

СХЕМОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПРИ РЕНОВАЦІЇ ВИПРОБУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Алексенко В. Л., старший викладач кафедри транспортних технологій та механічної інженерії, Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна, e-mail: aleksenko.vl.1944@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4472-0934;

Юренин К. Ю., старший викладач кафедри транспортних технологій та механічної інженерії, Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна, e-mail: kurr_87@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3687-6023;

Татарінцева Ю. Г., старший викладач кафедри транспортних технологій та механічної інженерії, Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна, e-mail: tatarintseva.yuliia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8865-4126;

Фостик П. П., стажер-дослідник кафедри транспортних технологій та механічної інженерії, Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна, e-mail: defold.fp@gmail.com, ORCID: 0009-0000-8418-0827;

Васильченко Г. Ю., к.п.н., доцент кафедри транспортних технологій та механічної інженерії, Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна, e-mail: vasilchenkogenadii@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8320-4441;

Знамеровська Н. П., к.п.н., доцент кафедри транспортних технологій та механічної інженерії, Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна, e-mail: znamer0499995@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5444-6556;

Онишко Д. М., старший викладач кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна, e-mail: onushkodn@gmail.com, ORCID: 0009-0005-8394-3091.

У статті відмічається, що за останні півтора століття у галузі створення приладів для визначення фізико-механічних властивостей матеріалів сформовано основні конструктивні схеми машин для випробування зразків матеріалів. Силова частина цих машин не зазнала принципових змін, проте застосовуваний суто механічний спосіб реєстрації зусиль і деформацій в даний час замінюється на електричні методи вимірювання неелектричних величин. Значна частина обладнання у виробничих, дослідницьких та навчальних лабораторіях випущена у другій половині 20 століття і робота їх механізмів цілком задовольняє сучасні вимоги. Останнє створює умови економічної доцільності щодо його модернізації з урахуванням сучасних засобів вимірів і комп'ютерної обробки даних.

Дослідно-конструкторська робота, що розглядається, вирішує завдання схемотехнічної модернізації обладнання науково-дослідної лабораторії Полімерних композитних матеріалів у суднобудуванні Херсонської державної морської академії та створення програмного забезпечення для попередньої обробки даних з використанням комп'ютерної та інженерної графіки. Механічний ресурс випробувальних машин лабораторії виробництва 60-х років добре зберігся і доробок потребують лише вимірювальні системи. Враховуючи зростання вимог національних та міжнародних стандартів щодо контролю якості продукції та відтак точності засобів вимірювань, на сучасній елементній базі розроблено схемотехнічні рішення: тензометричного силовимірювача; вимірювача деформацій; електричного приводу пристрою, що навантажує. Створено комплекс програм для обробки та графічної інтерпретації результатів вимірювань, у тому числі спеціалізоване програмне забезпечення для обробки результатів випробування зразків матеріалів на чистий вигин, що дозволяє компенсувати систематичну похибку нуля силовимірювача навантажувального пристрою.

Ключові слова: опір матеріалів; випробувальні машини; зразки матеріалів; засоби вимірювання; реновація; модернізація; економічна доцільність; програмне забезпечення; комп'ютерна та інженерна графіка.

DOI: 10.33815/2313-4763.2024.1.28.093-103

Вступ. У процесі науково-технічного прогресу окремі напрями технічної механіки досягли певної міри завершеності та, у межах своїх можливостей, продовжують успішно застосовуватися інженерами. Зокрема, рішення одновірної задачі теорії пружності методами опору матеріалів цінуються та успішно використовуються конструкторами і технологами

незважаючи на розвиток сучасних чисельних методів та необхідність перед запуском виробу в серію проводити великий обсяг робіт з експериментального доведення [1].

У галузі створення приладів для визначення фізико-механічних властивостей матеріалів також сформовано основні конструктивні схеми машин для випробування зразків матеріалів на розтягування-стискання, кручення та вигин.



Рисунок 1 – Еволюція випробувальних машин

На рис. 1а представлена розривна машина останньої третини 19 століття конструкції О. Мора, що «жорстко задає деформацію» зразка за допомогою одного силового гвинта і пасового приводу від валу трансмісії [2].

На малюнках 1б і 1в зображені сучасні одностійкові та двостійкові електромеханічні розривні машини китайського виробництва [3].

Силова частина цих машин за останні півтора століття не зазнала принципових змін, проте суто механічний спосіб реєстрації зусиль та деформацій при випробуванні зразків у першому випадку, нині замінений на електричні методи вимірювання неелектричних величин. Аналогічна ситуація склалася із гідравлічними випробувальними машинами. Слід також враховувати, що більшу частину витрат на виробництво електромеханічних і гідравлічних випробувальних машин припадає саме на їх механічну частину. Крім того, значна частина такого обладнання у виробничих, дослідницьких та навчальних лабораторіях випущена у другій половині 20 століття і робота їх механізмів цілком задовольняє сучасні вимоги. Останнє створило умови економічної доцільності модернізації цього устаткування з урахуванням сучасних засобів вимірювання та комп'ютерної обробки даних [4].

Постановка проблеми. У даний час багато видів випробувального обладнання, що експлуатується на підприємствах та в науково-дослідних лабораторіях, втрачають експлуатаційні властивості внаслідок фізичного та морального зносу [5]. Крім того, зростають вимоги національних та міжнародних стандартів до контролю якості продукції та відповідно до точності засобів вимірювань (табл. 1).

