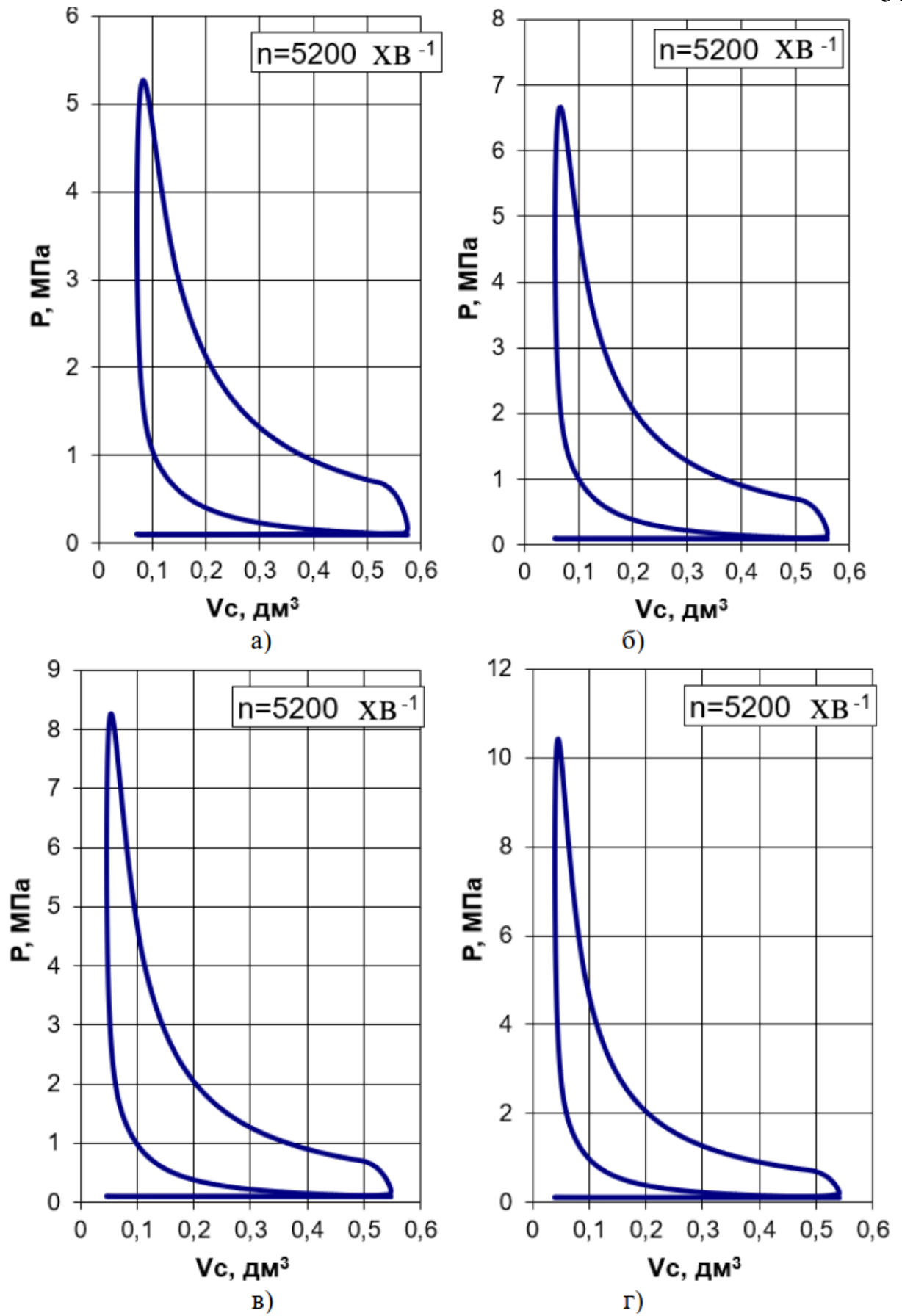


Рис. 4.6. Індикаторні діаграми в координатах P – V для швидкісного режиму 2000 хВ^{-1} за різних ступенів стиснення: (а) 8; (б) 10; (в) 12 та (г) 14.

З метою оцінки рівня токсичності відпрацьованих газів здійснено аналіз температурних режимів у процесі згоряння палива, результати якого подано на рисунках 4.7–4.11.

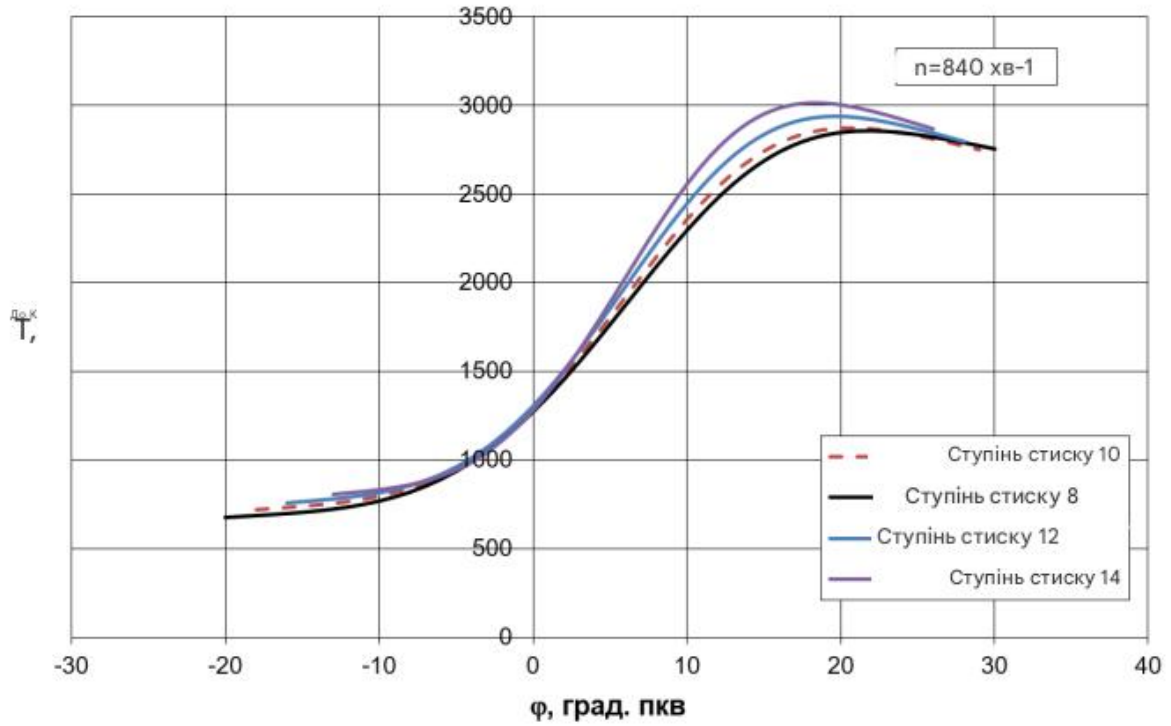


Рис.

4.7. Середня температура в циліндрі двигуна під час згоряння для швидкісного режиму 840 хв^{-1} .

