

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

НОВІ МАТЕРІАЛИ
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

"Обладнання для випробувань конструкційних пластмас та гум
при короткочасному навантаженні"

Для студентів напрямку підготовки 6.050501- "Прикладна механіка"
спеціальності "Динаміка та міцність машин"

Рекомендовано Методичною радою НТУУ "КПІ"

Київ НТУУ "КПІ" 2011

Нові матеріали. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. "Обладнання для випробувань конструкційних пластмас та гум при короткочасному навантаженні". Для студентів напрямку підготовки 6.050501- "Прикладна механіка" спеціальності "Динаміка та міцність машин" // Шидловський М.С., Шпак Д.Ю., Тимошенко О.В. – К.: НТУУ "КПІ", 2011. 47 с..

Гриф надано методичною радою НТУУ "КПІ" (протокол № 1 від 22.09.2011 р.)

Навчальне електронне видання

"Нові матеріали"

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.

"Обладнання для випробувань конструкційних пластмас та гум при короткочасному навантаженні".

Для студентів напрямку підготовки 6.050501- "Прикладна механіка" спеціальності "Динаміка та міцність машин"

Укладачі

М.С. Шидловський

Д.Ю. Шпак

О.В. Тимошенко

Відповідальний редактор

М.І. Бобир

Рецензент

О.Ф. Луговський

З М І С Т

стор.

	<i>Зміст</i>	3
	<i>Вступ</i>	4
	<i>Техніка безпеки при роботі з випробувальним обладнанням</i>	6
1	<i>Загальні вимоги до обладнання для випробувань матеріалів при короткочасному навантаженні</i>	7
1.1	Вимоги до розривних машин для випробувань пластмас	7
1.2	Вимоги до розривних машин для випробувань гум	10
2	<i>Загальні відомості про випробувальну машину TIRAtest-2151</i>	14
2.1	Технічні дані випробувальної машини	14
2.2	Описання блок-схеми	15
3	<i>Зовнішні вузли випробувальної машини TIRAtest-2151</i>	17
3.1	Перетворювачі виміру сили (динамометри)	17
3.2	Затискувачі зразків для випробувань на розтяг	18
3.3	Пристрої для випробувань зразків на стиск	26
3.4	Пристрої для випробувань зразків на згин	28
4	<i>Керування режимами випробування</i>	30
4.1	Пульт керування випробувальною машиною	30
4.2	Регулювання швидкості переміщення рухомої траверси	31
4.3	Перемикач режимів роботи випробувальної машини	33
4.4	Клавіатура вводу даних у пам'ять процесора	34
4.5	Функції програмних шаблонів завдання режиму випробувань	36
4.5.1	Програма " Druckersuch " (випробування на розтяг - стиск)	36
4.5.2	Програма " Zyklische Belastung 1 " (циклічне навантаження)	38
5	<i>Дії оператора при роботі з випробувальною машиною</i>	42
5.1	Загальний порядок роботи	42
5.2	Описання протоколу випробувань	43
	<i>Література</i>	47

Вступ

Розробка та впровадження сучасного технічного обладнання тісно пов'язано із застосуванням великої кількості нових конструкційних матеріалів, серед яких одне з чільних місць займають конструкційні пластмаси, композиційні матеріали на основі полімерів та гуми. Унікальні фізико-механічні характеристики таких матеріалів (мала вага, висока питома міцність, корозійна стійкість) роблять їх незамінними в багатьох галузях промисловості та сприяють зниженню матеріаломісткості виробів.

При проектуванні зазначеного обладнання та коректного проведення розрахунків на міцність та жорсткість необхідно знати основні механічні властивості нових матеріалів, більшість з яких до теперішнього часу досліджено недостатньо повно. Тому кваліфікованим спеціалістам в області міцності та надійності необхідно оволодіти сучасними експериментальними методами досліджень з урахуванням супутніх факторів та знати методи обробки результатів.

Програмою курсу "Нові матеріали" для студентів спеціальності "Динаміка та міцність машин" ММІ НТУУ "КПІ" передбачено протягом навчального року виконання комплексу лабораторних робіт. В них проводяться вимірювання міцності та деформації матеріалів, визначаються основні в'язкопружні та реологічні характеристики, вивчаються динамічні властивості й анізотропія механічних показників. В більшості робіт враховується температурний фактор.

При проведенні лабораторних робіт студенти мають можливість оволодіти методами проведення механічних випробувань та визначення характеристик конструкційних матеріалів, поглибити та закріпити свої теоретичні знання з різних розділів курсу, ознайомитись з роботою сучасного випробувального устаткування, методами експериментальних досліджень та нормативно-технічною документацією на методи випробувань [1].

У більшій частині лабораторних робіт демонструється дія навантажень на зразки різноманітних матеріалів, вимірюються їх деформації та проводиться співставлення експериментальних даних з результатами теоретичних розрахун-

ків. Це дає можливість закріплення знань, отриманих студентами на лекціях та на практичних заняттях.

Як показує практика викладання дисципліни "Нові матеріали", на сьогоднішній день практично відсутні електронні видання (методичні рекомендації або практикуми), за допомогою яких студенти спеціальності "Динаміка та міцність машин" мали б змогу самостійно ознайомитися з обладнанням, що застосовується в експериментальних дослідженнях сучасних конструкційних матеріалів.

Ці вказівки та практикуми, що видані на кафедрі ДММ та ОМ [2-4] допомагають студентам при самостійній підготовці лише до конкретних лабораторних робіт і не можуть дати загальної уяви про експериментальні (стандартні або не стандартизовані) методи досліджень механічних властивостей конструкційних матеріалів.

Зазначені недоліки враховані при складанні пропонованих методичних вказівок, при написанні яких бралися до уваги такі чинники:

- роль самостійної роботи студентів повинна постійно підвищуватися;
- необхідне суттєве поліпшення підготовки студентів до проведення лабораторних робіт;
- практично відсутня упорядкована методична література, що присвячена найбільш розповсюдженим методам випробувань та сучасному обладнанню;
- спеціалістам при роботі у будь-якій галузі необхідні знання про стандартні методи визначення основних характеристик матеріалів та виробів, зокрема при вирішенні питань, пов'язаних з оцінкою їх якості.

Пропоноване електронне видання допоможе у самостійній роботі студентів не тільки при підготовці до проведення лабораторних робіт, але також при підготовці до практичних занять, заліку та екзамену.

Ціль та призначення видання: зберегти час студентів на пошук літератури, що потрібна для попереднього ознайомлення з лабораторними роботами за курсом "Нові матеріали", поліпшити якість підготовки при вивченні дисципліни в цілому.

Техніка безпеки при роботі з випробувальним обладнанням

1. При проведенні лабораторних робіт:

– усі студенти знаходяться на місцях, визначених викладачем, і самостійну роботу виконують тільки під його наглядом;

– усі студенти дотримуються загальноприйнятих правил електробезпеки.

2. У лабораторії **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:**

– перебувати у верхньому одязі, розвішувати одяг або класти речі на лабораторне обладнання;

– без дозволу викладача вмикати або вимикати випробувальні установки;

– працювати на установках при відкритих кришках та дверцятах установок;

– торкатися до рухомих частин випробувальних машин, затискувачів та об'єктів випробувань під час роботи установок;

– навантажувати установки вище максимально допустимих значень навантаження.

3. При випробуванні зразків з крихких матеріалів необхідно встановлювати захисні екрани, які виключають травмування осколками зразків при руйнуванні.

На першому лабораторному занятті викладач знайомить студентів з правилами поведінки в випробувальній лабораторії, з загальними правилами користування обладнанням та проводить інструктаж з техніки безпеки.

Студенти, що не пройшли інструктаж та не розписалися в журналі з техніки безпеки, до виконання лабораторних робіт не допускаються.

1. Загальні вимоги до обладнання для випробувань матеріалів при короткочасному навантаженні

1.1. Вимоги до розривних машин для випробувань пластмас

Стандартом [5] встановлюються вимоги до вертикальних розривних машин з навантаженнями від 0.5 до 100 кН, що призначені для статичних випробувань на розтяг зразків пластмас за [6]. Цей стандарт не розповсюджується на машини спеціального призначення.

Основні технічні характеристики машин повинні відповідати зазначеним в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Основні технічні характеристики машин для випробувань пластмас на розтяг

Найменування основних параметрів та розмірів	Норми					
	Найбільше граничне навантаження, кН	0.5	5	10	20	50
Найменше граничне навантаження, кН	0,02	0,2	0,4	0,8	2	4
Число діапазонів вимірювання навантаження, не менше	3					
Допустима похибка при прямому ході (навантаженні) від вимірювальної величини, починаючи з 0.2 від найбільшого граничного значення кожного діапазону вимірювання, не більше	±1%					

Вимоги до чутливості випробувальних машин. Абсолютна чутливість машин з аналоговими відліковим пристроєм в межах діапазону вимірювання навантаження повинна бути такою, щоб прикладання або зняття додаткового навантаження, що дорівнює цілі поділки відлікового пристрою силовимірювача, викликало показання відлікового пристрою не менше, ніж на 0,5 поділки.

Абсолютна чутливість машин с дискретним відліковим пристроєм в діапазоні вимірювання повинна бути такою, щоб прикладання або зняття додаткового навантаження, що дорівнює 0.3% граничного значення діапазону, викликало зміну показів відлікового пристрою не менше, ніж на 0.1% граничного значення діапазону.

Вимоги до ціни поділок відлікових пристроїв та границь випробувань машин. Ціна поділки відлікового пристрою, що вимірює навантаження, повинна бути:

не більше 0.2% найбільшого граничного значення кожного діапазону вимірювання для кругової шкали;

не більше 0.4% найбільшого граничного значення кожного діапазону вимірювання для прямолінійної шкали.

Співвідношення найбільших граничних значень діапазону вимірювання навантаження повинні послідовно вибиратися з ряду 1; 2; 5; 10; 20. При використанні цифрових (дискретних) відлікових пристроїв допускається один діапазон вимірювання, при цьому ціна поділки повинна бути не більше, ніж 0.02% від найбільшого граничного навантаження машини.

Вимоги до приладів, що записують діаграми деформування. Машини повинні мати самозаписуючий прилад для запису результатів випробувань в координатах "навантаження - переміщення активного затискувача" або "навантаження - час". Число масштабів запису повинне бути не менше трьох. Значення масштабів повинні вибиратися з ряду: 1:5; 1:1; 5:1; 10:1; 20:1; 50:1; 100:1.

Висота ординати діаграми, що відповідає найбільшому граничному значенню діапазону вимірювання навантажень, повинна бути не менше 250 мм.

Машини повинні бути забезпечені приладом для вимірювання деформації робочої частини зразка, що дозволяє проводити запис у координатах "деформація – час". Число масштабів запису повинно бути не менше трьох. Значення масштабів повинно вибиратися з ряду: 10:1; 20:1; 50:1; 100:1; 200:1; 500:1; 1000:1.

Допустима похибка запису навантаження не повинна перевищувати в кожному діапазоні вимірювання $\pm 2\%$ від вимірюваної величини, починаючи з 0.2 граничного значення діапазону.

Допустима похибка запису деформації не повинна перевищувати в кожному діапазоні вимірювання $\pm 3\%$ від граничного значення діапазону вимірювання.

Вимоги до додаткових пристроїв випробувальних машин. Випробувальні машини можуть бути укомплектовані пристроями для випробувань на згин та стиск за стандартами [7, 8].

Випробувальні машини також можуть мати нагрівальні та холодильні камери, що забезпечують підтримку необхідної температури в робочому об'ємі камери з точністю:

$\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ для температури від мінус 100 до 0°C ;

$\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ для температури від 40 до 100°C ;

$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ для температури від 40 до 150°C ;

$\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ для температури від 40 до 200°C ;

$\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ для температури від 40 до 300°C .

Інші вимоги до випробувальних машин. Рівень звукового тиску машини, що працює, не повинен перевищувати 75 дБ.

Імовірність безвідмовної роботи за 500 годин при довірчій імовірності $P^* = 0,8$ повинна бути не менше 0.9 – для машин без нагрівальної або холодильної камери та 0.85 – для машин з нагрівальною або холодильною камерами. Середній термін служби машин повинен бути не менше 10 років.

1.2. Вимоги до розривних машин для випробувань гум

Стандартом [9] встановлюються вимоги до вертикальних розривних машин, що призначені для визначення границі міцності та видовження при розриві за методом [10] гумових та гумовотканинних зразків з найбільшими граничними навантаженнями від 0.01 до 100 кН. Цей стандарт не розповсюджується на машини спеціального призначення.

Основні технічні характеристики машин повинні відповідати зазначеним в табл.1.2.

Таблиця 1.2

Основні технічні характеристики машин для випробувань гум та гумовотканинних матеріалів на розтяг

Найменування основних параметрів та розмірів	Норми							
	0.01	0.05	0.5	5	10	20	50	100
Найбільше граничне навантаження, кН	0.01	0.05	0.5	5	10	20	50	100
Найменше граничне навантаження, кН	0.0004	0.002	0,02	0,2	0,4	0,8	2	4
Число діапазонів вимірювання навантаження, не менше	3							
Висота робочого простору при випробуванні на розтяг, включаючи робочий хід активного затискувача, не менше	1000 мм					700 мм		
Діапазон швидкості руху активного затискувача без навантаження, не менше	10 - 1000 мм/хв			5 - 500 мм/хв			1 - 100 мм/хв	
Відстань від осі зразка до колони (гвинта), не менше	150 мм					200 мм		

Вимоги до точності вимірювань випробувальних машин. Допустима похибка вимірювання навантаження при прямому ході затискувача не повинна перевищувати $\pm 1\%$ від вимірюваного навантаження, починаючи з 0.2 від найбільшого значення кожного діапазону вимірювання. Така ж вимога для похибки при роботі машини з самозаписуючим приладом або з пристроєм для фіксації навантаження.

Варіація показів машини в діапазоні вимірювання не повинна перевищувати 1%, а різниця показів між прямим та зворотним ходами – 2% від навантаження, що вимірюється.

Вимоги до ціни поділок відлікових пристроїв та границь випробувань машин. Ціна поділки аналогового відлікового пристрою, що вимірює навантаження, повинна бути:

не більше 0.2% найбільшого граничного значення кожного діапазону вимірювання для пристроїв з круговою шкалою;

не більше 0.4% найбільшого граничного значення кожного діапазону вимірювання для пристроїв з прямолінійною шкалою.

Ціна одиниці найменшого розряду цифрового індикатора навантаження дискретних відлікових пристроїв повинна бути не більше 0.1% найбільшого граничного значення кожного діапазону навантаження.

Співвідношення найбільших граничних значень діапазону вимірювання навантаження повинні вибиратися з ряду 1; 2; 5; 10; 20. При використанні цифрових (дискретних) відлікових пристроїв допускається один діапазон вимірювання, при цьому ціна поділки повинна бути не більше, ніж 0.04% від найбільшого граничного навантаження машини.

Показчик відлікового пристрою після розриву зразка або зняття навантаження повинен повертатися на нульову відмітку з відхиленням не більше:

± 0.5 поділки – для аналогових пристроїв з круговою або прямолінійною шкалою поділок;

± 2 одиниці найменшого розряду цифрового індикатора або $\pm 0.2\%$ найбільшого граничного значення кожного діапазону – для цифрових відлікових пристроїв, що мають декілька діапазонів вимірювань навантажень;

$\pm 0.08\%$ найбільшого граничного навантаження – для цифрових відлікових пристроїв, що мають один діапазон.

В машинах повинен бути пристрій для фіксації найбільшого зусилля, прикладеного до зразка або виробу в процесі випробування.

Вимоги до записуючих пристроїв випробувальних машин. Машини повинні мати самозаписуючі прилади для запису результатів випробувань у координатах: "навантаження - деформація" або "навантаження - переміщення активного затискувача" з масштабами, що зазначені в табл. 1.3, або в координатах "навантаження - час" з швидкостями переміщення діаграмної стрічки 1000, 500, 200, 100 та 20 мм/хв.

Таблиця 1.3

Вимоги до масштабів запису деформації

Найбільші граничні навантаження, кН	Масштаби запису деформації або переміщення затискувача	Висота ординати діаграми, що відповідає найбільшому граничному діапазону вимірювання навантажень, не менше
0.01; 0.05; 0.5; 5; 10	1 : 5; 1 : 1; 5 : 1; 10 : 1	250 мм
20; 50; 100	1 : 1; 10 : 1; 50 : 1	

Допустима похибка запису деформації не повинна перевищувати $\pm 3\%$ від дійсної деформації, що виражена у відповідному масштабі, починаючи з 10% найбільшої границі вимірювання деформації.