Таблиця 1 – Вимоги до випробувального обладнання

Стандарт	Гранична похибка виміру не більш, %	
	зусилля	деформації
ГОСТ 28840	±1	±2
ISO 6892-1	±1	±1
ASTM E4 ASTM E8/E8M	±1	±0,5

Вимоги стандартів можуть бути задоволені шляхом закупівлі відповідного обладнання. Однак такий варіант є дуже витратним, а можливість придбання потрібного обладнання найчастіше відсутня. В останньому випадку модернізація існуючого обладнання

є оптимальним та ефективним рішенням. Оскільки механічний ресурс вітчизняних випробувальних машин з часом добре зберігається, то доопрацювання потребують лише вимірвальні системи.

Такі доопрацювання базуються здебільшого на електричних методах вимірювання неелектричних величин з подальшою комп'ютерною обробкою, доповненою графічним представленням результатів.

Тому основною проблемою, що вирішується у цій статті, є модернізація обладнання лабораторії з використанням схмотехнічних рішень на сучасній елементній базі, а також спеціалізованого програмного забезпечення та механічних пристроїв.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зазначена вище проблема модернізації існуючого парку обладнання для дослідження фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів та захисних покриттів, а також програмного забезпечення для обробки результатів вимірювань широко обговорюється у відповідному інформаційному секторі. Робиться висновок про економічну доцільність такої модернізації та надаються комерційні пропозиції на виконання відповідних дослідно-конструкторських та виробничих робіт [5–9].

Мета дослідження – вирішення схмотехнічних завдань модернізації обладнання науково-дослідної лабораторії полімерних композитних матеріалів у суднобудуванні Херсонської державної морської академії (далі лабораторія ПКМС ХДМА) та створення програмного забезпечення для попередньої обробки даних з використанням комп'ютерної та інженерної графіки.

Основний зміст. Нижче розглядаються деякі схмотехнічні рішення, розроблені та впроваджені при реновації обладнання лабораторії ПКМС ХДМА.

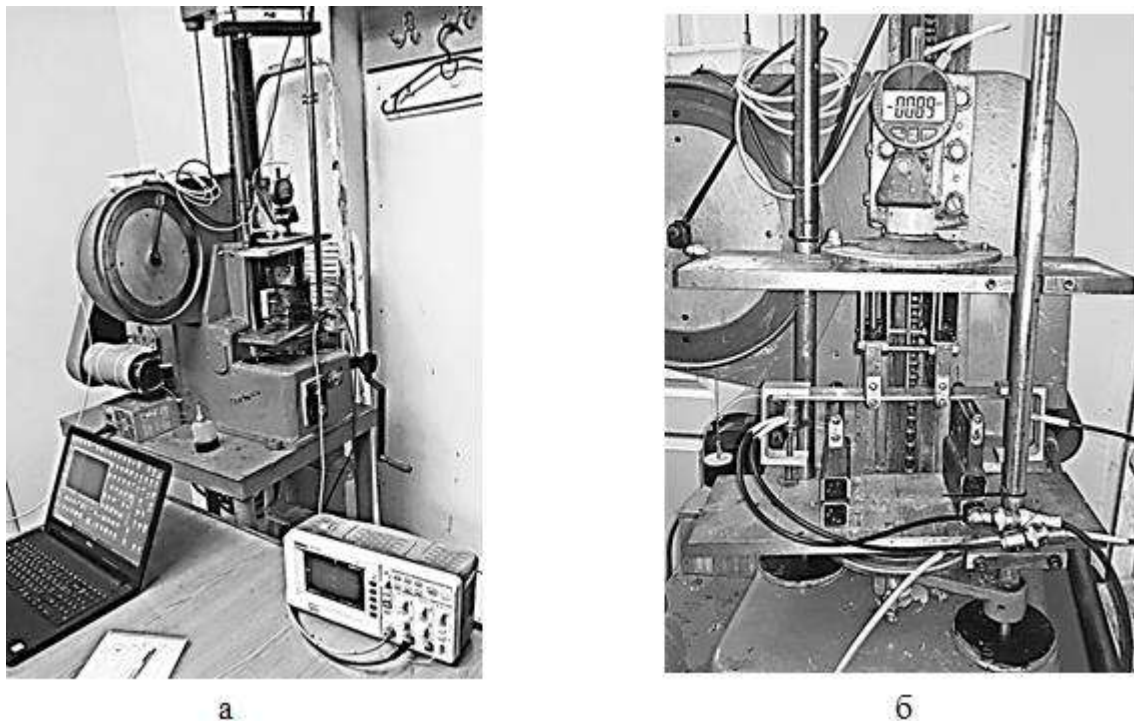


Рисунок 2 – Машина МИП-100 із пристосуванням для випробування зразків на чистий згин (патент на корисну модель UA 140422 від 25.02.2020): а) загальний вигляд; б) із встановленим зразком

Зокрема, машина для випробування пружин МИП-100 (рис. 2), дообладнана для механічних випробувань зразків матеріалів на чистий (чотирьохточковий) вигин навантажуючою рухомою та опорною нерухомою траверсами. Кожна траверса має пару пересувних шарнірних опор. Механізм приводу рухомої траверси містить додатковий імпульсний блок живлення, кроковий двигун та планетарний редуктор. Цей пристрій забезпечує широкий діапазон швидкостей навантаження.