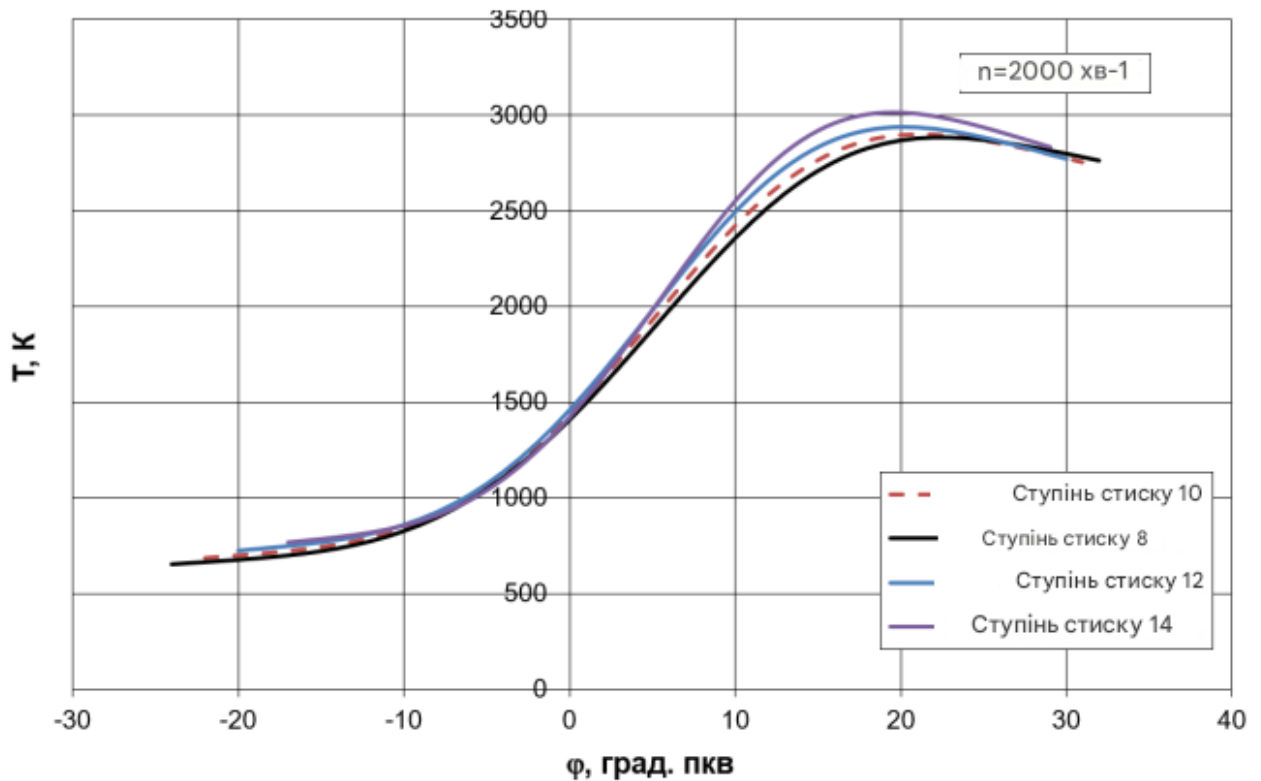


Рис. 4.8. Середня температура в циліндрі двигуна під час згоряння для швидкісного режиму 2000 хв^{-1} .

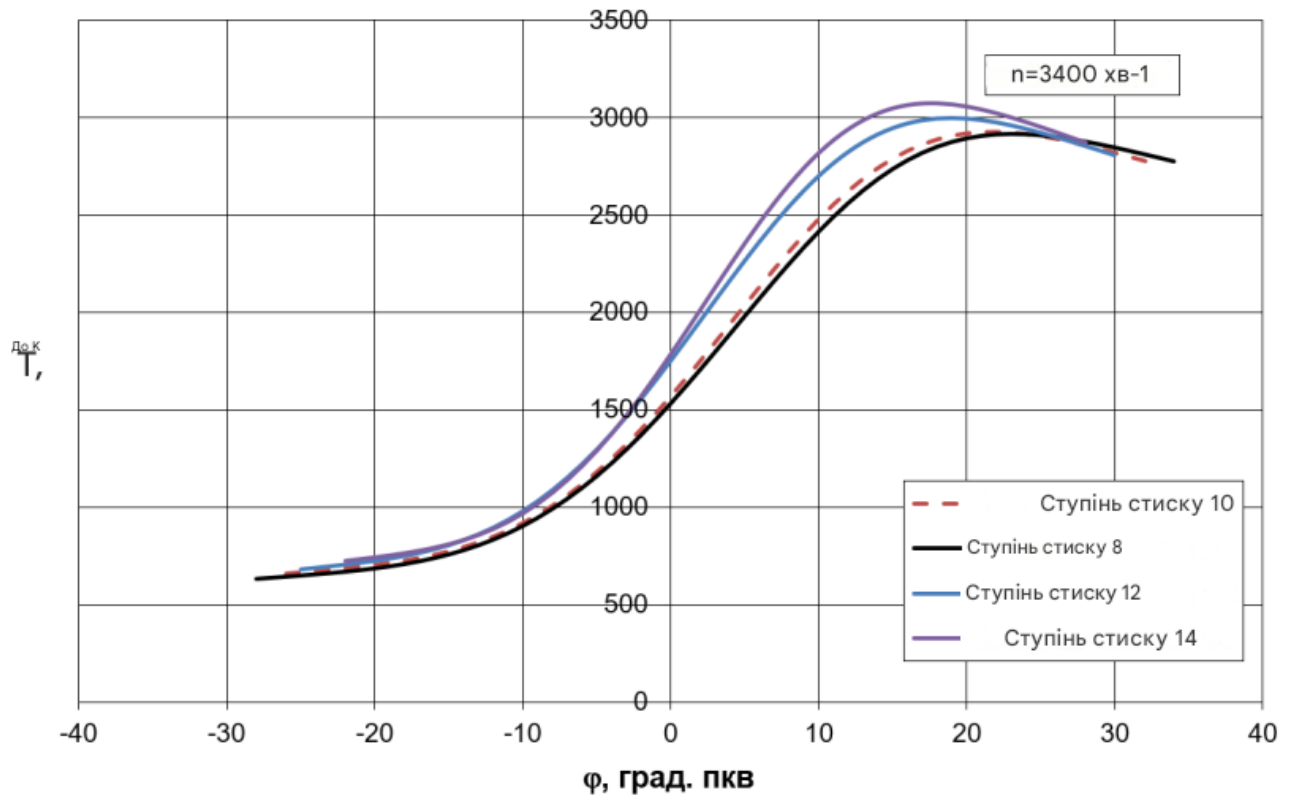


Рис. 4.9. Середня температура в циліндрі двигуна під час згоряння для швидкісного режиму 3400 хв^{-1} .