Допустима похибка запису переміщення активного затискувача повинна бути не більше $\pm 3\%$ від вимірювальної величини, починаючи з 15 мм, а до 15 мм – не більше ± 0.5 мм, що виражено у відповідному масштабі.

Допустима похибка запису навантаження при прямому ході затискувача не повинна перевищувати $\pm 2\%$ від величини, що вимірюється, починаючи з 0.2 від найбільшого граничного значення кожного діапазону вимірювання.

Вимоги до додаткових пристроїв випробувальних машин. Випробувальні машини можуть мати нагрівальні та холодильні камери для випробувань стандартних зразків. Камери з робочим об'ємом до 25 дм³ повинні забезпечувати підтримку температури, що встановилася, з похибкою:

$\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ від -100 до 0°C

та $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ від $+40$ до $+100^{\circ}\text{C}$

для камер з граничною температурою до $+100^{\circ}\text{C}$,

$\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ від $+40$ до $+250^{\circ}\text{C}$

та $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ від $+250$ до $+300^{\circ}\text{C}$

для камер з граничною температурою до $+300^{\circ}\text{C}$,

Швидкість відновлення температури в робочому об'єму камери повинна бути не менше 2°C за хвилину.

Інші вимоги до випробувальних машин. Машини повинні забезпечувати можливість вимірювання навантаження за заданими значеннями деформацій не менше, ніж в двох точках.

Машина повинна мати пристрій з ціною поділки 1мм для вимірювання деформації робочої ділянки зразка, який градуйовано у відсотках видовження.

Відхилення швидкості переміщення активного затискувача від заданого значення не повинне перевищувати $\pm 5\%$.

На машинах повинна бути забезпечена співвісність прикладення навантаження. В машинах повинна бути забезпечена плавність прикладання та зняття навантаження.

Імовірність безвідмовної роботи за 2000 годин роботи при довірчій імовірності $R^* = 0,8$ повинна бути не менше 0.92. Середній термін служби машин повинен бути не менше 10 років.

Комплектність для інших випробувань гум та гумовотехнічних виробів. До комплекту машини повинно входити:

- лінійка для вимірювання деформації за переміщеннями затискувачів;
- лінійка для вимірювання деформації за відмітками;
- пристрій для випробувань кільцевих зразків;
- пристрій для визначення міцності зв'язку гуми з металом при розшарування;
- пристрій для випробувань на стиск;
- затискувач для випробувань на зсув;
- затискувач для випробувань зразків з напливом;
- затискувач для випробувань гумових ниток;
- затискувач роликівий з діаметром ролика 6 мм ;
- затискувач для випробувань плоских зразків.

2. Загальні відомості про випробувальну машину TIRAtest-2151

2.1. Технічні дані випробувальної машини

Універсальна випробувальна машина **TIRAtest-2151** (рис. 2.1) призначена для визначення механічних властивостей металів, пластмас, волокон, композиційних матеріалів тощо.

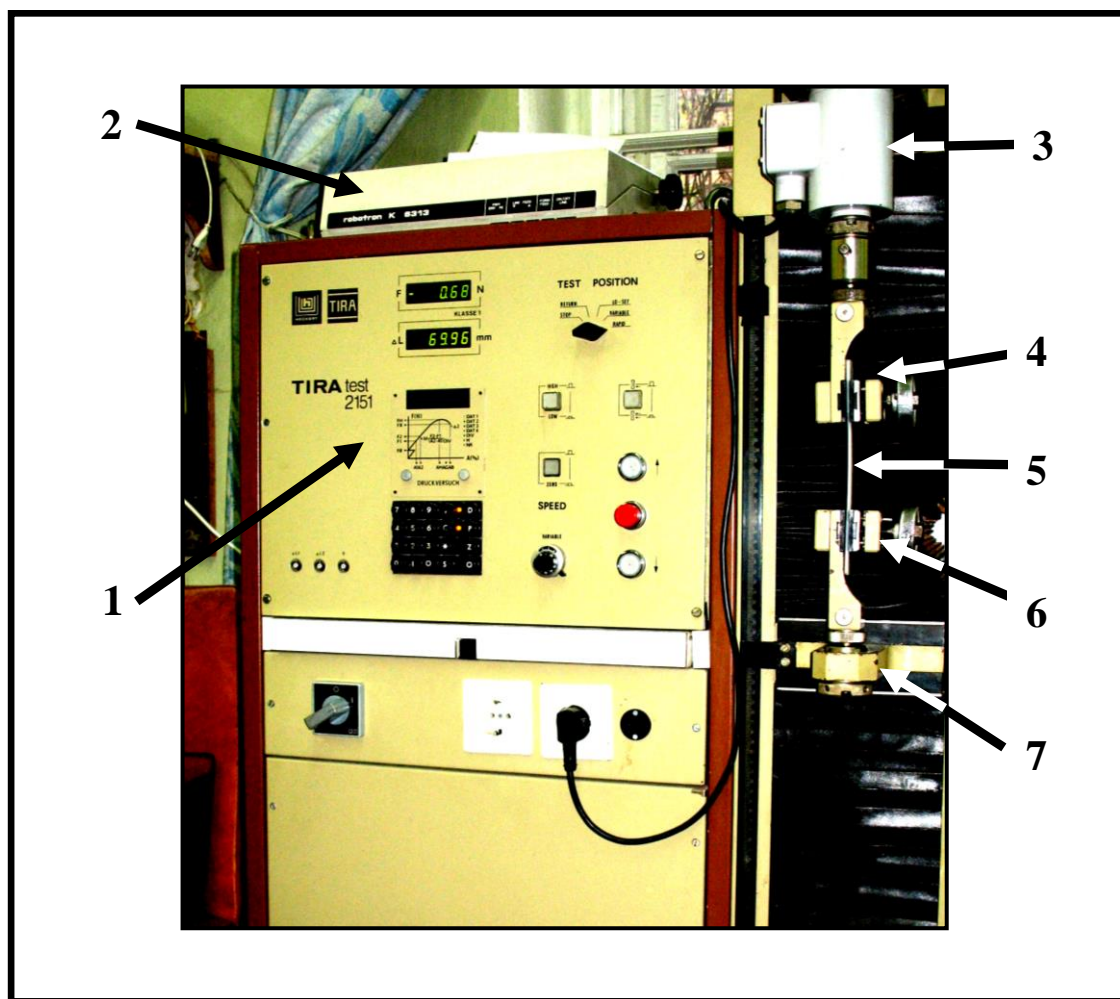


Рис. 2.1. Загальний вигляд випробувальної машини TIRAtest-2151:
1 – пульт керування; 2 – пристрій для друкування ROBOTRON K6313;
3 – динамометр; 4 – нерухомий (верхній) затискувач; 5 – випробувальний зразок; 6 – рухомий (нижній) затискувач; 7 – рухома траверса.

За допомогою універсальної випробувальної машини TIRAtest-2151 визначаються характеристики міцності і деформації матеріалів з максимальним зусиллям до 5 кН.

Режими навантаження та деформування		
1). Розтяг, стиск або згин із заданою постійною швидкістю деформування	2). Випробування на повзучість при постійному або циклічному навантаженні	3). Вимірювання релаксації напружень при постійній або циклічній деформації

Особливості випробувальної машини TIRAtest-2151		
1). Реєстрація та обробка результатів вимірювань за допомогою мікропроцесора	2). Можливість здійснювати повні цикли випробувань, що керуються процесором	3). Автоматичне визначення характеристик з друкуванням протоколу та статистики
4). Встановлена система виявлення помилок, що можуть бути допущені при вводі даних	5). Простий ввід даних, що керується оператором, за допомогою клавіатури та застосуванням світлодіодів	6). Автоматичне повернення затискувачів після руйнування зразків або при досягненні заданої деформації

Технічні дані випробувальної машини TIRAtest-2151			
За навантаженням		За деформацією	
Максимальне випробувальне навантаження, кН	5.0	Максимальне переміщення траверси, мм	800
Межі зміни навантаження, кН	від 0.01 до 5.0	Діапазон зміни швидкостей траверси, мм/хв	від 0.5 до 1000
Похибка вимірювання навантаження, %	не більше 1,0	Точність вимірювання переміщень мм	0.01
Пружність (питома деформація) випробувальної системи $8.0 \cdot 10^{-5}$ мм/Н			

2.2 Описання блок-схеми випробувальної машини TIRAtest-2151

Загальна блок-схема універсальної випробувальної машини TIRAtest-2151 зображена на рис.2.2.

Через пульт керування (поз.1 на рис.2.1) здійснюється введення попередніх даних в обчислювальну машину (режим навантаження, довжина зразка та інші параметри).

Мікропроцесор K1520 за допомогою блока керування регулює роботу вузла навантаження (електромеханічного редуктора), який через механічний зв'язок (черв'ячну передачу) здійснює переміщення рухомої траверси (поз.7 на

рис. 2.1) разом із закріпленим на ній рухомим затискувачем 6 та навантажує зразок 5.

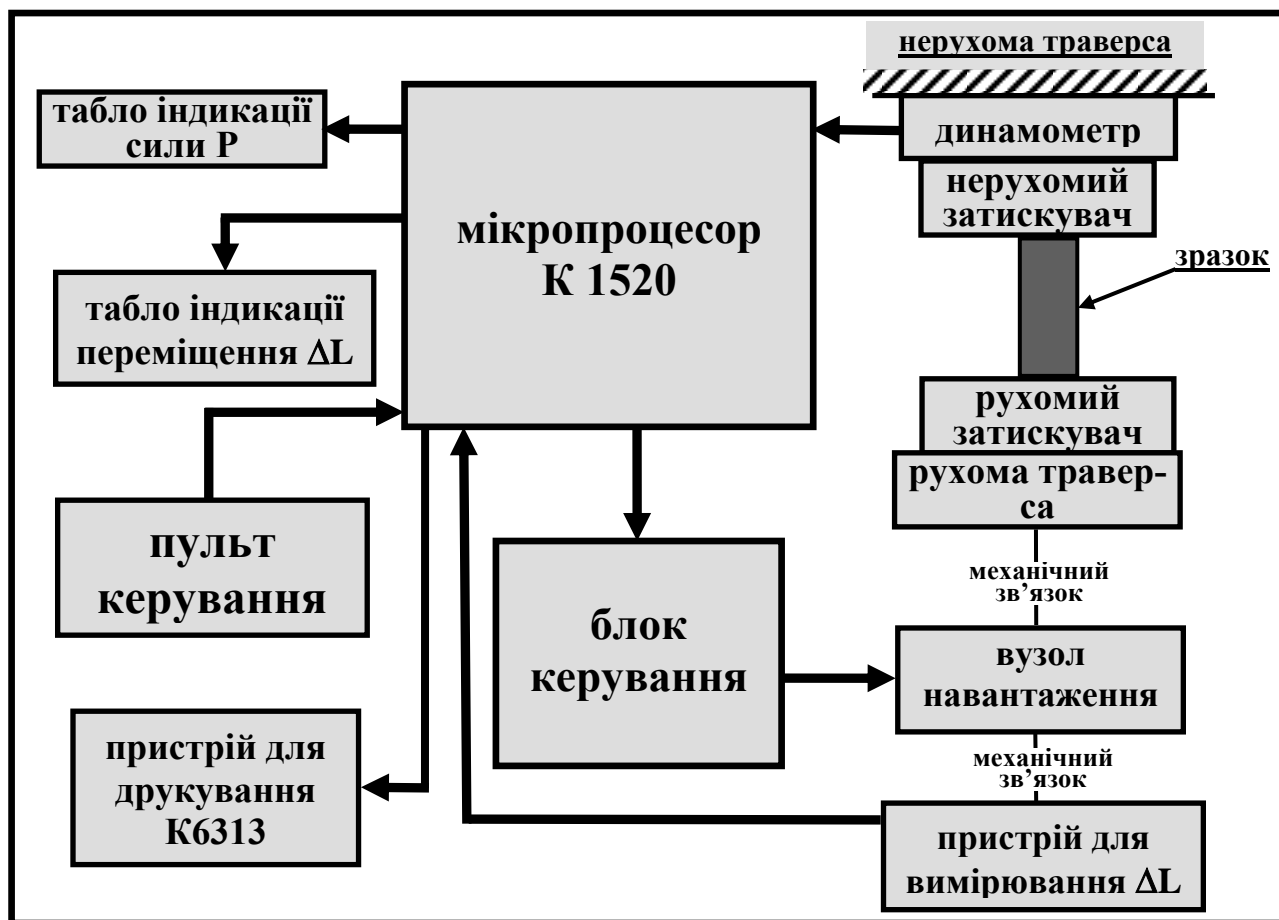


Рис. 2.2. Блок-схема випробувальної машини TIRAtest-2151

Динамометр 3 через нерухомий затискувач 4 вимірює силу P . Пристрій для вимірювання деформацій ΔL , закріплений на електродвигуні, що здійснює навантаження, фіксує переміщення рухомої траверси разом з рухомим затискувачем. Данні про силу P та деформацію ΔL надходять до мікропроцесора.

Останній запам'ятовує всю інформацію про процес деформування і в ході випробування передає ці дані на індикатори P та ΔL . При закінченні випробування мікропроцесор через пристрій для друкування ROBOTRON K6313 (поз.2 на рис.2.1) здійснює виведення на папір діаграми деформування та протоколу випробування.

3. Зовнішні вузли випробувальної машини TIRAtest-2151

3.1. Перетворювачі виміру сили (динамометри)

Для машини типу TIRAtest-2151 передбачено перетворювачі виміру сили з номінальними значеннями навантажень 1.0 кН та 10.0 кН (рис. 3.1а, 3.1б, поз.1). Вони мають однакові з'єднувальні цапфи діаметром 35 мм та з різьбою М33×1.5 і можуть бути вставлені у верхню жорстку траверсу 2. Перетворювачі сили можуть бути навантажені як на розтяг, так і на стиск.

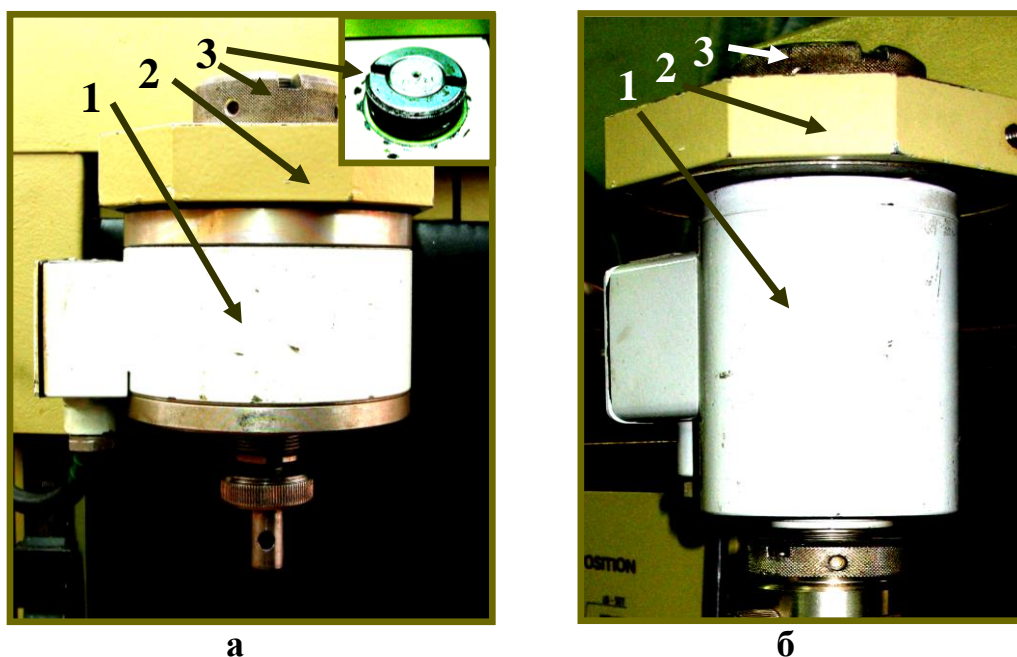


Рис. 3.1. Перетворювачі виміру сили (динамометри №82059 та №82056) з номінальними значеннями навантажень 1.0 кН (а) та 10.0 кН (б): 1 – корпуси динамометрів; 2 – жорстка верхня траверса; 3 – різьбові кільця.