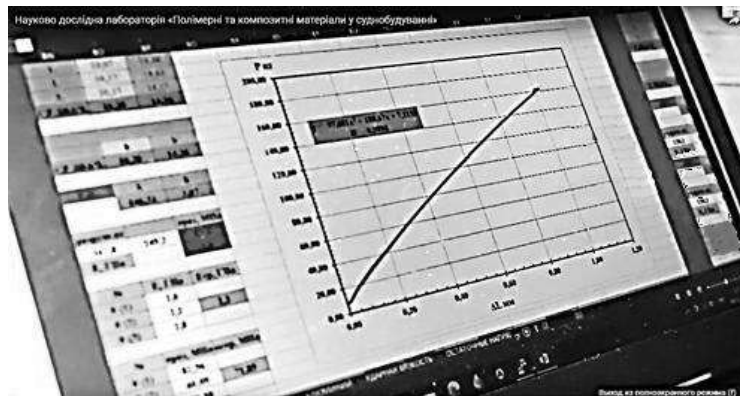


Рисунок 3 – Графічне відображення результатів випробування зразка

Вимірювальна система обладнана автоматизованим патентованим [10] пристроєм для визначення механічних характеристик зразків матеріалів і містить: тензометричний силовимірювач; таймер відліку часу; цифровий індикатор прогину; інформаційний блок; блок обробки аналогових сигналів, а також канали відображення та аналізу інформації із застосуванням комп'ютерної й інженерної графіки (рис. 3).

Для підвищення точності механічних випробувань конструкційних матеріалів розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для обробки методом найменших квадратів результатів випробування зразків на чистий вигин, що має такі переваги:

- програма, написана поширеною мовою високого рівня Pascal ABC, пропонується у вихідних кодах, забезпечена вичерпними коментарями і дозволяє рядовим користувачам проводити її подальші модифікації;
- алгоритм забезпечує компенсацію систематичної похибки установки нуля силовимірювача пристрою, що навантажує [11].

На рис. 4 представлена підсумкова блок-схема додаткового обладнання для реновації машини МИП-100.

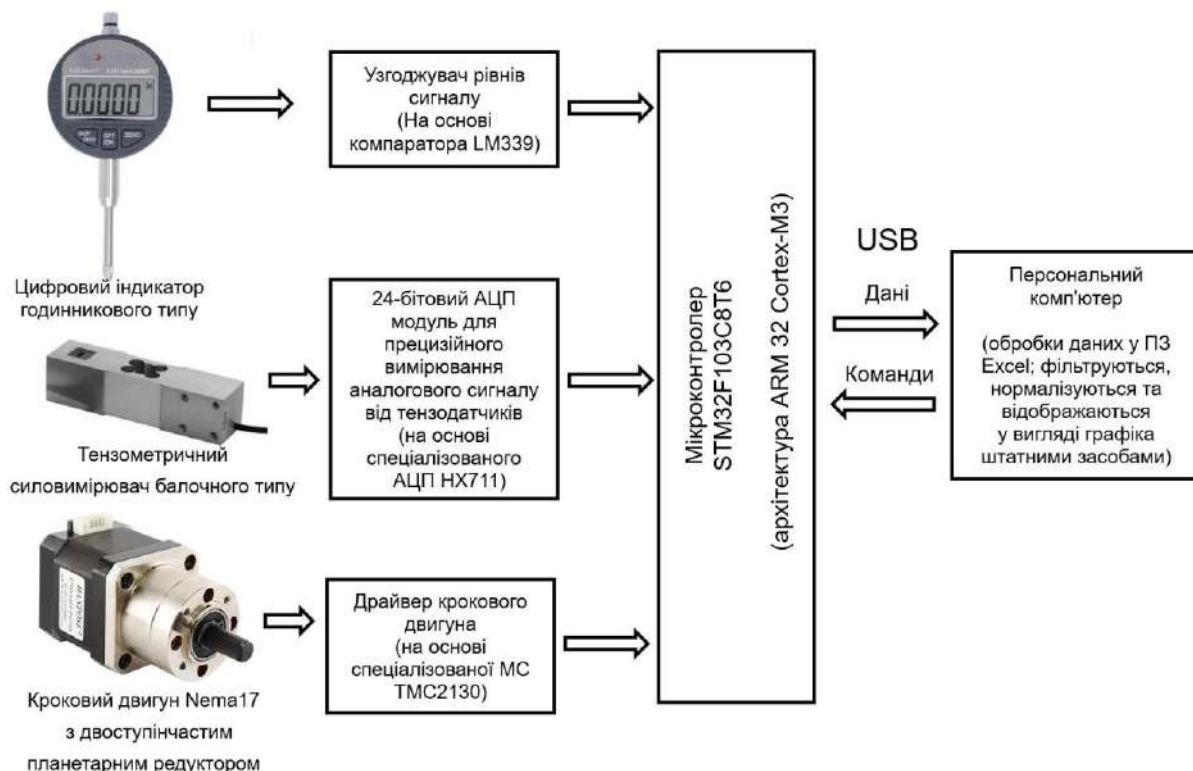


Рисунок 4 – Блок-схема реновації машини МИП-100 для випробування зразків на чистий згин

Нижче наведено схемотехнічні рішення для компонентів, що забезпечують процес вимірювань.

1. На рисунку 5 представлено підключення за 4-х провідною схемою силовимірювача на базі консольного тензодатчика SP5 [12].

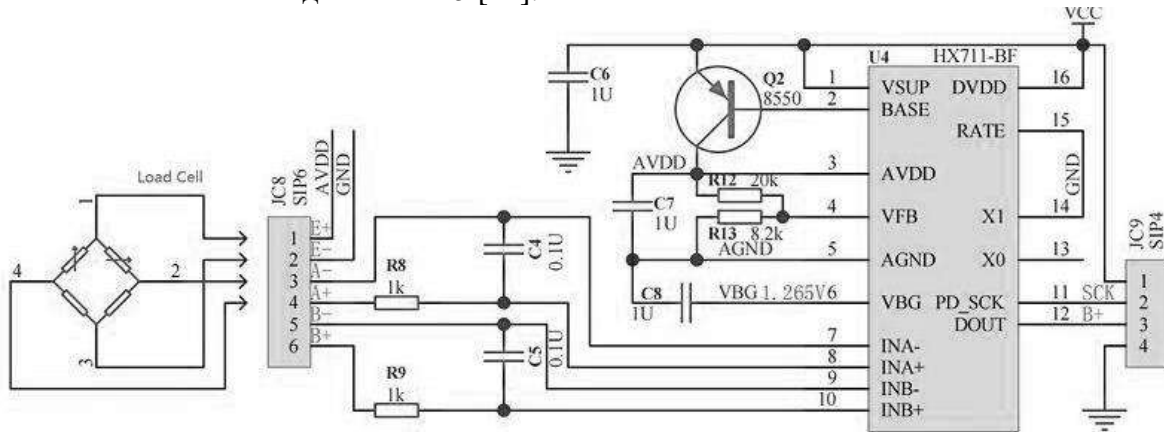


Рисунок 5 – Підключення тензодатчика SP5 з межею зважування – 250 кгс, класу точності – С3 через АЦП

2. Для вимірювання деформацій використано цифровий індикатор годинникового типу (ІЛТ) ClockwiseTools DITR-0105 [13], показаний на рис. 4. Прилад має РКІ для відображення результатів вимірювання та послідовний інтерфейс для виведення даних. У процесі роботи з'ясувалося, що вихідний порт має три лінії – землю GRND, лінію даних DT та лінію синхронізації CLK. Стало зрозуміло, що для передачі цієї інформації в мікроконтролер (МК) необхідно перетворити нестандартні рівні вихідних сигналів індикатора (низький – 0 В, високий – 1.5 В) на рівні ТТЛ (Транзисторно-транзисторної логіки). Проблема була вирішена за допомогою перетворювача рівнів, який формує сигнали ТТЛ для подачі їх на цифрові входи МК.

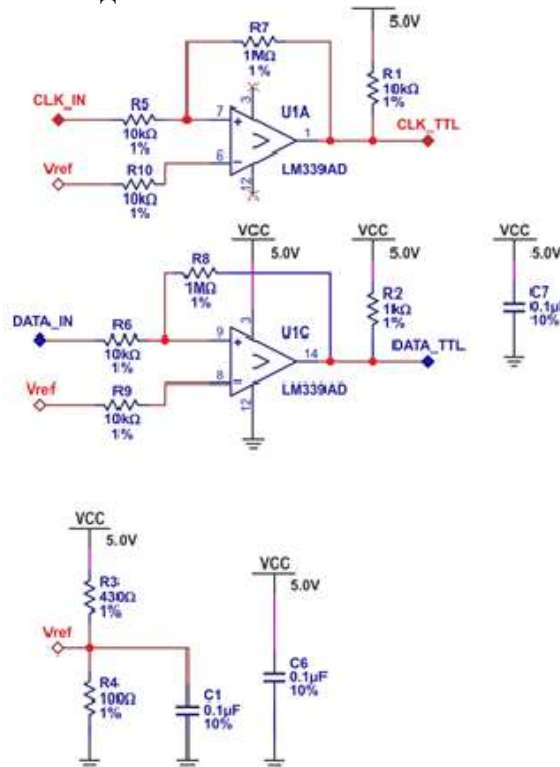


Рисунок 6 – Схема аналогової частини

Зупинимось докладніше на перетворювачі рівнів. Як зазначалося вище, вхідні сигнали мають рівні 0 і 1.5 В. Для формування сигналів ТТЛ рівня була застосована схема на основі компаратора LM339 (використовувалися два канали з чотирьох) (рис. 6). Один канал обробляє сигнал DT, другий – CLK. Принцип роботи схеми простий – на негативні входи

обох компараторів подається опорне напруження величиною приблизно +1 В. На позитивні входи надходять сигнали з ІЧТ. Виходи компаратора повторюють зміни входних сигналів, але з рівнями ТТЛ. Ці вихідні сигнали ТТЛ подаються на цифрові входи МК [14].

3. Електромеханічний привід навантажувального пристрою включає імпульсний блок живлення та кроковий двигун Nema17 [15] з двоступінчастим планетарним редуктором (рис. 4), що замінює штатний трифазний.

4. Програмне забезпечення обробки та графічної інтерпретації результатів вимірювань.

Дані передаються для подальшої обробки у комп'ютерну програму Excel, де фільтруються, нормалізуються та відображаються у вигляді графіка штатними засобами (рис. 3). Остаточна обробка результатів вимірів ведеться з використанням програми [4].

Особливості реновації універсальної випробувальної машини УМ-5.

Однією з основних проблем при випробуванні зразків матеріалів на стиск є забезпечення стійкості форми пружної рівноваги, що обмежує їхню відносну довжину.

При випробуванні на розтяг виникає проблема закріплення кінців зразка. Великі обсяги випробувань в умовах лабораторії ПКМС зажадали розробки нових взаємодоповнюючих конструктивних рішень для захватів, що самоцентруються, і заплечиками зразків, що забезпечують просту і надійну фіксацію в них.

На рис. 7 представлена модернізована випробувальна машина УМ-5, оснащена патентованими захватами, що самоцентруються [16].

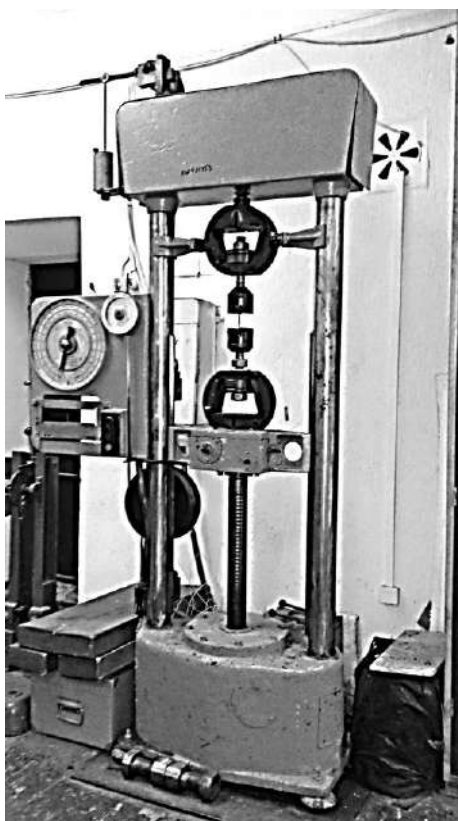


Рисунок 7 – Випробувальна машина УМ-5 з захватами, що само центруються, патент на корисну модель UA 143840 від 10.08.2020

Конструкція зразків значною мірою визначається властивостями матеріалів та відповідною технологією їх виготовлення.

На рис. 10 представлений зразок з патентованими знімними заплечиками [17] багаторазового використання для випробування на розтягування переважно полікристалічних матеріалів у захопленнях [16] встановлених замість зношених штатних. Кожне заплечико включає зовнішнє бандажне і внутрішнє кільце, що клинить, сполучене по конічній поверхні з головками циліндричного зразка і розділене на частини для забезпечення

складання. На зовнішній поверхні внутрішнього кільця, що клинить, можуть бути виконані одна або більше проточок для встановлення в них, з метою зручності складання, кільцевої скріплюючої розрізної пружини або суцільного кільця з еластичного матеріалу.



Рисунок 10 – Зразок зі знімними заплечиками, що багаторазово використовуються

На рис. 11 зображено призматичний зразок для випробування композитних матеріалів на основі реактопластів [18]. Партії зразків отримують методом спільної виливки в розбірну форму (опалубку), розраховану на одночасне отримання кількох зразків.

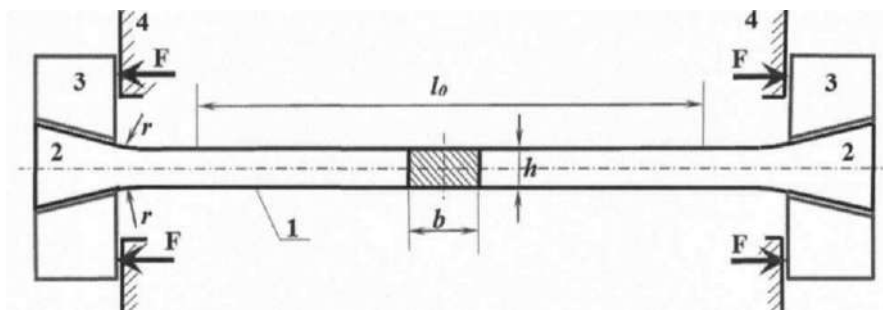


Рисунок 11 – Зразок для випробування композитів на розтяг: 1 – базова частина зразка завдовжки l_0 , 2 – заплечики у формі клина, 3 – вилки захоплення, 4 – контактна поверхня захватів

Слід зазначити, що механічні силовимірювальні пристрої, передбачені виробниками випробувальних машин МІП-100 та УМ-5, забезпечують точність, що регламентується сучасними стандартами (табл. 1). Модернізація цих машин у лабораторії ПКМС виконувалася так, щоб зберегти:

- основні конструкції навантажувальних пристроїв та діапазони навантажень;
- працездатність механічних засобів вимірювань, передбачених виробником як резервні;
- можливість їх повірки з використанням зразкових динамометрів та лінійного вимірювального інструменту.

При цьому зручніші та ефективніші електричні засоби вимірювань неелектричних величин, впроваджені у представлені вимірювальні комплекси, працюють паралельно з механічними. Для них розроблено відповідні методики повірки. Докладніше питання метрологічного забезпечення лабораторії ПКМС та узгодження методик повірки нестандартних засобів вимірювань з державними органами контролю будуть розглянуті у наступних публікаціях.

Висновки та рекомендації. Відмічається опрацьованість конструкцій та високий ресурс їх механічної частини для основних типів випробувальних машин.

Робиться висновок щодо економічної доцільності модернізації вітчизняного парку машин для випробування механічних властивостей конструкційних матеріалів.

Наведено схемотехнічні рішення, розроблені в лабораторії ПКМС:

- тензометричного силовимірювача;
- вимірювача деформацій;
- електричного приводу пристрою, що навантажує.

Розроблено:

- пристрої для випробування зразків на чистий вигин;
- технологічні конструкції захоплень та зразків, що прискорюють роботу персоналу лабораторій;
- комплекс програм для обробки та графічної інтерпретації результатів вимірювань [10].

Знайдені технічні рішення можуть бути корисними організаціям, підприємствам та лабораторіям при модернізації обладнання.

Перспективи подальших досліджень. З урахуванням економічної ситуації та виробничих можливостей планується:

- створення нових технологічних методів та засобів вимірювань;
- продовження модернізації існуючого обладнання лабораторії;
- дослідно-конструкторські роботи зі створення та підготовки виробництва спеціального обладнання необхідного для досліджень при розробці композитів із заздалегідь заданими властивостями [19–21].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексенко В. Л., Сметанкін С. О., Фостик П. П., Букетов О. А. Чисельний розрахунок напружено-деформованого стану композитних матеріалів з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності Проблеми тертя та зношування, Вісник Національного Авіаційного Університету, 2022. № 3(96), с. 99–109 ISSN 03702197.
2. Енциклопедичний словник Ф. А. Брокгауза та І. А. Єфрона. Машини для дослідження опору матеріалів. URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/140987/%D0%A1%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5 (дата звернення: 15.04.2024).
3. Універсальність випробувальних машин. URL: <https://www.globaltest.uz/news/stati/universalnost-universalnykh-ispytatelnykh-mashin-uim/> (дата звернення: 15.04.2024).
4. Алексенко В. Л., Букетов А. В., Браило Н. В., Белошицкий С. А. Компенсація систематичної помилки під час обробки результатів випробувань конструкційних матеріалів. Науковий вісник Херсонської державної морської академії № 2 (11), 2014, с. 132–136.
5. Нове життя випробувального обладнання. Капітальний ремонт та модернізація. URL: <https://ukrintech.com.ua/ru/novaya-zhizn-ispytatelnogo-oborudovaniya-kapitalnyj-remont-i-modernizatsiya> (дата звернення: 15.04.2024).
6. Модернізація Р/М усіх типів. URL: <http://asma.com.ua/content/razryvnye-mashiny/modernizatsiya-r-m-vsekh-tipov> (дата звернення: 15.04.2024).
7. Successful modernization of materials testing machines. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/zwickroell-gmbh-co-kg/successful-modernization-materials-testing-machines/15660-343231.html> (дата звернення: 15.04.2024).
8. Modernization of materials testing machines. URL: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-rio-cuarto/plastica/99-269-testing-of-plastics-and-rubber-e-en/29883021> (дата звернення: 15.04.2024).
9. Podnebennaya, S. K., Burlaka, V. V., Gulakov, S. V., & Kysliak, V. G. Модернізація розривної машини 2167P-50 для дослідження міцності зварних з'єднань. Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки, (36), 113–119. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.36.2018.142532>.

10. Автоматизований пристрій для визначення механічних характеристик металів при чотириточковому згині: пат. 140422 Україна: МПК G01N 3/20, G01N 29/14. № 2019 08236; заяв. 15.07.2019; опубл. 25.02.20, Бюл. № 4.
11. Алексенко В. Л., Букетов А. В., Браило Н. В., Белошицкий С. А. Повышение точности механических испытаний конструкционных материалов. Матеріали 5-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції СЕУТТОО-2014 с.233–236.
12. Тензодатчик SP5 консольний 50 ~ 300Kg. URL: <https://kobastar.com/ru/product-details/%d1%82%d0%b5%d0%bd%d0%b7%d0%be%d0%b4%d0%b0%d1%82%d1%87%d0%b8%d0%ba-sp5-%d0%ba%d0%be%d0%bd%d1%81%d0%be%d0%bb%d1%8c%d0%bd%d1%8b%d0%b9/> (дата звернення: 15.04.2024).
13. ClockwiseTools DITR-0105 <https://clockwisetools.com/products/clockwise-tools-ditr-0015-digital-indicator-0-0-5-12-7mm-resolution-0-00005> (дата звернення: 15.04.2024).
14. Узгодження логічних рівнів сигналів ИЧТ і МК <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=599237> (дата звернення: 15.04.2024).
15. Кроковий двигун NEMA 17 з планетарним редуктором 139. URL: <https://stack.in.ua/ua/p1537978113-shagovuj-dvigatel-nema.html> (дата звернення: 15.04.2024).
16. Затискний пристрій, що самоцентрується, для випробування зразків матеріалів на розтяг: пат. 143840 Україна: МПК G01N 3/00, G01N 3/08. № 2020 02002; заяв. 23.03.2020; опубл. 10.08.2020, Бюл. № 15.
17. Пристрій для випробування конструкційних матеріалів на розтяг: пат. 141344 Україна: МПК G01N 3/08, G01N 3/10, G01N 3/32. № 2019 07669; заяв. 08.07.2019; опубл. 10.04.2020, Бюл. № 7.
- 18 Зразок для випробування композитних матеріалів на розтяг: пат. 144176 Україна: МПК G01N 3/08, № 2020 01975; заяв. 23.03.2020; опубл. 10.09.2020, Бюл. № 17.
19. Buketov A., Smetankin, S., Maruschak P., Yurenin K., Sapronov O., Matvyeyev V., Menou A. New black-filled epoxy coatings for repairing surface of equipment of marine ships. *Transport*. 2020. Vol. 35. № 6. 679-690. doi.org/10.3846/transport.2020.14286.
20. Buketov A. V., Husiev V. M., Kulinich A. G., Yakushchenko S. V., Smetankin S. O., Sotsenko V. V., Yurenin K. Yu. Epoxy Nanocomposites with Increased Hydroabrasive Wear Resistance for Use in Vehicles. *Journal of nano- and electronic physics*. 2021. Vol. 13. No. 5. pp. 05026-1–05026-5. DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.13\(5\).05026](https://doi.org/10.21272/jnep.13(5).05026).
21. Buketov A., Smetankin S., Yakushchenko S. Yurenin K., Sotsenko V., Brailo M., Kulinich V., Sapronov O., Kulinich A., Vrublevskiy R. & Bezbakh O. Physical/mechanical properties of epoxy composites filled with carbon black nano-dispersed powder for protection of transport vehicles. *Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal*. 2021. Vol. 12 no 2. pp. 1-12. 10.1615/CompMechComputApplIntJ.2021037544.

REFERENCES

1. Aleksenko, V. L., Smetankin, S. O., Fostyk, P. P., Buketov, O. A. (2022). Chysel'nyy rozrakhunok napruzhenno-deformovanoho stanu kompozytnykh materialiv z urakhuvannyam fizychnoyi ta heometrychnoyi neliniynosti Problemy tertya ta znoshuvannya, Kyiv [in Ukrainian].
2. Entsyklopedychnyy slovnyk, F. A. Brok·hauza, ta I. A. Yefrona. Mashyny dlya doslidzhennya oporu materialiv. URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/140987/%D0%A1%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5 (data zvernennya: 15.04.2024).
3. Universal'nist' vyprobuval'nykh mashyn. URL: <https://www.globaltest.uz/news/stati/universalnost-universalnykh-ispytatelnykh-mashin-uim/> (data zvernennya: 15.04.2024).
4. Aleksenko, V. L., Buketov, A. V., Braylo, N. V., Beloshytskyy, S. A. (2014). Kompensatsiya systematichnoyi pomylyky pid chas obrobky rezul'tativ vyprobuvan' konstruktsiy nykh materialiv. *Kherson* [in Ukrainian].

5. Nove zhyttya vyprobuval'noho obladnannya. Kapital'nyy remont ta modernizatsiya. URL: <https://ukrintech.com.ua/ru/novaya-zhizn-ispytatelnogo-oborudovaniya-kapitalnyj-remont-i-modernizatsiya> (data zvernennya: 15.04.2024).
6. Modernizatsiya R/M usikh tipiv. URL: <http://asma.com.ua/content/razryvnye-mashyny/modernizatsiya-r-m-vsekh-tipov> (data zvernennya: 15.04.2024).
7. Successful modernization of materials testing machines. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/zwickroell-gmbh-co-kg/successful-modernization-materials-testing-machines/15660-343231.html> (data zvernennya: 15.04.2024).
8. Modernization of materials testing machines. URL: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-rio-cuarto/plastica/99-269-testing-of-plastics-and-rubber-en/29883021> (data zvernennya: 15.04.2024).
9. Podnebennaya, S. K., Burlaka, V. V., Gulakov, S. V., & Kysliak, V. G. (2018). Modernizatsiya rozryvnoyi mashyny 2167R-50 dlya doslidzhennya mitsnosti zvarnykh z'yednan'. Dnipro [in Ukrainian].
10. Tenzodatchyk SP5 konsol'nyy 50 ~ 300Kg. URL: <https://kobastar.com/ru/product-details/%d1%82%d0%b5%d0%bd%d0%b7%d0%be%d0%b4%d0%b0%d1%82%d1%87%d0%b8%d0%ba-sp5-%d0%ba%d0%be%d0%bd%d1%81%d0%be%d0%bb%d1%8c%d0%bd%d1%8b%d0%b9/> (data zvernennya: 15.04.2024).
11. ClockwiseTools DITR-0105 <https://clockwisetools.com/products/clockwise-tools-ditr-0015-digital-indicator-0-0-5-12-7mm-resolution-0-00005> (data zvernennya: 15.04.2024).
12. Uzhodzhennya lohichnykh rivniv syhnaliv YCHT i MK. <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=599237> (data zvernennya: 15.04.2024).
13. Krovovyy dvyhun NEMA 17 z planetarnym reduktorom 139. URL: <https://stack.in.ua/ua/p1537978113-shagovyj-dvigatel-nema.html> (data zvernennya: 15.04.2024).
14. Buketov, A., Smetankin, S., Maruschak, P., Yurenin, K., Sapronov, O., Matvyeyev, V., Menou, A. (2020). New black-filled epoxy coatings for repairing surface of equipment of marine ships. *Transport*. Vol. 35. № 6. 679-690. doi.org/10.3846/transport.2020.14286.
15. Buketov, A. V., Husiev, V. M., Kulinich, A. G., Yakushchenko, S. V., Smetankin, S. O., Sotsenko, V. V., Yurenin, K. Yu. (2021). Epoxy Nanocomposites with Increased Hydroabrasive Wear Resistance for Use in Vehicles. *Journal of nano- and electronic physics*. Vol. 13. No. 5. pp. 05026-1–05026-5. DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.13\(5\).05026](https://doi.org/10.21272/jnep.13(5).05026).
16. Zatysknyy prystryy, shcho samotsentruyet'sya, dlya vyprovuvannya zrazkiv materialiv na roztyah: pat. 143840 Ukrayina: MPK G01N 3/00, G01N 3/08. № 2020 02002; zayav. 23.03.2020; opubl. 10.08.2020, Byul. № 15.
17. Prystryy dlya vyprovuvannya konstruktsiynykh materialiv na roztyah: pat. 141344 Ukrayina: MPK G01N 3/08, G01N 3/10, G01N 3/32. № 2019 07669; zayav. 08.07.2019; opubl. 10.04.2020, Byul. № 7.
18. Zrazok dlya vyprovuvannya kompozytnykh materialiv na roztyah: pat. 144176 Ukrayina: MPK G01N 3/08, № 2020 01975; zayav. 23.03.2020; opubl. 10.09.2020, Byul. № 17.
19. Buketov, A., Smetankin, S., Maruschak, P., Yurenin, K., Sapronov, O., Matvyeyev, V., Menou, A. (2020). New black-filled epoxy coatings for repairing surface of equipment of marine ships. *Transport*. Vol. 35. № 6. 679-690. doi.org/10.3846/transport.2020.14286.
20. Buketov, A. V., Husiev, V. M., Kulinich, A. G., Yakushchenko, S. V., Smetankin, S. O., Sotsenko, V. V., Yurenin, K. Yu. (2021). Epoxy Nanocomposites with Increased Hydroabrasive Wear Resistance for Use in Vehicles. *Journal of nano- and electronic physics*. Vol. 13. No. 5. pp. 05026-1–05026-5. DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.13\(5\).05026](https://doi.org/10.21272/jnep.13(5).05026).
21. Buketov, A., Smetankin, S., Yakushchenko, S., Yurenin, K., Sotsenko, V., Brailo, M., Kulinich, V., Sapronov, O., Kulinich, A., Vrublevskiy, R. & Bezbakh, O. (2021). Physical/mechanical properties of epoxy composites filled with carbon black nano-dispersed powder for protection of transport vehicles. *Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal*. 2021. Vol. 12 no 2. pp. 1–12. 10.1615/CompMechComput ApplIntJ.2021037544.

Aleksenko V. L., Yurenin K. Yu., Vasylichenko G. Yu., Znamerovska N. P., Tatarintseva Yu. G., Fostyk P. P., Onyshko D. M. SCHEMATIC SOLUTIONS IN RENOVATION OF TEST

The article briefly examines the construction process as an activity of creating a material image of an object, which is developed in the form of a full-scale model and its graphic representation: drawings, computer models.

The article considers the main ways of ensuring strength: empirical; experimental, which includes planning and certain amount of calculations, and calculation, in which the empirical component is minimized due to the appropriate theoretical apparatus, and with the development of science and technology, its role increases.

It is noted that when calculating strength, it is necessary to solve the following problems consistently and in mutual agreement: the problem of external forces; the stress determination problem and the allowable stress problem.

Solving the problem of calculating the stress-strain state requires knowledge of the mechanical constants of the construction material, and the normalization of stresses - its strength characteristics.

The main content of the article includes the presentation of some methods and means of measurement developed in the laboratory of polymer composite materials of the Kherson State Maritime Academy to ensure research work on the creation of composite materials for shipbuilding with increased operational characteristics.

These studies include experimental determination of physical and mechanical properties of the materials being created, which requires special testing equipment. This task was largely solved by the laboratory team by renovating the existing equipment, automating its operation and analyzing information using computer and engineering graphics, as well as developing new methods and means of measurement. Technological designs of samples and methods of determining the mechanical constants of polycrystalline and composite materials are proposed.

The developed technical solutions are protected by patents, the implementation of which provided a significant positive effect.

Key words: *resistance of materials; testing machines; material samples; means of measurement; renovation; modernization; economic feasibility, computer and engineering graphics.*

© Алексенко В. Л., Юренін К. Ю., Васильченко Г. Ю., Знамеровська Н. П., Татарінцева Ю. Г., Фостик П. П., Онишко Д. М.

Статтю прийнято до редакції 01.05.2024