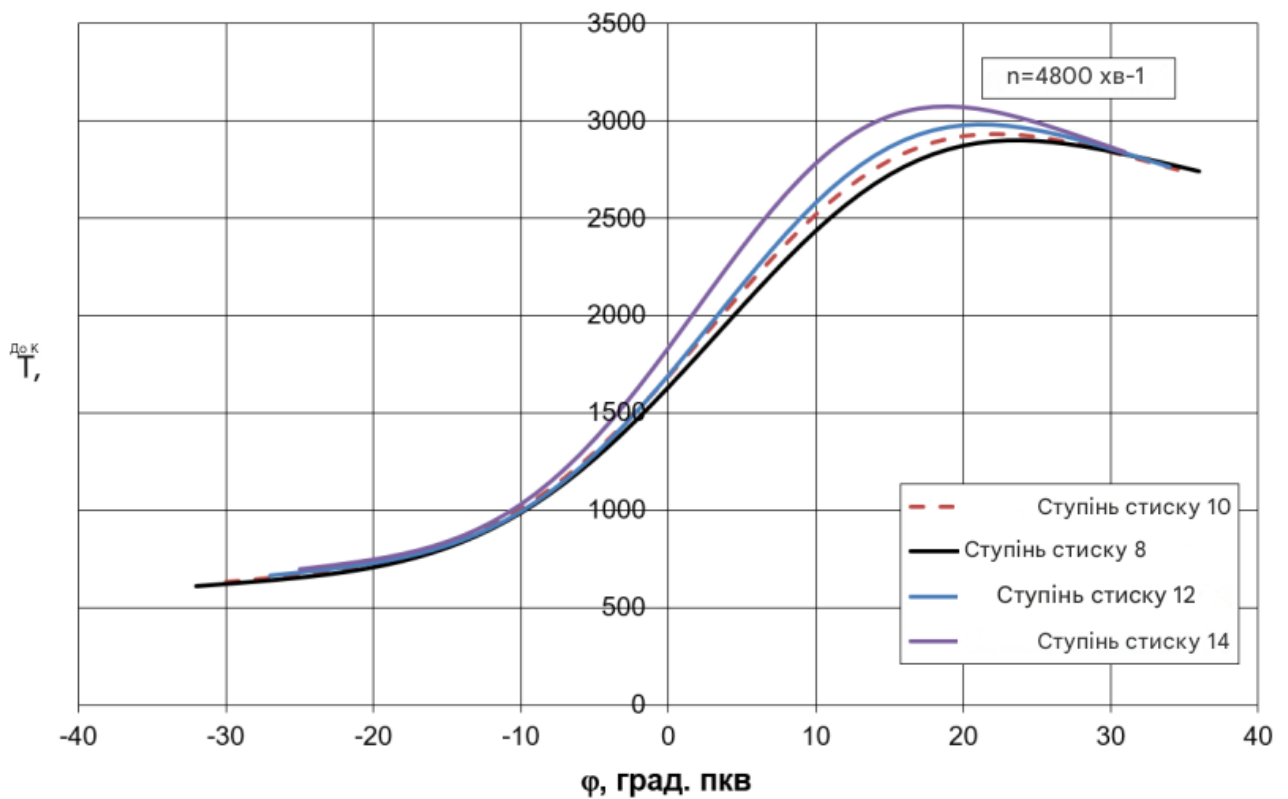


Рис. 4.10. Середня температура в циліндрі двигуна під час згоряння для швидкісного режиму 4800 хв^{-1} .

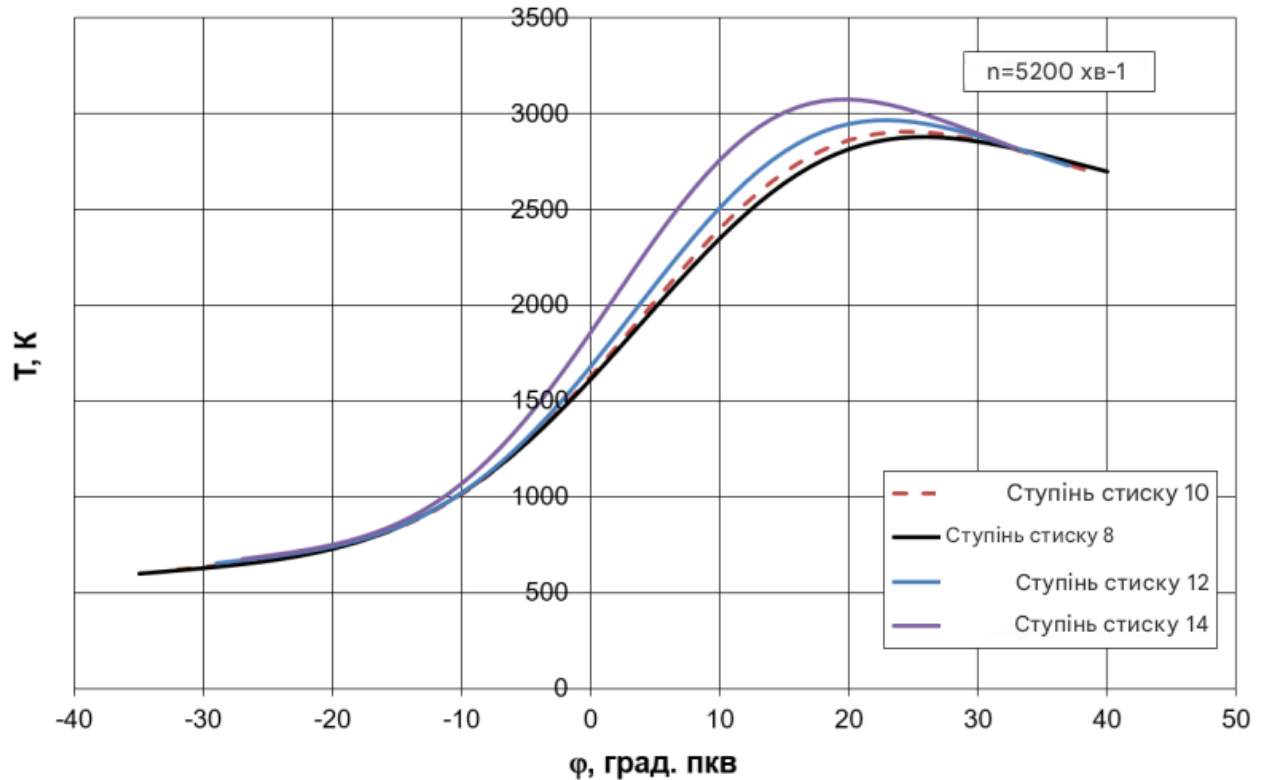


Рис. 4.11. Середня температура в циліндрі двигуна під час згоряння для швидкісного режиму 5200 хв^{-1} .

Інтерпретація температурних режимів у циліндрі двигуна під час згоряння, наведених на рисунках 4.7–4.11, свідчить про необхідність коригування параметрів запалювання для двигуна зі ступенями стиснення 12 і 14. Зокрема, зменшення кута випередження запалювання дозволяє змістити основну фазу тепловиділення у зону розширення, де характерні нижчі температурні рівні. За відсутності такого коригування зростає ймовірність інтенсивного утворення оксидів азоту, а також підвищується небезпека детонаційного перебігу процесу згоряння.

Разом із тим аналіз отриманих результатів показує, що збільшення ступеня стиснення, яке супроводжується підвищенням тиску й температури в камері згоряння, позитивно впливає на повноту окиснення паливоповітряної суміші. Це, у свою чергу, зумовлює зменшення викидів продуктів неповного згоряння, зокрема вуглеводнів та оксиду вуглецю. За умов зростання частоти обертання колінчастого вала розширюється детонаційна межа, що дозволяє реалізувати підвищений ступінь стиснення на високих обертах і досягти приросту потужності, співставного з ефектом застосування систем наддуву.