Перетворювачі суміщаються цапфами з отвором траверси, встановлюються у необхідні кутові положення шляхом обертання навколо поздовжніх осей та закріплюються різьбовими кільцями 3 за допомогою цапфового ключа. При цьому слід уникати дії поперечних сил на тяги перетворювачів сил.

Електричне з'єднування виконується за допомогою штекерного роз'єму на правій боковій частині пульта вимірювання та керування.

3.2. Затискувачі зразків для випробувань на розтяг

Затискувачі випробувальної машини призначені для надійного утримання зразків під час випробувань та передачі на них зусиль розтягу. Основні вимоги до затискувачів:

- запобігання проковзування поверхні зразка відносно елементів затискувача, що утримують зразок;
- запобігання виникнення пошкодження зразка у місці контакту з елементами затискувача;
- зручність процесу встановлення зразка у затискувач для полегшення роботи оператора.

У комплект пристроїв до випробувальної машини TIRAtest-2151 входять п'ять пар однакових затискувачів, що призначені для випробувань конструкційних пластмас, листових полімерних матеріалів та металів, полімерних плівок, гум та інших матеріалів на розтяг.

Затискувачі для випробувань зразків конструкційних пластмас (№1233 за документацією обладнання). Загальний вигляд цих затискувачів зображений на рис.3.2. Затискувачі складаються з корпусу 1, затискної скоби 2, знімних губок 3 та затискного гвинта 4. Корпус верхнього затискувача (основний елемент, що передає навантаження на зразок) закріплюється на осі динамометра, яка вставляється у отвір 5 корпусу, та фіксується штифтом через отвір 6. Аналогічним чином на осі нижній рухомій траверсі машини закріплюється корпус нижнього затискувача.

До комплекту зазначених затискувачів входять 3 пари знімних сталевих губок (рис.3.2б). Губки 7 з гладкою поверхнею та губки 8 з гофрами призначені для випробувань листових пластмас та плівкових матеріалів. Губки 9 з рифленою поверхнею застосовують при випробуваннях зразків жорстких пластмас переважно у вигляді двобічних лопаток за стандартом [6].

Загальний вигляд верхнього затискувача, закріпленого на динамометрі, та затискувачі з закріпленим зразком зображені на рис.3.3а.

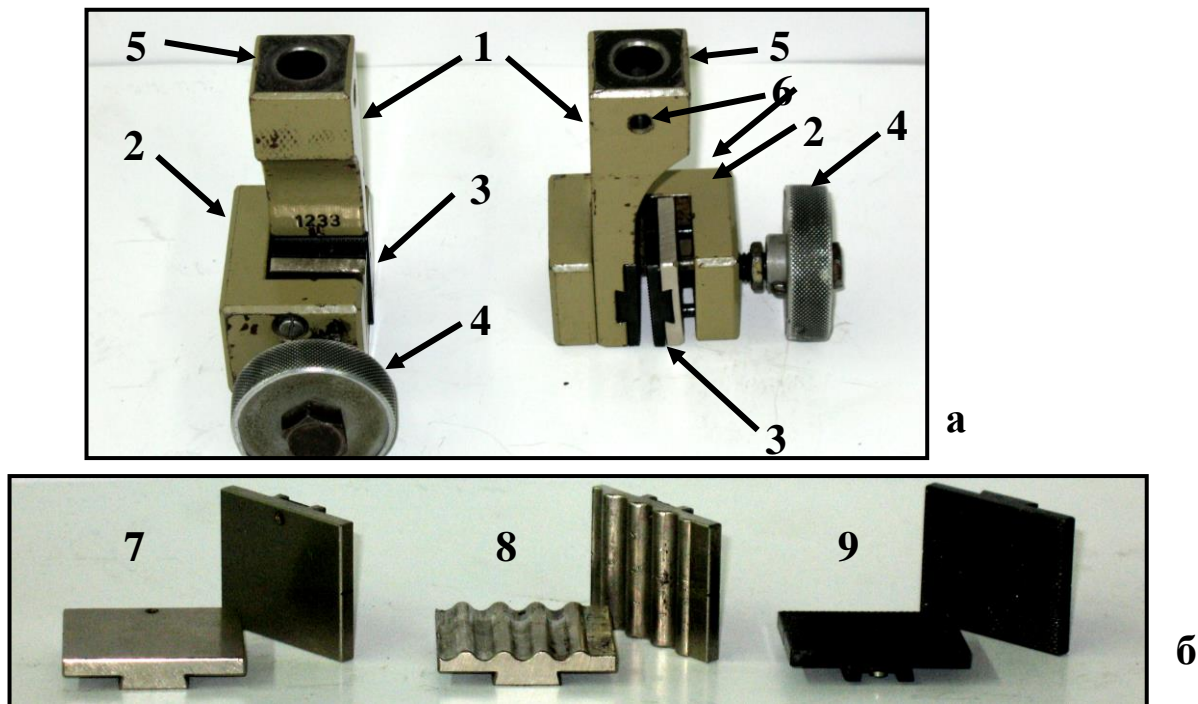


Рис. 3.2. Затискувачі №1233 для випробувань конструкційних пластмас на розтяг (а) та знімні затискні губки (б):

1 – корпуси затискувачів; 2 – затискні скоби; 3 – знімні губки; 4 – затискні гвинти; 5 – отвори для з'єднання з віссю динамометра; 6 – отвори для фіксуючих штифтів; 7, 8 – губки з гладкою поверхнею та гофрами; 9 – губки з рифленою поверхнею.

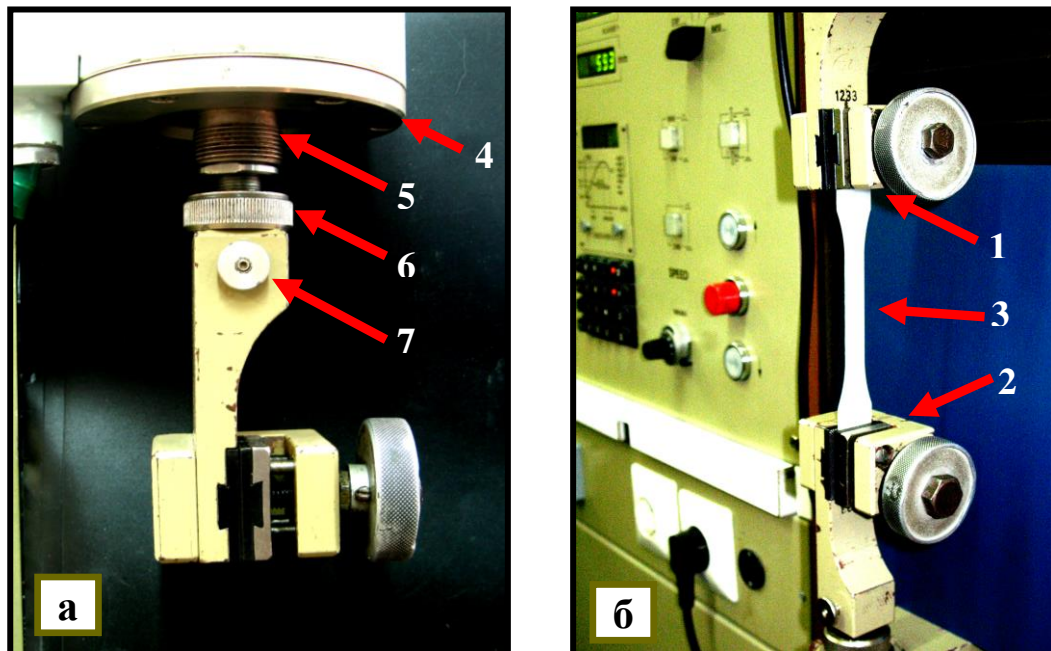


Рис. 3.3. Верхній затискувач з динамометром (а) та затискувачі для випробування пластмас на розтяг із закріпленим зразком (б):

1, 2 – верхній та нижній затискувачі; 3 – випробувальний зразок; 4 – динамометр; 5 – вісь динамометра; 6 – контргайка; 7 – фіксуючий штифт.

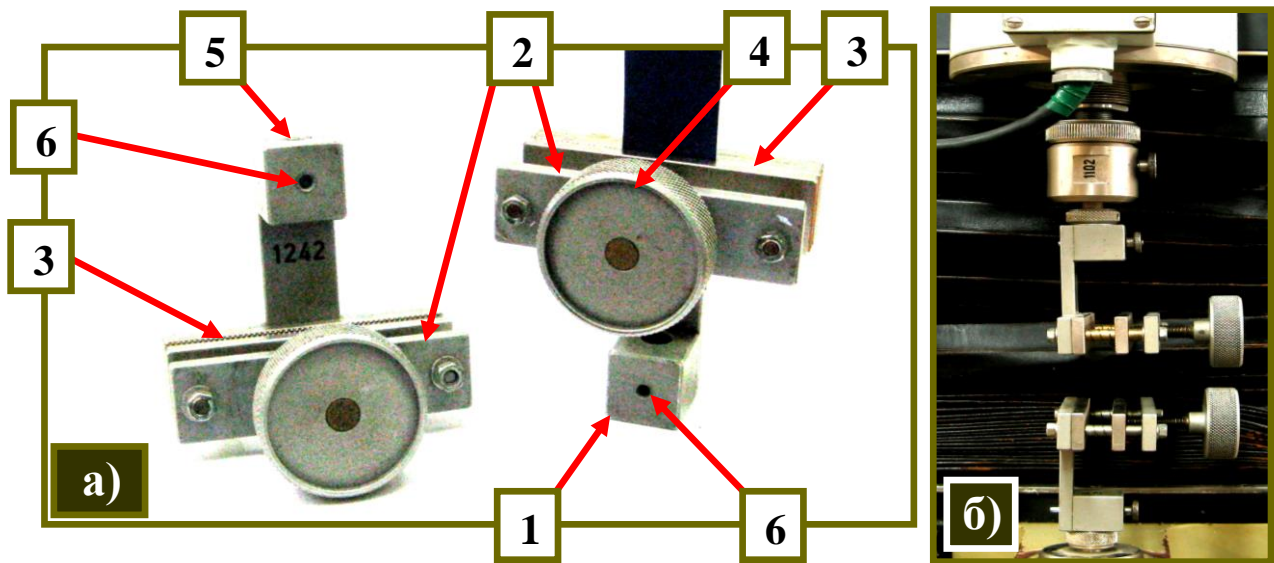


Рис. 3.4. Затискувачі №1242 для випробувань зразків полімерних плівок та гум (а) та затискувачі, закріплені на динамометрі і траверсі (б):

1 – корпуси затискувачів; 2 – затискні пластини; 3 – знімні губки; 4 – затискні гвинти; 5 – отвори для з’єднання з динамометром; 6 – отвори для фіксуєчих штифтів.

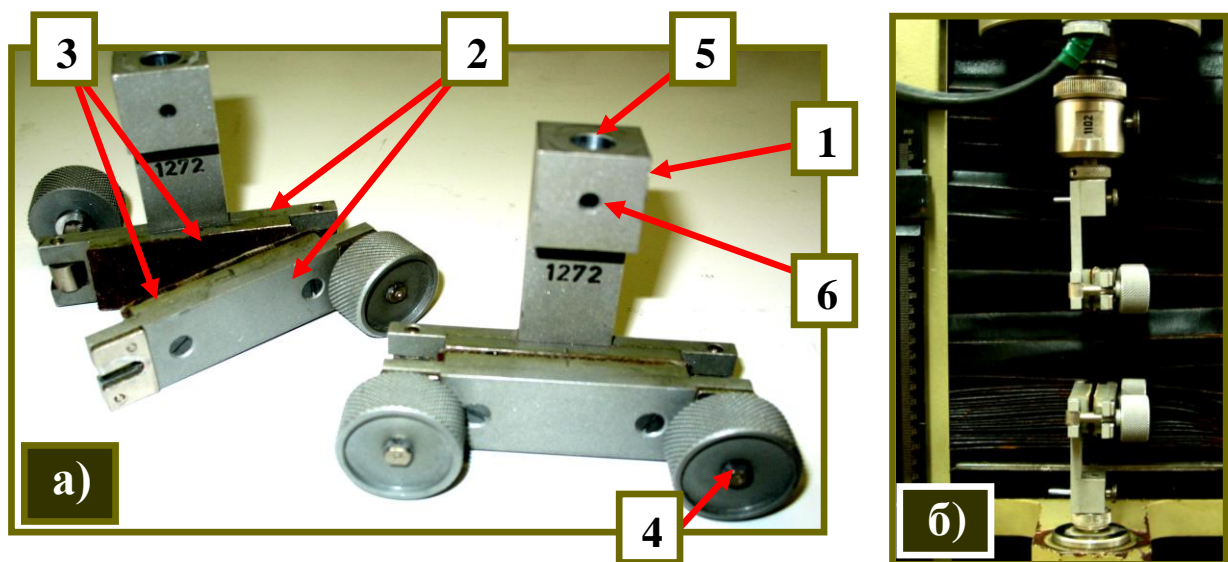


Рис. 3.5. Затискувачі №1272 для випробувань зразків полімерних плівок та гум (а) та затискувачі, закріплені на динамометрі траверсі (б):

1 – корпуси затискувачів; 2 – затискні пластини; 3 – знімні губки; 4 – затискні гвинти; 5 – отвори для з’єднання з динамометром; 6 – отвори для фіксуєчих штифтів.

Затискувачі для випробувань зразків листових пластмас, полімерних плівок та гум (№1242 та №1272). Загальний вигляд цих затискувачів зображений на рис.3.4 та рис.3.5. Затискувачі складаються з корпусів 1, затискних пластин 2, знімних губок 3 та затискних гвинтів 4.

Корпуси верхніх затискувачів закріплюються на осі динамометра, яка вставляється у отвори 5 корпусів, та фіксується штифтами через отвори 6. Аналогічним чином на осі нижній рухомої траверси машини закріплюються корпуси нижніх затискувачів.

До комплекту зазначених затискувачів входять знімні сталеві та гумові губки. Губки з гладкою поверхнею та губки з гофрами призначені для випробувань листових та плівкових полімерів за стандартом [11]. Губки з рифленою поверхнею застосовують при випробуваннях зразків гум переважно у вигляді двобічних лопаток за стандартом [10].

Загальний вигляд затискувачів, закріплених на динамометрі та на рухомій траверсі рис.3.4б та рис.3.5б.

Затискувачі для випробувань зразків полімерних плівок, нитей та волокон (№1322). Загальний вигляд цих затискувачів зображений на рис.3.6.

Затискувачі складаються з корпусів 1 (рис.3.6а), затискних пружин 2, поворотних елементів (пластин) 3 та затискних стрижнів 4. Зразок (смужка) листа або плівки розташовується між поверхнями корпусу 1 та затискного стрижня 4. Цей стрижень за допомогою пружин 2 та поворотних елементів 3 притискує зразок до робочої поверхні корпусу, яка розташована паралельно осі динамометра. Таким чином, тонкий зразок розтягується при навантаженні вздовж поздовжньою осі, а при зростанні зусилля розтягу одночасно зростає зусилля, з яким стрижень 4 притискує зразок до поверхні корпусу. В результаті цього підвищується надійність закріплення зразка у затискувачі.

На рис.3.6б зображено затискувачі разом із зразком полімерної плівки. Кріплення корпусів верхнього та нижнього затискувачів до динамометру та рухомої траверси здійснюється аналогічно вищеописаним типам затискувачів.

