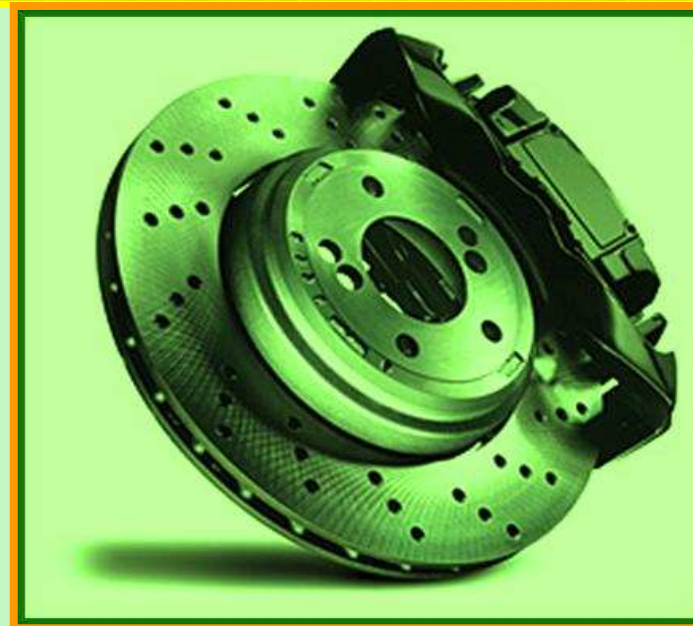


***Дослідження
експлуатаційних
характеристик матеріалів для
гальмівних систем
автомобільного транспорту***



Автор: студент гр.МП-71 А. КРИКУН

Науковий керівник: доц. М. Шидловський

Постановка задачі

Гальмівні системи



**Дискові
гальма**



**Барабанні
гальма**

**Гальмівні накладки з
композиційних матеріалів**

Пошкодження

**Зріз матеріалу накладки
(когезійне руйнування)**

**Відрив накладки від металу
(адгезійне руйнування)**

Умови роботи

Зсув

**Циклічні
навантаження**

**Підвищені
температури**

Агресивні середовища

Незворотні деформації

**Втрата міцності під впливом
агресивних середовищ**

Зношування при терті

Об'єкти випробувань

Дискові колодки

<i>Марка</i>	<i>Підприємство виготовлювач</i>
"RH"	«EUROFREN SYSTEMS, S.L.U.» Іспанія
"TOYOTA"	«TOYOTA MOTOR CORPORATION», Японія
"SWAG"	«SWAG Autoteile GmbH», Німеччина
"REMSA"	«EUROFREN SYSTEMS S.L.U.», Іспанія
"FRAS-LE "	«FRAS-LE EUROPE Handelsgesellschaft mbH», Німеччина
"STEINERHOFF"	«ACEMARK Enterprises LTD», Китай
" STARLINE "	«AUTOKELLY a.s.», Чехія

Барабанні колодки

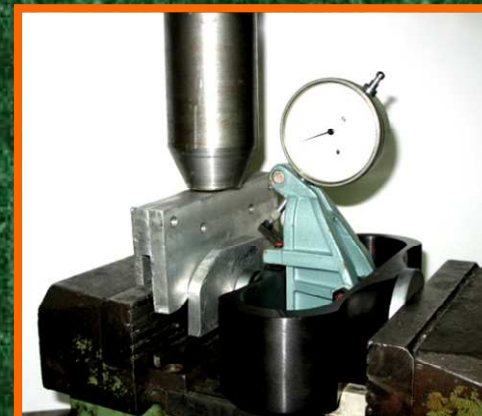
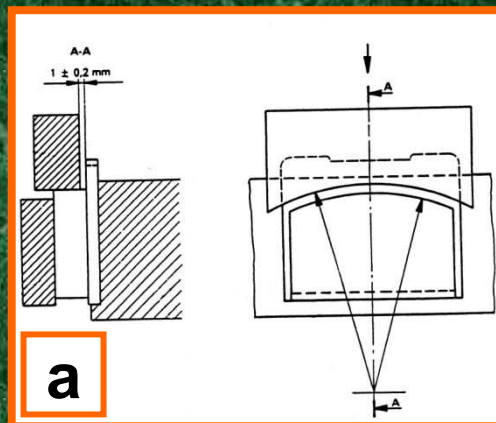
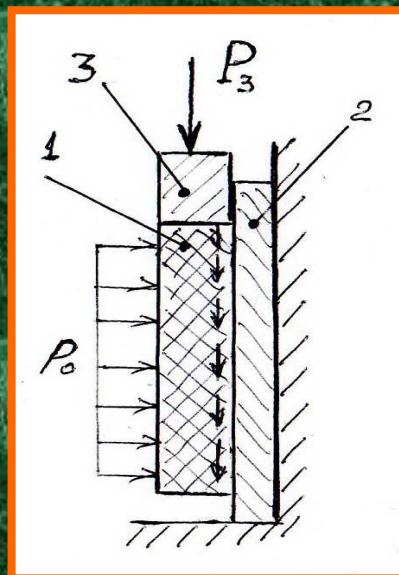
<i>Марка</i>	<i>Підприємство виготовлювач</i>
"BREMSKERL "	«BREMSKERL- REIBBELAGWERKE EMMERLING GMBH & CO. KG», Німеччина
Гр70-08	ПАТ "ТРІБО", м. Біла Церква
AKL 772FFT	ПАТ "ТРІБО", м. Біла Церква
APKM-15	ПАТ "ТРІБО", м. Біла Церква
"FRAS-LE"	«FRAS-LE EUROPE Handelsgesellschaft mbH», Німеччина
Гр102	ПАТ "ТРІБО", м. Біла Церква
СФП-011Л	ПАТ "ТРІБО", м. Біла Церква

Барабанні накладки

<i>Марка</i>	<i>Підприємство виготовлювач</i>
"HERTH+BUSS"	«Herth+Buss Fahrzeugteile GmbH&Co., KG», Німеччина
"FENOTRUCK"	«Sampa Otomotiv San.e Tic, Ltd. Sti.» Туреччина
"Trucktechnic"	«Meritor Aftermarket Switzerland A.G.» Швейцарія
E16(23)-3501090-01	ООО «ПК ТЕФФ», Російська Федерація

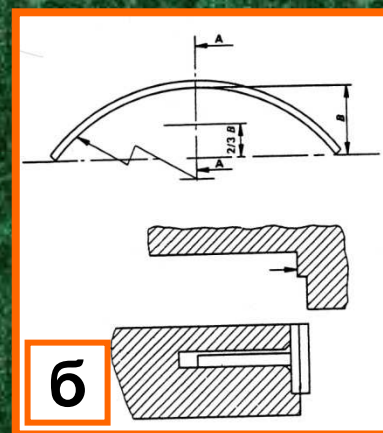
4

Метод випробування гальмівних колодок на зсув



**Пристрої для випробування
дискових колодок**

**Схема випробувань за
стандартом
ДСТУ ГОСТ ISO 6312:2006:
а) випробування дискових
колодок; б) випробування
барабанних колодок.
1 – зразок; 2 – металева основа
колодки; 3 – пуансон для
передавання навантаження**



**Пристрої для випробування
барабанних колодок**

5

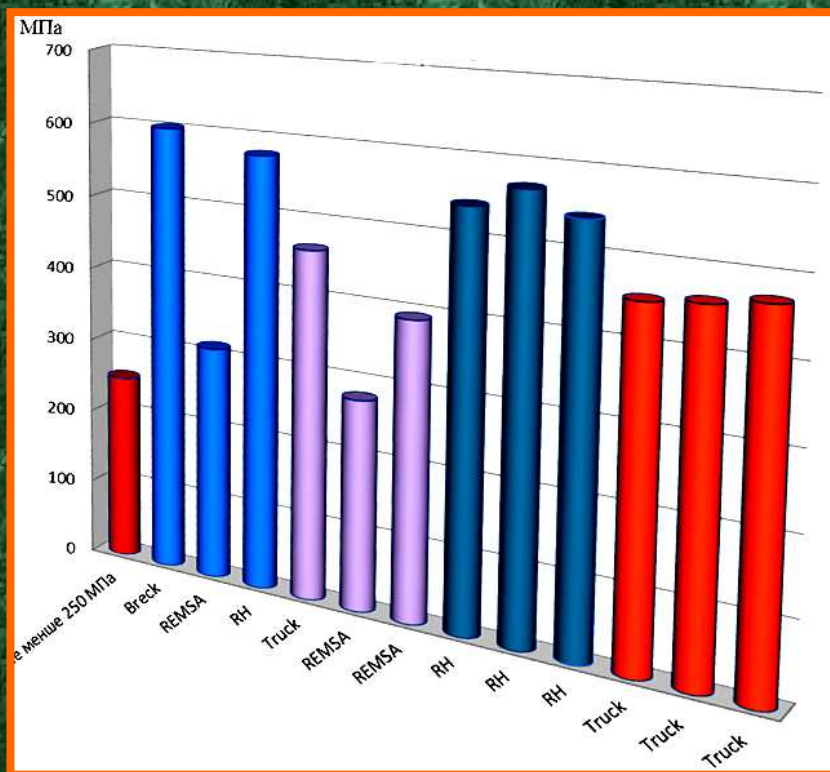
Значення зусиль зсуву при руйнуванні та границь міцності при зсуві

Модель гальмівних дискових колодок	Зусилля зсуву при руйнуванні кН	Зусилля притискання, Н	Площа зразка, см ²	Границя міцності при зсуві, Н/см ²
до автомобілів "Hyundai"	17.2 18.0 20.4	2188	43.75	393 411 466
до автомобілів "KIA"	17.1 13.4 12.0	1338	26.75	639 501 449
до автомобілів "DAEWOO"	23.0 21.5 22.4	2000	40.00	575 538 560
до автомобілів "Таврія"	16.0 15.4 17.0	1315	26.3	608 581 646
до автомобілів "Toyota"	16.5 17.2 17.5	1190	23.8	693 723 735
до автомобілів "NISSAN"	21.3 20.5 20.0	1640	32.8	649 625 610

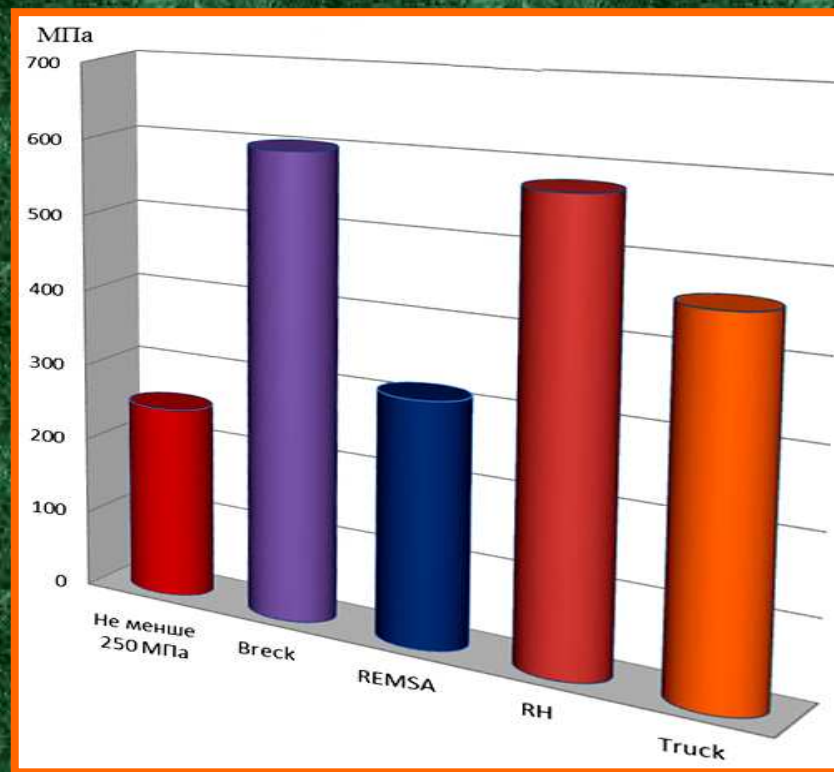
Нормативний показник границі міцності при зсуві: не менше 250 Н/см²

6

Порівняння границь міцності при зсуві різних типів гальмівних колодок



Границі міцності окремих колодок



Усереднені дані



— Нормативний показник (250 МПа)

7

Метод випробування матеріалу фрикційних накладок на зріз

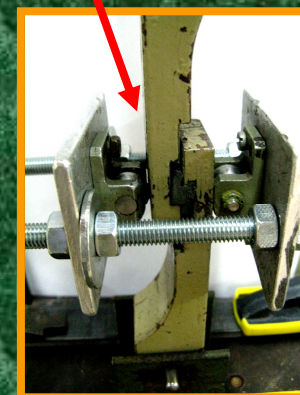
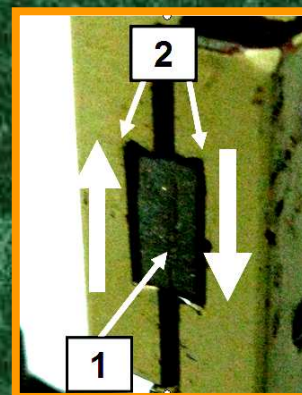
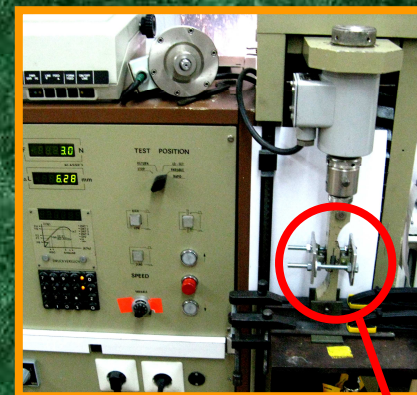
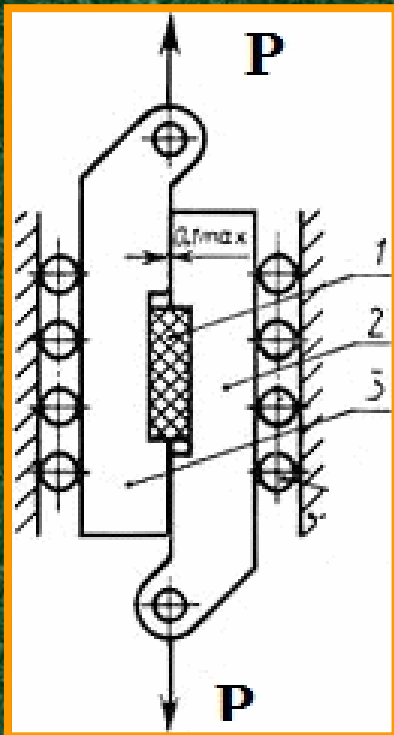


Схема випробувань за стандартом
ДСТУ ГОСТ ISO 6311:2004:
"Дорожній транспорт. Накладки
гальмівні. Метод визначення опору
зрізу матеріалу накладок"

Пристрої для випробування
зразків матеріалів на зріз:
1 – зразок, що піддається
зсуву; 2 - затискувачі

8

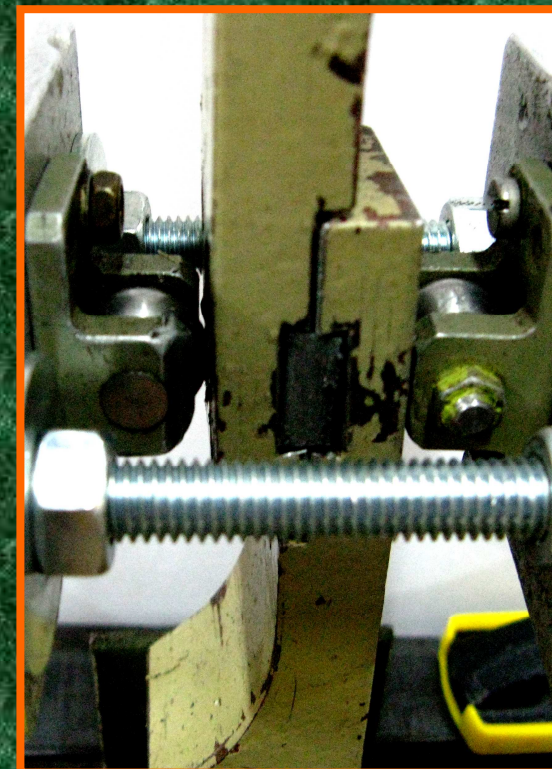
Основні вузли установки **для випробувань накладок на зріз**



**Затискувачі перед
закріпленням зразка**



**Система у зборі
без навантаження**



**Закріплений зразок у
стиснутому стані**

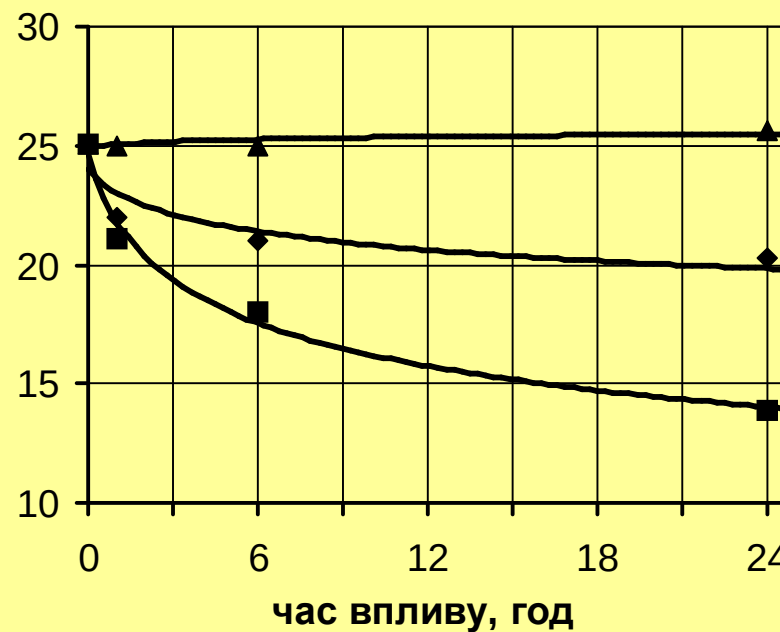
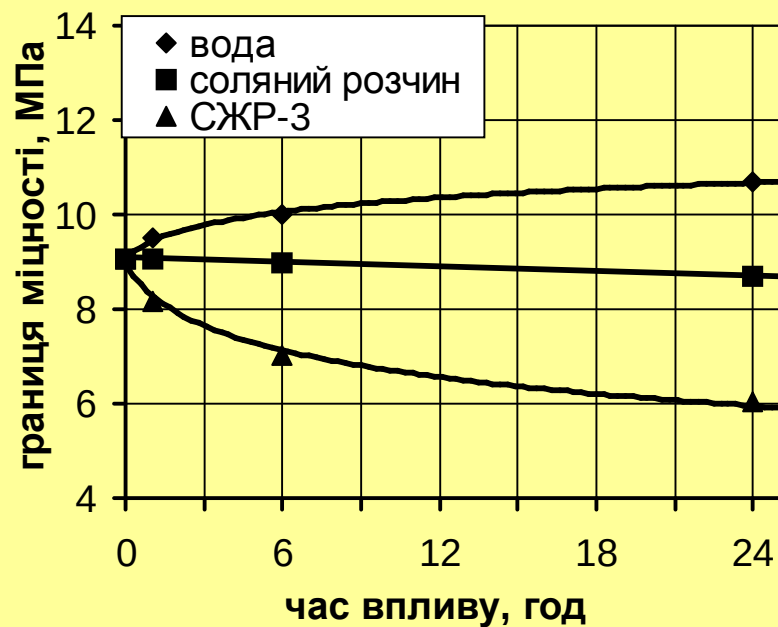
9

Результати випробувань фрикційних накладок на зріз після дії рідких середовищ

Матеріал	Середовище	Границі міцності при зсуві τ_v , МПа	
		Час витримки 24 год.	Час витримки 100 год.
Каучук АРКМ-15 ($F = 403 \text{ мм}^2$)	Без впливу середовища	$\frac{9.08}{8.78 \dots 9.30}$	
	Вода дистильована	$\frac{10.7 (+18\%)}{10.4 \dots 11.1}$	$\frac{7.87 (-13\%)}{6.39 \dots 8.93}$
	Соляний розчин	$\frac{8.70 (-4\%)}{8.02 \dots 9.09}$	$\frac{8.27 (-9\%)}{8.00 \dots 8.77}$
	Рідина СЖР-3	$\frac{6.05 (-33\%)}{5.97 \dots 6.13}$	$\frac{7.01 (-23\%)}{6.09 \dots 7.87}$
Накладки СФП-011Л на фенольний Основі ($F = 146 \text{ мм}^2$)	Без впливу середовища	$\frac{25.1}{21.7 \dots 29.0}$	
	Вода дистильована	$\frac{20.3 (-19\%)}{12.9 \dots 27.0}$	$\frac{16.6 (-34\%)}{13.8 \dots 18.3}$
	Соляний розчин	$\frac{13.9 (-44\%)}{11.8 \dots 16.7}$	$\frac{12.4 (-51\%)}{9.05 \dots 15.9}$
	Рідина СЖР-3	$\frac{25.7 (+2\%)}{18.1 \dots 33.0}$	$\frac{23.5 (-7\%)}{18.2 \dots 27.5}$

10

Залежності границі міцності при зсуві фрикційних накладок



**АРКМ-15 21% (графіки зліва)
та з СФП-011Л на фенольній основі**

Метод випробування гальмівних колодок на стиск

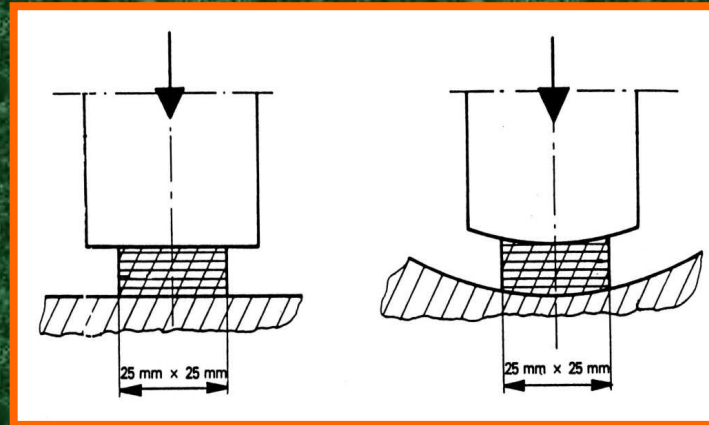
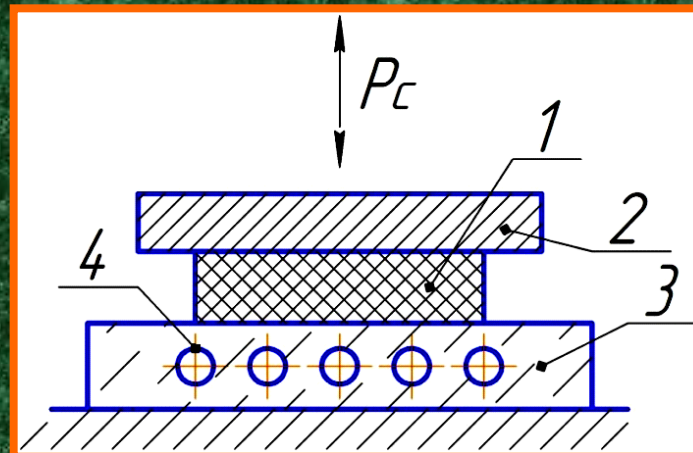


Схема випробувань накладок на стислість за стандартом ДСТУ ГОСТ ISO 6310:2006:

- 1 – зразок;
- 2 – плунжер (пуансон) для передавання навантаження;
- 3 – нагрівна чавунна плита;
- 4 – спіраль нагрівача



Пристрій для нагріву та навантаження

12

Величини стисності при кімнатній та підвищеній температурах

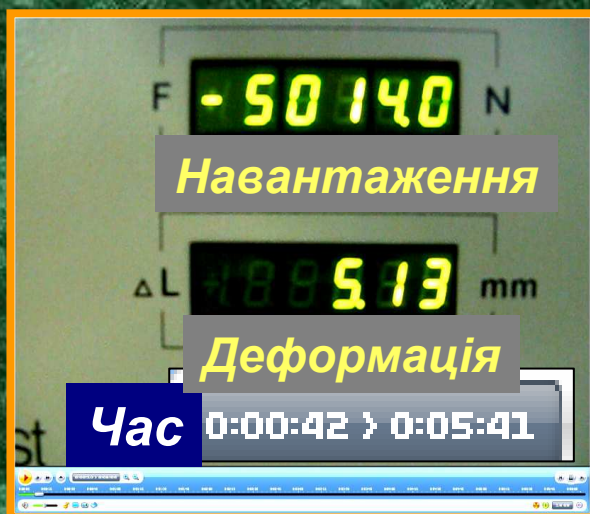
Модель випробуваних гальмівних дискових колодок	Стисність під тиском 4000 кПа		Стисність під тиском 8000 кПа		Стисність після п'ятиразового навантаження тиском 8000 кПа	
	T=20°C	T=400°C	T=20°C	T=400°C	T=20°C	T=400°C
до автомобілів "Hyundai"	1.00 0.90 0.90	2.60 2.40 2.40	1.60 1.80 1.80	3.70 3.90 3.90	1.10 1.30 1.40	2.90 2.90 2.90
до автомобілів "KIA"	1.00 1.00 1.00	2.60 2.60 2.70	1.90 1.90 1.90	4.00 4.00 4.00	1.30 1.10 1.10	2.60 2.70 2.60
до автомобілів "DAEWOO"	0.67 0.53 0.67	2.40 2.67 2.53	1.47 1.60 1.47	4.13 4.27 4.13	1.73 1.86 1.73	4.40 4.53 4.40
до автомобілів "Таврія"	1.00 0.91 1.09	2.45 2.36 2.54	1.55 1.45 1.64	3.81 3.73 3.91	1.09 1.00 1.18	2.64 2.54 2.72
до автомобілів "Toyota"	0.73 0.63 0.63	1.36 1.47 1.47	1.34 1.47 1.47	3.89 3.89 4.00	1.16 1.05 1.05	2.84 2.84 2.84
до автомобілів "NISSAN"	0.63 0.88 0.63	1.88 2.00 1.88	1.88 1.75 1.88	4.25 4.13 4.25	0.88 0.75 1.00	3.13 3.13 3.38
Нормативні показники, не більше	2 %	5 %	2 %	5 %	2 %	5 %

13

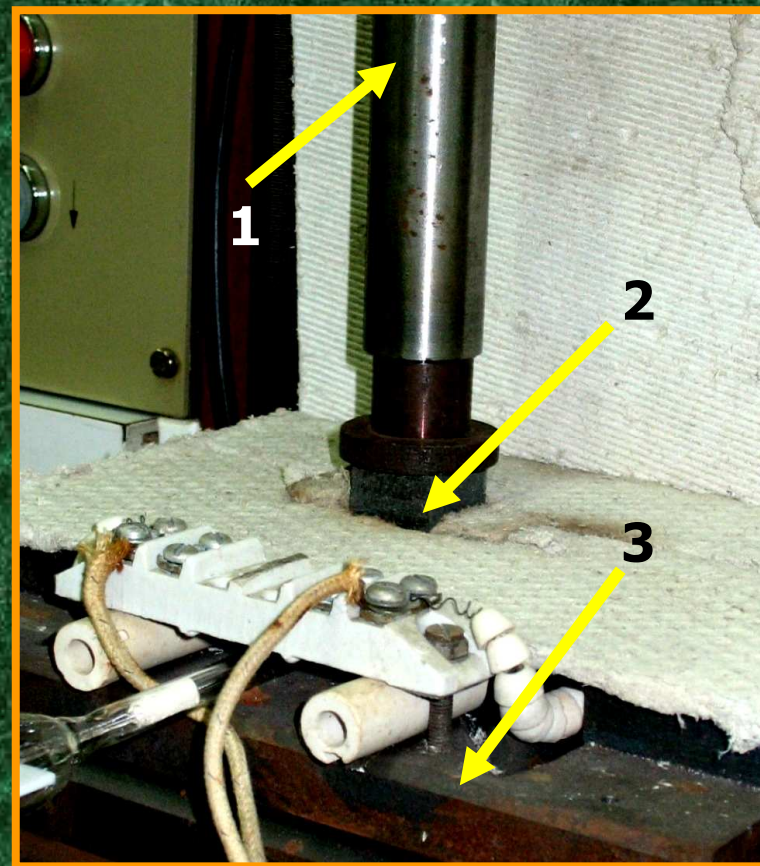
Цифрова реєстрація релаксаційних процесів в накладках гальмівних колодок



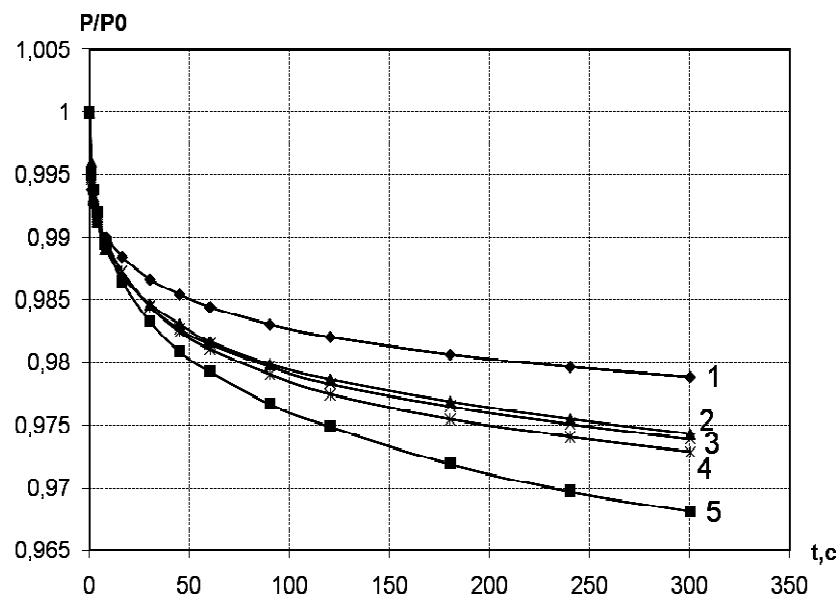
Системи реєстрації залежності навантаження від часу



Обробка відеозапису випробування в програмі *Light Alloy*



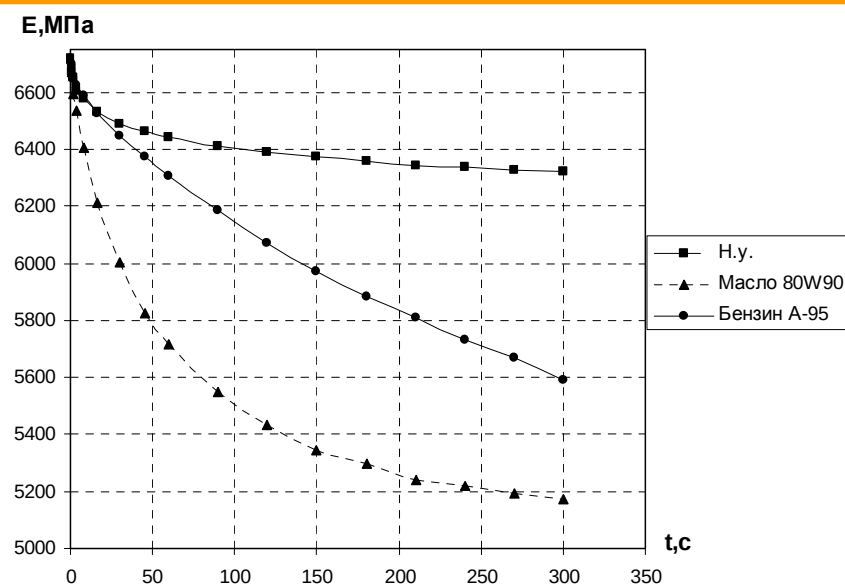
**Схема навантаження
1 - силовий циліндр; 2 - зразок;
3 - нагрівальна плита**



Криві релаксації напружень в матеріалі гальмівних колодок після дії різних середовищ протягом 120 годин.
1 – контрольний зразок;
2 - дистильована вода;
3 - сольовий розчин;
4 - рідина СЖР-3;
5 - гальмівна рідина.

Визначення модуля релаксації

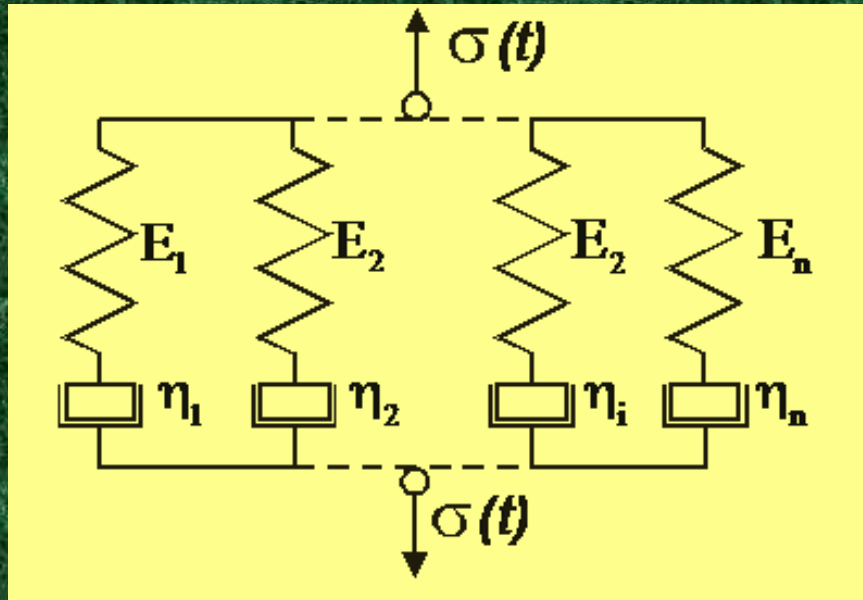
$$E(t) = \frac{P(t) \cdot h_0}{F_0 \cdot \Delta h_k}$$



Залежності модулів релаксації від часу при 400°C

15

Аналітичний опис процесів релаксації



**Узагальнена модель
Максвелла**

$$\sigma(t) = \varepsilon_0 \cdot \sum_{i=1}^n E_i \cdot \exp(-t / \tau_i)$$

$$E(t) = \sum_{i=1}^n E_i \cdot \exp(-t / \tau_i)$$

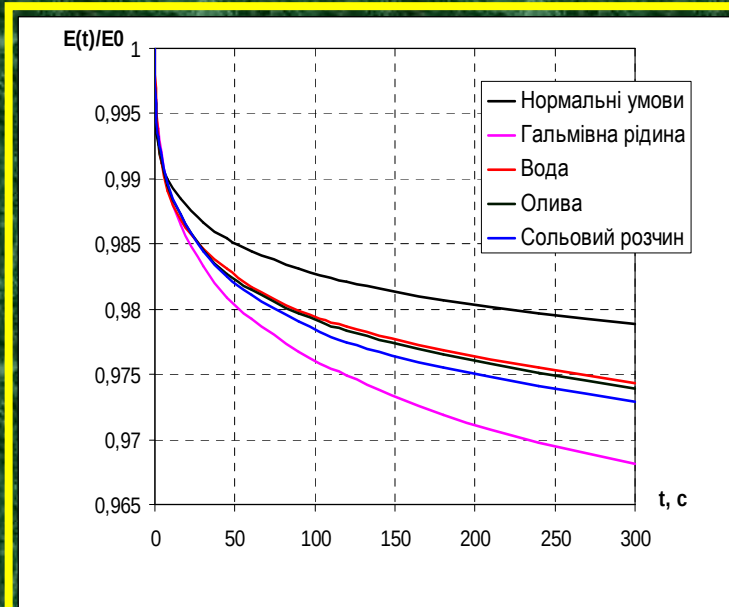
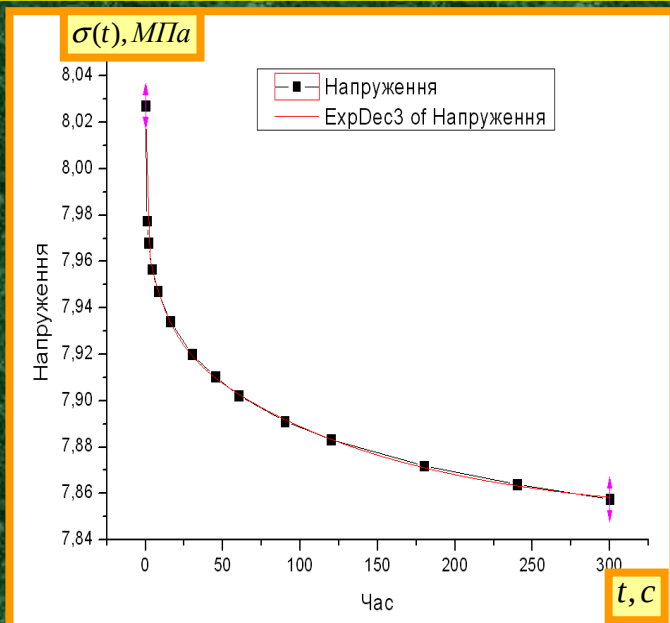
Функція модуля релаксації

$$E(t) = E_0 + \sum_{i=1}^n E_i \cdot \exp(-t / \tau_i)$$

**Модуль E_0 визначали за
міттевою деформацією**

$$v(t) = \sum_{i=1}^n \frac{E_i \cdot \exp(-t / \tau_i)}{\tau_i}$$

Швидкість релаксації

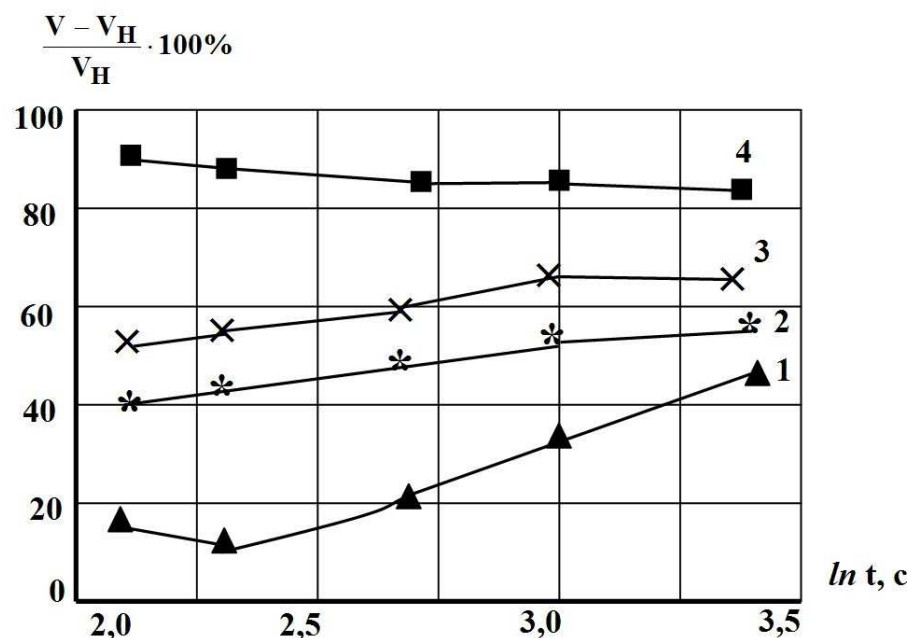


Залежності модуля релаксації від часу накладок гальмівних колодок після витримки у різних агресивних середовищах

Коефіцієнти рівняння, що відповідає узагальненої моделі Максвела (результати, які отримані за допомогою програми OriginPro)

Середовище	Коефіцієнти E_i , МПа				Часи релаксації τ_i , сек.		
	E_0	E_1	E_2	E_3	τ_1	τ_2	τ_3
Контрольні зразки	465.58	4.94	2.25	3.34	132.7	12.40	0.615
Дистильована вода	462.16	6.40	3.48	4.04	225.7	23.81	1.719
Розчин NaCl	463.30	6.49	3.91	3.14	174.3	16.85	0.798
Рідина СЖР-3	462.54	7.10	3.69	2.86	130.8	14.65	0.726
Гальмівна рідина	459.60	9.89	4.52	2.30	162.8	12.52	0.547

Аналіз впливу середовищ на швидкість релаксації



Зміни швидкостей релаксації напружень V після витримки зразків у різних середовищах порівняно з швидкостями релаксації контрольних зразків V_H :

1 - дистильована вода; 2 - сольовий розчин;
3 - рідина СЖР-3; 4 - гальмівна рідина