4.2 Дослідження впливу ступеня стиснення на ефективні характеристики робочого циклу

Оцінювання ефективності роботи двигуна найбільш інформативно здійснювати на основі аналізу зовнішніх швидкісних характеристик, поданих у графічному вигляді (рисунки 4.12–4.5). Для режиму роботи зі ступенем стиснення 8 (рисунок 4.12) встановлено тенденцію до зменшення крутного моменту зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала. Паралельно з цим спостерігається зростання питомої ефективної витрати палива, що свідчить про погіршення паливної економічності двигуна.

Особливо виразне зниження ефективності процесу згоряння відмічається після досягнення частоти обертання близько 3400 хв^{-1} , що вказує на обмеженість доцільності використання низького ступеня стиснення на підвищених обертах. Таким чином, застосування малих значень ступеня стиснення є найбільш раціональним у зоні малих і середніх частот обертання, де забезпечується прийнятний рівень крутного моменту та економічності.

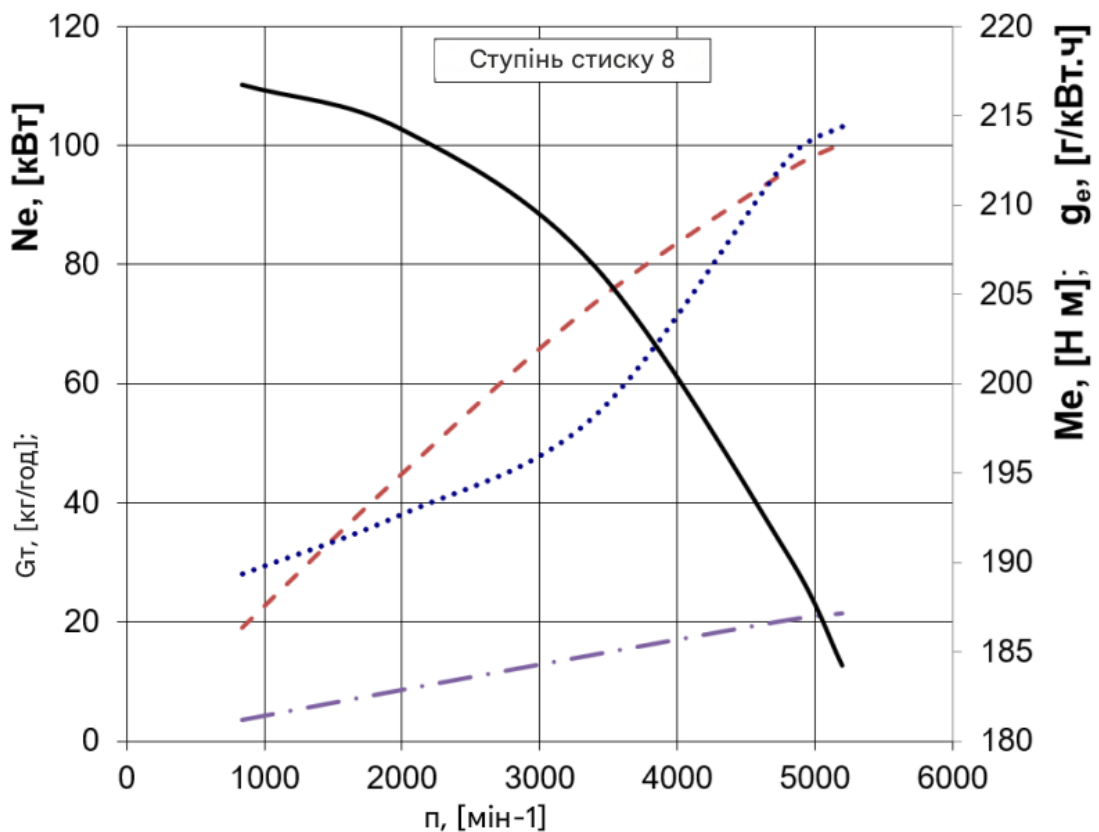


Рис. 4.12. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна з іскровим запалюванням під час роботи за ступеня стиснення 8.

Для режиму роботи двигуна зі ступенем стиснення 10 (рисунок 4.13) встановлено ослаблення залежності ефективних показників від частоти обертання колінчастого вала. Водночас спостерігається приріст потужнісних характеристик у середньому на близько 10 % без помітного збільшення витрати палива, що свідчить про підвищення загальної ефективності робочого процесу.

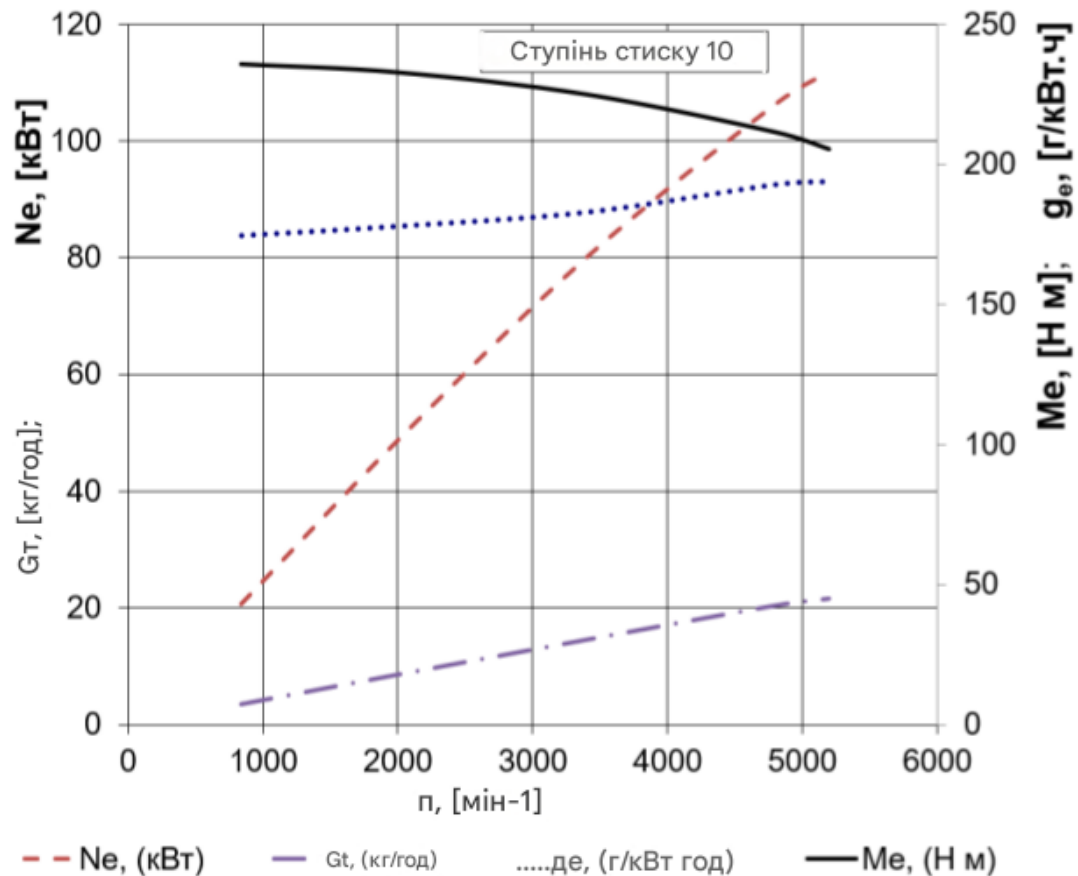


Рис. 4.13. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна з іскровим запалюванням під час роботи за ступеня стиснення 10.

Для режимів роботи двигуна зі ступенями стиснення 12 і 14 (рисунки 4.14 і 4.15) зафіксовано помітне зростання ефективних показників у зоні підвищених частот обертання колінчастого вала. Такий характер зміни пояснюється розширенням детонаційно допустимих режимів зі збільшенням частоти обертання, що створює умови для реалізації більш раціональних значень кута випередження запалювання та роботи двигуна за вищої теплової напруженості. У результаті забезпечується сприятливіший розподіл теплових потоків і зменшення відносних теплових втрат, що позитивно позначається на загальній ефективності робочого процесу.

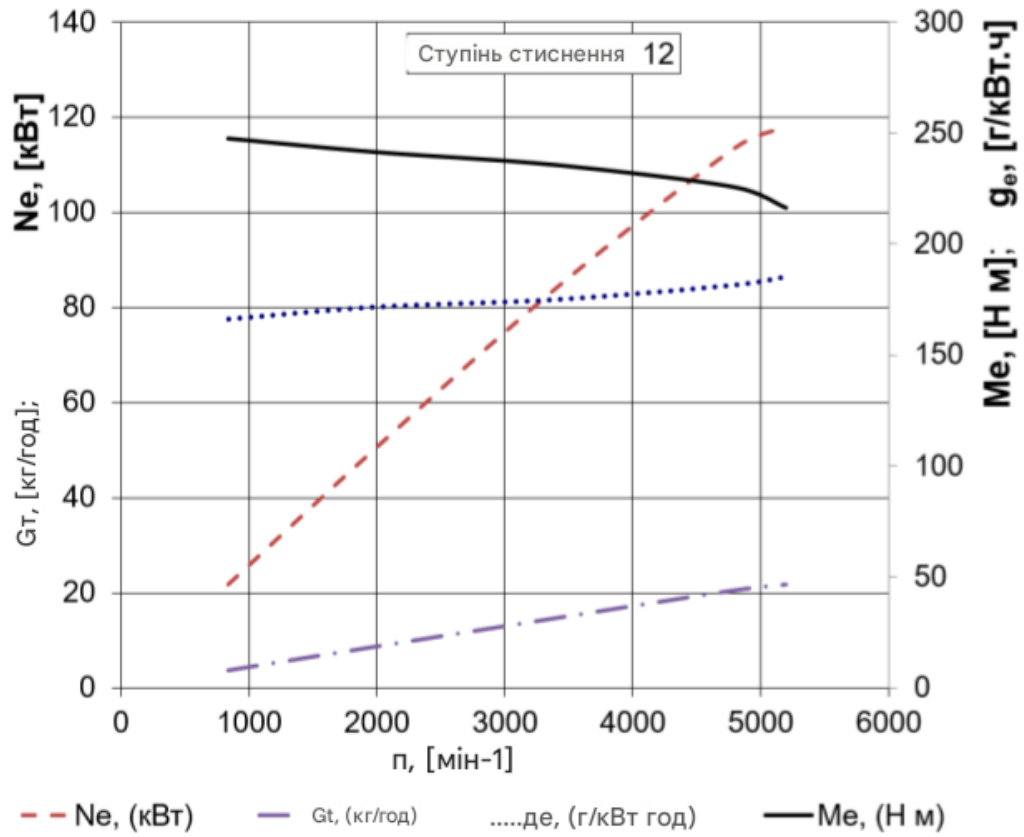


Рис. 4.14. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна з іскровим запалюванням під час роботи за ступеня стиснення 12.

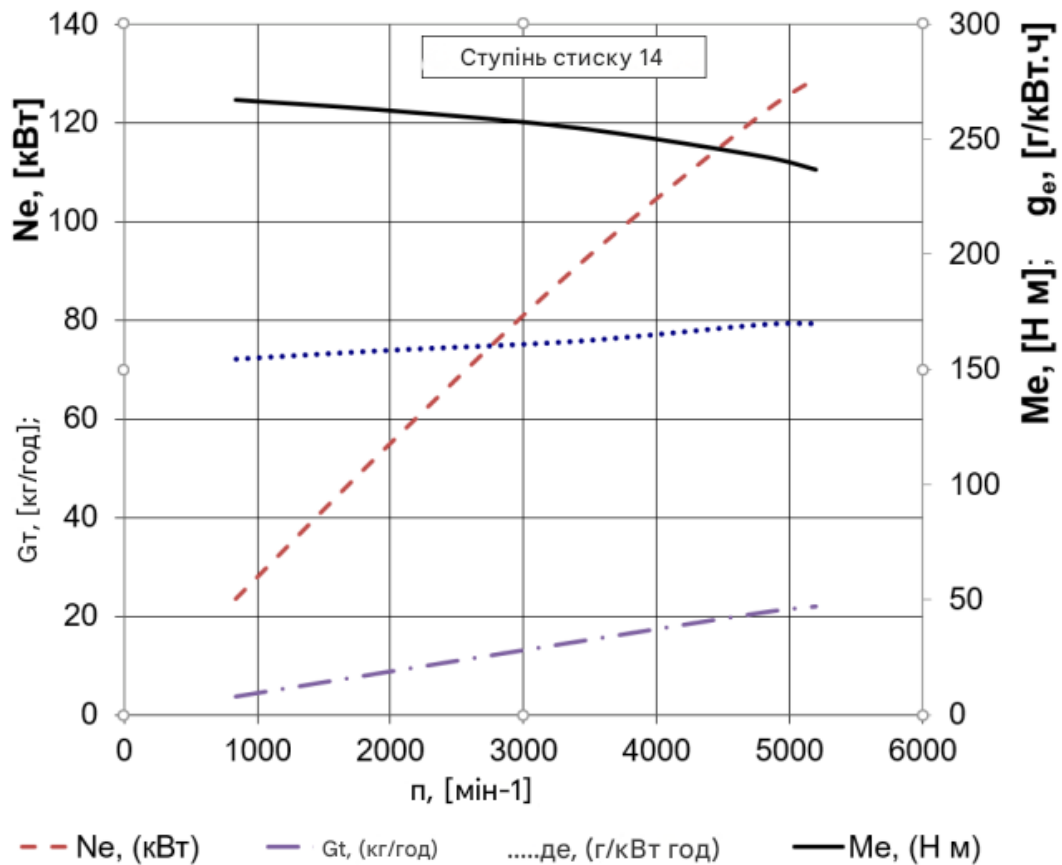


Рис. 4.15. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна з іскровим запалюванням під час роботи за ступеня стиснення 14.

Результати аналізу зовнішнього теплового балансу, подані на рисунках 4.16 і 4.17, наочно відображають перерозподіл теплових потоків у двигуні залежно від ступеня стиснення.

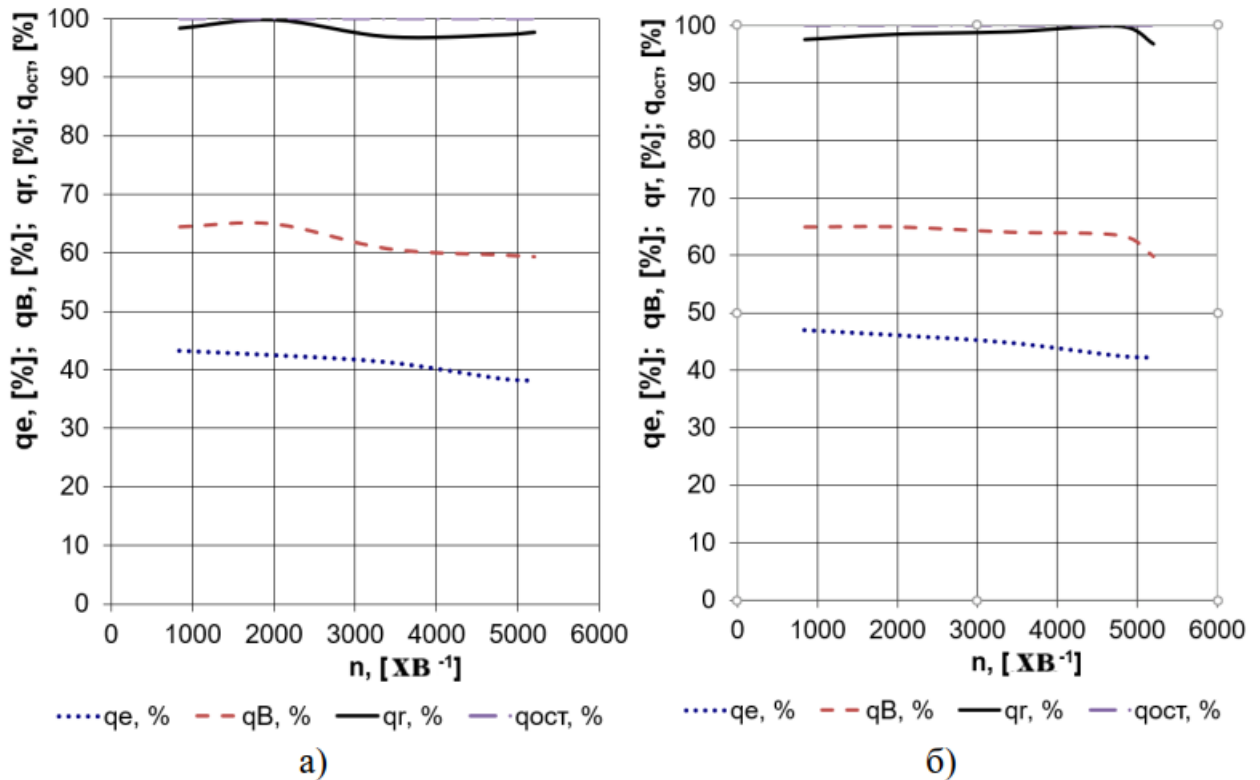


Рис. 4.16. Зовнішній тепловий баланс: (а) під час роботи за ступеня стиснення 8 та (б) під час роботи за ступеня стиснення 10.

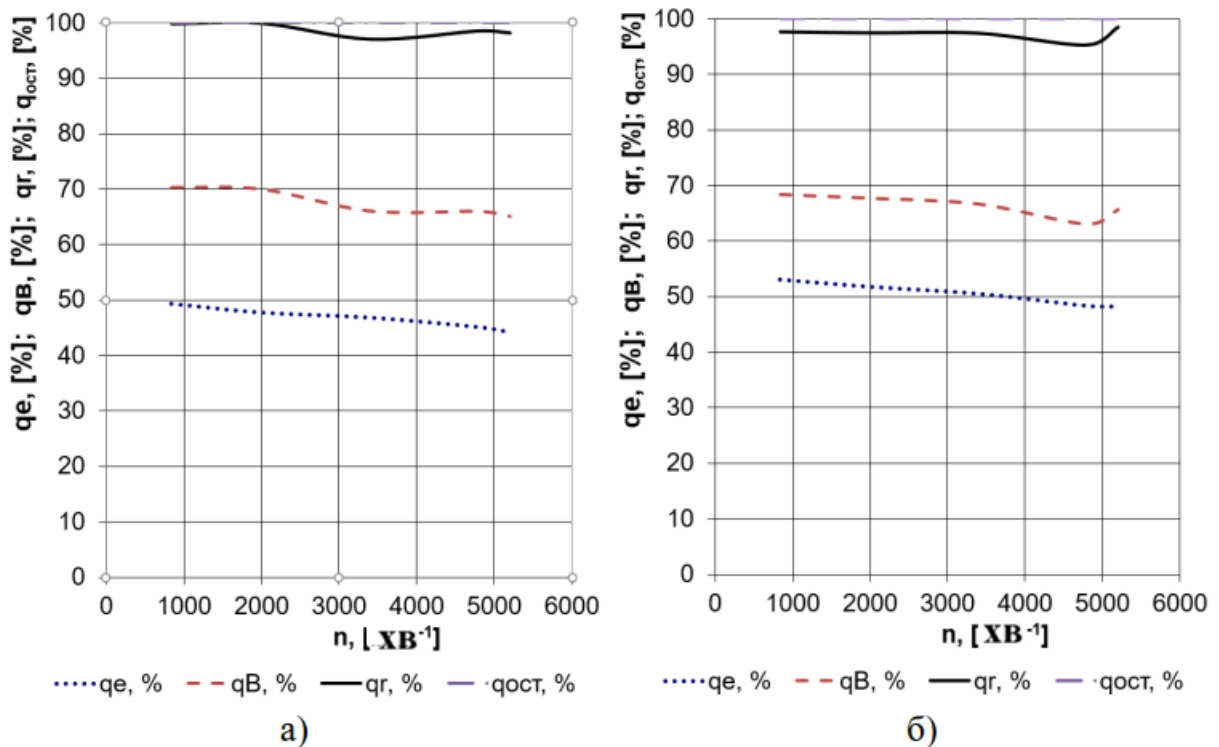


Рис. 4.17. Зовнішній тепловий баланс: (а) під час роботи за ступеня стиснення 12 та (б) під час роботи за ступеня стиснення 14.

Узагальнення графічних даних показує, що зі збільшенням ступеня стиснення відбувається скорочення частки теплової енергії, яка втрачається через систему охолодження та з відпрацьованими газами. Такий ефект пояснюється зростанням ступеня подальшого розширення робочого тіла, що забезпечує більш ефективне перетворення теплоти, виділеної під час згоряння, у корисну роботу.

Водночас підвищення температурних рівнів у камері згоряння супроводжується зменшенням її геометричного об'єму, що обмежує інтенсивність теплопередачі до сорочки охолодження. У результаті знижується тепловий потік до охолоджувального середовища і, відповідно, зменшується сумарний рівень теплових втрат на охолодження двигуна.

Результати виконаного дослідження свідчать, що оптимальна реалізація потенціалу двигуна зі змінюваним ступенем стиснення досягається за умови його адаптивного підвищення відповідно до зростання частоти обертання колінчастого вала та збільшення навантаження. Узагальнення розрахункових даних показує, що підвищення ступеня стиснення супроводжується сталим зростанням термічного коефіцієнта корисної дії, в середньому приблизно на 2 % на кожну одиницю його збільшення. У результаті збільшення ступеня стиснення на шість одиниць забезпечує приріст ККД близько 10 %, а ефективні потужнісні показники двигуна зростають майже на 20 %, що підтверджує доцільність такого підходу з точки зору енергетичної ефективності.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги до планувальної організації приміщень

Раціональна планувальна структура будівель досягається у разі автономного розміщення функціональних об'єктів, коли кожен поверх формується як самостійна технологічна одиниця із замкненим виробничим циклом. Сучасні підходи до проєктування передбачають застосування великопролітних конструктивних схем із мінімізацією кількості внутрішніх опор, що створює передумови для гнучкого розміщення технологічного обладнання та усунення дрібних, недостатньо освітлених і слабо вентильованих виробничих зон.

Приміщення, призначені для перебування відвідувачів, а також виробничі та адміністративні підрозділи, зазвичай розташовують у надземній частині будівлі; водночас допускається їхнє розміщення і на цокольних рівнях за умови дотримання нормативних вимог. Функціонально пов'язані приміщення, зокрема торговельний зал, гарячий і холодний цехи та мийне відділення для столового посуду, доцільно розміщувати в одному рівні, забезпечуючи безперешкодний рух відвідувачів і персоналу.

Виробничі цехи формують у межах одного поверху з організацією входів і виходів з боку господарського двору. Допускається суміщення мийних відділень кухонного посуду, тари, напівфабрикатів і столового посуду в одному приміщенні, проте зона миття столового посуду повинна бути відокремлена перегородкою висотою не менше 1,6 м. Роздавальні приміщення на підприємствах із обслуговуванням офіціантами необхідно проєктувати з безпосереднім технологічним зв'язком із гарячим і холодним цехами, хліборізною, сервізною, мийними відділеннями та буфетом.

Складські, технічні й адміністративно-побутові приміщення допускається розміщувати в підвальних рівнях будівлі за умови забезпечення належних санітарно-гігієнічних показників, природної або штучної вентиляції та виконання вимог пожежної безпеки.

Під час проєктування об'єктів громадського харчування першочергова увага приділяється формуванню безпечних і функціонально обґрунтованих шляхів руху, зокрема організації входів, сходових кліток, коридорів і дверних прорізів. За наявності в закладі понад 50 посадкових місць доцільно передбачати окремі входи та виходи для відвідувачів і обслуговуючого персоналу, при цьому евакуаційні маршрути персоналу можуть використовуватися і для відвідувачів у разі надзвичайних ситуацій.

Габаритні розміри дверних прорізів у складських і виробничих приміщеннях визначаються площею та характером вантажообігу. Для приміщень площею понад 10 м², у яких здійснюється завантаження матеріалів або продуктів, мінімальна ширина дверей має становити не менше 1,2 м, тоді як для менших виробничих приміщень допускається ширина не менше 0,9 м. Двері, призначені для переміщення візків з піддонами, слід проєктувати шириною не менше 1,8 м, при цьому влаштування порогів не допускається з міркувань безпеки та зручності транспортування.

Віконні конструкції виробничих і допоміжних приміщень необхідно передбачати з можливістю відкривання для природного провітрювання, незалежно від наявності механічних систем вентиляції. Значна увага також приділяється вибору підлогових покриттів, оскільки їхні експлуатаційні характеристики безпосередньо впливають на безпеку праці персоналу. Найбільш доцільним є застосування керамічної плитки з рельєфною, зокрема пірамідальною, структурою лицьової поверхні, що забезпечує протиковзкі властивості навіть за наявності жирових забруднень і характеризується високою надійністю в експлуатації.

Для ефективного відведення води після санітарної обробки обладнання в підлогах передбачаються каналізаційні трапи, оснащені решітчастими фільтрами. Огороджувальні конструкції виробничих і складських приміщень облицьовують вологостійкими матеріалами світлих відтінків на висоту до 1,8 м, а в коридорах – до 1,5 м, що забезпечує можливість регулярного миття та санітарного очищення. Побутові приміщення доцільно розміщувати таким чином, щоб переміщення працівників між ними не перетиналося з виробничими потоками.

Стельові поверхні побутових приміщень покриваються водостійкими фарбами, які не змиваються під час експлуатації, що сприяє підтриманню належного санітарного стану та довговічності оздоблення.

Побутові, санітарно-гігієнічні та допоміжні приміщення підприємств мають обладнуватися системами приточно-витяжної вентиляції, параметри яких визначаються чинними нормативними вимогами з урахуванням призначення та інтенсивності їх використання. Забезпечення ефективного повітрообміну є обов'язковою умовою підтримання належних санітарно-гігієнічних показників у гардеробних, душових і санітарно-побутових зонах.

Гардеробні приміщення призначаються для зберігання робочого, повсякденного та змінного одягу і взуття працівників, при цьому їх планування доцільно виконувати за принципом самообслуговування. У випадках, коли використання робочого одягу потребує регулярного санітарного обмивання персоналу, душові блоки розміщують у приміщеннях, ізольованих від роздягалень для вуличного та домашнього одягу. Розрахунок місткості гардеробних здійснюють з урахуванням одночасного зберігання одягу не менше ніж для 85 % облікової чисельності працівників.

Умивальні приміщення розташовують у безпосередній близькості до гардеробних, забезпечуючи зручні та логічні маршрути пересування персоналу. Душові блоки комплектуються переддушовими приміщеннями, а самі душові кабінки можуть виконуватися у відкритому або закритому виконанні з розміщенням в один чи два ряди залежно від планувальних рішень. Кількість душових сіток визначається виходячи з потреб не менше ніж 50 % працівників найбільш чисельної зміни. Санітарні вузли слід проєктувати з урахуванням вимог гігієни та безпеки: входи до них не допускається розміщувати безпосередньо з виробничих приміщень, а також із кімнат відпочинку чи приймання їжі, що забезпечує розмежування санітарних і виробничих зон.

5.2 Санітарно-технічне забезпечення захисних сховищ

Санітарно-технічні системи захисних сховищ мають гарантувати можливість безперервного перебування людей у замкненому просторі протягом

щонайменше 48 годин. До складу таких систем входять комплекси вентиляції, опалення, водопостачання і водовідведення, електропостачання, а також засоби зв'язку, які у сукупності формують умови, необхідні для життєдіяльності людей в ізольованому середовищі.

Вентиляційне обладнання є ключовим елементом санітарно-технічного оснащення сховищ і повинно забезпечувати виконання низки функціональних вимог, а саме:

- підтримання допустимих параметрів температури, вологості та газового складу повітря;

- створення надлишкового тиску всередині сховища з метою запобігання проникненню небезпечних газів, отруйних речовин і продуктів горіння через нещільності огорожувальних конструкцій;

- очищення припливного повітря від пилу, токсичних компонентів та біологічних агентів;

- рівномірний розподіл свіжого повітря по приміщеннях і своєчасне видалення повітря, насиченого вуглекислим газом, вологою та надлишковим теплом.

Залежно від умов експлуатації система вентиляції захисних споруд, як правило, передбачає роботу у кількох режимах. Основними з них є режим чистої вентиляції (режим І) та режим фільтровентиляції (режим ІІ).

У режимі чистої вентиляції зовнішнє повітря попередньо очищується від пилу і подається в обсязі, достатньому для забезпечення нормативного повітрообміну та відведення надлишків тепла і вологи. Режим фільтровентиляції застосовується у випадках хімічної або радіаційної небезпеки і передбачає додаткове очищення припливного повітря від газоподібних отруйних речовин, аерозолів і дрібнодисперсного пилу.

У районах можливих масштабних пожеж, значних затоплень або високої концентрації сильнодіючих отруйних речовин у захисних спорудах передбачають режим повної ізоляції з регенерацією повітря (режим ІІІ). За такого режиму повітряний обмін із зовнішнім середовищем припиняється, а підтримання придатного для дихання складу повітря здійснюється за рахунок внутрішніх регенераційних процесів.

Для реалізації зазначених режимів у сховищах застосовуються фільтровентиляційні установки типу ФВУ-1 та ФВУ-2. Установка ФВУ-1 забезпечує очищення припливного повітря від пилу, радіоактивних і токсичних речовин, а також бактеріальних засобів. У свою чергу, ФВУ-2, окрім фільтрації, виконує функцію регенерації повітря в об'ємі сховища та додатково очищує його від оксиду вуглецю.

Нормативну витрату повітря, що подається у сховище, приймають залежно від режиму роботи вентиляції. Зокрема, в умовах чистої вентиляції подача повітря становить орієнтовно від 8 до 13 м³/год на одну людину, причому конкретне значення визначається температурою зовнішнього повітря відповідно до встановлених нормативів.

У режимі фільтровентиляції обсяг припливного повітря визначається з урахуванням функціонального призначення приміщень та чисельності персоналу. Зокрема, для осіб, що перебувають безпосередньо у сховищі, подачу повітря приймають із розрахунку близько 2 м³ на одну людину за годину. Для працівників пункту управління цей показник збільшується до 5 м³/год на одну особу, тоді як у приміщеннях фільтровентиляційних камер норма становить приблизно 10 м³/год на одного працюючого.

Під час виконання тепловологісних розрахунків сховищ вихідні параметри зовнішнього повітря приймають відповідно до середніх значень температури та відносної вологості найтеплішого місяця року, що дозволяє врахувати найбільш несприятливі умови експлуатації вентиляційної системи.

Для вилучення радіоактивного пилу з повітряного потоку застосовують протипилові фільтри різних конструктивних рішень. Одним із поширених варіантів є сітчасті масляні фільтри, поверхня яких змочується веретенним маслом; у процесі проходження повітря пилові частинки затримуються та фіксуються на масляній плівці. Такі фільтри розміщують у спеціально відокремлених приміщеннях – розширювальних камерах, які конструктивно ізольовані від основного об'єму сховища.

Очищення повітря від хімічно небезпечних речовин і біологічних агентів здійснюється за допомогою фільтрів-поглиначів типу ФП-200 або ФП-300, принцип дії яких аналогічний фільтруючим протигазам. За умов чистої вентиляції

подача повітря до сховища може здійснюватися через аварійні виходи, тоді як у режимі фільтровентиляції повітря надходить через передтамбурні приміщення.

Для захисту повітропроводів від впливу надлишкового тиску, спричиненого ударною хвилею, у системі вентиляції передбачають встановлення противибухових елементів. Подача зовнішнього повітря здійснюється вентиляторами з електричним або комбінованим електроручним приводом. Перехід між різними режимами роботи вентиляційної системи забезпечується за допомогою герметичних клапанів, які можуть мати ручний або електроручний привід.

Видалення відпрацьованого повітря зі сховищ реалізується за рахунок витяжних вентиляторів. Інтенсивність повітрообміну в сховищі характеризується кратністю обміну повітря K , яка визначається як відношення витрати припливного повітря Q до загального внутрішнього об'єму сховища W .

Для забезпечення герметичності та запобігання проникненню забрудненого повітря у внутрішній простір сховища в ньому створюється надлишковий тиск – підпір повітря. Його величина повинна бути не меншою за 50 Па (0,05 кПа або 5 мм водяного стовпа). Розрахунок підпору повітря у приміщеннях сховища виконується за відповідними аналітичними залежностями.

Відпрацьоване повітря в режимах чистої вентиляції та фільтровентиляції відводиться через витяжні канали, які, окрім противибухових пристроїв, обладнуються клапанами надлишкового тиску для стабілізації роботи вентиляційної системи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра на тему «Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту автомобілів Audi 80 Avant з дослідженням напружень, що виникають у циліндро-поршневій групі ДВЗ» комплексно розв'язано актуальне науково-прикладне завдання, що поєднує організаційно-технологічне проектування автотранспортного підприємства з інженерними дослідженнями напружено-деформованого стану деталей двигуна внутрішнього згоряння.

У загально-технічному розділі проаналізовано систему технічного обслуговування автомобіля Audi 80 Avant, визначено її місце в забезпеченні технічної готовності рухомого складу та обґрунтовано доцільність застосування планово-попереджувальної системи ТО. Показано, що своєчасне виконання ЩТО, ТО-1 і ТО-2 є ключовим чинником зниження інтенсивності зносу агрегатів і підвищення безпеки експлуатації автомобілів.

У технологічному розділі детально розроблено процес технічного обслуговування та ремонту кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля Audi 80 Avant. Систематизовано типові несправності двигуна, їх зовнішні прояви, причини виникнення та методи усунення, що дозволяє забезпечити обґрунтований вибір ремонтних впливів і підвищити ефективність діагностування.

Розроблений технологічний процес ремонту КШМ характеризується логічною послідовністю операцій, починаючи з демонтажу двигуна і закінчуючи його обкатуванням та випробуваннями. Запропонований підхід забезпечує відновлення геометричних і експлуатаційних параметрів деталей механізму та дозволяє відновити до 80–90 % моторесурсу двигуна після капітального ремонту.

Виконано інженерно-економічний розрахунок трудомісткості та вартості ремонту кривошипно-шатунного механізму. Встановлено, що загальна трудомісткість ремонту становить близько 39 нормо-годин, а сумарна вартість робіт і матеріалів є економічно доцільною порівняно із заміною двигуна в зборі, що підтверджує раціональність запропонованих технологічних рішень.

У конструкторському розділі виконано кінематичний і динамічний аналіз кривошипно-шатунного механізму двигуна, визначено характер зміни швидкостей, прискорень і сил інерції, а також досліджено вплив ступеня стиснення на силові навантаження та крутний момент. Отримані результати свідчать про суттєве зростання згинальних навантажень на елементи КШМ зі збільшенням ступеня стиснення, що є визначальним чинником з погляду міцності й довговічності деталей.

У науково-дослідному розділі узагальнено результати розрахунків напруженого стану елементів циліндро-поршневої групи, що дозволило оцінити вплив експлуатаційних і конструктивних параметрів на рівень механічних напружень та обґрунтувати необхідність суворого дотримання теплових і навантажувальних режимів роботи двигуна.

У розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для ділянки ремонту двигунів, і запропоновано комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці персоналу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
3. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
4. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
5. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
6. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
7. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.
8. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.
9. Курніков І. П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / І. П. Курніков, М. К. Корольов, В. М. Токаренко. – К. : Вища школа, 1993. – 191 с.

10. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
11. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с.
12. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. — К.: Либідь, 2016. — 400 с. 5. Ю.А.
13. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.
14. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. — Львів: Афіша, 2000. — 352 с.
15. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»: навчальний посібник / В.С. Стручок.— Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. — 156 с.
16. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108.
17. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
18. Дикань С.А., Зима О.Є. Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях. Університетський курс [Текст]: підручник для студ. вищ. навч. закл. С.А. Дикань, О.Є. Зима. — Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. — 273 с.: табл., іл.