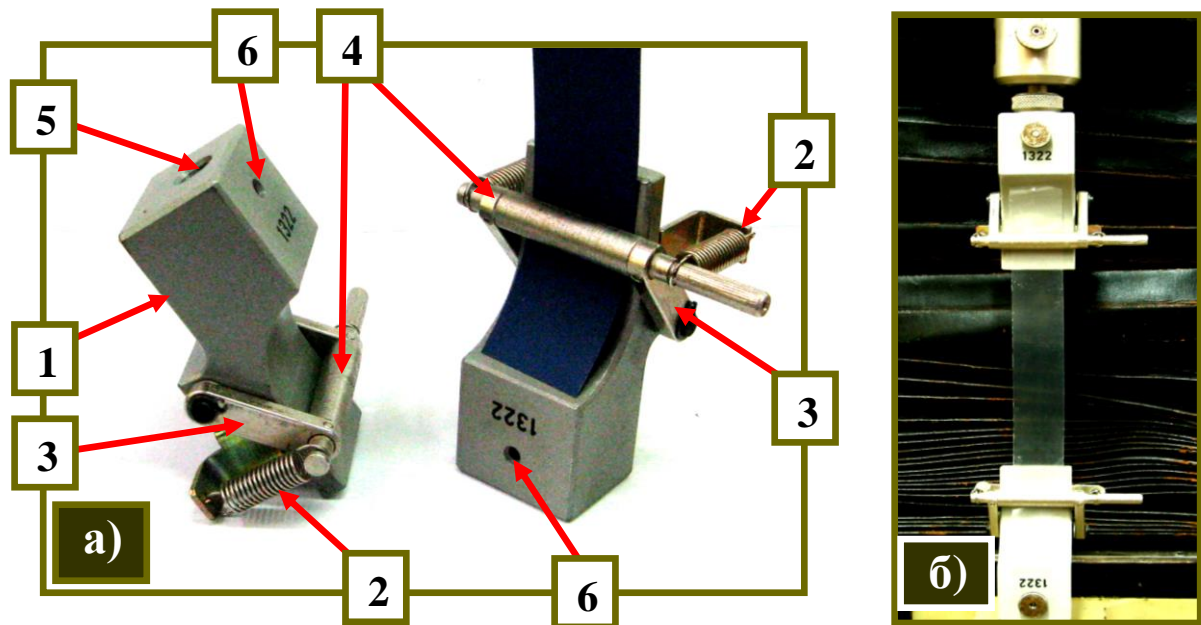


Рис. 3.6. Затискувачі для випробувань полімерних плівок, ниток та волокон (а) та затискувачі, закріплені на динамометрі і траверсі (б):

1 – корпуси затискувачів; 2 – пружини; 3 – поворотні елементи; 4 – затискний стрижень; 5 – отвори для з'єднання з динамометром; 6 – отвори для фіксуючих штифтів.

Затискувачі для випробувань зразків конструкційних пластмас, композиційних матеріалів та листових металів. Загальний вигляд цих затискувачів зображено на рис.3.7.

Затискувачі складаються з корпусів 1, бокових пластин 2, що напрямляють затискні губки 3 під малим кутом до поздовжньої осі розтягу та затискних гвинтів 4. Під дією прикладеного до зразка осьового зусилля за рахунок взаємодії затискних губок з нахиленими площинами бокових пластин виникає додаткове зусилля у напрямку, перпендикулярному поздовжній осі зразка. Це зусилля збільшує початкове стисне навантаження на не робочу частину зразка поза активної зони і якість контакту зразка з затискувачем. Зростання осьового навантаження у процесі випробування на розтяг приводить к підвищенню затискного зусилля губок та запобігає прослизанню зразка відносно затискувача.

Загальний вигляд затискувачів разом із зразком пластмаси, закріплених на динамометрі та на рухомій траверсі зображений на рис.3.7б. Кріплення корпусів верхнього та нижнього затискувачів до динамометру та рухомої траверси здійснюється аналогічно вищеописаним типам затискувачів.

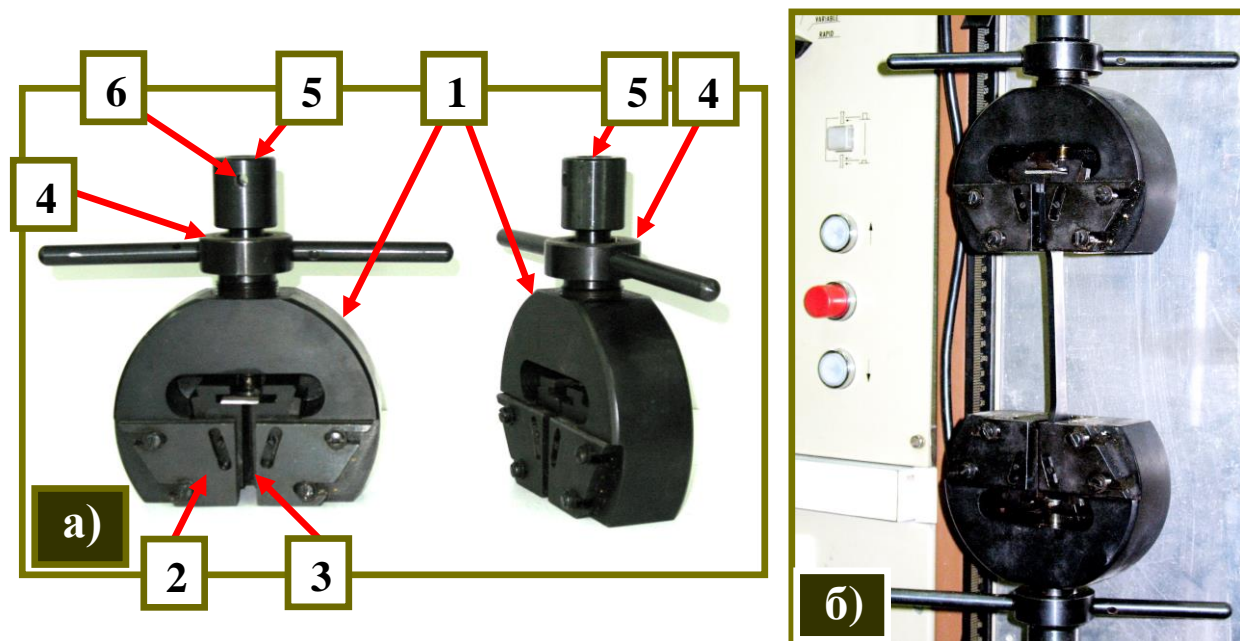


Рис. 3.7. Затискувачі для випробувань зразків конструкційних пластмас, композиційних матеріалів та листових металів (а) та затискувачі, закріплені на динамометрі і рухомій траверсі (б):

1 – корпуси затискувачів; 2 – бокові пластини; 3 – затискні губки; 4 – затискні гвинти; 5 – отвори для з'єднання з динамометром; 6 – отвори для фіксуючих штифтів.

Деталі кріплення затискувачів. Для надійного прикріплення затискувачів до динамометрів та до рухомої траверси, а також для оперативної заміни затискувачів випробувальна машина TIRAtest-2151 укомплектована набором змінних елементів кріплення у вигляді кільцевих гайок, перехідних деталей та штифтів. Зазначені елементи зображено на рис.3.8.

Осі 2 динамометрів 1 вставляються в поздовжні отвори верхніх затискувачів (поз.5 на рис.3.4–3.7), закріплюються штифтами 5 або 6 (рис.3.8) і фіксуються гайками 3 або 4 (в залежності від діаметра осей). Зазначені штифти вставляються в поперечні отвори корпусів затискувачів (поз.6 на рис.3.4–3.7) та у відповідні отвори на осях динамометрів.

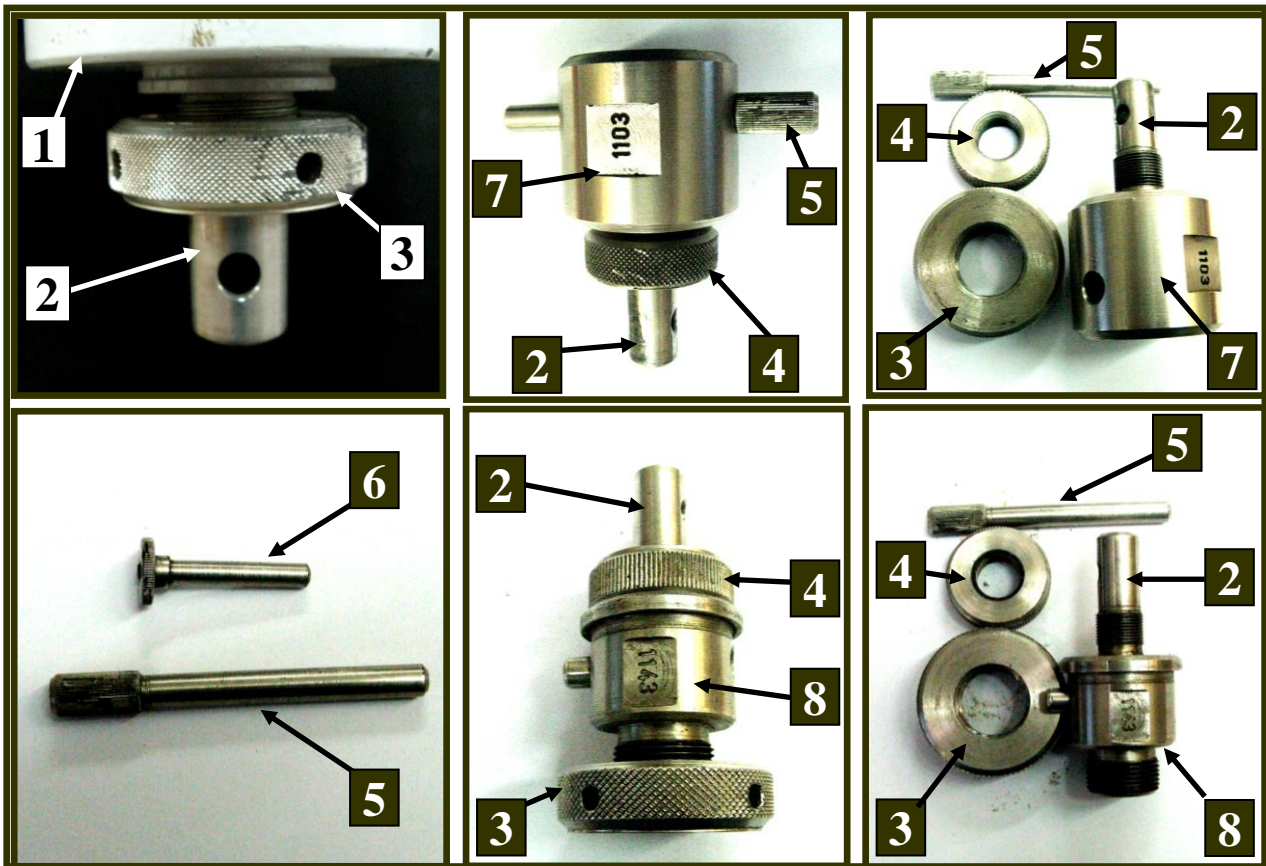


Рис. 3.8. Елементи кріплення для затискувачів:

1 – динамометр; 2 – вісі, що вставляються в корпуси затискувачів; 3, 4 – великі та малі гайки для фіксації затискувачів; 5, 6 – великі та малі штифти для фіксації затискувачів; 7 – елемент кріплення затискувача до динамометра; 8 – елемент кріплення затискувача до рухомої траверси.

Якщо діаметр поздовжнього отвору затискувача не збігається з діаметром осі динамометра, між затискувачем та динамометром встановлюються перехідні елементи 7. Кожен з них зв'язує такі вузли машини:

- елемент №1103 – динамометр №82056 на 10 кН із затискувачем №1233;
- елемент №1102 – динамометр №82059 на 1 кН із затискувачами №1242, №1272 та №1322.

Для прикріплення нижніх затискувачів до рухомої траверси випробувальної машини застосовуються перехідні елементи 8 (рис.3.8), які фіксуються нижніми гайками 3 діаметром 24 мм. Елемент №1143 зв'язує рухому траверсу із затискувачем №1233, елемент №1142 – із затискувачами №1242, №1272 та №1322.

Особливості вибору типу затискувача для випробувань певного типу зразків. Практика експлуатації універсальної випробувальної машини **TIRAtest-2151** показала, що неможливо дати загальних та однозначних рекомендацій щодо вибору типів затискувачів для випробувань певних матеріалів. Це пов'язане з суттєвим розкидом властивостей міцності (від декількох одиниць МПа до десятків та сотень МПа) та жорсткості (від дуже м'яких еластомірів до композиційних матеріалів з модулем пружності у декілька тисяч МПа) випробуваних матеріалів. Це також обумовлено значною різницею у товщині виробів, починаючи з дуже тонких (декілька мкм) плівок та закінчуючи монолітними зразками, що виготовлені способом лиття під тиском і мають товщину декілька мм. Поведінка цих зразків у затискувачах (пошкодження у місці контакту, розрив у затискувачі або поруч з ним) залежить від правильності вибору типу затискувача.

З іншого боку, недостатнє затискування зразка може привести до його проковзування при випробуваннях та викривлення результатів.

Виключенням є тільки зразки у вигляді двобічних лопаток за стандартом [ГОСТ 11262], які рекомендується випробувати із застосуванням затискувачів №1233 (рис.3.2, 3.3) та затискувача, що зображений на рис.3.8. Випробування інших зразків починається, як правило, з попередніх (оціночних) опитів, за результатами яких підбирається оптимальний тип затискувача. Як зазначено вище, основними критеріями вибору є: 1) відсутність пошкодження зразка за рахунок взаємодії із затискувачем (руйнування зразка виключно у робочій зоні); 2) якість утримання зразка у затискувачі без будь-якого проковзування у місці закріпленні.

3.3. Пристрої для випробувань зразків на стиск

Випробувальна машина TIRAtest-2151 оснащена набором шарнірних та жорстких платформ для випробувань матеріалів на стиск (рис.3.9, 3.10). Верхні (шарнірні) платформи зображені на рис.3.9а, 3.9б та на рис.3.10 (поз.2). Вони закріплюються на осі динамометра 1 (рис.3.10а) за допомогою штифтів 5 аналогічно затискувачам, що описані вище. Платформи 2 мають в середині кульовий шарнір, який дозволяє платформам встановлюватися у довільному положенні паралельно верхньої площині зразка 3, що компенсує можливу непаралельність протилежних граней зразка - паралелепіпеда або протилежних торців зразка - циліндра.

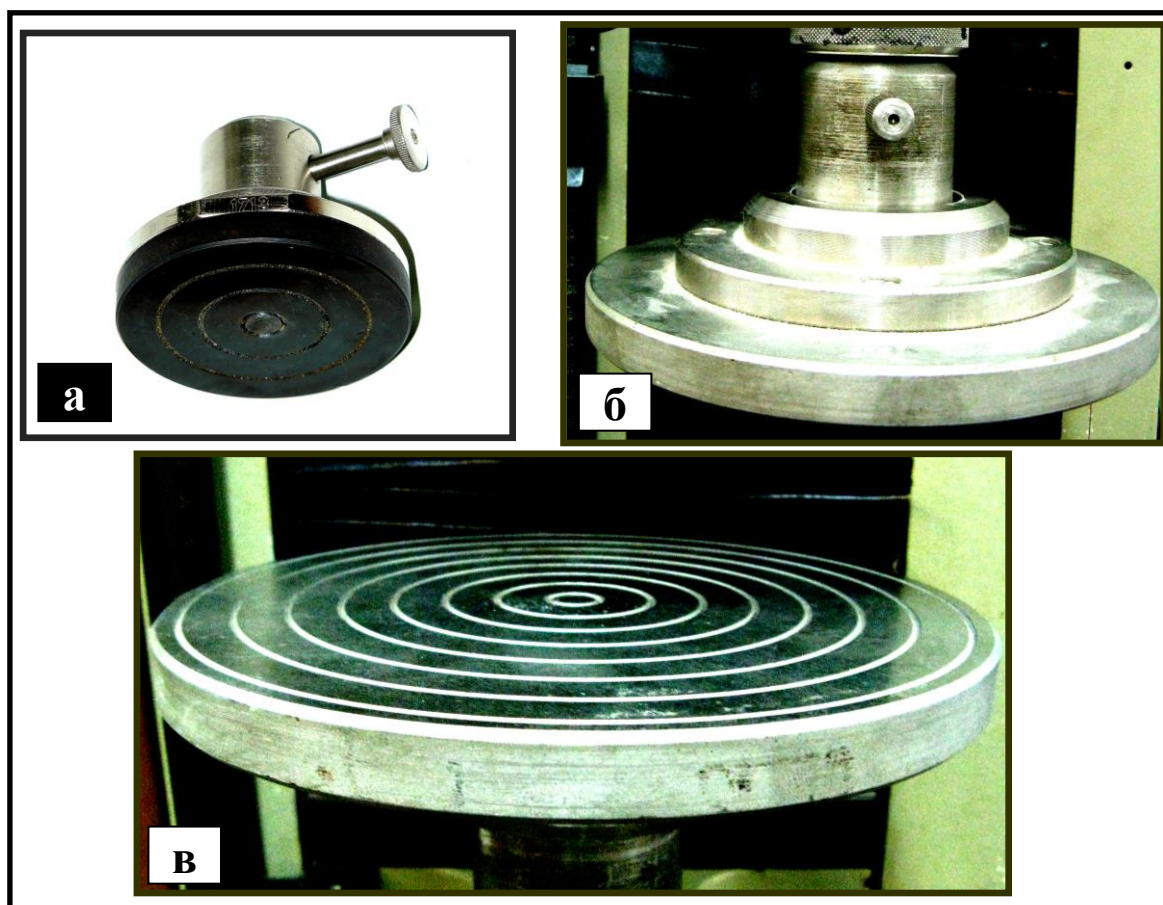


Рис. 3.9. Верхні шарнірні (а, б) та нижня (в) платформи для випробувань жорстких (а) та еластичних (б) матеріалів на стиск

Нижня (жорстка) платформа, що зображена на рис.3.9в та на рис.3.10 (поз.4) встановлюється безпосередньо на рухому траверсу 7 (рис.2.1) випробувальної машини та при переміщенні траверси вгору деформує зразок.

