

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Пристрій для дослідження

конструкційних матеріалів

на зносостійкість

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РН-41

спеціальності 153

Мікро-та наносистемна техніка

(шифр і назва спеціальності)

Гайдар Р. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Паламар М. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Апостол Ю. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Паламар М. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Дунець В. Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

| | |
|--|--|
| РЕФЕРАТ..... | |
| ВСТУП..... | |
| 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА..... | |
| 1.1 Проведення аналізу поставленої задачі..... | |
| 1.2 Проведення аналізу аналогів | |
| 1.3 Специфіка розрахунку деталей на зношення..... | |
| 1.4 Робочі вимоги до приладу..... | |
| 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА | |
| 2.1 Схема та принцип роботи пристрою | |
| 2.2 Розрахунок приводу обертання зразків..... | |
| 2.3 Розрахунок для пари черв'ячної | |
| 2.4 Розрахунок січення пластини гнучкої | |
| 2.5 Повірка пристрою..... | |
| 2.6 Похибка пристрою..... | |
| 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА..... | |
| 3.1 Дослідження зношення матеріалу під впливом залишкових напружень..... | |
| 3.2 Диференціальне рівняння зігнутої осі..... | |
| 3.3 Дослідження деформації гнучкої пластини в процесі експлуатації..... | |
| 4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА..... | |
| 4.1 Призначення і структура керуючого блоку | |
| 4.2 Опис роботи схеми..... | |
| 4.3 Забезпечення програмне..... | |
| 4.4 Блок-схема алгоритму робочого для керуючого блоку..... | |
| 4.5 Опис роботи блок-схеми..... | |
| 5 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ | |
| ВИСНОВКИ..... | |

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|--------------|-----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Гайдар Р.В.</i> | | | <i>ЗМІСТ</i> | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркуші</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | <i>Дунєв В.Л.</i> | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Апостол Ю.О.</i> | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>ТНТУ, ФІТ, РН-41</i> | | |

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

РЕФЕРАТ

Тема “Пристрій для дослідження конструкційних матеріалів на зносостійкість”.

Мета проекту - дослідження нових конструкційних матеріалів на зносостійкість за допомогою даного пристрою.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з таких розділів:

- аналітична частина;
- основна частина;
- науково-дослідна частина;
- спеціальна частина;
- безпека в надзвичайних ситуаціях та основи охорони праці.

Ключові слова: ОБЛАДНАННЯ, РОЗРАХУНОК, ПРИСТРІЙ, АНАЛІЗ, ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|-----------------------------|--------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Гайдар Р.В.</i> | | | <i>РЕФЕРАТ</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушіє</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | <i>Дунець В.Л.</i> | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Апостол Ю.О.</i> | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>ТНТУ, ФІПТ, РН-41</i> | | |

ВСТУП

Промисловість приладобудівна забезпечує продукцією всі галузі народного господарства і є однією з його основних ланок. Технічний прогрес і подальший розвиток усіх галузей в народному господарстві значною мірою залежать від того, як розвивається виробництво техніки, підвищення її рівня технічного.

Масове виробництво приладів стало можливим завдяки процесу розвитку дуже продуктивних технологічних процесів, а зростання швидкості та рівня точності вимірювань стало результатом розроблення нових прийомів в сфері технології, що забезпечують підвищену якість поверхонь що зазнають тертя.

Залежно від робочих умов та застосування приладів, особливостей їх конструкцій і вимог технічних, що пред'являються до них, використовують різноманітні технології виробництва, які також відрізняються для одного і того ж пристрою відповідно до даної програми виробництва.

Виробник інструментів стикається з дуже складними проблемами, які необхідно вирішити при виробництві машинних деталей. Зокрема, це завдання: продукт способу виробництва заготовок, продукт механічного виробництва, продукт зміни інструментів та обладнання, спосіб, як визначити розміри заготовок та способів обробки на всіх етапах.

Вивчення технології виробництва обладнання дає можливість оцінити конструкції з практичної точки зору технології та сприяє виробництву продукції, яка не забруднює навколишнє середовище під час виробництва.

При проблемах, що мають місце під час процесу механічного, слід брати до уваги особливості матеріалів, розміри та конфігурацію заготовок, рівень якості її поверхонь та стан впливу обробки термічної на кінцевий механічний процес.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|-----------------------------|--------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Гайдар Р.В.</i> | | | <i>ВСТУП</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | <i>Дунєв В.Л.</i> | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Апостол Ю.О.</i> | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>ТНТУ, ФІПТ, РН-41</i> | | |

Значний вплив на технологію виробництва надає загальне розташування приладів і конструкція їх вузлів; питання зв'язку дизайну з технікою з'являються і в роботі технолога-інструментальника.

Останнім часом люди автоматизують вимірювання фізичних величин за допомогою систем автоматизованих, зокрема персональних комп'ютерів. Крім комплексів різних із автоматизацією, розробляються різноманітні вимірювальні прилади, які дозволяють збереження контрольних результатів у пам'ять приладу, після чого відбувається передача даних на персональний комп'ютер для того, щоб провести обробку результатів. Для створення зв'язку між пристроєм і персональним комп'ютером проводять розробку спеціального забезпечення програмного для комп'ютера персонального, яке дає можливість здійснювати обробку даних та здійснювати керування пристроєм або системою автоматичною.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Проведення аналізу поставленої задачі

Результати пошуку патентного

Виходячи з опису винаходу, нам потрібно виготовити пристрій для дослідження нових конструкційних матеріалів на зносостійкість.

Винахід відноситься до машин для випробовування матеріалів на зношування, які мають вологу абразивну про стойку, яка складається з металічного кільця, розташованого на дні кільцевої ванни з абразивною суспензією. По цьому кільцю під навантаженням переміщуються досліджувані взірці, закріплені на обертаючих навкруги центральної осі кронштейнах. Однорідність абразивного прошарку забезпечується звичайними мішалками, які переміщують абразивну суспензію в кільцевій ванні пристрою.

Станина машини виконана у вигляді кільцевої ванни, всередині якої розміщене мідне кільце.

В центрі станини закріплений корпус приводу тримача з кінцевими втулками, всередині яких повзають в направляючих шпонках між рамками вертикальні штоки. Кронштейни мають затискачі для стола та взірця досліджуваного матеріалу (прямокутник січенням 13x15мм та довжиною 36мм).

Еталон і взірець притискаються до поверхні мідного кільця вантажами, які розміщуються на верхніх кінцях штоків тримача.

В ванну наливається абразивна суспензія з рівнем трохи вище поверхні мідного кільця.

Тримач приводиться в обертання від електродвигуна з допомогою черв'ячної передачі через пружну балку, один кінець якої закріплений на шайбі кінця вертикального валу передачі, а другий через роликівий упор взаємодіє з індикатором. Індикатор показує силу тертя еталона та взірця по поверхні

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Гайдар Р.В.</i> | | | <i>АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушіє</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | <i>Дунев В.Л.</i> | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Апостол Ю.О.</i> | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>ТНТУ, ФПТ, РН-41</i> | | |

мідного кільця в присутності абразивної суспензії. До державки прикріплюються звичайні мішалки для переміщування абразивної суспензії.

1.2 Проведення аналізу аналогів

Вимірювання розмірів стосуються розмірів деталі, особливо товщини чи діаметра.

Найпоширенішим методом перевірки зносу є вимірювання за допомогою кінцевих мір довжини. Найпоширенішим інструментом є штангенциркуль згідно ДСТУ 166-89. Виготовляються чотирьох видів: ШТУ-1 – має лінійку для поздовжнього вимірювання, та твердосплавні губки з двостороннім позиціонуванням для зовнішнього вимірювання; ШУ-ІІ - з подвійним положенням губок - для внутрішнього і зовнішнього вимірювання, а також розмічання; ШУІ - з двостороннім розташуванням для губок - для зовнішнього і внутрішнього вимірювання і з лінійкою для того, щоб вимірювати довжину; ШУ-ІІІ - з одностороннім розташуванням губок - для зовнішніх і внутрішніх вимірювань.

Характеристика для ноніуса наступні для ноніусів: значення розгортки відліку по ноніусу (еталонне значення, створене ноніусом) і модуль ноніуса γ згідно наступних формул визначають як:

$$a = \frac{i}{n}; \gamma = \frac{l+i}{n \cdot i},$$

де: i - ціна ділення основної шкали, мм;

n - число ділень Ноніуса, l - довжина шкали.

Важільні пристрої механічні

Годинниковий індикатор, ДСТУ 577-88 використовують для того, щоб вимірювати зміни розмірів і форми, а також розташування взаємного площин виробів, має місце також у різних приладах для вимірювання та контролю.

Прилади мікрометричні

До них належать глибиноміри мікрометричні, мікрометри, та глибиноміри. Всі ці прилади мають головку мікрометричну із значенням ціни

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

поділки 0,01 мм і мають діапазон відліку від 0 до 25 мм.

Зверніть увагу на мікрометри. Відповідно до ДСТУ 6507-80 встановлені такі види мікрометрів:

- МТ - трубний мікрометр для вимірювання товщини стінки труб з діаметром внутрішнім від 12 мм і набагато більше;
- МК - простий мікрометр для вимірювання у виробах розмірів зовнішніх;
- МЗ - мікрометр для вимірювання зубів, який призначений для вимірювання загальної нормальної довжини колеса зубчастого;
- МЛ - мікрометр пластинчастий з диском для того, щоб вимірювати товщину пластини;

Високоточні головки вимірювальні

Головки такого типу досить точно вимірюють, шляхом порівняння отриманих розмірів і форми за допомогою вимірювальних інструментів на приладах різного призначення.

Головки пружного типу

У таких головках в якості елементів чутливих як правило використовують тоненьку стрічку механічну, яку скручують. Змінюючи стрижень для вимірювання, стрічка стає непостійною, тобто відбувається розкручення, тому стрічка може рухатися рівномірно на шкали головки для вимірювання. Відсутність руху через зовнішнє тертя гарантує чутливість інструментів досить високу при низьких зусиллях вимірювання.

На шкалах для вимірювання є перевірні позначки щодо меж зони допуску.

Прилади вимірювальні пневматичні

Ми використовуємо інструменти пневматичні для вимірювання, а також контролю розміру, форми та розміщення поверхні даного виробу. Вони дають змогу забезпечити ефективність контролю з високою точністю, а також дають

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

можливість проводити вимірювання як контактні так і безконтактні. Прилади поділяються на ротаметричні та манометричні.

Прилади оптичні та оптико-механічні

Оптиметри використовується для порівняння параметрів виробів, вимірювання паралельної довжини кінцевих мір та вимірювання правильних значень точності виробів. Прилади побудовані за принципом плеча оптичного.

Оптиметр горизонтальний ИКГ (ОГО-1). Його складові частини це – горизонтальна колона, вісь якої з'єднана кронштейнами з трубками оптометричними; стіл і механізм підйому, переміщення і повороту столу.

Для вимірювань на відкритому повітрі виріб необхідно на столі встановити, і, змінивши положення столу, можна досягти правильного розміщення виробу з точки зору оптометричних труб.

1.3 Специфіка розрахунку деталей на зношення

Розрахунок зношуваних деталей прогнозує втрати на знос і визначає граничні значення стану зношуваних деталей. Використовуються нині такі види розрахунків зношення:

а) розрахунок з тиском питомим;

Це виходить в результаті розрахунку питомого тиску, що діє на поверхню тертя (середній тиск або максимальний), і порівняння отриманих значень з допустимими. Допустимий тиск питомий зазвичай визначається практикою та достатнім зносом для підтримки продуктивності зчеплення протягом тривалого періоду часу за однакових умов експлуатації.

Тиск питомий є одним з основних факторів зносу, але не єдиним. Однак розрахунки за тиском питомим змоги не надають для визначення службового терміну для елемента внаслідок зносу.

б) визначення для розрахунку величини зносу і форми поверхні зносу;

Такий розрахунок дає можливість знайти загальні методи для збільшення довговічності деталей при виготовленні та експлуатації деталей.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Це є основою для того, щоб визначити службового терміну і найбільш можливих значень вузлів і деталей.

Коли розраховуємо форму поверхні зношення, то враховуємо рівень зношування U , викликаний прилипанням частинок у кожній точці поверхні, зміну взаємного розташування та характер схеми питомого тиску ρ на поверхні тертя. Це було зумовлено зусиллям елементів кінематичної пари, тобто зношенням спряження U_{1-2} .

Розрахункові дані засновані на закономірних значеннях зносу матеріалу та технічній конфігурації спряження.

Щоб проілюструвати метод розрахунку зносу, слід розглянути розрахункові ділянки обертових поверхонь, які зазвичай піддаються навантаженню силою осі P і з числом обертів відносною зі значенням n .

Початкові параметри зношування матеріалу, які показують зміну значення залежностей швидкостей зношування γ від швидкості повзання відносного v та тиску питомого ρ та для окремих матеріалів у кінематичній парі та при заданих умовах експлуатації:

$$\gamma_1 = f_I(\rho; v)$$

$$\gamma_2 = f_{II}(\rho; v)$$

Для зношування абразивного:

$$U = K_\rho S = K_\rho vt \quad \text{та} \quad \gamma = K_\rho v,$$

де: K - зображує значення коефіцієнту, що визначає стійкість до зносу матеріалів при заданих умовах експлуатації цієї пари (мастило, відокремлення поверхонь від забруднення та ін.).

Результатами є залежності, що показують використання даного з'єднання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

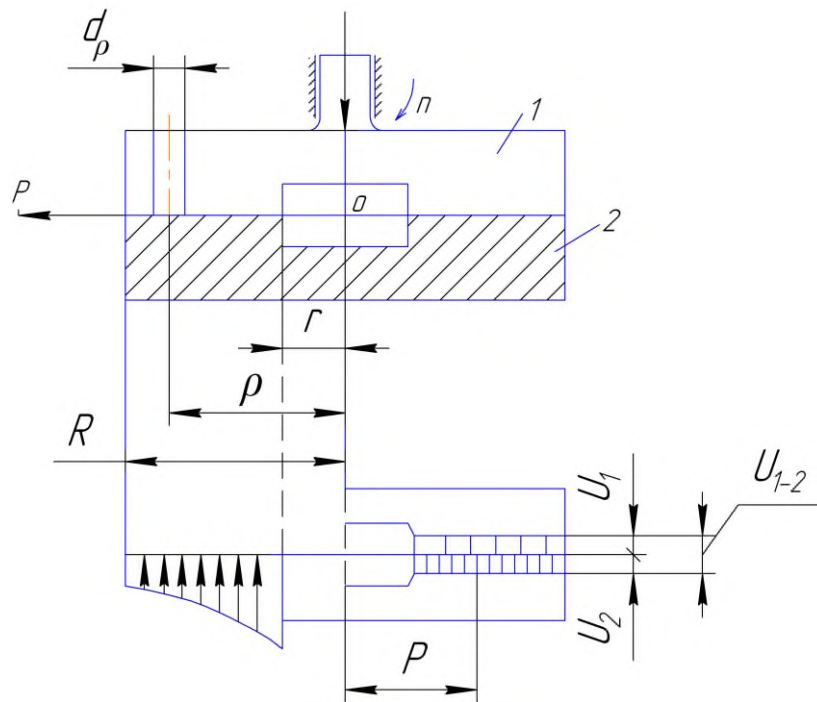


Рисунок 1.1 – Зношення обертових тіл

Виникає знос тільки тоді, коли поверхні знаходяться в повному контакті,
то

$$U_{x1} + U_{x2} = U_{1-2} = const ,$$

де: U_{x1}, U_{x2} - вимірюють знос поверхні у напрямку їх зближення
можливого $x-x$;

U_{1-2} - зношення при повному спряженні

Спряжений розрахунок з наступних частин складається:

Характеристика діаграми тиску питомого.

Від радіуса ρ залежить швидкість лінійна при поверхні

$$v = 2\pi n \rho$$

Відповідно до законів спряженого зношування

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_1 = 2\pi n K_1 P \rho \\ \gamma_2 = 2\pi n K_2 P \rho \end{array} \right\};$$

Визначення швидкості зношування спряження.

$$\text{Маємо } \gamma_{1-2} = \frac{(K_1 + K_2) P_n}{R - r} = const;$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

КРБ 074.00.00.000 ПЗ

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Схема та принцип роботи пристрою

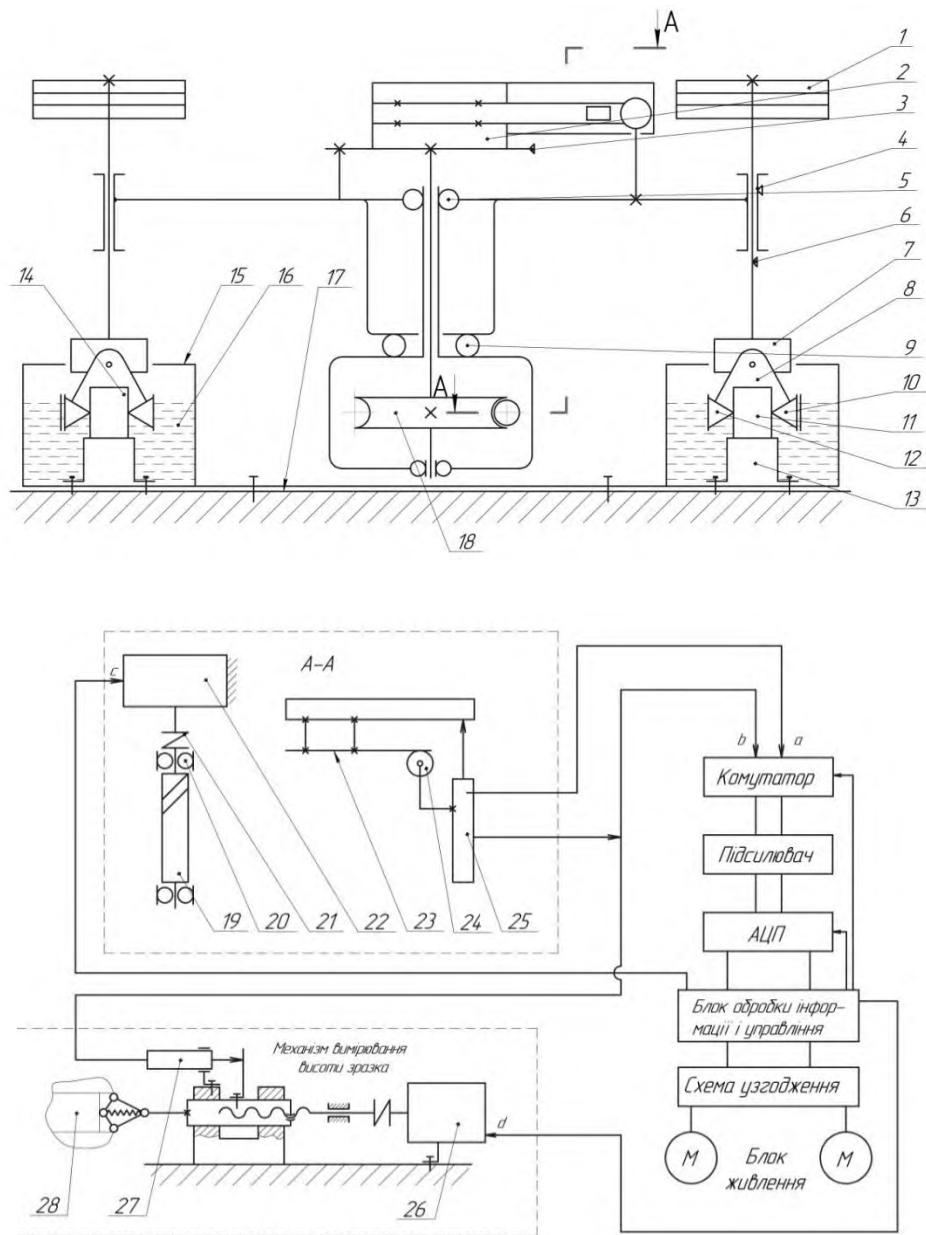


Рисунок 2.1 – Схема пристрою

Пристрій працює наступним чином:

Взірець з відомого матеріалу та досліджуваний взірець закладають між двома нерухомими упорами 10 та затискають рухомими упорами 12 – в нашому

| | | | | | |
|----------------------------|------|--------------|--------|------|---------|
| КРБ 074.00.00.000 ПЗ | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |
| Розроб. | | Гайдар Р.В. | | | |
| Перевір. | | Паламар М.І. | | | |
| Реценз. | | Дунєв В.Л. | | | |
| Н. Контр. | | Апостол Ю.О. | | | |
| Зав. каф. | | Паламар М.І. | | | |
| ОСНОВНА ЧАСТИНА | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| ТНТУ, ФПТ, РН-41 | | | | | |

випадку це ексцентриковий механізм. Потім ці конструкції вставляються в корпуси 8, кріпляться осями та фіксуються кільцями. Корпуси 8 опускаються до контакту з деталлю тертя 13 – в нашому випадку це бронзове кільце, яке кріпиться на дні ємкості 15. В ємності 15 заливаються емульсія.

Для запобігання розбризкування емульсії в процесі дослідження, зверху ємкості передбачена кришка запобіжна 7.

Включається привід обертання зразків.

Привід обертання складається з двигуна крокового 22, муфти втулочної та черв'ячної передачі (черв'як 19 – колесо 18).

Від валу черв'ячного колеса, вал передає обертання на верхню пластину, яка з допомогою кружка штопорного зв'язана з корпусом 4, на якому закріплені ролики та яка передає крутний момент на зразки.

Навантаження на зразки досягається встановленням на вали вантажів, які ставляться зверху та закріплюються гайками.

Для піднімання валів з вантажами та для знімання зразків служать ролики 5 з опорами, які переміщуються по шпонкам, запресованим в вали, у вертикальній площині.

До верхньої пластини кріпиться пластина гнучка 23, яка від сил тертя зразка об деталь тертя прогинається. Величину прогину пластини фіксує датчик переміщень індуктивний 25, на який переміщення передається через ролик 24.

Ємкість для емульсії кріпиться гвинтами до основи 17, в якій є 4 отвори $\varnothing 13$ для кріплення пристрою до столу або до рамки.

Для зливання емульсії у ємкості з права знизу передбачений спускний отвір, який закривається пробкою з гумовою прокладкою.

Визначення сили прискорення зразків та величини вантажу.

Для забезпечення доброго дослідження на зносостійкість необхідно витримати величину питомого тиску на досліджувану поверхню в межах

$$\gamma = 0.04 \dots 0.06 \frac{H}{\text{мм}^2} .$$

Величина навантаження буде в такому разі рівною

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$P = \gamma \cdot S,$$

де: S - попереднє сiчення заготовки.

Маємо зразок розмірами $b \times l \times h = 13 \times 36 \times 15 \text{ мм}$, отже,
 $S = b \cdot l = 13 \cdot 36 = 468 \text{ мм}^2$, а сила $P = (0.04 \dots 0.06) \cdot 468 = 18.7 \dots 28.08 \text{ Н}$.

Величина сили P має бути рівною вазі вантажу, зверху встановленого на валу.

Отже, $P = G = 20 \dots 25 \text{ Н}$.

Вага вантажу:

$$G = d \cdot V = d \cdot S \cdot h,$$

де: $d = 7.8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ - питома вага сталі;

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 10^2}{4} = 78.5 \text{ см}^2,$$

де: D - діаметр вантажу.

Знаходимо висоту вантажу

$$h = \frac{G}{d \cdot S};$$

$$h = \frac{20 \dots 25}{7.8 \cdot 78.5} = 0.03 \dots 0.035 \text{ см} = 30, \dots, 35 \text{ мм}.$$

2.2 Розрахунок приводу обертання зразків

Визначаємо силу тертя від вантажу.

$$F_{\text{тр}} = G_{\text{max}} \cdot f;$$

$$F_{\text{тр}} = 25 \cdot 0.2 = 5 \text{ Н}.$$

На валу колеса черв'ячного маємо крутний момент

$$T_2 > 2M_{\text{тр}} = 2K \cdot M_{\text{тр}}$$

де: K - це коефіцієнт запасу, гарантований $K = 1.5$;

$M_{\text{тр}}$ - момент тертя, що дорівнює

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot l;$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

тоді $T_2 = 2 \cdot 1.5 \cdot 5 \cdot 0.185 = 2.78 \text{ Нм}$.

Накреслимо схему приладу обертання

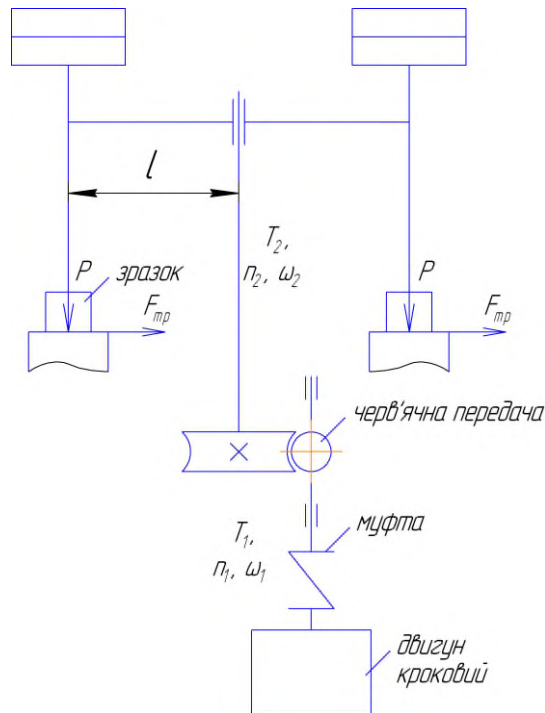


Рисунок 2.2 – Схема приводу обертання

Відповідно до даного моменту можна підібрати двигун кроковий ШДП-5Ф, зі значеннями

$U = 27 \text{ В}$ - напруга живлення;

$f_{\text{ном}} = 100 \frac{\text{КРОК}}{\text{С}}$ - частота обертання валу;

$\alpha = 22.5^\circ$ - кутовий крок;

$M_{\text{ном}} = T_1 = 0.09 \text{ Нм}$ - крутний момент.

Тоді при 1 оберті валу двигуна кількість кроків буде:

$$m \frac{360^\circ}{22.5^\circ};$$

$$m = \frac{360^\circ}{22.5^\circ} = 16 \text{ кроків.}$$

Для валу двигуна визначимо число обертів:

$$n_1 = \frac{60 f_{\text{ном}}}{m};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$n_1 = \frac{60-100}{16} = 375 \text{ об/хв.}$$

Для черв'ячної пари буде визначено наступне число передаточне

$$U_p = \frac{T_2}{T_1};$$

$$U_p = \frac{2.78}{0.09} = 30.9,$$

При значенні наближеному $U_p = 30$ будемо мати:

$$T_{2\partial} = T_1 \cdot U_p;$$

$$T_{2\partial} = 0.09 \cdot 30 = 2.7 \text{ Нм.}$$

Для валу із зразками будемо мати число для обертів:

$$n_2 = \frac{n_1}{U_p};$$

$$n_2 = \frac{375}{30} = 12.5 \text{ об/хв.}$$

Маємо:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}; \omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30};$$

$$\omega_1 = \frac{3.14 \cdot 12.}{30} = 39.2 \text{ 1/с};$$

$$\omega_2 = \frac{3.14 \cdot 12.5}{30} = 1.31 \text{ 1/с.}$$

2.3 Розрахунок для пари черв'ячної

Проведемо розрахунок відповідно до методу Чернавського.

Кількість витків черв'яка залежить від передавального числа $U_p = 30$
прийнемо $Z_1 = 2(c.55)$

Кількість зубів колеса черв'ячного:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Прийmemo $a_w = 32\text{мм}$.

Модуль

$$m = \frac{2a_w}{Z_2 + g};$$

$$m = \frac{2 \cdot 32}{60 + 10} = 0.92.$$

Відповідно до ДСТУ 2144-76 значення стандартне $m = 1\text{мм}$ і $g = 10$.

Віддаль уточнена між осями

$$a_w = \frac{m(g + Z_2)}{2};$$

$$a_w = \frac{1}{2}(10 + 60) = 35\text{мм}.$$

Розмірні значення основні для черв'яка:

– діаметр ділильний

$$d_1 = gm;$$

$$d_1 = 10 \cdot 1 = 10\text{мм};$$

– діаметр западин витків

$$d_{f1} = d_1 - 2.4 \cdot m;$$

$$d_{f1} = 10 - 2.4 \cdot 1 = 7.6\text{мм}.$$

– діаметр для верхньої частини черв'яка

$$d_{a1} = d_1 + 2m;$$

$$d_{a1} = 10 + 2 \cdot 1 = 12\text{мм};$$

– довжина частини нарізної черв'яка зі шліфуванням

$$b_1 \geq (11 + 0.06 \cdot Z_2) \cdot m;$$

$$b_1 \geq (11 + 0.06 \cdot 60) \cdot 1 = 14.6\text{мм}$$

будемо приймати $b = 20\text{мм}$;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- кут ділительний для підйому витка γ (табл. 4.3) при значенні $Z_1 = 2$ та $g = 10, \gamma = 11^\circ 19'$.

Основні значення розмірів черв'ячного колеса:

- діаметр ділительний:

$$d_2 = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мм};$$

- діаметр западин зубів:

$$d_{f2} = 60 - 2.4 \cdot 1 = 57.6 \text{ мм};$$

- діаметр верхньої частини зубів:

$$d_{a2} = 60 + 2 \cdot 1 = 62 \text{ мм};$$

- діаметр найбільший колеса черв'ячного:

$$d_{am2} \leq d_{a2} + \frac{6 \cdot m}{Z_1 + 2};$$

$$d_{am2} \leq 62 + \frac{6 \cdot 1}{2 + 2} = 63.5 \text{ мм};$$

- колова швидкість черв'яка:

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60};$$

- швидкість ковзання:

$$v_s = \frac{v_1}{\cos \gamma};$$

$$v_s = \frac{0.2}{\cos 11^\circ 19'} = 0.28 \text{ м/с}$$

- ширина колеса:

$$b_2 = 0.75 d_{a1};$$

$$b_2 = 0.75 \cdot 12 = 9 \text{ мм};$$

$$v_1 = \frac{3.14 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{60} = 0.2 \text{ м/с};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Для значення цієї швидкості $[\sigma_H] \approx 149 \text{ МПа (табл. 4.9)}$.

Відхилення

$$\frac{155 - 149}{149} \cdot 100\% = 4\%$$

Зробимо перевірку напружень контактних.

Уточнимо спочатку ККД редуктора при значенні $v_s = 0.28 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, кут тертя приведений $\rho' = 3^\circ 40' - 4^\circ 20'$, коефіцієнт тертя приведений для бронзи без вмісту олова і черв'яка шліфованого згідно (табл. 4.4) $f' = 0.065 \dots 0.075$.

Із врахуванням втрат редуктора буде ККД:

$$\eta = (0.95 \dots 0.96) \frac{\text{tg} \gamma}{\text{tg}(\gamma + \rho')};$$

$$\eta = (0.95 \dots 0.96) \frac{\text{tg} 11^\circ 19'}{\text{tg}(11^\circ 19' + 4^\circ)} \approx 0.86$$

Відповідно до таблиці 4.7 робимо вибір точність передачі з 7-ю степінню.

Коефіцієнт динамічності в розглянутому випадку $K_v = 1.1$.

Для розподілу навантаження маємо такий коефіцієнт нерівномірності:

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{Z_2}{\theta} \right)^3 \cdot (1 - x),$$

де: маємо наступний коефіцієнт черв'ячної деформації за умови значення $Z_1 = 2$ і $g = 10$ згідно таблиці 4.6 $\theta = 86$. Використовуємо коефіцієнт допоміжний $x = 0.6$ (при значенні коливань ϵ не дуже значними), будемо рахувати

$$K_\beta = \left(\frac{60}{80} + 1 \right)^3 \cdot (1 - 0.6) \approx 1.15.$$

Коефіцієнт навантаження:

$$K = K_\beta \cdot K_v;$$

$$K = 1.15 \cdot 1.1 = 1.27.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Будемо перевіряти значення напружень контактних.

$$\sigma_H = \frac{170}{Z_2/g} \sqrt{\frac{T_2 \cdot K(Z_2/g + 1)^3}{a_w^3}};$$

$$\sigma_H = \frac{170}{60/10} \sqrt{\frac{27 \cdot 10^3 \cdot 1.27(7)^3}{353}} = 128 \text{ Мпа} < [\sigma] = 149 \text{ Мпа}.$$

Перевіримо значення стану міцності зубів колеса черв'ячного на згин.

Число зубів буде $Z_v = \frac{Z_2}{\cos^3 \gamma}$;

$$Z_v = \frac{60}{(\cos 11^\circ 19')} = 63.6.$$

Коефіцієнт форми зуба (табл.. 4.5) $Y_F = 2.12$.

Напруження згину:

$$\sigma_F = \frac{1.2 T_2 \cdot K \cdot Y_F}{Z_2 \cdot b_2 \cdot m^2};$$

$$\sigma_F = \frac{1.2 \cdot 2.7 \cdot 10^3 \cdot 1.27 \cdot 2.12}{60 \cdot 9 \cdot 1^2} = 16.2 \text{ МПа},$$

це значення набагато є меншим розрахункового $[\sigma_{OF}] = 53.3 \text{ МПа}$.

При перевірці зубів на згин та на витривалість контактної поверхні виявляється міцними в достатній мірі.

2.4 Розрахунок січення пластини гнучкої

Для визначення значення прогину пластини приймаємо момент обертовий, що дорівнює половині значення T_2 , тобто

$$T = 0.5 T_2;$$

$$T = 0.5 \cdot 2.7 = 1.35 \text{ Нм}.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$b = \frac{12I_x}{a^3};$$

$$b = \frac{12 \cdot 118}{15^3} = 3.2 \text{ мм}, \text{ оберемо } b = 3 \text{ мм}$$

2.5 Повірка пристрою

Умови повірки повинні бути перевірені та підготовлені.

Під час перевірки необхідно виконати наступні дії:

- температура середовища навколишнього має становити від +15°C до +25°C;
- тиск атмосферний від 85 до 105кПа;
- вологість відносна для повітря – 60±15%.

Випробуваний прилад повинен бути встановлений на столі, який забезпечує антивібраційний прилад.

Проведення повірки.

При огляді ззовні необхідно переконатися, що прилад відповідає таким вимогам:

- прилад не повинен мати механічних пошкоджень, що впливають на його роботу, а також не мати корозії та неправильного фарбування.
- прилад повинен бути завірений у паспорті;

Випробуйте пристрій, щоб перевірити взаємодію між його окремими компонентами. Випробування необхідно проводити на зразках матеріалів у нормальних робочих умовах. При цьому особливу увагу необхідно приділяти плавності руху зразків і їх хорошему вирівнюванню. Так само, як підрахунок показів, переміщаючись по цифровому табло.

Похибка пристрою повинна бути визначена на основі прикладів повідомлень у такому порядку:

- ретельно протерти поверхні робочі зразків та приладу;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- запустити на приладі зразки;
- увімкнути електродвигун і дослідити зразки;
- читати цифрові дисплеї;
- зупинити двигун;
- вийняти зразки.

Під час перевірки виконують п'ять вимірювань зносу, потім абсолютну похибку показань визначають середнім арифметичним значенням з п'яти проб.

Похибка пристрою при перевірці зразкових деталей не повинна вищою бути, ніж значення, описані у відповідному розділі «Похибка пристрою».

2.6 Похибка пристрою

Згідно наступної формули визначаємо похибку пристрою:

$$\delta_{np} = \delta_{з.б} + \sqrt{\sum \delta_{mex}^2},$$

де: $\delta_{з.б}$ - похибка для вимірювального засобу, для індуктивного переміщення дотичного, буде дорівнювати 0.5% ;

$\sum \delta_{mex}$ - сумарне значення технологічної похибки, яке має залежність від конструкції пристрою.

Похибка відбувається у муфті ролика, де ролик встановлений на на осі, що має зазор. Отримаємо значення з'єднання $\varnothing 4 \frac{H7}{f6}$.

Зазор максимальний:

$$S_{max} = D(BB) - d(HB);$$

$$S_{max} = 0.012 - (-0.018) = 0.03 \text{ мм}.$$

Похибка у даному з'єднанні:

$$\delta_{mex} = \frac{S_{max}}{d} \cdot 100\% ;$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

КРБ 074.00.00.000 ПЗ

$$\delta_{max} = \frac{0.03}{4} \cdot 100\% = 0.75\%$$

Похибка для даного пристрою:

$$\delta_{np} = 0.5 + \sqrt{0.75^2} = 1.25.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Досліджування зношення матеріалу під впливом залишкових напружень

На твердість матеріалу більшою мірою впливають залишкові напруги, які можуть виникати в матеріалі під час свердління, охолодження або недостатньої холодної прокатки, деформації та контакту з електролітами. Якщо деталь зафіксована за один кінець, а до іншої частини торкається електроліт, залишкова напруга створює накопичену силу, яка спричиняє деформацію заготовки. Напруги залишкові часто пов'язані з тим, що виникає напружений об'ємний стану в даному матеріалі, при якому можливий стан крихкого руйнування.

З подібними ситуаціями ми стикалися під час виготовлення двотаврових пружних балок з дуже тонкими полками. Був зафіксований випадок руйнування балки двотаврової №50 при ударі її на землю під час низької температури зовнішнього середовища.

Розглянемо деформацію стержня під дією залишкових напружень. Для цього двома безкінечно близькими січеннями 1-1 та 2-2 виділимо з нього елемент довжиною d_x .

Вигляд цього елемента до та після деформації показано на рис. 3.1 (а, б).

Для ясності креслення, деформація елемента показана з сильним збільшенням. Обидва січення залишаючись плоскими, повернуться навкруги нейтральних осей (на фасаді точки O_1 та O_2) та утворять кут $d\alpha$.

Лінія O_1O_2 , яка належить нейтральному шару, після деформації збереже свою початкову довжину d_x .

Всі волокна, які лежать вище нейтрального шару, скоротяться, а також ті що нижче – видовжаться.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Гайдар Р.В.</i> | | | НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | <i>Дунєв В.Л.</i> | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Апостол Ю.О.</i> | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>ТНТУ, ФПТ, РН-41</i> | | |

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \text{ або } \sigma = E \cdot \frac{Z}{\rho}$$

Значить, напруження розподіленні по висоті січення на основі лінійного закону.

На нейтральній осі при $Z = 0$ та $\sigma = 0$, при переході в зону стику (вище нейтральної осі) σ разом з Z міняє знак на мінус (стиск) та знов росте по абсолютному значенні по мірі найбільшого значення напруження досягнуть верхній та нижній краї січення при $Z = Z_{\max}$. Характер розподілу напружень показано на рис. 3.2.

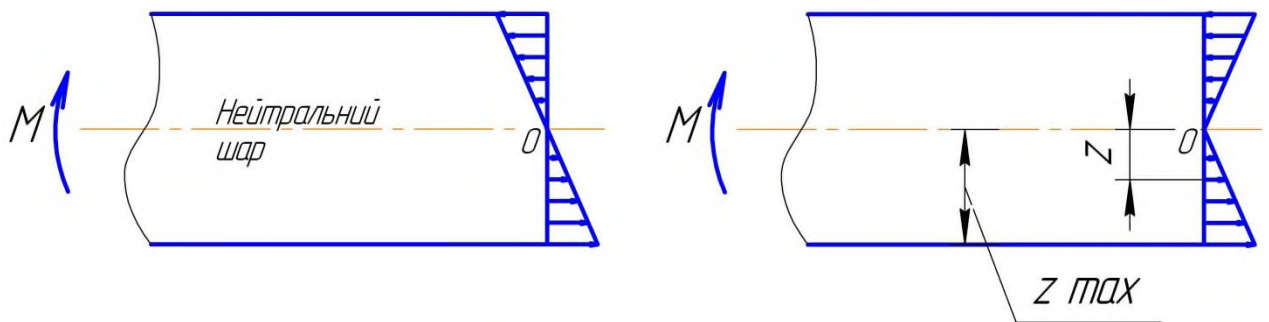


Рисунок 3.2 – Характер розподілу напружень

Рівняння дає тільки характер розподілу нормальних напружень на основі січення, але ним не можна скористатися для визначення їх величини так ні ρ , ні Z невідомі, оскільки невідоме розміщення нейтрального шару по висоті січення.

Для визначення σ в залежності від моменту значення розглянемо сумісний розв'язок отриманого із розгляду деформацій рівняння та рівнянь статички:

$$\sum x = 0; \int_F \sigma dF = 0;$$

$$\sum M_y = 0; M - \sum dN \cdot Z = 0 \text{ або } M - \int_F \sigma dF \cdot Z = 0,$$

звідки

$$\int_F \sigma \cdot Z dF = M.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\sum M_z = 0; \sum dN \cdot y = 0 \text{ або } \int_F \sigma dF \cdot y = 0$$

Підставляючи значення σ з виразу в рівняння отримаємо:

$$\sum x = 0 \text{ або } \int_F \frac{E}{\rho} \cdot Z dF = 0,$$

так як $\frac{E}{\rho} = const \neq 0$, то

$$\int_F Z dF = 0$$

Цей інтервал являє собою статичний момент площі січення відносно нейтральної осі. Так, він рівний нулю, це значить, що нейтральна вісь проходить через центр ваги січення. Так як центр ваги лежить і на осі симетрії O_z , то точка перетину цих двох осей O являється центром ваги січення, а вісь O_x - віссю стержня.

Таким чином, положення нейтральної осі та нейтрального шару визначені. Нейтральний шар включає в себе центри ваги всіх січень стержня.

Тепер підставимо вираз в рівняння

$$\sum M_z = 0; \int_F \frac{E}{\rho} \cdot Z y dF = 0 \text{ або } \frac{E}{\rho} \cdot \int_F Z y dF = 0.$$

Звідки випливає, що

$$\int Z y dF = 0$$

Отриманий інтервал – сума добутку з елементарних площадок на віддалі їх до координатних осей – називається центробіжним моментом інерції відносно осей y та Z . Центробіжний момент інерції може бути і додатнім, і від'ємним, і відповідно, перетворюватись в нуль, так як координати елементарних площадок можуть мати різні знаки.

Згідно умови в нашому випадку центробіжний момент інерції, який позначається символом

$$I_{Z_y} = \int_F Z y dF$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Повинен обернутися в нуль.

Так як січення симетричне відносно осі O_z , то для кожної площадки dF з координатами Z , у зліва від осі Z ми можемо підібрати таку ж, симетрично розміщену, площадку справа від осі Z .

Координати ж y будуть однаковими по абсолютній величині, але оберненими по знаку. Тому сума $\int_F Zy dF$ розіб'ється на дві суми, рівні по величині та протилежні по знаку. Таким чином, цей інтервал для симетричних січень завжди рівний нулю та рівняння перетворюється в тотожність.

Використовуючи рівняння, отримаємо:

$$\sum M_y = 0; \int_F \frac{E}{\rho} \cdot Z^2 dF = M \text{ або } \frac{E}{\rho} \cdot \int Z^2 dF = M,$$

отримаємо

$$I_y = \int Z^2 dF$$

Цей інтервал, або сума добутків з елементарних площадок на квадрати віддалей їх до осі, називається осьовим моментом інерції площі відносно осі y та позначається I_y . Так як вісь y - нейтральна вісь, то I_y є моментом інерції площі січення стержня відносно нейтральної осі. Тоді з перетвореного рівняння будемо мати:

$$\frac{EI}{\rho} = M \text{ або } \frac{E}{\rho} = \frac{M}{I}$$

Підставляючи знайдене значення $\frac{E}{\rho}$ в рівняння, знайдемо:

$$\sigma = \frac{MZ}{I}$$

Напруження нормальні влюбій точці січення є прямо пропорційними до величини згину для моменту та віддаленому розміщенню точки від осі нейтральної, а також є обернено пропорційними відносно моменту інерції січення по відношенню до нейтральної осі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Спостерігається проходження нейтральної осі через центр ваги січення, нейтральна вісь є перпендикулярною до площини дії сил.

Розміри та форма січення впливають на момент інерції січення.

Для вияснення фізичного змісту цієї величини змінимо формулу на:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$$

Чим більше при заданому моменті згину момент інерції січення I , тим більшим вийде радіус кривизни нейтрального шару, а значить, вісь стержня, а саме, тим менше стержень викривиться.

Добуток EI називається жорсткістю стержня при згині і чим він більший, тим менше викривляється стержень при дії даного моменту згину.

З викривленням стержня зв'язаний взаємний поворот січень, довжина відрізка $OO' = dx$, так як видно з рис. 3.1, $\rho d\alpha$. Звідси кут повороту двох суміжних січень

$$d\alpha = \frac{dx}{\rho}$$

Підставимо замість $\frac{1}{\rho}$ його значення $\frac{M}{EI}$ і отримаємо:

$$d\alpha = \frac{Mdx}{EI}$$

При згині безкінечно малого відрізка стержня, довжиною dx , робота згинаючого моменту на кутовому переміщенні $d\alpha$ буде:

$$dA = \frac{1}{\alpha} M d\alpha$$

Підставляючи $d\alpha$ з рівняння отримаємо:

$$dU = dA = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{M^2 \cdot dx}{EI},$$

Просумувавши по всій довжині стержня, знайдемо:

$$U = \int_0^e \frac{M^2 \cdot dx}{2EI}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.2 Диференціальне рівняння зігнутої осі

Використовуючи формулу $\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$ та розповсюджуючи її на загальний

випадок згину отримаємо:

$$\frac{1}{\rho(x)} = \frac{M(x)}{EI},$$

де: $\rho(x)$ - радіус кривизни частин зігнутої осі стержня між двома суміжними січення на віддалі x від початку координат;

$M(x)$ - момент згину в цьому ж січенні;

EI - жорсткість балки.

Для більшості практично вирішуваних задач величина $\frac{dy}{dx}$, яка являє собою кут повороту січення стержня, дуже мала величина, квадратом якої можна знехтувати по відношенню до 1, тоді отримаємо:

$$\pm \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \text{ або } \pm \frac{d^2 y}{dx^2} \cdot EI = M(x)$$

Це наближене диференціальне рівняння зігнутої осі стержня. Так як вісь напрямна ввєрх, то

$$EI \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x)$$

Для отримання з диференціального рівняння зігнутої осі, рівняння прогину $y = f(x)$, необхідно провести інтегрування рівняння. Вираз для $M(x)$ являється функцією від x , тому отримуємо:

$$EI \cdot \frac{dy}{dx} = \int M(x)dx + C$$

Інтегруючи другий раз будемо мати:

$$EI_y = \int dx \int M(x)dx + C + C_x + D$$

Таким чином, ми отримали рівняння кутів повороту:

$$\theta = \frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} [\int M(x)dx + C],$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

КРБ 074.00.00.000 ПЗ

та рівняння прогинів:

$$y = \frac{1}{EI} [\int dx \int M(x) dx + C_x + D]$$

В ці рівняння входять постійні інтегрування C та D . Порядок їх визначення покажемо на прикладі нашого стержня.

Ми можемо розглядати стержень навантажений від залишкових напружень із зосередженою силою m_a зацмлений правим кінцем.

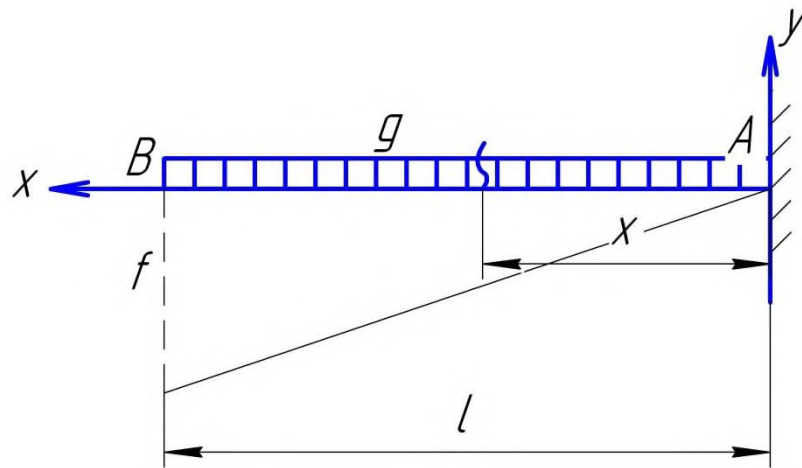


Рисунок 3.3 – Схема деформації стержня

Маємо для даного стержня:

$$EI = \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x),$$

де:
$$M(x) = -g \frac{(l-x)^2}{2};$$

$$EI \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{g}{\alpha} (l-x)^2.$$

Підносячи $(l-x)$ в квадрат та інтегруючи трьохчлен почленно, ми отримали б для довільних постійних нульові значення.

Так як $dx = -d(l-x)$, то не розкриваючи виразу $(l-x)^2$ та інтегруючи перший раз по $[-d(l-x)]$, отримаємо:

$$EI \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{g}{2} \int (l-x)^2 \cdot d(l-x) + C,$$

або

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074 .00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$EI \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{g}{6}(l-x)^3 + C.$$

Інтегруючи першу складову правої частини по $[-d(l-x)]$, а другої по dx , знаходимо:

$$EI_y = -\frac{g}{24}(l-x)^4 + C_x + D.$$

Знаходимо довільні постійні:

при $x=0 \quad \theta = \frac{dy}{dx} = 0; C = -g \frac{e^3}{6};$

при $x=0, y=0. D = \frac{ge^4}{24}.$

Кінцеві рівняння кутів повороту та прогину стержня будуть:

$$EI \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{g}{6}(l-x)^3 - \frac{ge^3}{6} = -\frac{ge^2x}{6} \left[3 - 3 \cdot \frac{x}{e} + \frac{x^2}{e^2} \right]$$

$$EI_y = -\frac{g}{24}(l-x)^4 - \frac{ge^3}{6} \cdot x + \frac{ge^3}{6} \cdot x + \frac{ge^4}{24} = -\frac{ge^2x^2}{24} \cdot \left[6 - 4 \cdot \frac{x}{e} + \frac{x^2}{e^2} \right]$$

Найбільші деформації на лівому кінці стержня при $x=l$ відповідно рівні:

$$\theta_{\max} = -\frac{ge^3}{6EI}$$

$$f_{\max} = -\frac{ge^4}{8EI}$$

3.3 Дослідження деформації гнучкої пластини в процесі експлуатації

Програма обробки даних при визначенні деформації гнучкої пластини:

clear all

P=[.10:.10:.60];

x=[0:.00005:.04];

g=3.2e-3

a=15e-3

l=4e-2

E=2.05e5

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

```

Iz=(a^4)/12;
J=a^2;
ro=7e-6;
E1=[2.05e5 1.1e5];
ro1=[7e-6 5e-6 .3e-6 .2e-6];
j=1
for i=1:6;
k1=(P(i)+ro*J*1*g)/6/E/Iz;
k2=ro*J*g/E/Iz;
y=k1*(x.^3)-k2*(x.^4)/24;
plot(x,-y)
grid on
hold on
Y(j)=y(801);
j=j+1;
end
legend('y(x) for P=.10:.60H at E=2.05e5')
figure
for j=1:2
    k1=(P(2)+ro1(j)*J*1*g)/6/E1(j)/Iz;
k2=ro1(j)*J*g/E1(j)/Iz;
y1=k1*(x.^3)-k2*(x.^4)/24;
plot(x,-y1)
grid on
hold on
end
legend('y(x)_ for different materials at P=.20H')
figure
plot(P,Y)
legend('ymax_ for P=.10:.60H')
grid

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

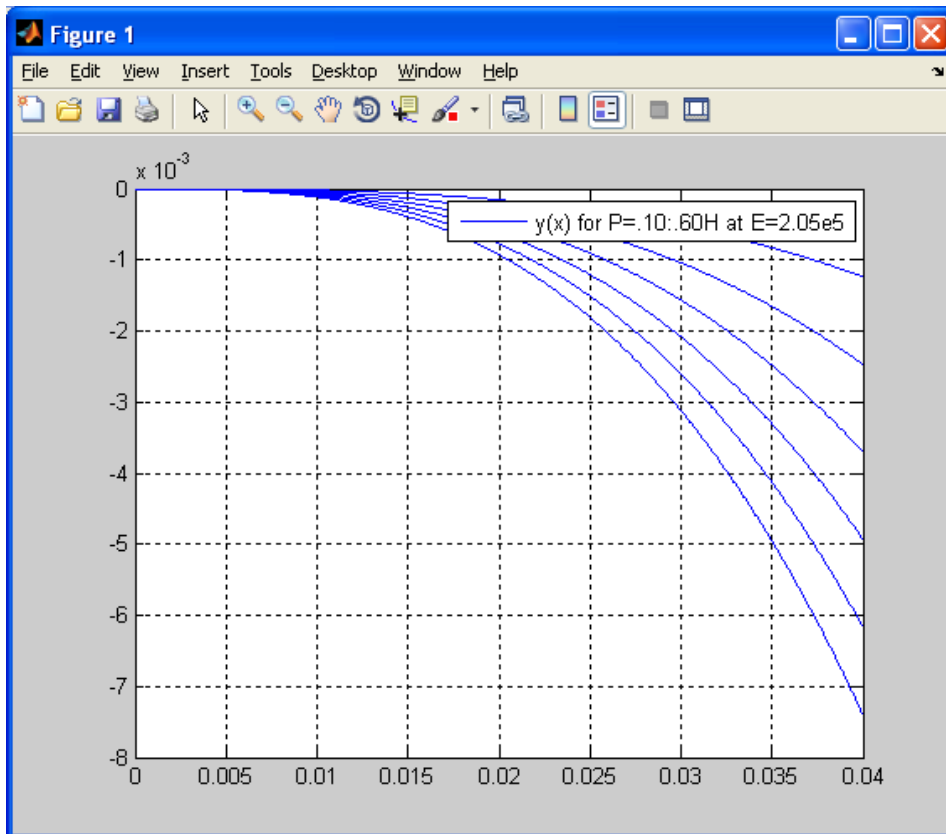


Рисунок 3.4 – Деформація пластини гнучкої сталюї для рїзних значень зусиль

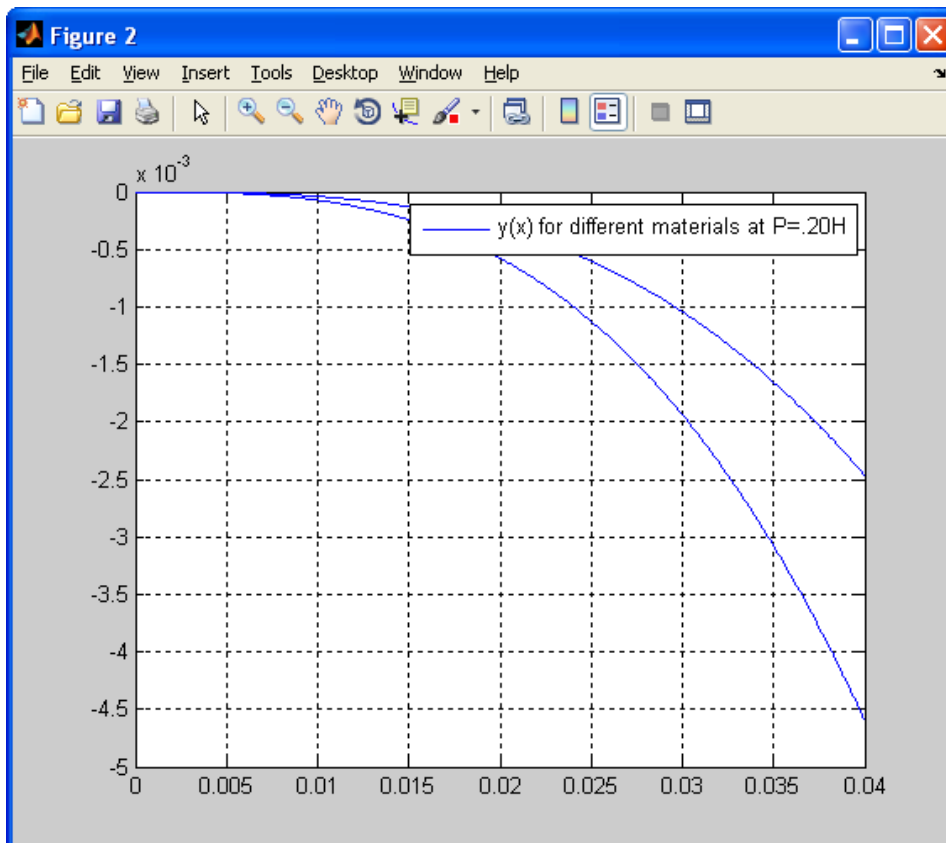


Рисунок 3.5 – Деформація пластини гнучкої для матерїалїв рїзного типу

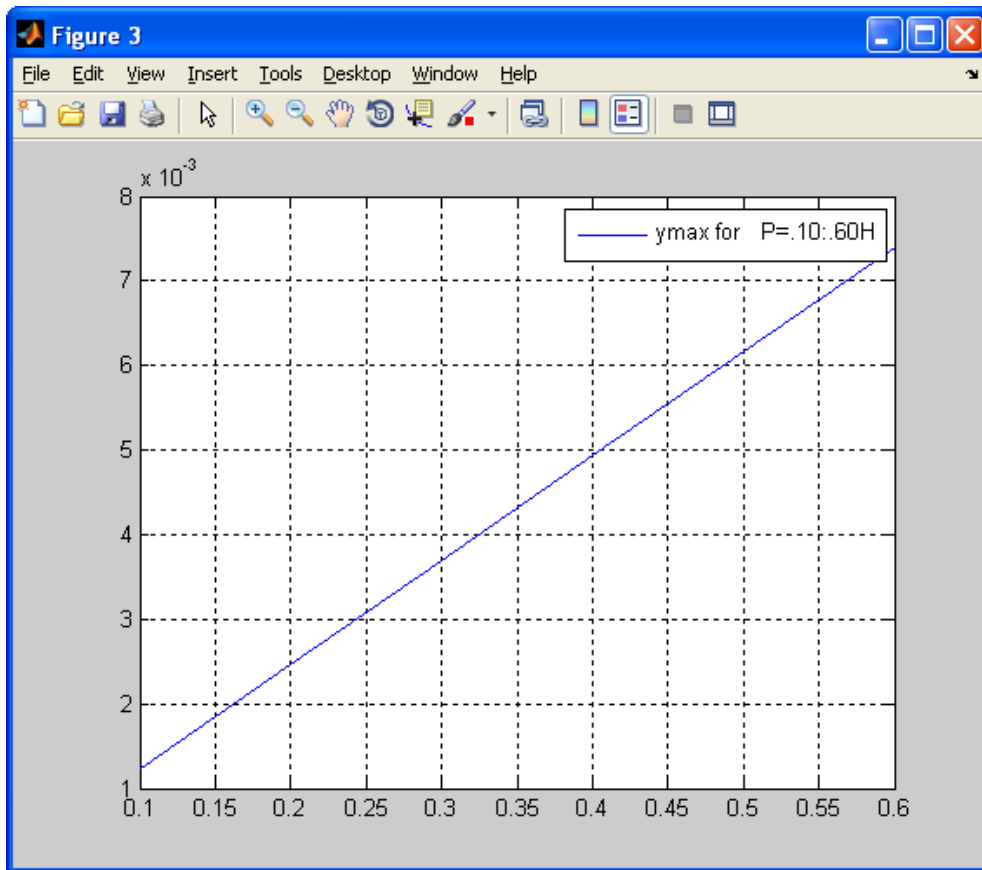


Рисунок 3.6 – Залежність відхилення максимального пластини гнучкої від навантаження, що діє

Вихідні дані:

$$g = 0.0032, a = 0.0150, l = 0.0400, E = 205000, j = 1.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Призначення і структура керуючого блоку

- 1) прийом та обробка даних від датчика, що фіксує переміщення елементів пристрою, типу МАСТ-2;
- 2) проблема керування впливом на орган, що виконує команди – електродвигун кроковий, задачею якого приведення пристрою в рухомий стан;
- 3) прийом і збереження команд, генерованих оператором за допомогою керуючих кнопок;
- 4) організація відображення даних;
- 5) проведення процедури обміну даними з персональним комп'ютером за допомогою використання інтерфейсу послідовного типу.

Схема структурна для роботи керуючого блоку є зображеною на рис.

4.1. Основні особливі частини становлять цей блок:

- блок живлення - служить для здійснення корекції для мережі 220 В напруги входу, для стабілізації параметрів живлення та елементів схеми, для зміни рівня напруги;
- мікроконтролер - базовий елемент для зберігання всіх даних і для подальшої подачі сигналів керуючих, які є такими, без яких не можна обійтися;
- робоча схема двигуна крокового – вона подає живлення на двигун кроковий в актуаторі, завдяки їй здійснюється безкрокове обертання;
- керуючі кнопки - використовуються для того, щоб оператор запускав і зупиняв вимірювальний процес, задавав параметри;
- принципова схема датчика - використовується для прийому вихідного сигналу датчика, що фіксує переміщення елементів пристрою, МАСТ-2 (який є аналоговим), фільтрації перешкод, що виникають при

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Гайдар Р.В.</i> | | | СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушіє</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | <i>Дунець В.Л.</i> | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Апостол Ю.О.</i> | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>ТНТУ, ФПТ, РН-41</i> | | |

переміщенні, та посилення його сигналу;

- перетворювач аналого-цифровий – використовується для виділення вихідного сигналу датчика (який є аналоговим), і перетворення його в код цифровий паралельний, який потім надається для того, щоб його потім обробляли та аналізували;
- елемент драйвера для здійснення зв'язку послідовного, обираємо RS-232 – використовують для того, щоб організувати обмін з двох сторін з персональним комп'ютером і регулювання рівня сигналу;
- схема індикації - дані про параметри перевірених матеріалів подаються за показниками семи індикаторних сегментів.

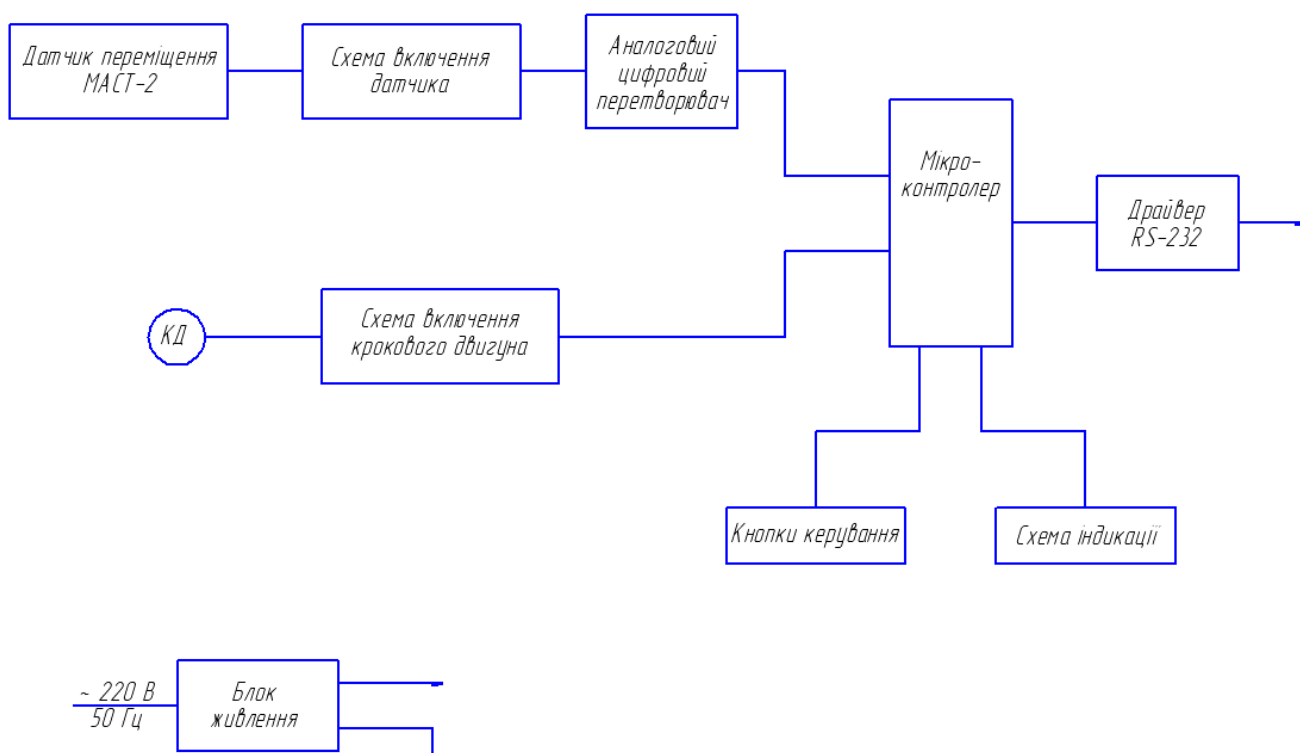


Рисунок 4.1 – Схема структурна для роботи керуючого блоку

4.2 Опис роботи схеми

Основним компонентом даної схеми, що призначений для виконання всіх потрібних розрахунків, слід назвати мікроконтролер. Для цього пристрою доцільно вибрати мікроконтролер з 8 розрядами на основі ядра MCS-51. Цей мікроконтролер дасть змогу провести просту реалізацію функцій, які дуже потрібні для керуючого блоку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КРБ 074.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Після того, як встановили зразок та відбулася видача команди на проведення вимірювального процесу, мікроконтролер може почати вимірювальний процес шляхом генерації імпульсів керування, при натисканні відповідної кнопки або при отриманні сигналу за допомогою порту послідовного на персональному комп'ютері. Внаслідок процесу виміру отримуємо сигнал аналоговий від датчика індукційного МАСТ-2. Відбувається проходження даного отриманого сигналу через схему датчика. Після того сигнал посилюється і фільтрується, і згодом надходить на вхід аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). Відбувається перетворення аналогового сигналу у паралельний двійковий код за допомогою АЦП. Даний код мікроконтролером зчитується, потім відбувається обробка та відображення даних на статичному дисплеї. Отриманий результат також можна передати на комп'ютер через інтерфейс послідовний типу RS-232. Після завершення вимірювального процесу відбувається перехід мікроконтролера в очікувальний режим.

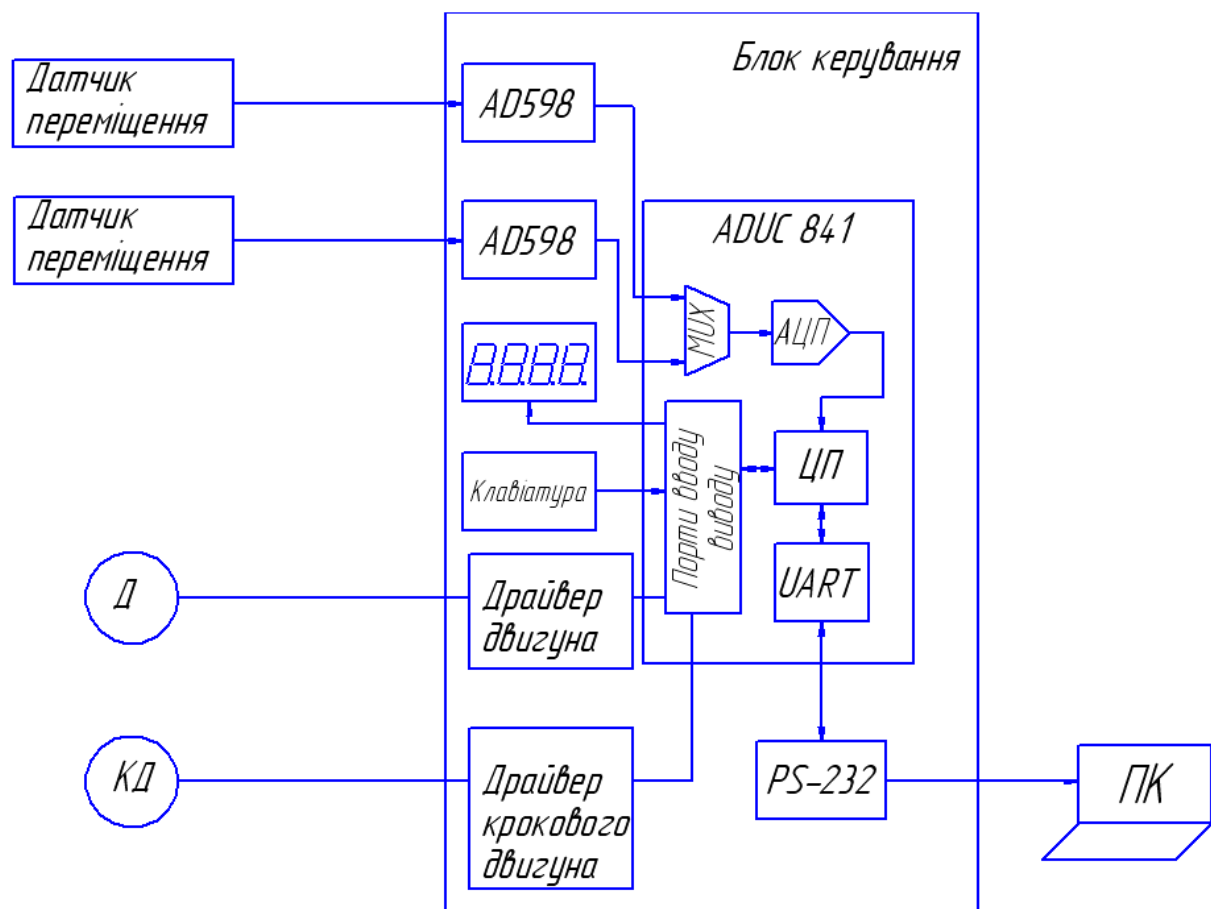


Рисунок 4.2 – Схема функціональна керуючого блоку

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

КРБ 074.00.00.000 ПЗ

4.3 Забезпечення програмне

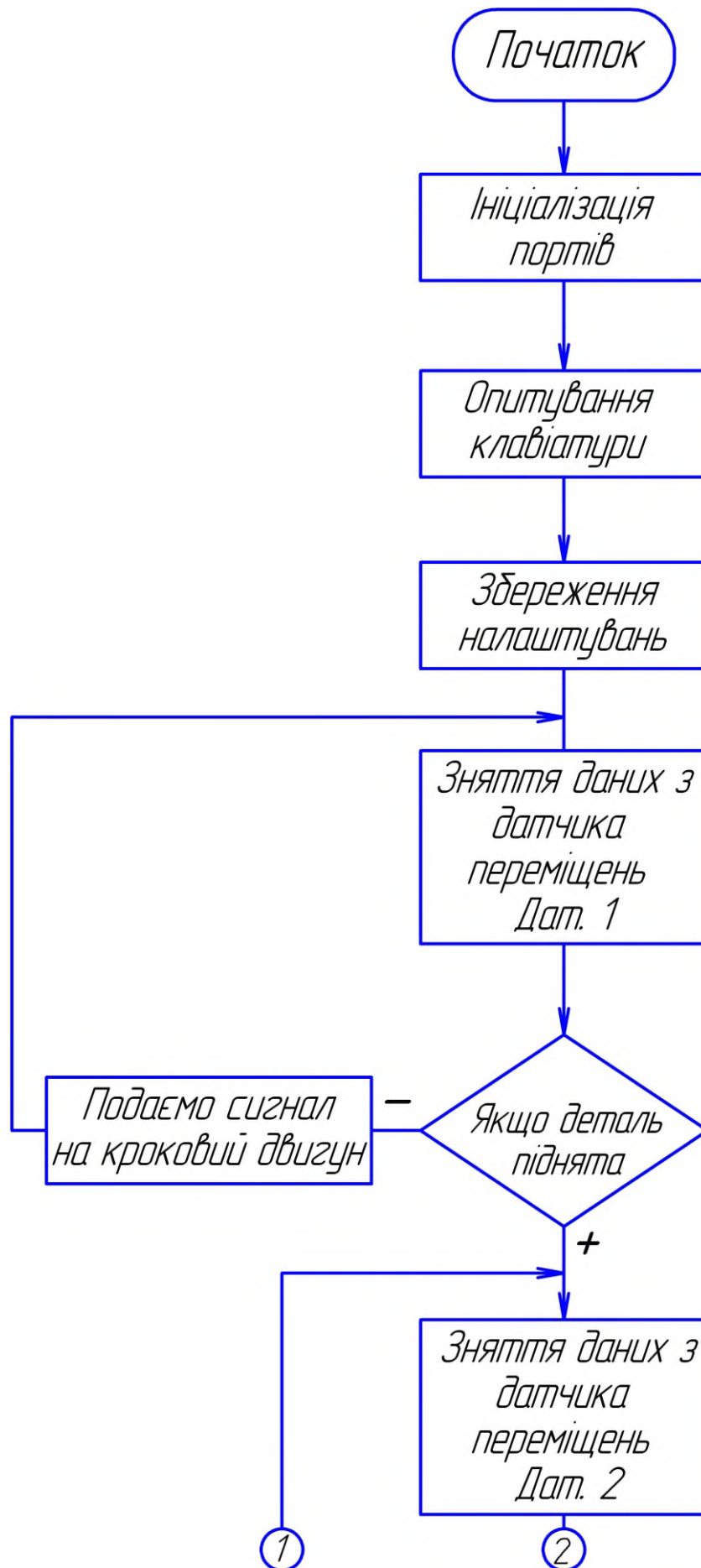
Для виконання робіт згідно затвердженого плану необхідно провести математичні розрахунки, провести їх аналіз. Відповідно до результатів вказаних розрахунків потрібно прийняти рішення щодо забезпечення сигналів керування. Процес роботи даних функцій базується на мікроконтролері. Це така електронно-обчислювальна машина, побудована на одному кристалі. Таким чином, чи не найбільш важливою складовою роботи керуючого блоку є забезпечення програмне для мікроконтролера.

Рекомендується розділити програму мікроконтролера на певний набір підпрограм, за допомогою яких можна здійснити обчислення або комунікаційні завдання для різноманітних пристроїв. Базові підпрограми бувають наступними:

- CONTROL - підпрограма для запиту клавіш керування, яка використовується для вводу та збереження даних, а також для виконання команд заданих клавіатурою;
- ACP – підпрограма для налагодження зв'язку між аналогово-цифровим перетворювачем та мікроконтролером і АЦП, або ж задає послідовність обміну керуючими сигналами, читає переведені у цифровий вигляд дані з перетворюючого виходу і зберігає їх у пам'яті мікроконтролера;
- INDK - індекс для того, щоб виконувати роботу зі сигналами статичними, зберігає дані результатів процесу вимірювального з пам'яті в індикатори, що складаються з сімох сегментів;
- ST – виконує передачу даних по вимірювальних результатів на персональний комп'ютер за допомогою інтерфейсу послідовного RS-232;
- KD – після того як отримана виконавча команда, записується ця підпрограма, і за допомогою тактових сигналів мікроконтролера відбувається генерація необхідної керуючої величини, яка надсилається на двигун кроковий, з метою визначення кута повороту двигуна.
- SR - обробляє, аналізує та зберігає дані та команди з персонального комп'ютера за допомогою інтерфейсу послідовного RS-232;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.4 Блок-схема алгоритму робочого для керуючого блоку



| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |

КРБ 074.00.00.000 ПЗ

Арк.

4.5 Опис роботи блок-схеми

На початок робимо ініціалізацію портів, введемо значення 0. Потім запитуємо клавіатуру та обираємо робочий режим для пристрою. Після цієї процедури всі налаштування зберігаються.

В наступному блоці ми знімаємо дані з датчика переміщень Дат. 1, який відповідає за висоту деталі. Якщо деталь піднята то переходимо до наступного блоку. Якщо ні, то подаємо сигнал на кроковий двигун, який піднімає вантажі. Потім знімаємо дані з датчика переміщень Дат. 2 який фіксує прогин гнучкої пластини. Подаємо керування на двигун Д. Після виконання двигуном Д задану кількість обертів зупиняємо двигун. Відображаємо результати вимірювання на статичний індикатор. Після чого передаємо дані на ПЕОМ.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було розроблено пристрій для дослідження конструктивних матеріалів на зносостійкість.

В основній частині детально розроблена конструкція приладу, обґрунтовується вибір датчика та системи керування, пояснюється принцип дії, зображена схема роботи.

У науково-дослідній частині було досліджено зношення матеріалу під впливом залишкових напружень. Складено програму обробки даних при визначенні деформації гнучкої пластини. При дослідженні деформації гнучкої пластини відхилення її незакріпленого кінця пропорційне прикладеному зусиллю. Коефіцієнт пропорційності знаходимо з графіка.

У спеціальній частині спроектовані та розраховані схеми датчика обертання, крокового двигуна та приводу його керування. Розроблено функціональну схему та блок-схему роботи керуючого блоку.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Гайдар Р.В.</i> | | | <i>ВИСНОВКИ</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | <i>Дунешь В.Л.</i> | | | | <i>ТНТУ, ФПТ, РН-41</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Апостол Ю.О.</i> | | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Паламар М.І. Методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт з дисциплін «Проектування інформаційно-вимірювальних систем», «Мікропроцесори і ЕОМ», «Проектування приладів і систем на основі мікроконтролерів» Проектування пристроїв і вузлів інформаційно-вимірювальних систем та створення програмного забезпечення на базі навчально-налагоджувального стенда / укл. : М.І. Паламар, А.В. Чайковський, М.О. Стрембіцький, Ю.В. Пастернак та інші. – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 76

2. Методичні вказівки по виконанню графічної частини дипломного проекту - ТНТУ, 2014р. 23с.

3. Навчання рекурентної НМ для прямого інверсного керування динамічним об'єктом / Паламар М.І., Стрембіцький М.О.// Матеріали IV Всеукраїнської конференції "GE0-UA" (26-30 травня 2014 р.). — Київ.: Наукова думка, 2014.-с.171-174.

4. Selection of the efficient video data processing strategy based on the analysis of statistical digital images characteristics / Mykhailo Palamar, Myroslava Yavorska, Mykhailo Strembitskyi, Volodymyr Strembitskyi // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2018. — Vol 91. — No 3. — P. 107–114. — (Instrument-making and information-measuring systems).

5. Паламар М.І. Комп'ютерні технології штучного інтелекту для прецизійного управління у мехатронних ситемах : навчальний посібник / Паламар М.І., Стрембіцький М.О. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 128 с.

6. Обробка зображень в динамічних системах / Михайло Паламар, Михайло Стрембіцький, Володимир Стрембіцький // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22-24 травня 2018. —

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Гайдар Р.В.</i> | | | <i>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушіє</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | <i>Дунєв В.Л.</i> | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Апостол Ю.О.</i> | | | | <i>ТНТУ, ФІТ, РН-41</i> | | |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Паламар М.І.</i> | | | | | | |

Т. : ТНТУ, 2018. — С. 271. — (Електротехніка та енергозбереження).

7. Батюк В. В. Адаптивна системи керування для мехатронних систем / В. В. Батюк, М. О. Стрембіцький // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 39. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).
<https://www.automationsystemsandcontrols.net.au/PDF's%20Autonics/proxi/PS%20Series%20Rectangular%20Proximity%20Sensors%20from%20ASC%20Ph%2003%209720%200211.pdf>

8. Нестерчук Д.М. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О. Квітка, С.В. Галько. – Мелітополь: «Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. – 255 с.

9. Мілих В. І. Розрахунки магнітних полів в електротехнічних пристроях : навчальний посібник / В. І. Мілих. Харків : ФОП Панов А. М., 2021. 136 с. ISBN 978-617-7947-98-0

10. <http://www.autoniconline.com/image/pdf/PA10.pdf>

11. Стрембіцький М.О. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. / М. О. Стрембіцький, М. І. Паламар, А. М. Паламар. – Тернопіль: вид-во Джура, 2018. – 150 с.

12. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник. - Житомир: ЖІТІ, 2011. - 612 с.

13. V. Yatsuk, T. Bubela, M. Mykyjchuk, Je. Pokhodylo, “Ensuring metrological reliability in dispersed measuring systems”. Measuring equipment and metrology, vol. 79, no. 3, p. 71–82, 2018.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>КРБ 074.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТКИ