



УДК: 621.436

## АНАЛІЗ З'ЄДНАННЯ ПОРШНЯ З ПАЛЬЦЕМ

*Д. О. Трифонов, О. В. Білогуб*

*Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»*

Мінімізація маси поршневого комплекта [1,2], що складається з трьох основних деталей – поршня, пальця і шатуна, пов'язана, в тому числі, і з можливістю зменшення діаметра сталевго пальця. З іншого боку зменшення його діаметра неодмінно приводить до збільшення напружень в пальцевому отворі (ПО) поршня і можливого руйнуванню.

Метою дослідження є визначення можливості зниження напружень в ПО за рахунок профілювання його поверхні. Алгоритм дослідження наведено на рис. 1.

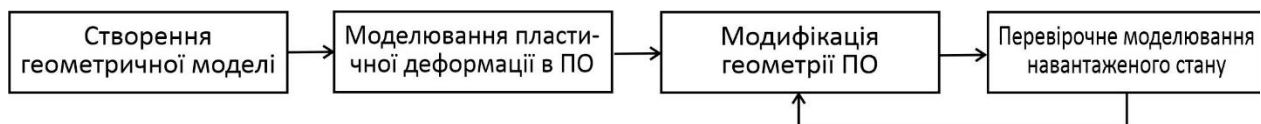


Рис. 1 – Схема проведення дослідження

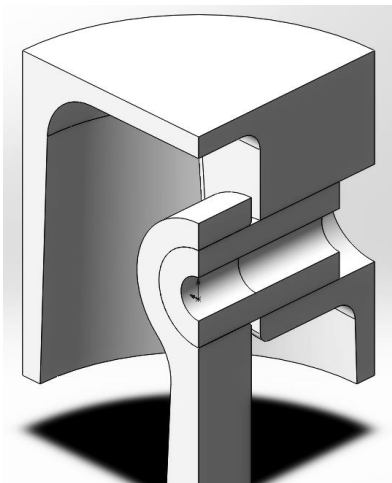


Рис. 2 – Модель поршня

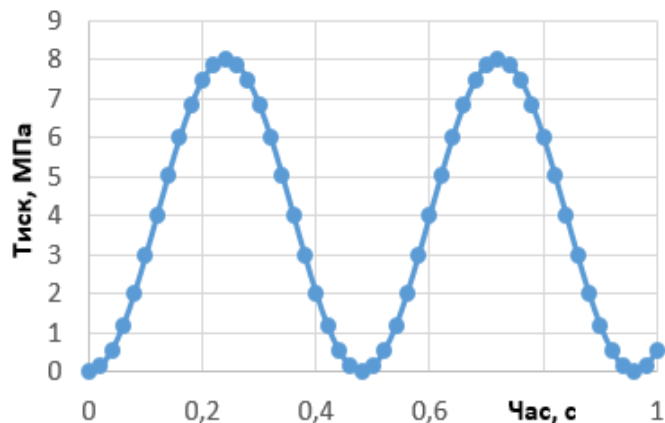


Рис. 3 – Графік навантаження

**Створення геометричної моделі.** На рис. 2 наведено модель досліджуваного поршня. Основні параметри: діаметр – 80 мм; висота – 60 мм; компресійна висота – 30 мм; діаметр пальцевого отвору – 18 мм<sup>1</sup>; відстань між бобишками – 28 мм. Матеріал поршня – сплав на основі алюмінію – 2014-0, матеріал пальця і шатуна – сталь AISI 1020. Комплект симетричний по двох площинах при розташуванні деталей відповідно положенню КШМ в ВМТ. Тому модель являє чверть поршня, пальця і шатуна.

<sup>1</sup> Зазвичай діаметр пальця поршнів такого розміру – 20 мм і більше



**Моделювання пластичної деформації.** Застосовано «нелінійне» дослідження в SW Simulation. Модель пластичної деформації – за фон Мізесом. Навантаження (рис. 3) – тиск, що діє на дно поршня за гармонійним законом з максимальною амплітудою 8 МПа, що перевищує максимальний робочий тиск на 1,5 МПа. Для моделювання запропоновано 2 цикли. На рис. 4 показано «датчики», що розташовані на кромці по розрізу ПО, а на рис. 5 і 6 – напруження і деформації, в цих «датчиках» відповідно. З наведених графіків видно, що є зона на крайці ПО, що зминається з залишковими деформаціями. При цьому на другому циклі навантаження остаточна деформація практично не відрізняється від такої на першому (0,0081 проти 0,0084). З графіків також видно, що залишкові деформації є тільки в тій зоні ПО, що ближче до осі поршня. Ближче до периферії (вузол 92 – відповідний елемент 2128) залишкової деформації вже немає, елемент залишився в зоні пружності.

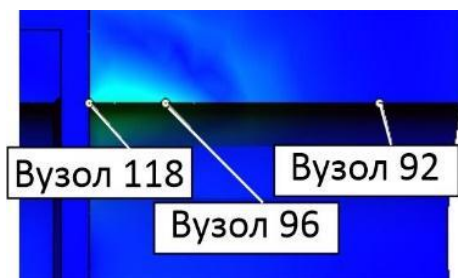


Рис. 4 – Розташування датчиків в ПО

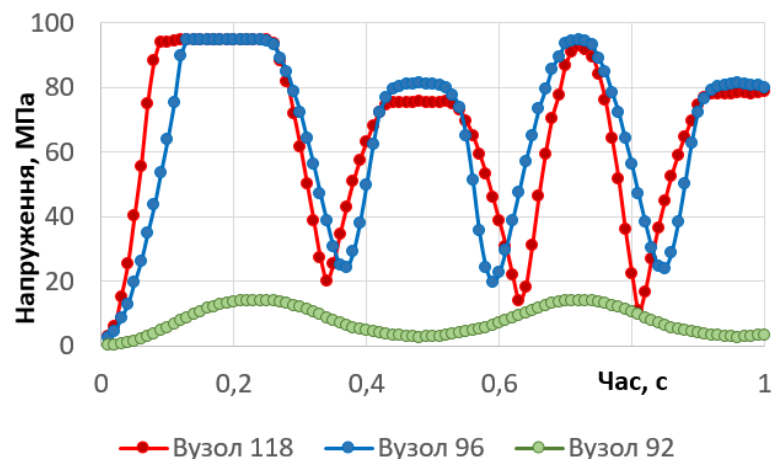


Рис. 5 – Напруження при гармонійному навантаженні тиском

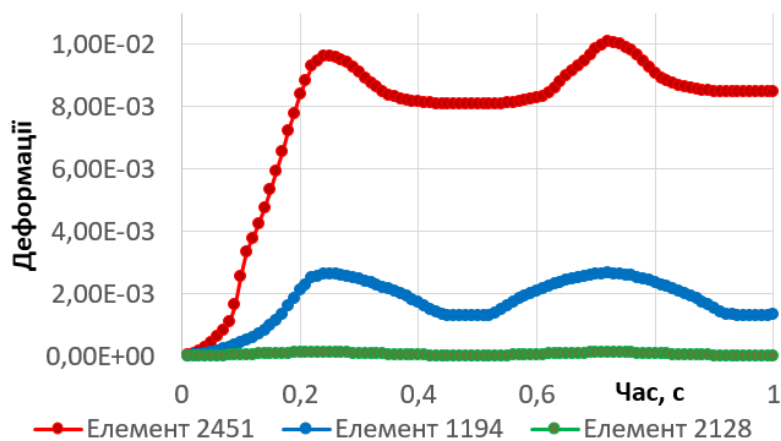


Рис. 6 – Деформації при гармонійному навантаженні тиском

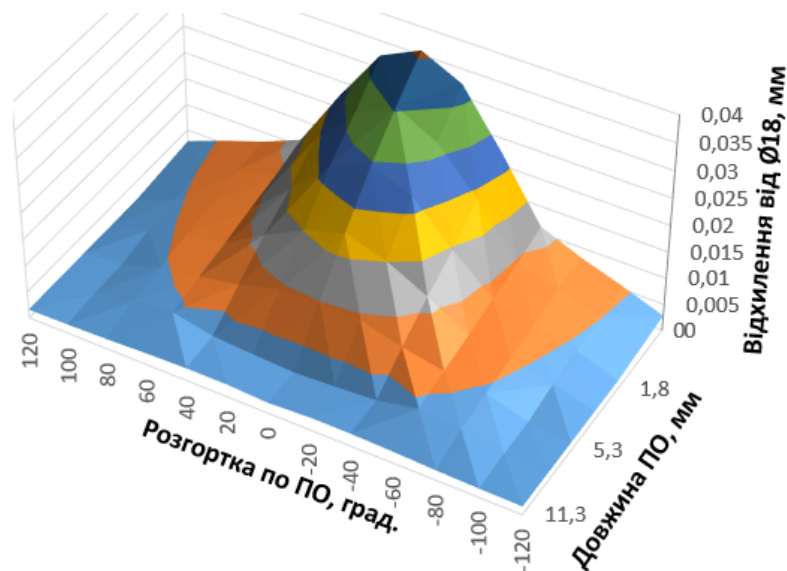


Рис. 7 – Розгортка відхилення розміру залишкової деформації від циліндру

Абсолютні залишкові деформації наведено на рис. 7 в вигляді розгортки ПО. Максимальне значення становить близько 0,04 мм, а на глибині близько 6 мм і  $80^\circ$  по куту залишкових деформацій вже немає. Цей результат є основою для модифікації геометрії поверхні пальцевого отвору. Можна припустити, що геометрія поверхні ПО, що відповідає показаній на рис. 7, допоможе розподілити навантаження і знизити напруження в контакті «палець – ПО» при штатній роботі двигуна.

**Модифікація геометрії поверхні ПО.** Технологічно досить складно зробити на циліндричній поверхні ПО відбиток, що буде відповідати формі на рис. 7. Значно простіше це зробити розточуванням (розкатуванням) зі збільшенням діаметра по максимальній деформації, що відповідає деформації вздовж ПО при  $0^\circ$  (рис. 7). Модифікована геометрія ПО отримана підрізанням циліндричної поверхні профілем по рис. 7 при  $0^\circ$ . Вісь розточки зміщена на 0,02 мм.

**Перевірочне моделювання навантаженого стану.** На рис. 8 а, б представлено розподіл напружень при навантаженні циліндричного і модифікованого ПО тиском 6,5 МПа. На рис. 9 – напруження по верхній крайці ПО. Усереднені навантаження по крайці складають 143 і 107 МПа відповідно (-25% для модифікованого профілю). Зміщення осі розточування (з відповідним зменшенням радіусів до утворюючого сплайну) призводить до незначного підвищення напружень.

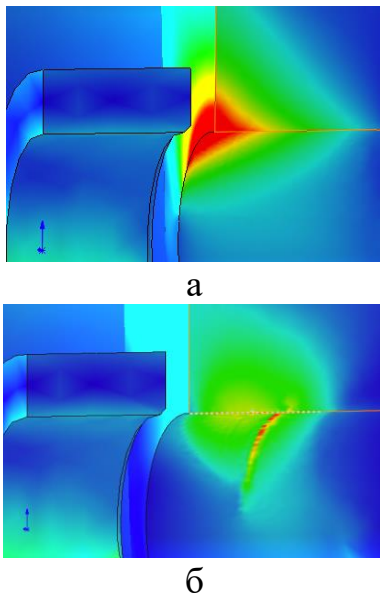


Рис. 8 – Епюри напружень в ПО:  
а – циліндричний,  
б – модифікований.

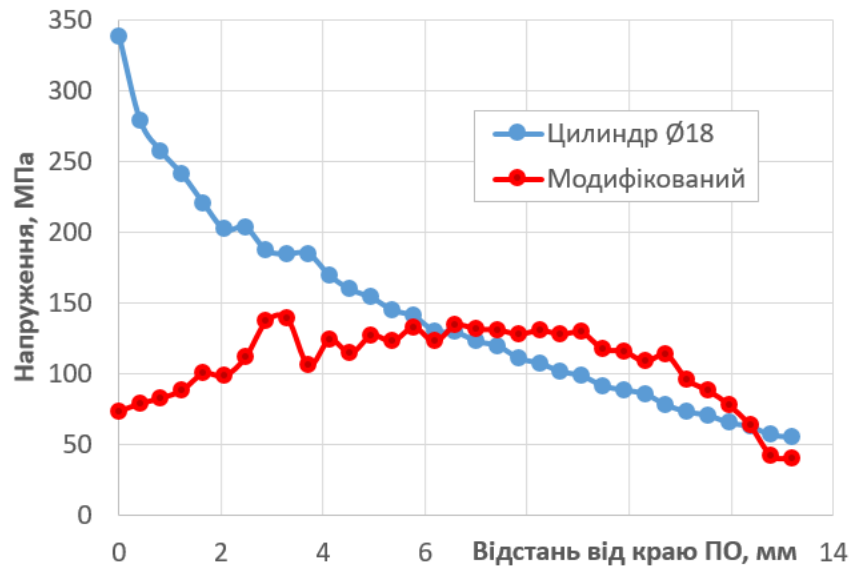


Рис. 9 – Напруження по країці ПО

**Висновки.** Виконане дослідження показало, що надання спеціальної форми поверхні ПО, дозволяє віднайти мінімальні масогабаритні параметри поршневого комплексу. Показано, що моделювання пластичної деформації з певним перевантаженням дозволяє синтезувати складний профіль цієї поверхні.

#### *Перелік використаної літератури*

1. Белогуб, А. В. Поддержка жизненного цикла тонкостенных поршней ДВС на основе технологии интегрированного проектирования и производства [Текст] / А. В. Белогуб // Восточно Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 3. – С. 27–40.
2. Nguyen Van Duong Thermal-Stress State of the Piston During Transient Diesel Operation, Synthesis of the Piston Profile [Text] / Nguyen Van Duong, O. Bilohub, Ye. Martseniuk // International Scientific and Technical Conference on Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering. ICTM'2019: proceedings, 28-30 Nov. 2019, Kharkiv. – Cham: Springer, 2020. – P. 310–324. – (Advances in Intelligent Systems and Computing. AISC; Vol. 1113). doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-37618-5\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37618-5_27).