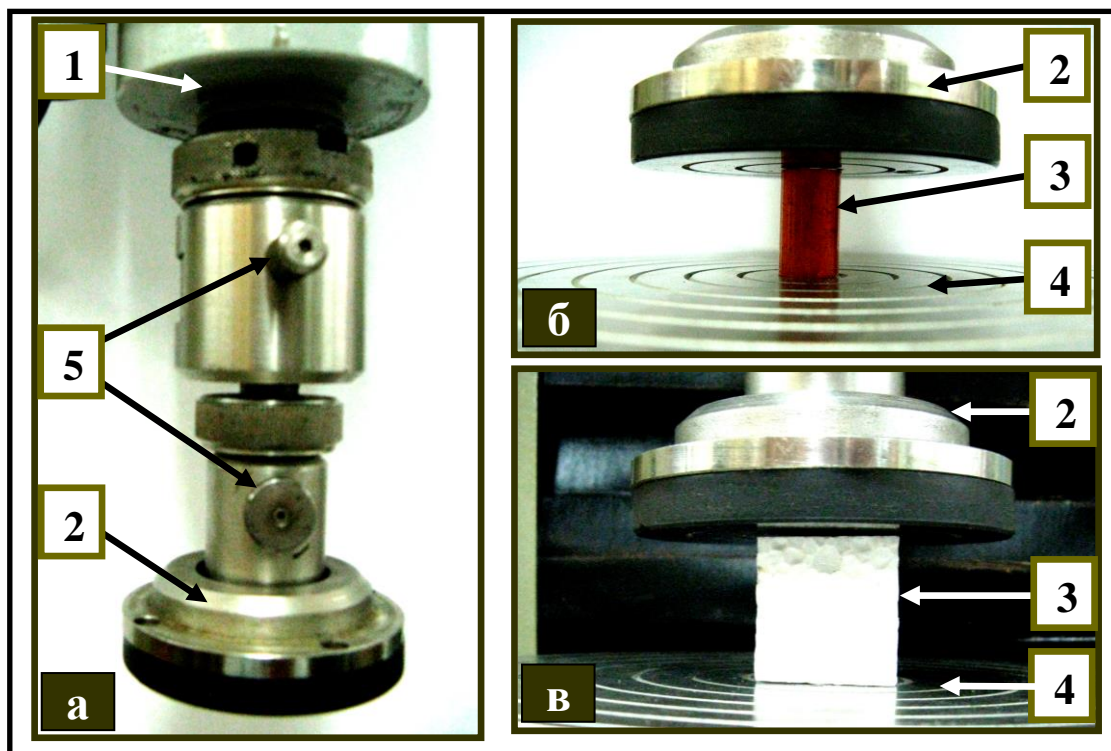


Рис. 3.10. Верхня шарнірна платформа (а), закріплена на динамометрі, зразки з жорсткого (б) та еластичного (в) матеріалів під час випробування на стиск:

1 – динамометр; 2 – верхні платформи; 3 – зразок; 4 – нижня платформа; 5 – штифти для фіксації верхньої платформи.

На рис.3.10б, та 3.10в зображені зразки пластмас, розміщені між верхніми та нижніми опорами, під час випробувань на стиск. При встановлюванні зразків між платформами необхідно звертати, перш за все на те, щоб поздовжня вісь зразка якомога точно збігалася з геометричними центрами платформ. Це необхідно для того, щоб навантаження при стискуванні здійснювалося вздовж поздовжньої осі зразка й при цьому в ньому не виникало би додаткових згинаючих напружень.

В цілому, проведення випробувань на стиск потребує з боку оператора набагато менше часу на етапі підготовки експерименту та при самому випробуванні, ніж при випробуванні на розтяг. З іншого боку, при проведенні випробувань на стиск має місце суттєво менша точність вимірювання деформацій за рахунок застосування набагато коротших зразків (для запобігання втрати стійкості), ніж при розтягу.

3.4. Пристрої для випробувань зразків на згин

Випробування на згин зразків конструкційних пластмас, металів та інших матеріалів проводяться з застосуванням комплекту пристроїв, що зображені на рис.3.11, 3.12.

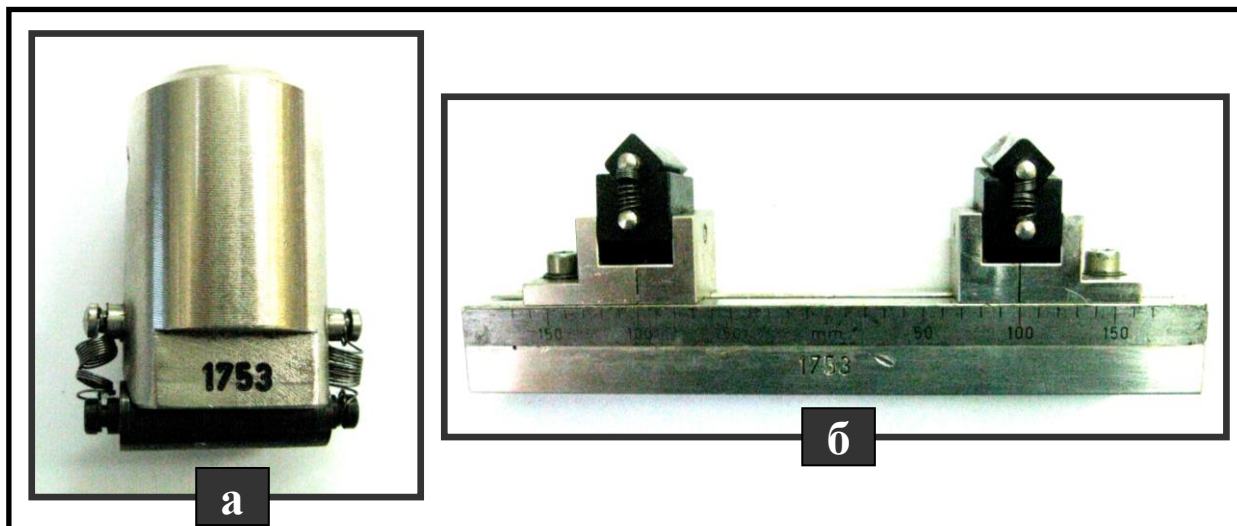


Рис. 3.11. Верхній навантажувальний елемент (а) та пристрій для згинання (б) для випробувань матеріалів на згин

Верхній навантажувальний елемент – індентор окремо зображений на рис.3.11а. Він закріплюється на осі динамометра 1 (рис.3.12а) за допомогою штифтів 7 аналогічно затискувачам, що описано вище. Цей елемент з'єднаний з поперечним стрижнем 3 (рис.3.12) діаметром 10 мм, який при переміщенні вгору пристрою для згинання (рис.3.11б) натискає на зразок 4 (рис.3.12) та створює згинаюче навантаження. Зазначений пристрій встановлений на рухомій траверсі 5 випробувальної машини.

Опори 6 пристрою для згинання мають можливість вільно обертатися навколо осей 7, що дозволяє їм встановлюватися у довільному положенні паралельно нижньої площині зразка 4. Це компенсує можливу непаралельність нижньої та верхньої площин зразка.

При випробуваннях на згин поперечний стрижень 3 можна замінювати на стрижень з іншим діаметром. Радіуси закруглення опор 6 шляхом їх обертання на 90° навколо поздовжньої осі можна змінювати від 0.5 мм до 2.0 мм.

На рис.3.12б та 3.12в зображені зразки пластмас у вигляді брусків, що розміщені між верхнім навантажувальним елементом та нижніми опорами, під час випробувань на згин. При встановлюванні зразків на опори необхідно слідкувати, щоб поздовжня вісь зразка була розташована паралельно довжині пристрою для згинання, а сам зразок лежав посередині нижніх опор. Це необхідно для того, щоб момент сил при згині діяв у головній площині зразка, створюючи у зразку плоский згин.

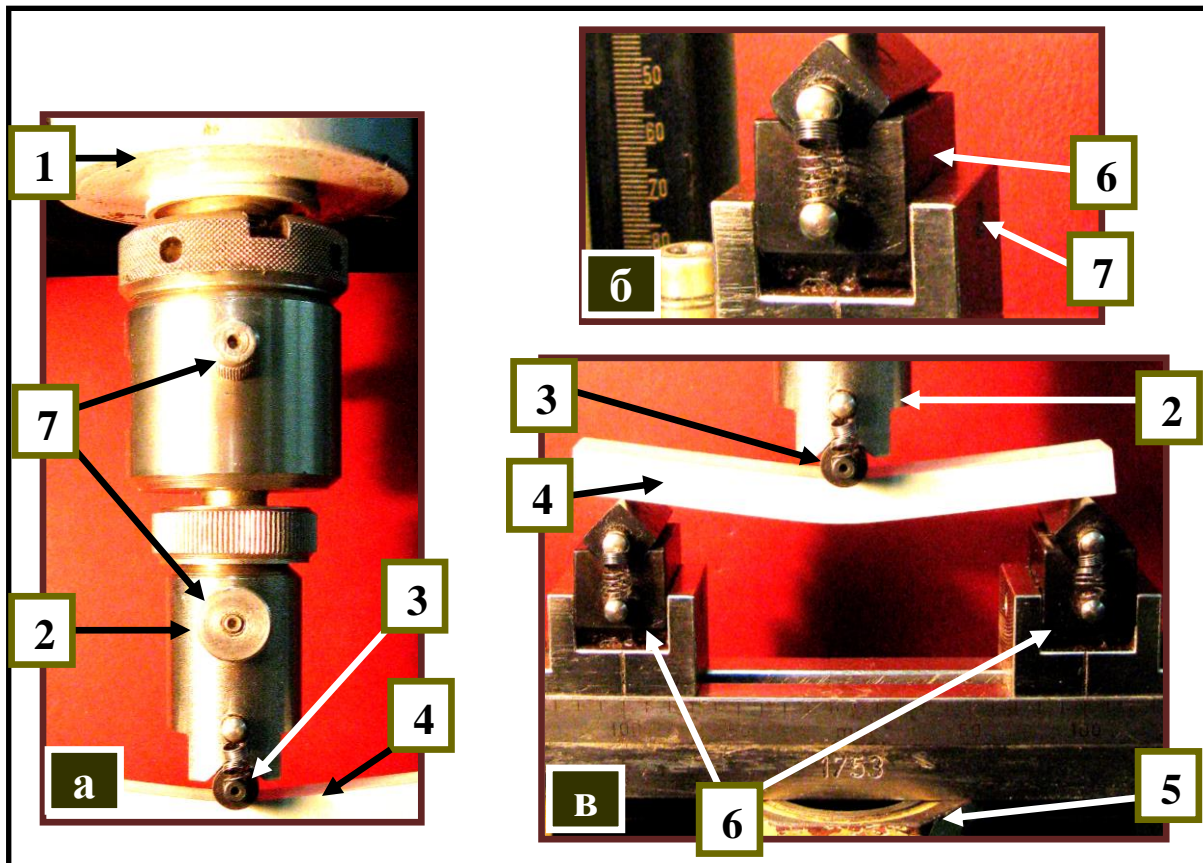


Рис. 3.12. Верхній навантажувальний елемент (а), опора (б) та пристрій для згинання (в) для випробувань матеріалів на згин:

1 – динамометр; 2 – верхній навантажувальний елемент; 3 – поперечний стрижень; 4 – зразок; 5 – рухома траверса; 6 – нижні опори; 7 – штифти для фіксації верхньої платформи.

Випробування зразків матеріалів на згин мають певні переваги перед випробуваннями на розтяг та стиск. Це, в першу чергу, відносно великі величини переміщень й у зв'язку з цим більша загальна точність вимірювання. У той же час при випробуваннях на згин має місце неоднорідний напружений стан зразка й одержані характеристики матеріалу можуть використовуватися лише в пруж-

ній області за умови виконання закону Гука. Випробування на згин можливо розцінювати лише як якісні або порівняльні.

4. Керування режимами випробування

4.1. Пульт керування випробувальною машиною

Пульт керування (поз.1 на рис.2.1) універсальної випробувальної машини **TIRAtest-2151** детально зображений на рис.4.1.

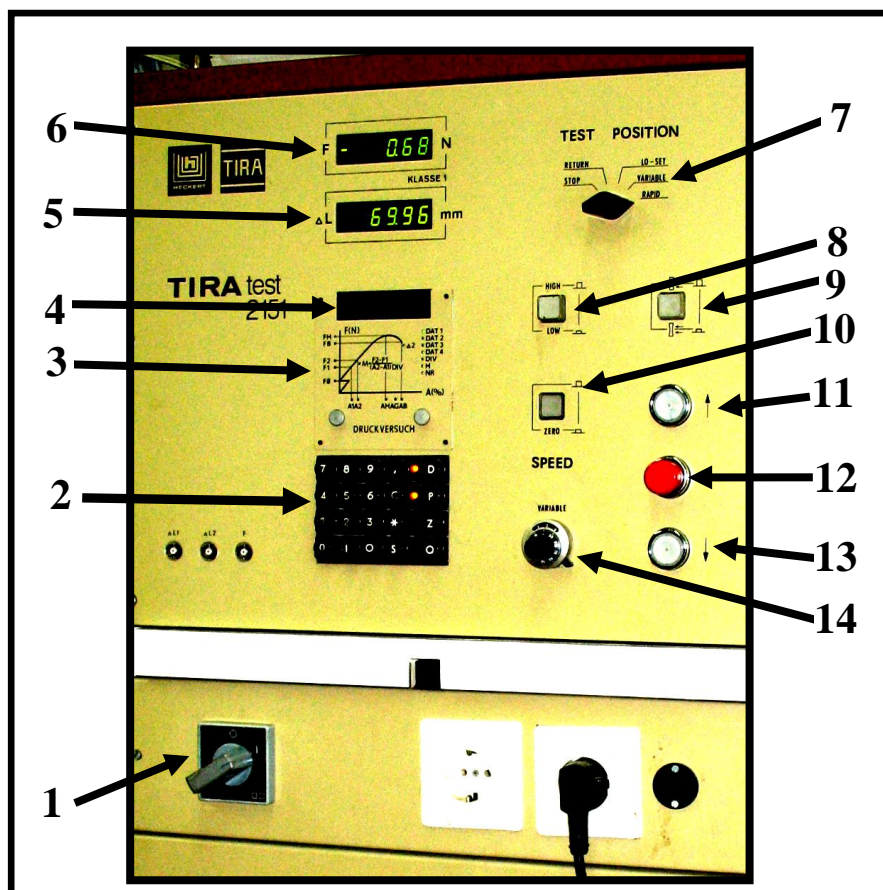


Рис. 4.1. Пульт керування випробувальною машиною TIRAtest-2151:

1 – ручка для вмикання та вимикання випробувальної машини; **2** – клавіатура вводу даних; **3** – програмний шаблон; **4** – табло індикації даних вводу та виводу; **5** – табло індикації деформації ΔL ; **6** – табло індикації сили P ; **7** – перемикач режиму роботи; **8** – клавіша зниження швидкості переміщення рухомого затискувача у 40 разів (при натиснутій клавіші); **9** – клавіша підключення екстензометра; **10** – клавіша ZERO (тимчасова зупинка роботи машини); **11, 13** – клавіші переміщення рухомого затискувача вгору або вниз відповідно; **12** – клавіша зупинки роботи машини; **14** – ручка регулювання швидкості.

Ручкою **1** здійснюється загальне вмикання та вимикання машини. Клавіатура **2** призначена для вводу даних, необхідних для роботи, для виводу даних,

що накопичуються у процесорі під час випробувань, та для керування протоколами випробувань.

За допомогою програмних шаблонів 3, що вибираються у залежності від конкретних цілей випробувань, задаються ті або інші режими роботи машини. Інформація про значення величин, що вводяться у мікропроцесор або утворюються у процесі випробування, поступає на табло індикації даних 4.

На два табло індикації сили 6 та переміщення 5 безперервно поступає інформація про силу P , що прикладена до динамометра (поз.3 на рис.2.1).

Перемикачем 7 (рис.4.1) встановлюються необхідні режими роботи машини, як описано нижче. Натискання клавіші 8 ("**HIGH - LOW**") зменшує швидкість переміщення рухомої траверси 7 (рис.2.1) у 40 разів (при натиснутій клавіші) у порівнянні зі швидкістю, що встановлена ручкою регулювання швидкості 14 (рис. 4.1).

Клавіша 9 керує (у разі необхідності) роботою екстензометрів, що можуть бути підключені до випробувальної машини. Клавішею 10 можна здійснити тимчасову зупинку роботи випробувальної машини із зберіганням усіх введених даних та даних, що знаходяться у мікропроцесорі на даний час. Після відтиснення цієї клавіші робота машини продовжиться.

За допомогою клавіш (кнопок) 11, 12 та 13 здійснюється керування переміщенням робочої траверси ("вгору", "стоп", "вниз" відповідно) та починається (клавіші 11, 12) або припиняється (клавіша 12) в автоматичному режимі.

4.2. Регулювання швидкості переміщення рухомої траверси

Швидкість деформування зразків під час випробувань встановлюють за допомогою регулятора 14 (рис.4.2), що знаходиться на пульті керування та зображений на рис.4.1. Регулятор має дві шкали відліку швидкостей переміщення рухомої траверси: внутрішня шкала з ціною поділки 1 мм/хв (шкала 2 на рис.4.2) та зовнішня шкала з ціною поділки 100 мм/хв (шкала 3).

Таким чином, для встановлення швидкості деформування траверси (швидкості рухомого затискувача) необхідно провести такі дії:

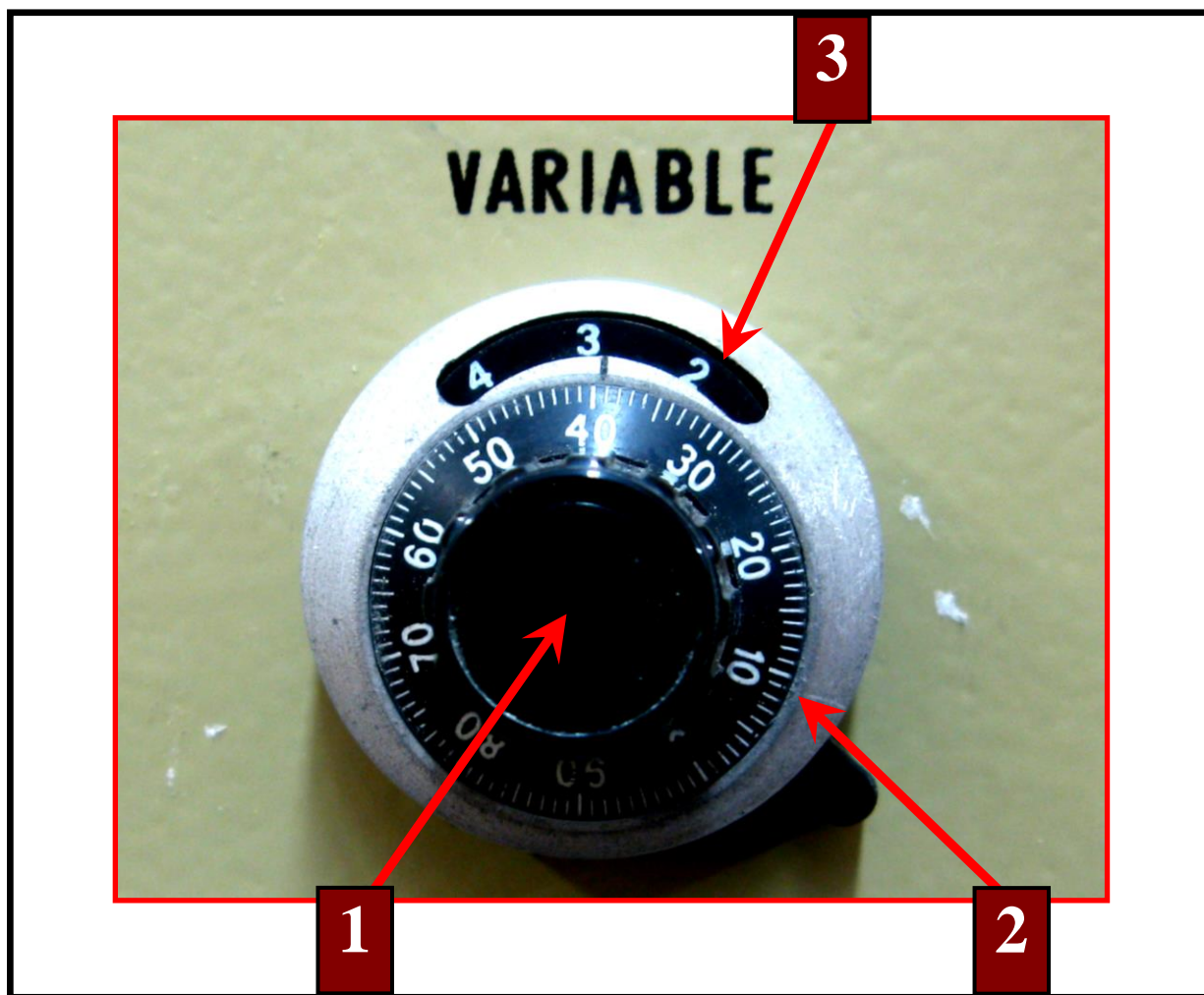


Рис. 4.2. Регулятор швидкості переміщення рухомої траверси випробувальної машини TIRAtest-2151:

1– ручка регулятора; 2 – шкала з ціною поділки 1 мм/хв; 3 – шкала з ціною поділки 100 мм/хв.

– представити значення швидкості у вигляді $V = 100 \cdot A + B$ (мм/хв);

– проти відлікової риски, що нанесена на корпусі регулятора, шляхом обертання ручки 1 розташувати на зовнішній шкалі значення **A**;

– таким же чином розташувати на внутрішній шкалі значення **B**.

Наприклад, необхідна швидкість $V = 250$ мм/хв (**A** = 2, **B** = 50). На зовнішній шкалі встановлюємо значення "2", на внутрішній шкалі – значення "50".

Як зазначено вище, при натисканні клавіші 8 (рис.4.1) швидкість переміщення, що встановлена регулятором, зменшується у 40 разів.

4.3. Перемикач режимів роботи випробувальної машини

Режими роботи машини встановлюються перемикачем (поз.7 на рис.4.1), що знаходиться на пульті керування та зображений на рис.4.3.

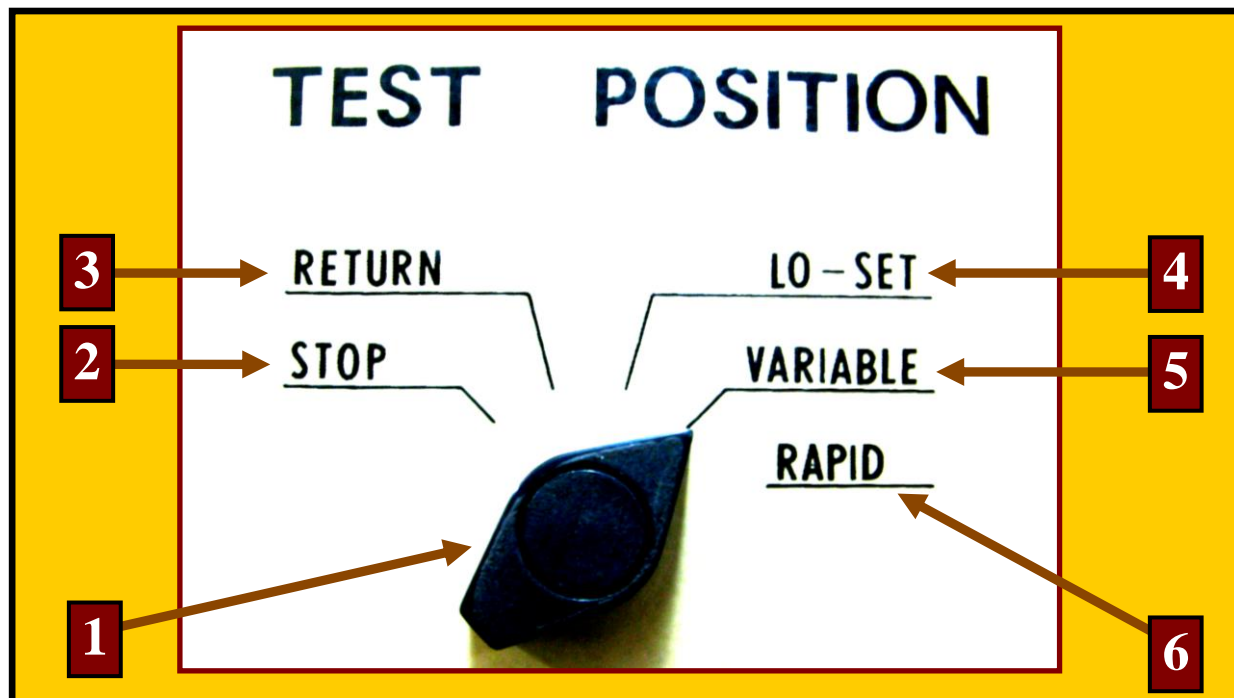


Рис. 4.3. Перемикач режимів роботи машини TIRAtest-2151:

1 – ручка перемикача; 2 – положення (режим) "TEST-STOP"; 3 – положення "TEST-RETURN"; 4 – положення "POSITION-LO-SET"; 5 – положення "POSITION-VARIABLE"; 6 – положення "POSITION-RAPID".

При розташуванні ручки перемикача 1 у лівому положенні (положення "TEST") робота машини відбувається у автоматичних режимах, що здійснюються за допомогою мікропроцесора:

– режим "TEST-STOP" (поз.2 на рис.4.3): після закінчення роботи активний затискувач зупиняється і повертається у вихідне положення лише після натискання клавіш переміщення рухомого затискувача вгору або вниз (поз.11 або 13 на рис.4.1);

– режим "TEST-RETURN" (поз.3 на рис.4.3): після закінчення випробування (наприклад, руйнування зразка) активний затискувач автоматично повертається у вихідне положення з наступним записом діаграми деформування та (або) протоколу випробування.

При розташуванні ручки перемикача 1 у правому положенні (положення **"POSITION"**) робота машини відбувається у мануальних режимах, що здійснюються оператором:

– режим **"POSITION-L0-SET"** (поз.4) – встановлення рухомого затискувача на задану відстань від нерухомого (її потрібно попередньо задати при загальному вводі даних);

– режим **"POSITION-VARIABLE"** (поз.5) – переміщення рухомої траверси із заданою швидкістю (швидкість можливо змінювати у процесі переміщення траверси регулятором (рис.4.2));

– режим **"POSITION-RAPID"** (поз.6) – переміщення траверси з максимальною швидкістю (прискорене встановлення рухомого затискувача).

4.4. Клавіатура вводу даних у пам'ять процесора

Дані у мікропроцесор випробувальної машини вводяться за допомогою клавіатури (поз.2 на рис.4.1), що знаходиться на пульті керування та зображений на рис.4.4.

Клавіатура вводу даних містить такі клавіші:

"0"..."9" – клавіші вводу чисел;

"," – десяткова кома;

C (поз.1 на рис.4.4) – клавіша анулювання неправильно введених даних ;

D (поз. 2) – клавіша включення та виключення друку діаграми (якщо індикатор поблизу клавіші світиться, то діаграму буде надруковано);

P (поз. 3) – включення та виключення друку протоколу (якщо індикатор поблизу клавіші світиться, то протокол буде надруковано);

Z (поз. 4) – друкування сертифіката випробування (результатів статистичної обробки);

Q (поз. 5) – анулювання недійсного випробування (наприклад, зразок вислизнув із затискувача);

"*" (поз. 6) - команда введення даних та їх друкування (подається після набору даних у режимі **"INPUT"** та їх індикації на табло 4, рис.4.1);

I (поз. 9) – клавіша "INPUT" (введення даних);

O (поз. 8) – клавіша "OUTPUT" (виведення даних);

S (поз. 7) – клавіша виділення тих характеристик, для яких потрібно провести статистичну обробку (кількість характеристик для статистичної обробки – не більше 3).

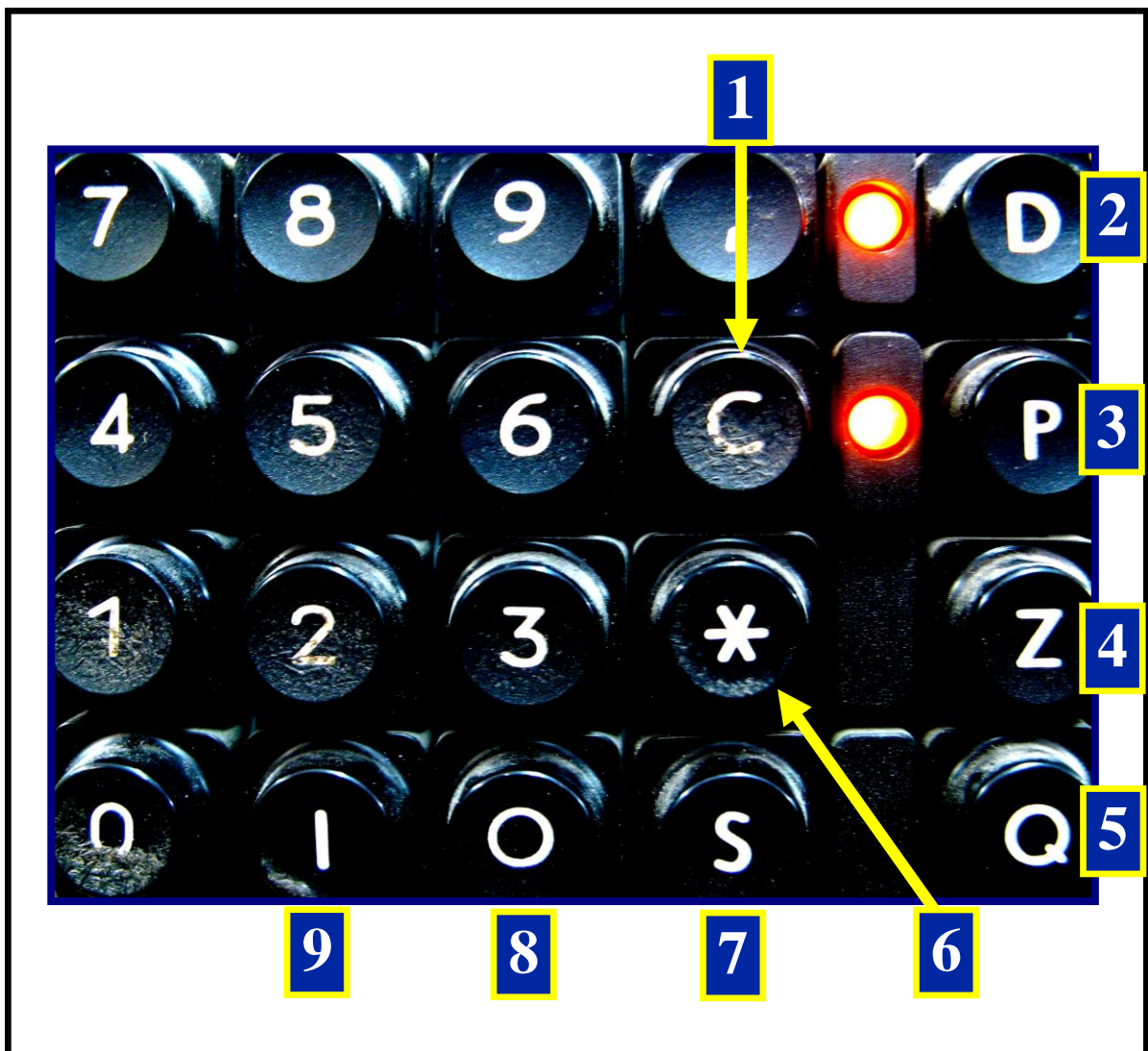


Рис. 4.4. Клавіатура вводу даних випробувальної машини TIRAtest-2151: 1 – анулювання неправильно введених даних; 2 – включення та виключення друку діаграми; 3 – включення та виключення друку протоколу; 4 – друкування сертифіката випробування; 5 – анулювання недійсного випробування; 6 – введення та друкування даних; 7 – виділення тих характеристик, для яких потрібно провести статистичну обробку; 8 – клавіша "OUTPUT" (виведення даних); 9 – клавіша "INPUT" (введення даних).

4.5. Функції програмних шаблонів завдання режиму випробувань

Програмні шаблони дають можливість здійснювати різні режими навантаження та деформування зразків. Для вводу вхідних даних слід виконати такі дії:

1. Відповідний шаблон встановлюється на пульті керування (поз.3 на рис.4.1) та активізується натисканням клавіші введення даних "I" (поз. 9 на рис.4.4).

2. Після натискання клавіші "I" на шаблоні загоряється зелений індикатор напроти параметра, значення якого потрібно ввести за допомогою клавіатури вводу даних у вигляді набору цифр від 0 до 9 (у разі потреби використовується кома).

3. Після набору даних, їх індикації на табло 4 (рис.4.1) та перевірки правильності введення натискається клавіша "*" (поз. 6 на рис.4.4) і дані надходять у мікропроцесор.

4. У разі помилки при введенні, дані видаляються натисканням клавіші "C" (поз. 1) та вводяться повторно.

4. Після вводу автоматично відбувається перехід на наступний параметр.

Коротко порядок введення:

"I" → введення числа → "*" → друкування.

Невірно введені дані анулюються натисненням клавіші "C".

4.5.1. Програма "Druckersuch" (випробування на розтяг - стиск)

Програмний шаблон "Druckersuch" для вводу даних у процесор випробувальної машини TIRAtest-2151 та параметри, що вводять та одержують за його допомогою, зображені на рис. X.7 та X.8. Цей шаблон дає можливість випробувати зразки на розтяг та стиск із заданою швидкістю деформування, проводити розрахунок механічних характеристик зразків та друкувати діаграми деформування і протоколи випробувань.

Введення даних (режим "INPUT", рис. 4.5):

DAT1 ... DAT4 (поз.1) – довільні числа (дата проведення випробування, № випробуваного зразка, № випробування і т.д.);

DIV (поз.2) – площа поперечного перерізу зразка, мм²;

H (поз.3) – робоча довжина зразка, мм;

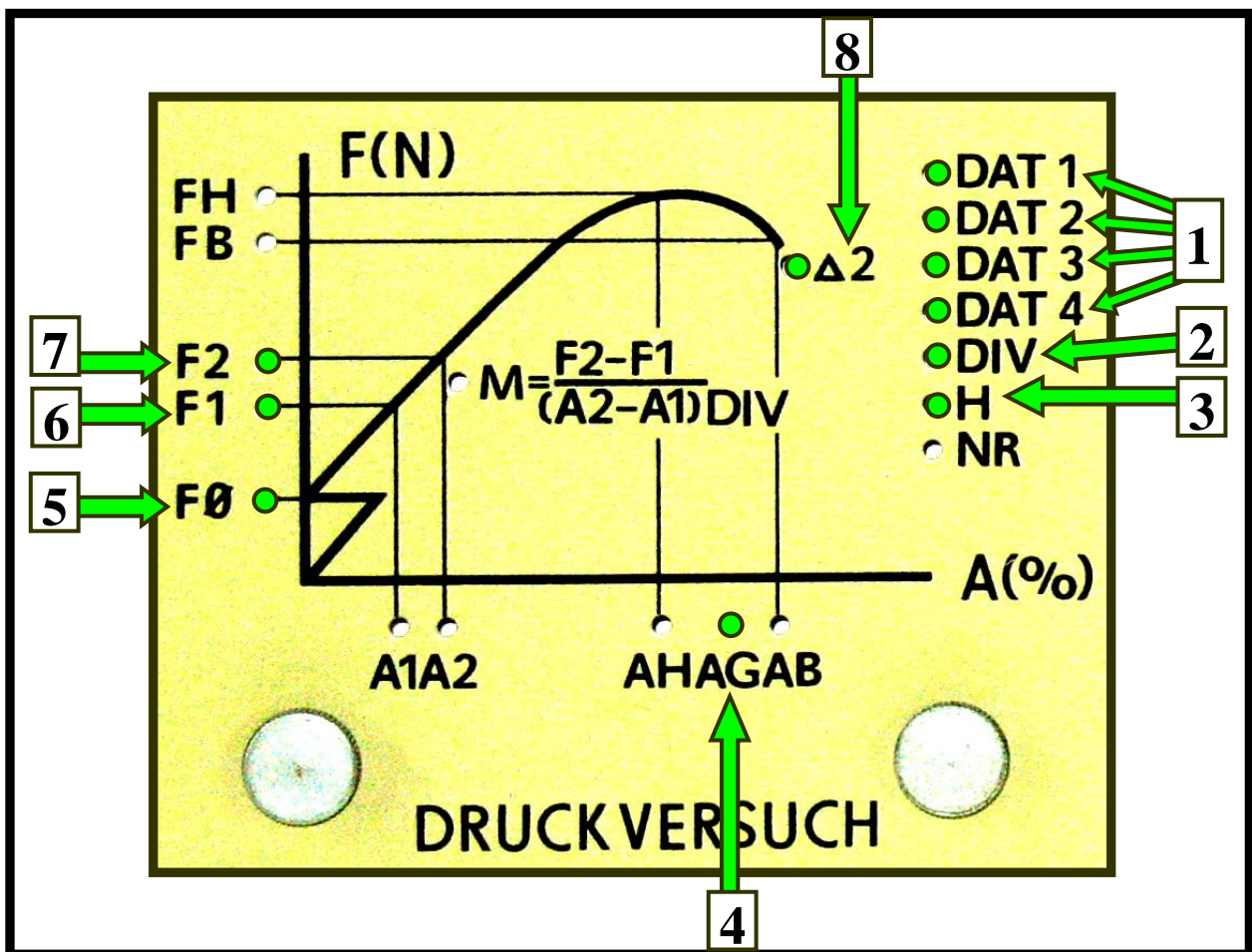


Рис. 4.5. Вхідні дані програмного шаблону "Druckersuch":

1 – довільні числа; 2 – площа поперечного перерізу зразка; 3 – робоча довжина (висота) зразка; 4 – гранична відносна деформація; 5 – початкова сила; 6, 7 – значення сил для визначення модуля пружності; 8 – спад сили.

AG (поз. 4) – гранична відносна деформація, при досягненні якої деформування зразка припиняється, %;

F0 (поз. 5) – сила, з якої починає записуватися діаграма деформування, Н;

F1, F2 (поз. 6, 7) – значення сил для визначення модуля пружності, Н;

Δ2 (поз. 8) – спад сили (Н) для розпізнання процесором моменту розриву зразка.

Виведення даних (режим "OUTPUT", рис. 4.6):

NR (поз.1) – номер випробування;

AB (поз.2) – деформація (%), що відповідає силі **FB**;

AN (поз.3) – деформація (%), що відповідає силі **FH**;

A1, A2 (поз.4 та 5) – деформації (%), що відповідають силам F1 та F2;

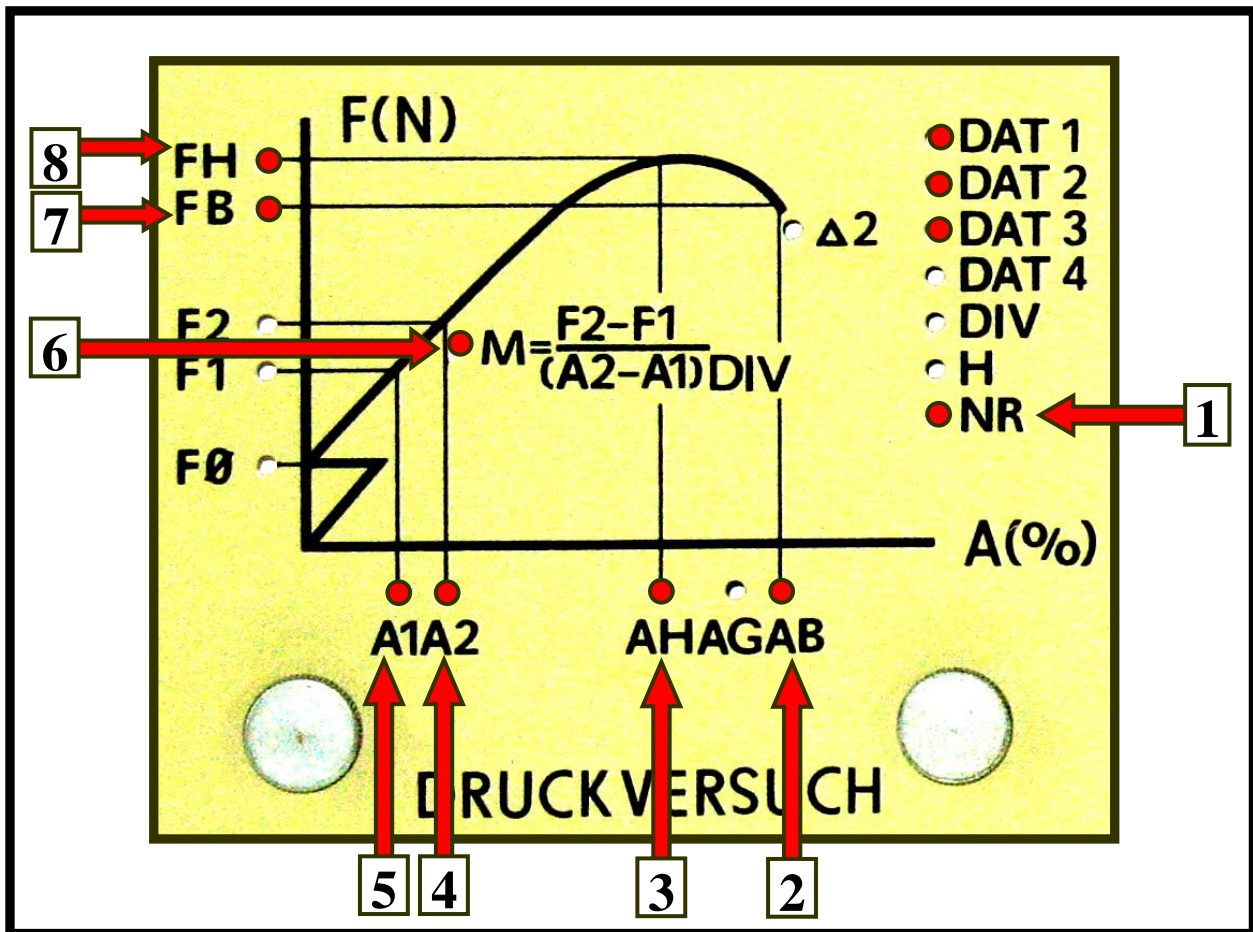


Рис. 4.6. Вихідні дані програмного шаблону "DRUCKERSUCH":

1 – номер випробування; 2, 3 – деформації, що відповідають силам FB та FH; 4, 5 – деформації, що відповідають силам F2 та F1; 6 – модуль пружності; 7 – сила при розриві; 8 – максимальна сила.

M (поз.6) – модуль пружності (МПа), який обчислюється за формулою:

$$M = (F2 - F1) / [(A2 - A1) \cdot DIV]$$

FB (поз.7) – сила при розриві, Н;

FH (поз.8) – максимальна сила, Н;

Ці дані виводяться на папір разом з протоколом або на табло 4 (рис.4.1) при натисненні клавіші "O".

4.5.2. Програма "Zyklische Belastung 1" (циклічне навантаження)

Програмний шаблон "Zyklische Belastung 1" для вводу даних у процесор випробувальної машини TIRAtest-2151 та параметри, що вводять та одержують

за його допомогою, зображені на рис.4.7 та 4.8. За допомогою цього програмного шаблону можливо здійснювати запис кривих повзучості в циклічному та статичному режимах навантаження.

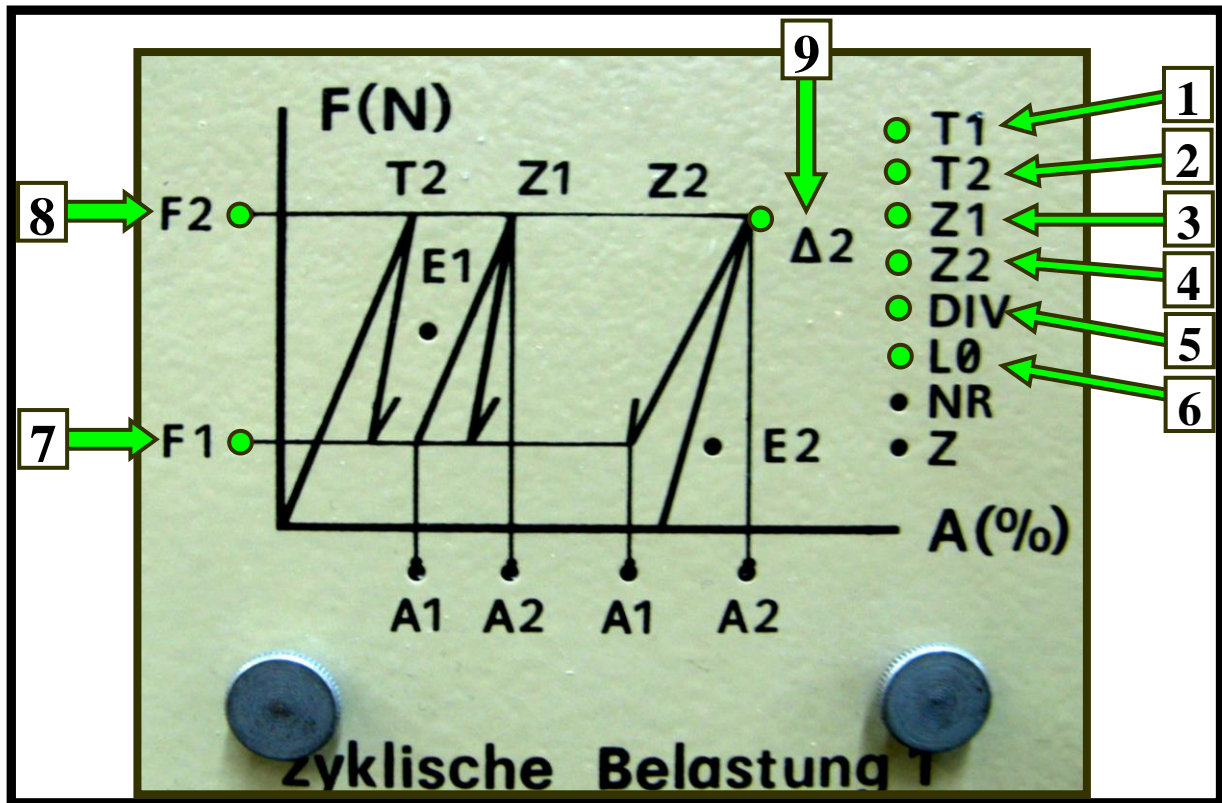


Рис. 4.7. Вхідні дані програмного шаблону "Zyklische Belastung 1":

1, 2 – часи витримки зразка при мінімальному та максимальному навантаженнях F_1 та F_2 ; 3 – число циклів, при якому визначається модуль пружності E_1 ; 4 – загальне число циклів, після досягнення якого випробування припиняється; 5 – площа поперечного перерізу зразка; 6 – робоча довжина зразка; 7, 8 – значення мінімального та максимального навантаження; 9 – спад сили для розпізнання процесором моменту розриву зразка.

Цикл навантаження складається з:

- розтягу зразка з постійною швидкістю до заданого максимального навантаження F_2 ;
- витримки зразка під постійним навантаженням F_2 протягом часу T_2 ;
- розвантаження зразка до заданого мінімального навантаження F_1 ;
- витримки зразка під постійним навантаженням F_1 протягом часу T_1 .

Далі цикли повторюються. Значення видовжень зразків зчитують з таблиці індикації деформації 5 (рис.4.1).

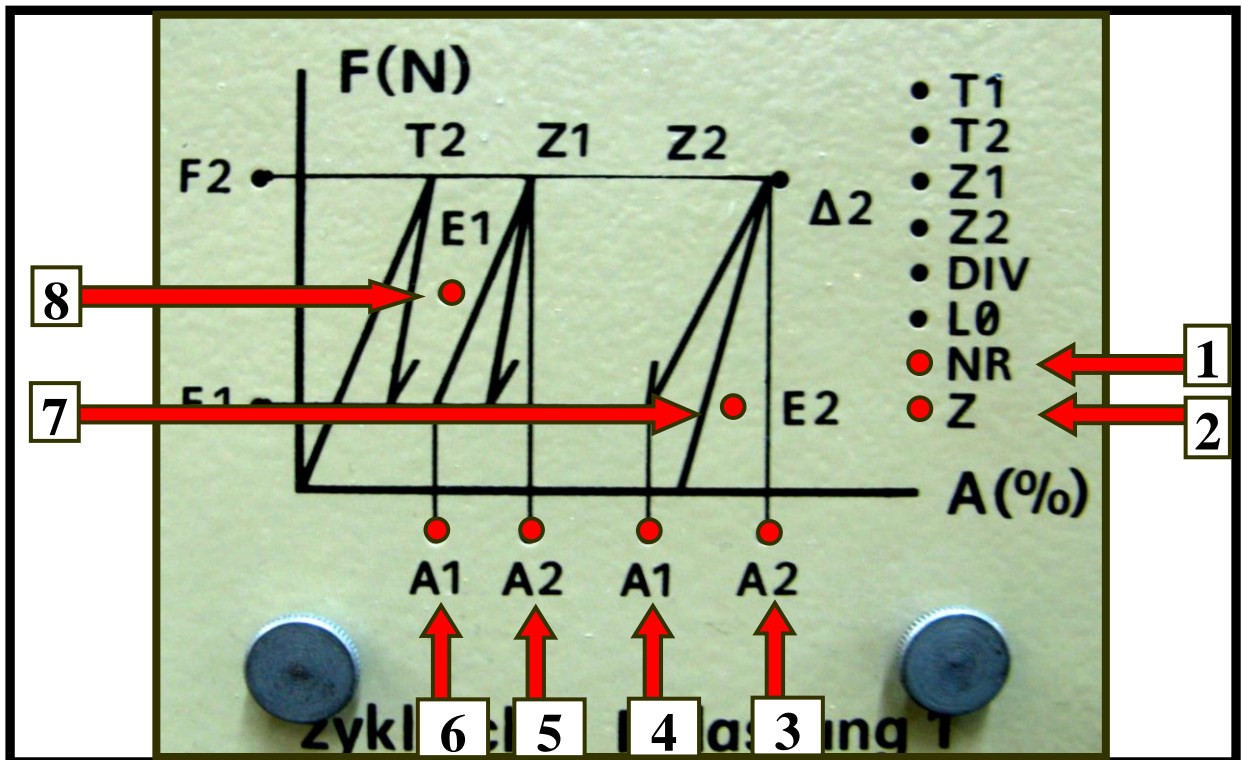


Рис. 4.8. Вихідні дані програмного шаблону "Zyklische Belastung 1":

1 – номер випробування; 2 – загальне число циклів навантаження; 3, 4 – деформації при навантаженнях F_2 та F_1 і числі циклів Z_2 ; 5, 6 – деформації при навантаженнях F_2 та F_1 і числі циклів Z_1 ; 7 – сила при розриві; 8 – максимальна сила.

Введення даних (режим "INPUT", рис. 4.7):

T_1 (поз.1) – час витримки зразка під мінімальним навантаженням F_1 , с;

T_2 (поз.2) – час витримки зразка під максимальним навантаженням F_2 , с;

Z_1 (поз.3) – число циклів, при якому визначається модуль пружності E_1 ;

Z_2 (поз.4) – загальне число циклів, після досягнення якого випробування припиняється (максимальне число циклів не більше 64000);

DIV (поз.5) – площа поперечного перерізу зразка, mm^2 ;

L_0 (поз.6) – робоча довжина зразка, мм;

F_1 (поз.7) – значення мінімального навантаження, Н;

F_2 (поз.8) – значення максимального навантаження, Н;

Δ_2 (поз.9) – спад сили для розпізнання моменту розриву зразка, Н.

Виведення даних (режим "OUTPUT", рис. 4.8):

NR (поз.1) – номер випробування;

Z (поз.2) – загальне число проведених циклів;

A1 (поз.6) – деформація при навантаженні **F1** і числі циклів **Z1**, %;

A2 (поз.5) – деформація при навантаженні **F2** і числі циклів **Z1**, %;

A1 (поз.4) – деформація при навантаженні **F1** і числі циклів **Z2**, %;

A2 (поз.3) – деформація при навантаженні **F2** і числі циклів **Z2**, %;

E1 (поз.8) – модуль пружності матеріалу при числі циклів **Z1**, МПа;

E2 (поз.7) – модуль пружності матеріалу при числі циклів **Z2**, МПа;

Ці дані виводяться на папір разом з протоколом або на табло 4 (рис.4.1) при натисненні клавіші "**O**".

Для проведення випробування на повзучість в статичному режимі, тобто при одноразовому довготривалому навантаженні, приймаємо **Z1 = Z2 = 1**; **T2** дорівнює заданому часу експерименту; **T1** та **F1** вибираємо довільно.

5. Дії оператора при роботі з випробувальною машиною

5.1. Загальний порядок роботи

У табл.5.1 наведено послідовність дій для роботи з випробувальною машиною у різних режимах (розтяг, стиск, згин та циклічне навантаження).

Табл. 5.1

Порядок роботи для випробувань на розтяг та стиск

№ п/п	Дія оператора	Розділи, де описано дію	Рисунки (позиції), що зображують керований елемент
1	Увімкнути випробувальну машину	4.1	4.1 (1)
2	Встановити потрібну швидкість переміщення траверси	4.1 4.2	4.1 (14) 4.2
3	Встановити потрібний програмний шаблон	4.1 4.5	4.1 (3) 4.5 - 4.8
4	За допомогою клавіатури ввести вхідні дані	4.1 4.4	4.1 (2) 4.4
5	Встановити робочу відстань між затискувачами у режимі "POSITION-L0-SET"	4.3	4.1 (7) 4.3 (4)
6	Закріпити зразок у затискувачах	3.2	4.1 (4, 5, 6) 3.2 - 3.7
7	Почати випробування	на розтяг	4.1 (13)
		на стиск або згин	4.1 (11)

Після закінчення випробування повертаємо затискувачі у вихідне положення (клавіша 11, рис.4.1 після випробування на розтяг або клавіша 13 після випробування на стиск та згин).

Пристрій для друкування (рис.2.1, поз.2) здійснює виведення на папір діаграми деформування.

5.2. Описання протоколу випробувань

На рис.5.1 зображено типову діаграму деформування полімерного матеріалу при розтязі. Разом з діаграмою наведено протокол випробування, що друкується випробувальною машиною після переведення затискувачів у вихідне положення.

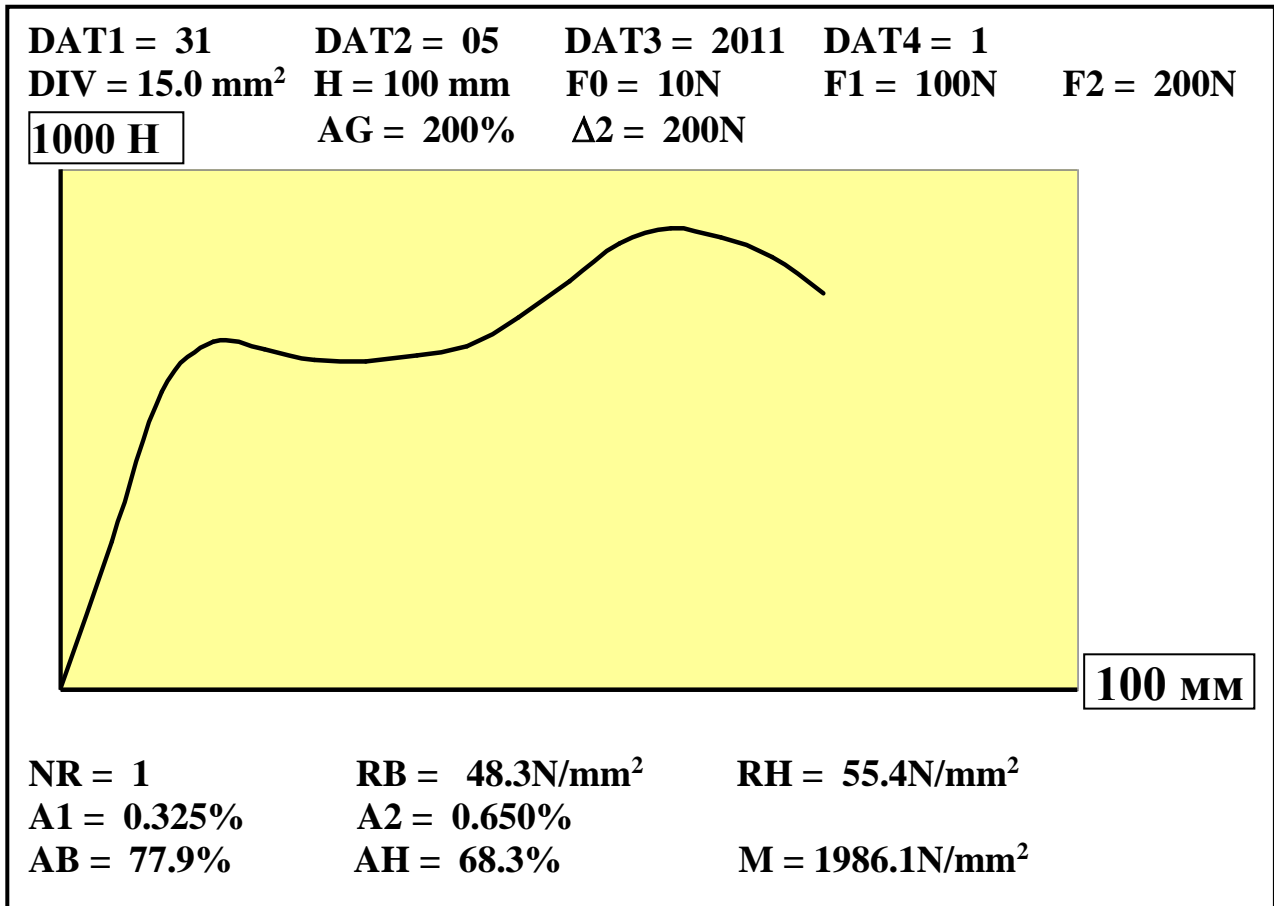


Рис. 5.1. Діаграма деформування та протокол випробування

Дані, що введено: DAT1, DAT2, DAT3, DAT4 – довільні числа; DIV – площа поперечного перерізу зразка; H – робоча довжина зразка; F0 – початкова сила, починаючи з якої починається записування діаграми деформування; F1, F2 – значення сил для визначення модуля пружності; AG – гранична відносна деформація, при досягненні якої деформування зразку припиняється; Δ2 – спад сили для розпізнання процесором моменту розриву зразка.

Дані, що отримано в результаті випробувань: NR – номер випробування; RB – напруження при розриві; RH – максимальне напруження; A1, A2 – деформації, що відповідають силам F1 та F2; AB – деформація, що відповідає силі FB; AN – деформація, що відповідає силі FN; M – модуль пружності.

В цьому випадку випробування вхідні дані мають такі значення:

DAT1 = 31, **DAT2** = 05, **DAT3** = 2011 – випробування було проведено 31 травня 2011 року; **DAT4** = 1 – № зразка 1;

DIV = 15.0 mm² – площа поперечного перерізу зразка;

H = 100 mm - робоча довжина зразка;

F0 = 10 N – початкова сила запису діаграми деформування;

F1 = 100 N, **F2** = 200 – значення сили для визначення модуля пружності;

AG = 200% – гранична відносна деформація для припинення розтягу;

Δ2 = 200 N – спад сили для розпізнання розриву зразка.

В результаті випробування отримано такі данні:

NR = 1 – номер випробування;

RB = 48.3 N/mm² – напруження при розриві;

RH = 55.4 N/mm² – максимальне напруження;

A1 = 0.0703 %, **A2** = 0.4821 % – деформації, що відповідають введеним значенням сил **F1** та **F2**;

AB = 77.9 % – деформація, що відповідає значенню сили при розриві;

AH = 68.3 % – деформація, що відповідає максимальному значенню сили;

M = 1986.1 N/mm² – модуль пружності.

Кінцевий протокол випробувань складається виконувачем роботи (оператором) відповідно до діючих стандартів [12]. Він оформлюється на аркушах паперу формату А4 (210 x 297 мм). Схеми та графіки виконуються на міліметровому папері того ж формату. До розрахункових робіт, виконаних на ЕОМ, додаються програми і результати розрахунків у друкованому вигляді. Всі фізичні величини, що зустрічаються в роботі, повинні бути виражені в міжнародній системі одиниць SI.

У кожному протоколі обов'язково повинні бути відображені так відомості:

1. Назва та мета роботи.
2. Прилади та обладнання, що використовуються.
3. Режими випробування (швидкість навантаження, температура, час випробування та ін.)
4. Назва випробуваного матеріалу (або матеріалів), його марка або шифр.

5. Тип і розміри зразків.

6. Стислий опис методики проведення випробувань.

7. Таблиці із заголовками, в яких подаються виміряні або обчислені величини, їх розмірності та результати статистичної обробки за стандартом [12].

8. Графіки із зазначенням на координатних осях величин, що відбиваються, та їх розмірностей. Під кожним графіком повинен бути пояснюючий підпис (назва матеріалів, стислий опис досліджуваних процесів, умови випробовувань та ін.)

9. Описання методів розрахунку, формули та результати розрахунків.

10. У разі необхідності (за вимогою керівника роботи) надаються стислі відомості про випробувані матеріали:

клас матеріалу (лінійний, сітчастий, наповнений тощо);

фазовий стан (кристалічний, аморфний, частково-кристалічний);

фізичний стан (склоподібний, вискоеластичний та ін.);

галузі застосування;

методи отримання, режими обробки;

довідкові дані (границя міцності, максимальне видовження, модуль пружності, ударна в'язкість, температурні характеристики, густина, твердість та ін.)

11. Висновки (тлумачення) за проведеною роботою.

Зразок кінцевого протоколу випробувань наведено в Додатку.

Література

1. Испытательная техника: Справочник. В 2-х кн./ Под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 1982 – Кн.1. – 528 с., – Кн.2. – 560 с.
2. Шидловський М.С. Шпак Д.Ю. Практикум з лабораторних робіт з дисципліни "Нові матеріали". Частина 1. "Міцність і деформування полімерних та композиційних матеріалів при короткочасному навантаженні" Для студентів спеціальності "Динаміка та міцність машин" -К.: НТУУ «КПІ», 2009.-37 с.
3. Шидловський М.С., Шпак Д.Ю. Практикум з лабораторних робіт з дисципліни "Нові матеріали". Частина II. "В'язкопружні властивості полімерних та композиційних матеріалів при тривалому навантаженні". Для студентів спеціальності "Динаміка та міцність машин" - К.: НТУУ "КПІ", 2009. - 45 с.
4. Шидловський М.С. Журнал лабораторних робіт з дисципліни "Нові матеріали". Для студентів спеціальності "Динаміка та міцність машин" - К.: НТУУ "КПІ", 2009 р. -53 с.
5. ГОСТ 20480-75. Требования к испытательным машинам.
6. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение.
7. ГОСТ 4648-71. Пластмассы. Метод испытаний на статический изгиб.
8. ГОСТ 4651-78. Пластмассы. Метод испытания на сжатие.
9. ГОСТ 7762-74. Машины разрывные для испытаний резины и резиноканевых материалов.
10. ГОСТ 270-75. Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении.
11. ГОСТ 14236-81. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение.
12. ГОСТ 14359-69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования.