

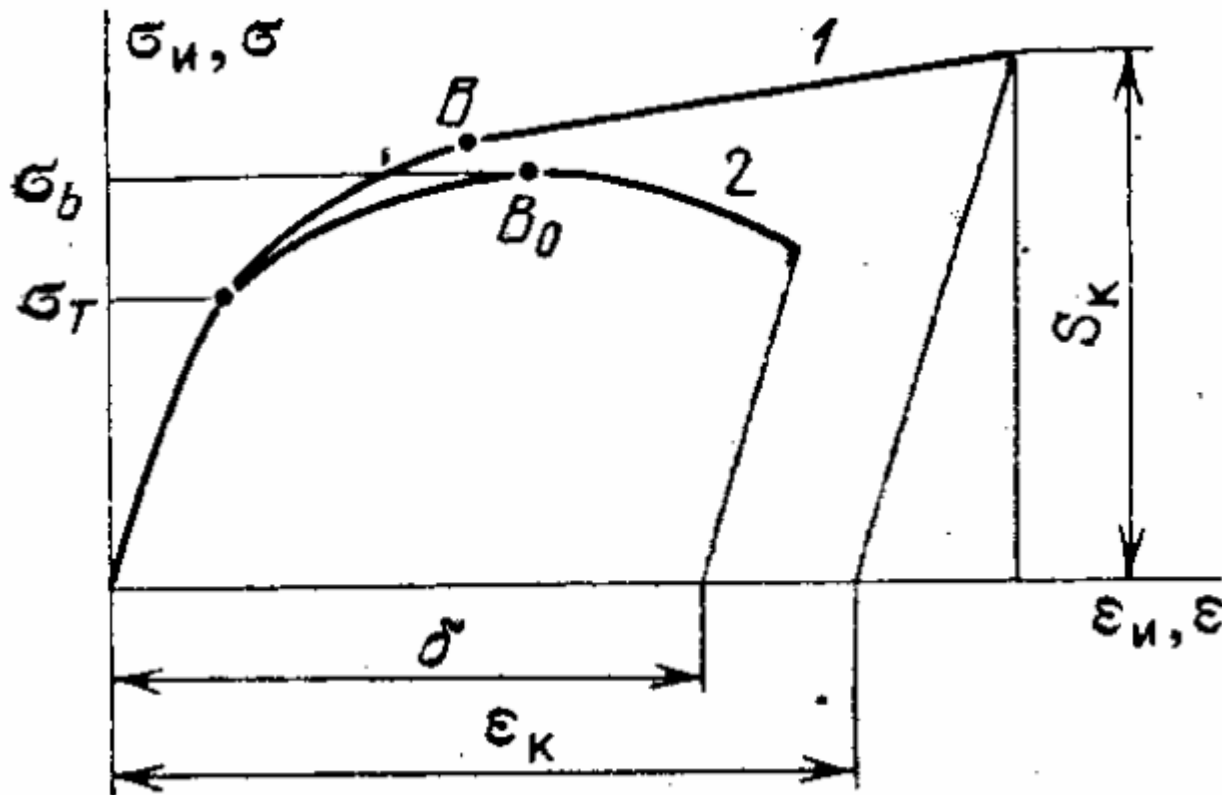
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДІЙСНОЇ ДІАГРАМИ ДЕФОРМУВАННЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА

Д.В. ІВЧЕНКО¹, Н.В. СМЕТАНКІНА²

¹ГП «ІВЧЕНКО-ПРОГРЕС»

²ІПМАШ НАН УКРАЇНИ

Дійсна діаграма деформування для математичного моделювання процесів деформації деталей авіаційного двигуна при ударному навантаженні



- 1 - Дійсна діаграма деформування
- 2 - Умовна діаграма деформування

Рисунок із книги И. А. Биргера, Р. Р. Мавлютова «Сопротивление материалов», 1986.

Математичний опис дійсних діаграм деформування титанових сплавів за допомогою степеневі залежності

$$\sigma_{\text{true}} = A + B \cdot \epsilon_{\text{true p}}^n,$$

де σ_{true} – дійсне напруження;

$\epsilon_{\text{true p}}$ – дійсна пластична деформація;

A, B, n – параметри-константи.

Розробці методики визначення параметрів A, B, n присвячена ця робота.

Вихідні дані для побудови дійсної діаграми деформування

Вихідними даними являються стандартні параметри механічних характеристик: E , $\sigma_{\text{шц}}$, $\sigma_{0,2}$, σ_B , δ , ψ .

Також були визначенні дійсний опір розриву (напруження у момент руйнування) й дійсну деформацію у момент руйнування:

$$\sigma_{\text{true } k} = k \cdot \frac{\sigma_B}{1 - \psi_k},$$
$$\varepsilon_{\text{true } p k} = \ln \frac{1}{1 - \psi_k},$$

де k – коефіцієнт руйнівного навантаження.

ψ_k – найбільше звуження перерізу; приймаємо $\psi_k = \psi$.

Побудову дійсної діаграми деформування будемо виконувати в координатах $\sigma_{\text{true}} \sim \varepsilon_{\text{true } p}$ по трьох точках з координатами:

- перша точка $(0; y \cdot \sigma_{0,2})$;
- друга точка $(0,002; \sigma_{0,2})$;
- третя точка $(\varepsilon_{\text{true } p k}; \sigma_{\text{true } k})$.

де y - коефіцієнт зниження напруження.

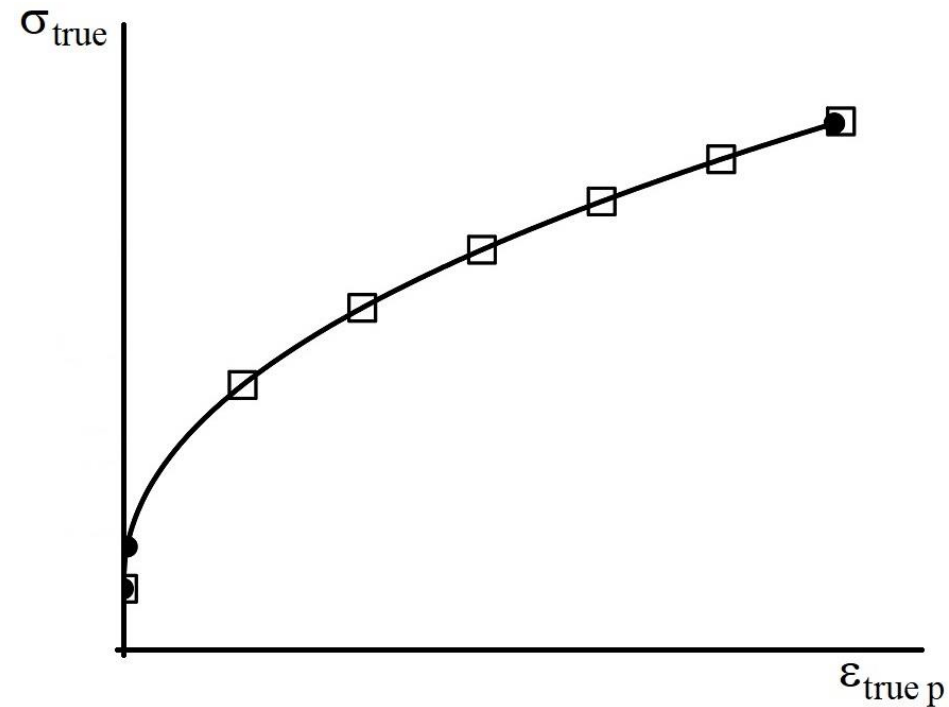
Функція для дійсної діаграми деформування у табличному вигляді

Була використана функція Банкіної О. С. та ін., яку стосовно дійсної діаграми деформування представили для $y \cdot \sigma_{0,2} \leq \sigma_{\text{true } k} \leq \sigma_{\text{true } k}$:

$$\varepsilon_{\text{true } p} = 0,002 \cdot \left(\frac{\sigma_{\text{true}} - y \cdot \sigma_{0,2}}{\sigma_{0,2} - y \cdot \sigma_{0,2}} \right)^N,$$
$$N = \frac{\ln \left(\frac{\varepsilon_{\text{true } p k}}{0,002} \right)}{\ln \left(\frac{\sigma_{\text{true } k} - y \cdot \sigma_{0,2}}{\sigma_{0,2} - y \cdot \sigma_{0,2}} \right)}.$$

Задаючи значення σ_{true} отримуємо дійсну діаграму деформування як функцію в табличному виді. При цьому буде достатньо 7 точок, які мають координати $(\varepsilon_{\text{true } p i}; \sigma_{\text{true } i})$, де i - номер точки, $i = 1 \dots 7$; $0 \leq \varepsilon_{\text{true } p i} \leq \varepsilon_{\text{true } p k}$.

Побудова дійсної діаграми деформування



- ● ● Вихідні дані
- □ Дійсна діаграма деформування – точки
- Дійсна діаграма деформування – степенева залежність

Визначення параметрів A, B, n

Для визначення параметрів A, B, n використовуємо алгебраїчний метод, аналогічний представленому в довіднику О.В. Третьякова «Механические свойства сталей и сплавов при пластическом деформировании».

Параметр A визначаємо як:

$$A = y \cdot \sigma_{0,2}.$$

Параметри B, n визначаємо, вирішуючи систему рівнянь:

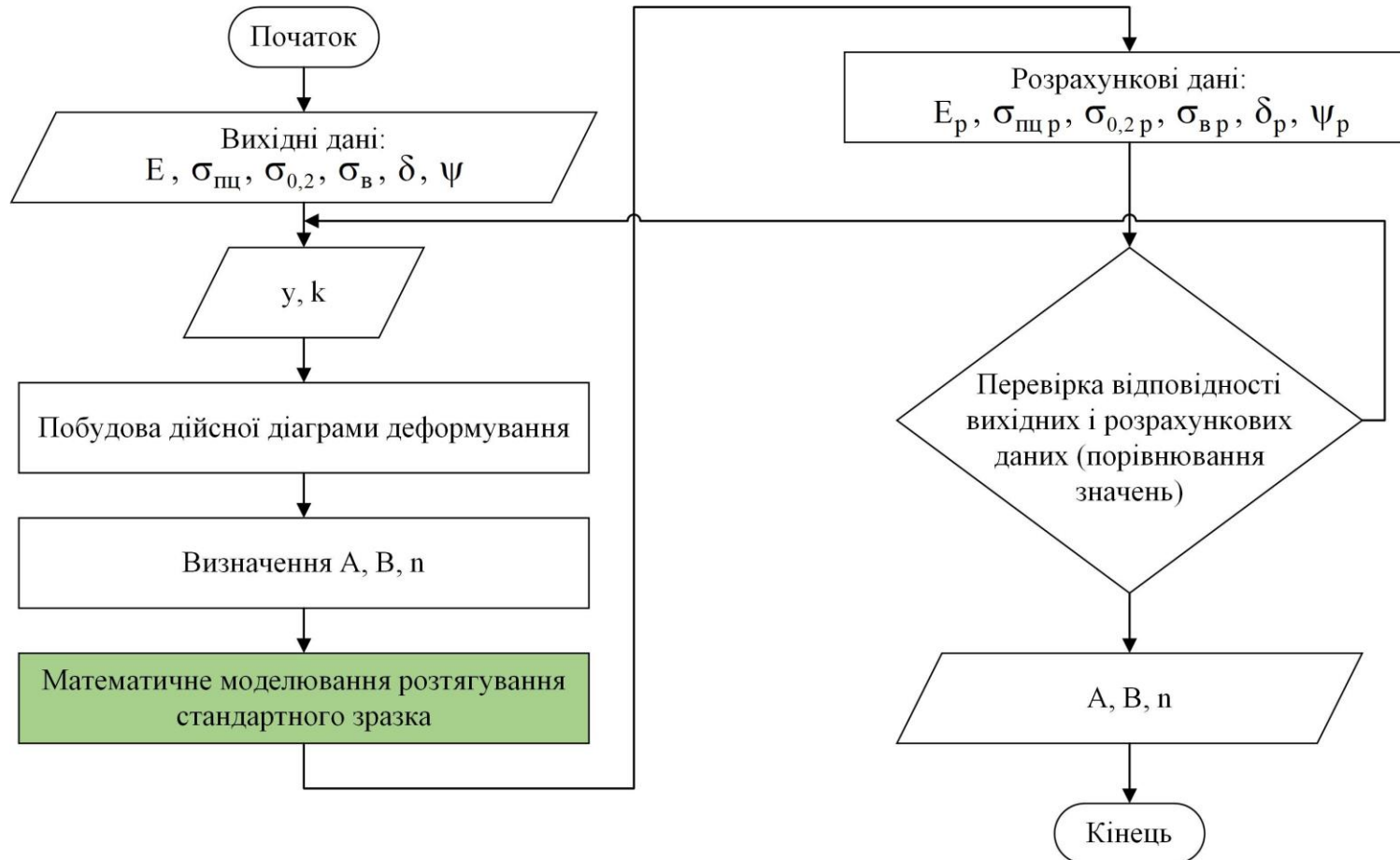
$$\begin{cases} 3 \cdot \lg B + K_1 \cdot n = K_3 \\ 3 \cdot \lg B + K_2 \cdot n = K_4 \end{cases},$$

де $K_1 = \sum_{i=2}^{i=4} \lg \varepsilon_{\text{true } p_i}$; $K_2 = \sum_{i=5}^{i=7} \lg \varepsilon_{\text{true } p_i}$;

$$K_3 = \lg(\sigma_{\text{true } 2} - \sigma_{\text{true } 1}) + \lg(\sigma_{\text{true } 3} - \sigma_{\text{true } 1}) + \lg(\sigma_{\text{true } 4} - \sigma_{\text{true } 1});$$

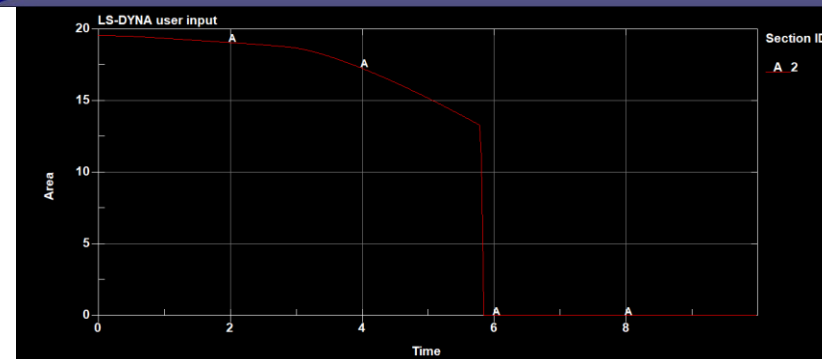
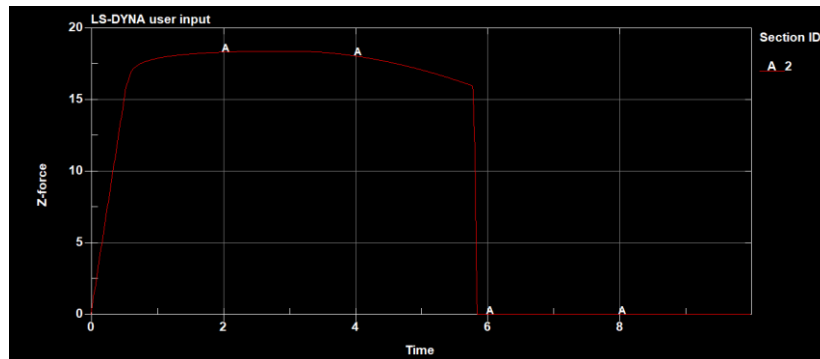
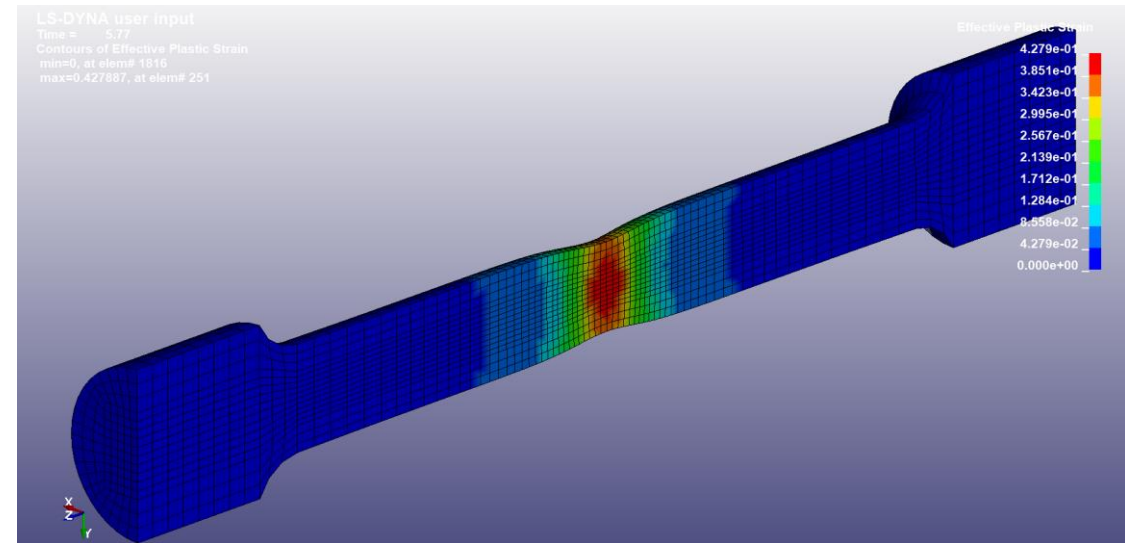
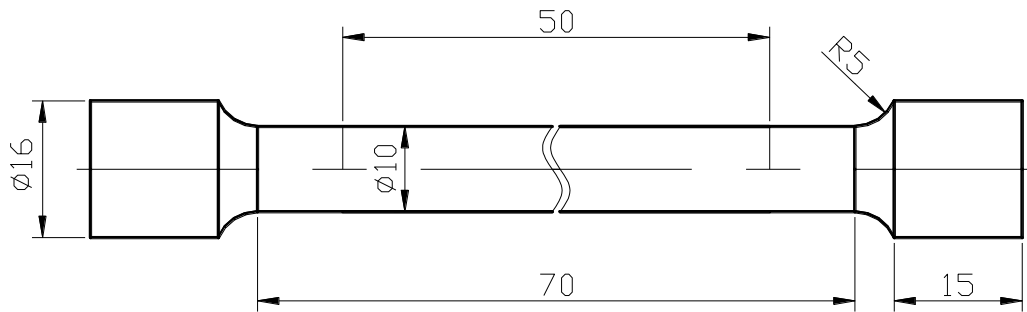
$$K_4 = \lg(\sigma_{\text{true } 5} - \sigma_{\text{true } 1}) + \lg(\sigma_{\text{true } 6} - \sigma_{\text{true } 1}) + \lg(\sigma_{\text{true } 7} - \sigma_{\text{true } 1}).$$

Блок-схема процесу визначення параметрів A , B , n дійсної діаграми деформування



Для отримання необхідної точності побудови дійсної діаграми деформування необхідно підібрати коефіцієнти u , k . Для цього проводимо математичне моделювання розтягування стандартного зразка методом скінчених елементів з використанням різних значень коефіцієнтів u , k , і, відповідно, параметрів A , B , n .

Математичне моделювання розтягування стандартного зразка методом скінчених елементів



Приклад визначення параметрів A, B, n дійсної діаграми деформування титанового сплаву

$A = 801,0 \text{ МПа}; B = 351,3 \text{ МПа}; n = 0,2038$

$y = 0,89; k = 0,76$

Параметр	Вихідні дані	Розрахунок	Відносна похибка, %
E, МПа	125000	124140	0,69
$\sigma_{\text{шц}}$, МПа	780	781,27	0,16
$\epsilon_{\text{шц}}$	0,6240	0,6293	0,85
$\sigma_{0,2}$, МПа	900	891,38	0,96
$\epsilon_{0,2}$	0,9200	0,9302	1,11
σ_B , МПа	1000	940,06	5,99
δ , %	10	10,017	0,17
ψ , %	30	29,672	1,09

ВИСНОВКИ

1. Розроблена методика була використана для визначення параметрів A , B , n дійсних діаграм деформування титанових сплавів - матеріалів деталей вентилятора авіаційного двигуна.
2. Методика може бути використана також для визначення параметрів A , B , n дійсних діаграм деформування сталей і інших металевих сплавів.