

- забезпечення широкого потужного ряду в межах декількох екологічних класів без значительного змінення базової платформи;
- встрайовуваність в концепцію технологій використання сучасних машин за рахунок підвищення ефективності використання привода відбору потужності (100%-й відбір потужності з носка коленчатого вала, збільшення потужності шестеренчатого привода, забезпечення типових стандартних місць підключення приводів обладнання машин);
- встрайовуваність в типові компоновочні рішення підкапотного простору сучасних машин (конструктивні рішення по встановці двигача і підключенню систем живлення повітрям, паливом, охолодження і системи доочистки отработавших газів);
- встрайовуваність в електронну систему управління машин з автоматизованим управлінням, сприяючим розвитку концепцій безпілотного управління;
- упреждаючий моніторинг параметрів роботи і віддалена діагностика двигача.

З урахуванням розглянутих тенденцій розвитку світового двигачестроєння на ОАО «УКХ «ММЗ» проводиться робота по вдосконаленню базової платформи перспективних дизелів. В конструкцію з зменшеною розмірністю внесені значительні змінення блоку і головки блоку циліндрів, направлені на підвищення літрової потужності і покращення смесеобрання, дозволяють досягти перспективних показателів екологічної безпеки і розширити номенклатуру застосовуваності.

Ліньков Олег Юрійович, к.т.н., доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», [oleh.linkov@khpi.edu.ua](mailto:oleh.linkov@khpi.edu.ua)

Ликов Сергій Валентинович, аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», [serhii.lykov@ieee.khpi.edu.ua](mailto:serhii.lykov@ieee.khpi.edu.ua)

Пильов Володимир Олександрович, д.т.н., професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», [volodymyr.pylov@khpi.edu.ua](mailto:volodymyr.pylov@khpi.edu.ua)

## **ВРАХУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗМІЩЕНОГО ТА НЕЗМІЩЕНОГО В ЧАСІ МАТЕРІАЛУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПОРШНЯ ДВЗ**

Процес вдосконалення двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) призводить окрім іншого до того, що матеріали теплонапружених деталей фактично працюють на межі міцності. Однією з найбільш теплонапружених деталей ДВЗ є поршень. При аналізі аварійних ситуацій можна виділити три основні зони поршня, в яких відбувається втрата фізичної або параметричної надійності конструкції. Це зони кромки камери згорання, поршневі кілець та юбки поршня. Слід зазначити, що руйнування у перших двох зонах зазвичай

проявляються під час довгострокової експлуатації двигунів, а втрата надійності конструкції в третій з означених зон трапляється навіть під час доводки ДВЗ.

Граничний стан матеріалу за умов неізотермічного низькочастотного навантаження деталі, що в першу чергу характерно для першої зони, описується рівнянням [1]:

$$d_{fs} = d_f + d_s = 1, \quad (1)$$

де  $d_f$  – доля пошкоджень утоми;  $d_s$  – доля пошкоджень повзучості.

При цьому в умовах роботи матеріалів на межі міцності властивості повзучості матеріалу слід враховувати обов'язково. Загальний вигляд кривої повзучості матеріалу наведено на рис. 1.

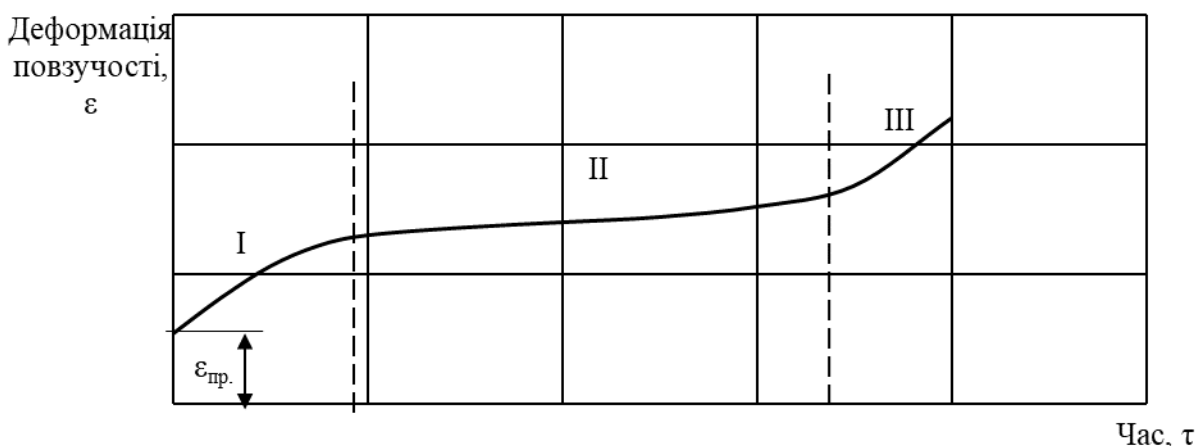


Рисунок 1 – Загальний вигляд кривої повзучості матеріалу: I – стадія зміцнення; II – стадія сталої повзучості; III – стадія прискореної втрати міцності;  $\varepsilon_{пр.}$  – початкова пружна деформація

Залежність для знаходження повзучості, на усіх трьох стадіях, має загальний вигляд [1]:

$$\dot{\varepsilon} = A \left[ \frac{\sigma}{(1 - \omega^r)} \right]^n (1 - D \cdot \varepsilon^{-\alpha}), \quad \varepsilon_0=0; \quad (2)$$

$$\dot{\omega} = B \left[ \frac{\sigma}{(1 - \omega^r)} \right]^n, \quad \omega(0)=0, \quad (3)$$

де:  $\varepsilon$  – деформація повзучості;  $\sigma$  – напруження;  $D, \alpha$  – константи матеріалу, що характеризують стадію зміцнення;  $A$  – константа, що характеризує стадію сталої повзучості та є залежною від діючої температури;  $n$  – константа, що характеризує стадію сталої повзучості та може бути незалежною від діючої температури;  $r$  – константа, що характеризує стадію прискореної втрати міцності;  $\omega$  – параметр, що характеризує ступінь пошкодження матеріалу (на початку  $\omega = 0$ , при руйнуванні  $\omega = 1$ ).

Очевидно, що для другої і третьої розглянутих зон поршня повзучість матеріалу конструкції є неприпустимою. Тому для цих зон на відміну від критерію (1) нами пропонується до використання інший критерій,

$$d_s = 0, \quad (4)$$

який характеризує навантаження матеріалу без наявності процесу повзучості. Тобто рівні температур і напружень в означених зонах не повинні перевищувати поріг повзучості.

Зазвичай при проектуванні теплонапружених конструкцій внаслідок малості в часі стадії зміцнення матеріалу поріг повзучості встановлюють за властивостями другої стадії, тобто вже зміцненого матеріалу. Наприклад, нами встановлено, що зміцнення поршневих алюмінієвих сплавів здійснюється за 10 – 20 годин термонавантаження [2]. З іншого боку, при профілюванні бічної поверхні поршня, призначенні зазору між поршнем та циліндром ДВЗ, а також між поршневим кільцем та відповідною канавкою поршня можливу повзучість матеріалу конструкції не враховують. Саме тому для забезпечення надійної роботи бічної поверхні поршня необхідно мати дані щодо порогу повзучості незміцненого матеріалу.

Поріг повзучості певного матеріалу можливо встановити за експериментально визначеними коефіцієнтами рівнянь (2),(3) на основі розрахунку релаксації напружень  $\Delta\sigma$  при даному початковому напруженні  $\sigma$  в умовах дії певної температури для кількох інтервалів часу  $\tau$  [1]. Нами виконано відповідне дослідження і встановлені відмінності результатів при врахуванні властивостей незміцненого та зміцненого внаслідок повзучості поршневого алюмінієвого сплаву АК12М2МгН. Для незміцненого матеріалу за розрахункові інтервали було обрано 1, 5 та 10 годин. Для зміцненого матеріалу інтервали часу можна обрати з діапазону 50–1000 годин. Коефіцієнти повзучості рівнянь (2),(3) використано з роботи [1]. Типові отримані результати незалежно від рівня діючої температури продемонстровані на рис. 2.

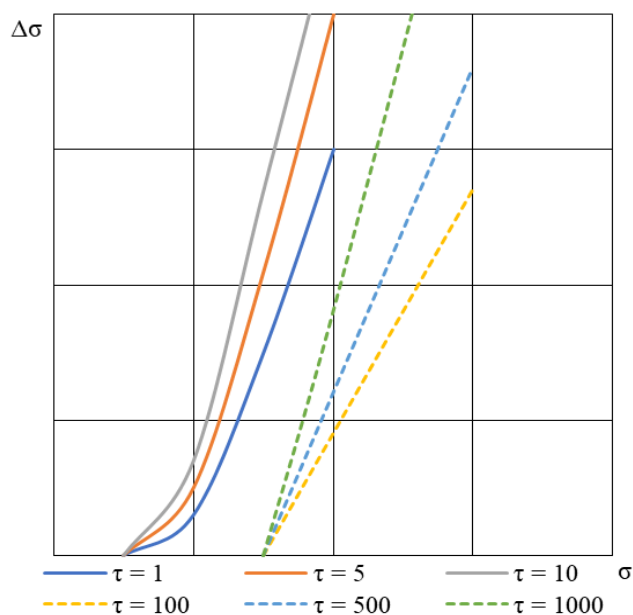


Рисунок 2 – Типові результати визначення порогу повзучості для умов незміцненого та зміцненого поршневого сплаву АК12М2МгН

Таким чином, в роботі отримано порогови повзучості зміцненого та незміцненого сплаву АК12М2МгН, які рекомендовано використовувати при проектуванні поршнів форсованих двигунів. На цій основі розширено теоретичні уявлення щодо впливу повзучості матеріалів поршнів при проектуванні їх бічної поверхні, що відповідає прогресивній концепції забезпечення роботи теплонапружених деталей ДВЗ на межі міцності за умов дотримання концепції гарантованого забезпечення міцності під час проектування. Запропонований підхід слід розповсюджувати щодо визначення і використання властивостей повзучості інших матеріалів деталей камери згоряння ДВЗ.

### Література

1. Пильов В.О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності: Монографія. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332с.
2. Марченко А.П. Порівняльна оцінка повзучості поршневих алюмінієвих сплавів / А.П. Марченко, В.О. Пильов, О.Ю. Лінков, С.В. Ликов // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2021. – №2. – с. 43–49.

Магац М.І., Львівський національний аграрний університет  
Львівський  
Гошко З.О., Львівський національний аграрний університет  
Львівський  
Вагула Ю.І., Львівський національний аграрний університет  
Ужва А.В., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ВПУСКНОЇ СИСТЕМИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

За останні роки, в Україні різко відчутне зниження температури навколишнього середовища, особливо у зимовий період. Відповідно, це негативний вплив на експлуатаційні характеристики автомобільних двигунів (затруднений запуск та тривале прогрівання) [1-6], так, як лівова частка автомобілів приватного сектору знаходиться на відкритих майданчиках і піддаються різким температурним і вологим змінам.

І тому, для часткового вирішення даної проблеми, наша увага була зосереджена на повітряних магістралях впускної системи бензинового двигуна.

**Мета та постановка задачі:** покращення пускових характеристик та зменшення часу прогрівання бензинового двигуна в умовах понижених температур навколишнього середовища. Для цього, *необхідно*: модернізувати впускну систему бензинового двигуна та покращити якість приготування робочої суміші, встановити залежність часу прогрівання двигуна та витрат палива від температури впускного повітряного заряду.

Нами прийнято рішення, щодо отримання теплової енергії для підігріву повітря на впуску без додаткових витрат. Це, встановлення у впускну повітряну