

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Методичні вказівки до курсової роботи
з дисципліни
"ПРОЕКТУВАННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ
ПРИСТОСУВАНЬ"

для студентів спеціальності 015.13 "Професійна освіта"
за профілем "Метрологія, стандартизація та сертифікація"

Затверджено методичною
радою університету,
протокол № від 20 р.

Харків – 2019

Кафедра технології машинобудування і ремонту машин

Укладач:

Д.В. Абрамов

Цей документ являє собою посібник із виконання курсової роботи студентами автомобільного факультету, які навчаються у восьмому семестрі за спеціальністю 015.13 "Професійна освіта" та профілем підготовки "Метрологія, стандартизація та сертифікація", при вивченні дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристосувань". Робоча програма дисципліни передбачає лекції й практичні заняття, виконання домашніх завдань, виконання курсової роботи. Оцінка засвоєння матеріалу виконується викладачем за підсумками роботи на лекціях і практичних заняттях, за результатами виконання курсової роботи а також за результатами модульних тестів.

Провідну роль у машинобудуванні відіграють засоби виробництва - технічне обладнання, різальні інструменти для машинобудівельних та ремонтних підприємств.

Складовою частиною оснастки є контрольно-вимірювальні пристосування. Використання пристосувань призводить до підвищення точності та продуктивності, контролю деталей та виробів, забезпечує механізацію та автоматизацію технологічних процесів, розширення технологічних можливостей обладнання та підвищення безпеки робіт.

Контрольно-вимірювальні пристосування призначені, головним чином, для установки об'єкта, в якості якого може виступати заготовка, деталь чи складальна одиниця. Установка об'єкта включає в себе базування та закріплення.

Матеріал дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристосувань" розрахований для студентів, що засвоїли курси "Технологія конструкційних матеріалів", "Матеріалознавство", "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання".

У вказівках велика увага приділяється методиці розрахунку та проектування пристосувань, розвиваються та синтезуються основні положення курсу "Основи технології машинобудування" стосовно задач конструювання контрольно-вимірювальних пристосувань, вибору та обґрунтування прийнятих технічних рішень. Широко використовуються загальноінженерні дисципліни: теорія машин і механізмів, опір матеріалів, теоретична механіка.

Знаючи принципи та методику конструювання, студент може творчо підійти до створення дієздатного, високопродуктивного та

економічно вигідного пристосування, без сліпого копіювання вже існуючих конструкцій.

Методичні вказівки можуть бути використані як під час курсового, так і під час дипломного проектування. Додатковими матеріалами можуть служити відповідні стандарти, довідники, альбоми та монографії.

Задача конструювання контрольно-вимірювальних пристосувань витікає з більш загальної задачі проектування технологічного процесу виготовлення або відновлення деталі чи виробу.

Варіант завдання на курсову роботу та вихідні дані до неї студент отримує від керівника.

Під час виконання курсової роботи розглядаються наступні питання:

- аналіз об'єкта, що вимірюється, вибір елементів пристосування та принципової схеми;
- вибір схеми базування, закріплення та вимірювання об'єкта;
- службове призначення, схема конструкції та принцип дії пристосування;
- силовий розрахунок пристосування;
- вибір параметрів та розрахунок пристосування на точність.

Текстова частина курсової роботи, рисунки, таблиці, формули виконуються згідно з вимогами стандарту університету СТВНЗ-ХНАДУ-3-2004 "Текстові документи в навчальному процесі. Кваліфікаційні роботи фахівців. Дипломний проект і дипломна робота. Загальні вимоги до виконання" на білому папері формату А4 (210×297мм). Список літератури виконується за бібліографічними вимогами до посилань. Завершена курсова робота в обсязі 25-30 сторінок із складальним кресленням розроблюваного пристосування, виконаним за допомогою AutoCad в масштабі 1:1, повертається викладачеві.

Під час розробки пристосувань є великі можливості проявлення творчої ініціативи для створення конструкцій, що забезпечують найбільшу ефективність і рентабельність виробництва, для зниження вартості пристосувань та скорочення термінів їх виготовлення.

1 ВИБІР ЗАТИСКНОГО ПРИСТРОЮ ПРИСТОСУВАННЯ

До основних етапів проектування пристосувань відносяться:

- розробка схеми конструкції пристосування;
- силовий розрахунок пристосування;
- визначення основних характеристик силового механізму;
- розрахунок пристосування на точність.

1.1 Аналіз вихідних даних

Вихідні дані включають креслення об'єкта, що встановлюється в пристосування, технічні вимоги до прийомки об'єкта, операційні карти контролю об'єкта.

В процесі аналізу вихідних даних визначається схема базування об'єкта, розміри, допуски, шорсткість його поверхонь, матеріал та його характеристики, характеристики технологічного обладнання (розміри столу, на якому закріплюється пристосування, розміри та розміщення баз столу, наприклад: T-подібні пази та ін.), комплект технологічних або вимірювальних баз об'єкта, схема технологічного налагодження, точність розмірів поверхні, що контролюється, витрати штучного часу на операцію, тип виробництва, програма випуску.

Розміри та форма об'єкта визначають габаритні розміри пристосування, його масу, матеріал, тип конструкції базової деталі. Допуски на розміри та шорсткість поверхонь об'єкта впливають на вибір встановлювальних елементів, затискних елементів та їх розміщення. Тип технологічного обладнання визначає комплект основних баз пристосування, якими воно встановлюється. Задана точність розмірів поверхні, що контролюється, обмежує допустиму похибку установки об'єкта в пристосуванні, котра повинна бути меншою за похибку виготовлення (відновлення) об'єкта в декілька разів.

Комплект технологічних баз об'єкта визначає комплект допоміжних баз у пристосуванні. Наприклад, якщо комплект технологічних баз заготовки на одну операцію поєднує площину з

двома циліндричними отворами, тоді в пристосуванні повинен бути комплект допоміжних баз, утворений площиною та двома циліндричними штирями, один з яких буде зрізаним.

Схема технологічної наладки, дозволяє визначити навантаження, які сприймає об'єкт, а отже, і пристосування під час контролю. Це дозволить розрахувати необхідний рівень сил закріплення об'єкта і самого пристосування на столі технологічної системи, а також сформулювати вимоги щодо міцності, жорсткості, вібростійкості пристосування.

Витрати часу на операцію визначають рівень швидкодії пристосування під час установки та зняття об'єкта. Це, в свою чергу, впливає на кінематику пристосування та вибір типу привода.

Тип виробництва та програма випуску визначає рівень автоматизації пристосування, вимоги щодо зносостійкості елементів, використання в пристосуванні уніфікованих елементів, надійність та довговічність.

1.2 Формулювання службового призначення пристосування

Формулювання службового призначення пристосування базується на якісному та кількісному аналізі вихідної інформації про контрольні операції технологічного процесу виготовлення або відновлення деталі та умов, за яких буде експлуатуватися пристосування.

Формулювання службового призначення пристосування повинне включати кількість об'єктів, що встановлюється в пристосування, габаритні розміри об'єкта, комплект баз, якими базується об'єкт, точність його установки, рівень сил і моментів затискання, умови, за яких пристосування експлуатується, та, в першу чергу, особливі умови: наявність високих або низьких температур, агресивного середовища та ін.

1.3 Визначення схеми базування об'єкта та схеми пристосування

Принципова схема пристосування включає схему базування (розміщення встановлювальних елементів, схема силового затискання об'єкта), схему силового замикання пристосування.

Схема розміщення встановлювальних елементів визначається орієнтацією об'єкта відносно вибраних осей координат та типом встановлювальних елементів. У відповідності зі схемою базування об'єкта відома кількість встановлювальних елементів, що повинні розташовуватись на трьох координатних площинах, побудованих на комплекті баз об'єкта. Під час розробки принципової схеми визначають найкраще розміщення встановлювальних елементів у кожній координатній площині. Вибирають таку схему їх розміщення, при якій були б забезпечені найвища точність установки та найбільша стійкість об'єкта.

Під час вибору схеми силового затискання об'єкта вирішують, в першу чергу, на які координатні площини, що побудовані на встановлювальних елементах пристосування, повинно бути направлене силове замикання. З точки зору надійного забезпечення визначеності базування об'єкта рекомендується силове замикання направляти на кожен з шести опор. Для спрощення пристосування бажано прикладати сили затискання на одну координатну площину, побудовану на установочній базі. Отже, оцінюючи схему сил і моментів, що діють на об'єкт під час здійснення контролю, виходячи з вибраної схеми розміщення встановлювальних елементів, спочатку потрібно вирішити, на які бази з комплекту баз направити силове замикання, встановити, буде діяти на базу одна сила затискання чи декілька. У тих випадках, коли прикладається одна сила затискання, точка її прикладання повинна співпадати з точкою, рівновіддаленою від кожного установочного елемента. На цьому етапі уточнюється необхідність у додаткових опорах.

Після схеми розміщення встановлювальних елементів і схеми силового затискання об'єкта визначають кінематичну схему передачі зусилля від силового привода до затискних елементів (схему силового замикання пристосування).

2 СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ

2.1. Рівняння рівноваги об'єкта під час механічної обробки.
Визначення коефіцієнта запасу сили затискання

Для розрахунку сили затискання необхідно знати величини та напрямки дії сил та моменти від них, що діють на об'єкт під час контролю, схеми розміщення встановлювальних і затискних елементів.

Під час розрахунку сили затискання, у відповідності до принципової схеми базування та прийнятої схеми кінематики передачі зусилля від привода до затискних елементів, визначають величини реакцій в точках контакту об'єкта з установочними елементами. Значення реакцій розраховують за умови рівноваги в стиках: затискний елемент-об'єкт та об'єкт-опора.

На рис. 2.1 показано принципову схему закріплення деталі у контрольно-вимірювальному пристосуванні під час контролю.

Під час контролю (див. рис. 2.1) на деталь діє вимірювальна сила \vec{P}_x . Сила \vec{P}_x зсуває заготовку вздовж установочної бази. Затискна сила \vec{W} створює сили тертя, що протидіють цьому зсуву. Тому сила затискання \vec{W} повинна бути більшою від сил, що зсувають заготовку та одночасно створювати момент тертя більший за зсувний момент.

Для цього в рівняння статички вводиться коефіцієнт запасу сили затискання.

Рівняння рівноваги об'єкта під час дії активних сил (вимірювальних сил) та моментів від них мають загальний вигляд

$$k \cdot \sum_1^n P_i = \sum_1^m F_j, \quad (2.1)$$

$$k \cdot \sum_1^n M_i = \sum_1^m M_j, \quad (2.2)$$

де k – коефіцієнт запасу сили затискання;

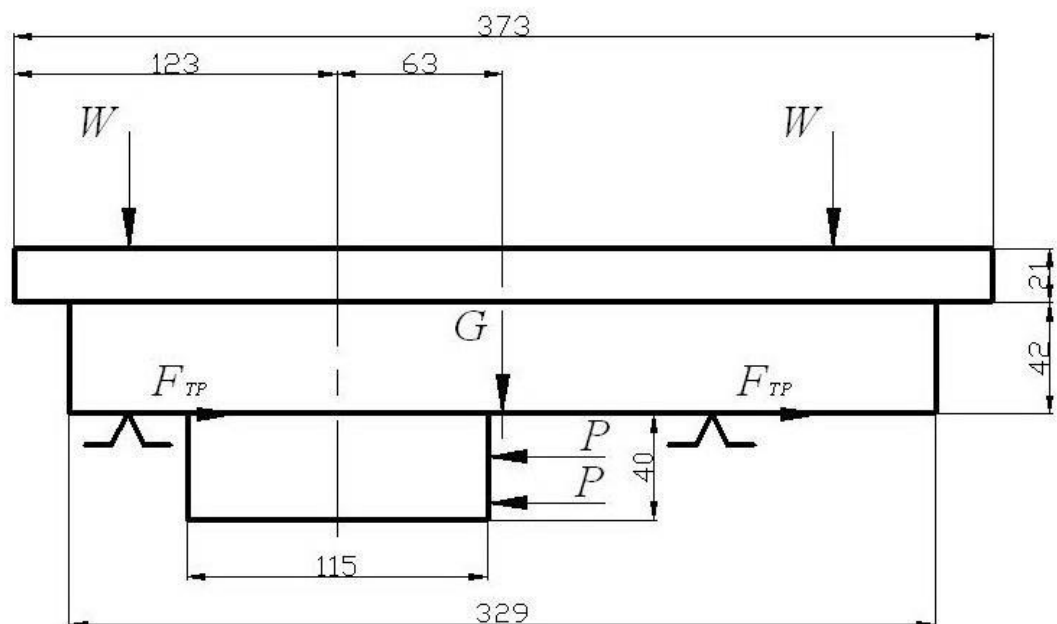


Рисунок 2.1 – Схема закріплення деталі у контрольно-вимірjuвальному пристосуванні

P_i , F_j – активна сила (сила, складова сили різання), яка дестабілізує положення об'єкта, та сила, що протидіє дестабілізації, відповідно; M_i , M_j – активний момент (момент від сили, складової сили різання), який дестабілізує положення об'єкта, та момент, який протидіє дестабілізації, відповідно; n – кількість дестабілізуючих сил (моментів); m – кількість стабілізуючих сил (моментів).

Завжди при використанні в пристосуванні силового механізму Типу 1 розрахунок необхідної сили затискання слід вести за умов рівноваги об'єкта з врахуванням перерозподілу реакцій в встановлювальних і затискних елементах. При використанні силового механізму Типу 2 перерозподілу реакцій не виникає, якщо немає випадку, коли сила обробки або її складова протилежно направлені силі затискання.

Коефіцієнт k запасу сили затискання визначається за формулою [2]

$$k = k_0 \cdot \prod_{i=1}^6 k_i \geq 2,5, \quad (2.3)$$

де $k_0=1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили обробки від нерівномірності припуску на оброблювальній поверхні об'єкта та якості базової поверхні (для чорнової обробки $k_1=1,2$; для чистової - $k_1=1,0$ [3, табл. 4.1, с. 118]);

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили обробки внаслідок притуплення різального інструмента ($k_2=1,0-1,7$ [2, табл.12, с. 84];

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час обробки несучільних поверхонь об'єкта (для обробки несучільних поверхонь $k_3=1,2$; для суцільних - $k_3=1,0$);

k_4 – коефіцієнт, що враховує сталість сили затискання, що створюється приводом пристосування ($k_4=1,3$ – для пневмо- та гідроциліндрів односторонньої дії; $k_4=1,2$ – з використанням пневмокамер, пневмоважільних систем, пристосувань із пружними елементами (мембрани, гідропластмаси); $k_4=1,0$ – для пневматичних, гідравлічних, пневмогідравлічних пристосувань двохсторонньої дії, а також магнітних і вакуумних приводів);

k_5 – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, спроможних повернути об'єкт навколо осі на базовій площині, та характеризує контакт із опорними елементами пристосування ($k_5=1,5$ – точки контакту розміщені нерівномірно або невизначено; $k_5=1,0$ – точки контакту розміщені рівномірно);

k_6 – коефіцієнт, що характеризує тип силового механізму в пристосуванні ($k_6=1,2$ – для Типу 2, $k_6=1,0$ – для Типу 1).

Якщо в результаті розрахунку коефіцієнт запасу $k < 2,5$, то приймається $k = 2,5$.

2.2 Вибір напрямку прикладення сили затискання

Вибір напрямку прикладення сили затискання проводиться за умов:

– сила затискання повинна бути направлена перпендикулярно площині встановлювальних елементів, щоб забезпечити надійний контакт із опорами базових поверхонь;

– якщо об'єкт базується по декількох базових плоских поверхнях, то сила затискання повинна бути направлена до того установочного елемента, з яким об'єкт має найбільшу площу контакту;

– напрямки сили затискання та сили ваги об'єкта по можливості повинні співпадати.

Вибору раціонального напрямку сили затискання сприяє введення в схему силового закріплення об'єкта упорів. В одному випадку, за їх допомогою вирішується задача забезпечення нерухомості об'єкта, коли на нього діють сили зсуву, що направлені паралельно установочній площині, в іншому, - установка упорів дозволить забезпечити закріплення об'єкта, що не має поверхонь, які б сприймали сили затискання в перпендикулярному напрямку до установочної площини.

2.3 Вибір місця прикладення сили затискання

Для вибору місця прикладення сили затискання слід дотримуватись наступного:

– сила затискання не повинна призводити до перевертання об'єкта або його зсуву вздовж встановлювальних елементів. Для цього необхідно, щоб точка прикладання сили затискання проектувалась:

1) на установочний елемент (по можливості ближче до його центру) або в трикутник, що утворюється лініями, які з'єднують центри встановлювальних елементів, розміщених на одній площині;

2) на частку поверхні об'єкта, паралельну поверхні плоских встановлювальних елементів, що сприймають силу затискання;

– дія сили затискання та реакцій в опорах не повинні призводити до виникнення перевертаючих моментів;

– точка прикладення сили затискання повинна бути якнайближче до місця обробки.

2.4 Розрахункові фактори для визначення сили затискання

Для визначення сили затискання об'єкта необхідно знати жорсткість системи встановлювальних і затискних елементів пристосування в перпендикулярному та тангенціальному напрямках, значення коефіцієнтів тертя в місцях контакту з об'єктом та коефіцієнта запасу сили затискання.

Жорсткість j_1 системи затискних елементів в перпендикулярному напрямі може бути визначена як

$$\frac{1}{j_1} = \frac{1}{j'_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{j''_i}, \quad (2.4)$$

де j'_1 – жорсткість стиску затискний елемент – об'єкт;

j''_i – жорсткість i -го стиску в системі затискних елементів пристосування;

n – кількість стиків у системі затискних елементів.

Жорсткість j_2 системи встановлювальних (опорних) елементів в перпендикулярному напрямку визначається як

$$\frac{1}{j_2} = \frac{1}{j'_2} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{j''_i}, \quad (2.5)$$

де j'_2 – жорсткість стику об'єкт - установочний елемент;

j''_i – жорсткість i -го стику в системі встановлювальних елементів.

Значення j'_1 і j'_2 визначаються з-за умов контактної міцності.

Під час розрахунку пристосувань із приводом Тип 1 рекомендується [1] приймати

$$\frac{j_1}{j_1 + j_2} = 0,3 - 0,4; \quad (2.6)$$

$$\frac{j_2}{j_1 + j_2} = 0,6 - 0,7. \quad (2.7)$$

Менші значення в (2.6) та більші в (2.7) приймаються для багатоланцюгових систем.

Тангенціальна жорсткість стику об'єкт - затискний елемент в 3-4 рази менша жорсткості стиску об'єкт - установочний елемент внаслідок зазору в з'єднаннях елементів пристосування та консоля затискних елементів. Тому необхідно проектувати пристосування так, щоб затискний елемент, по можливості, взагалі не сприймав тангенціальних зусиль.

Якщо установочні та затискні елементи пристосування контактують з обробленими поверхнями об'єкта, то коефіцієнт тертя приймається в межах 0,15-0,16 [3, табл. 4.2; 4, с. 384].

Коефіцієнт тертя в разі контактування необроблених поверхонь об'єкта з опорами, що мають сферичну головку (ГОСТ 13441-68), залежить від величини вертикальної сили та радіуса сфери. Він знаходиться в межах 0,18-0,3 [3, табл.4.2; 4, с. 384].

В разі контактування об'єкта із затискними та установочними рифленими поверхнями елементів коефіцієнт тертя зростає до 0,7-0,9 [3, табл. 4.2; 4, с. 384].

Для практичних розрахунків необхідної сили затискання коефіцієнт тертя приймається за табл. А.1.

Під час вирішення задач статички вибір додатного напрямку зміщення або повороту об'єкта значення не має. Але при використанні формули (2.2) необхідно враховувати наступне. За додатній напрям дії стабілізаційного момента слід приймати напрям, що співпадає з напрямом момента від сили затискання (права частина виразу), а за додатній напрям дії дестабілізаційного момента – поворот в бік відривання об'єкта від базової площини (ліва частина виразу).

Всі сили, які виникають на межі затискний елемент-об'єкт, будемо позначати індексом 1, а на межі об'єкт - опорний елемент – індексом 2.

До розрахунку приймається найбільше з одержаних значень сили затискання, визначене за відповідними рівняннями.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВОГО МЕХАНІЗМУ ПРИСТОСУВАННЯ

За класифікацією силові механізми пристосувань діляться на прості та комбіновані.

Простий механізм характеризується передатнім відношенням сил, передатнім відношенням переміщень, коефіцієнтом корисної дії та запасом ходу.

Передатне відношення сил визначається із силових співвідношень та характеризує зміну зусилля на веденій ланці (сили затискання) від зусилля на ведучій (сили привода)

$$i = \frac{W}{Q} > 1, \quad (3.1)$$

де Q – сила, що прикладається на ведучому елементі механізму (сила привода).

Передатне відношення переміщень визначається із кінематичних співвідношень та характеризує зміну переміщення веденої ланки (затискного елемента) по відношенню до ведучої (елемента привода)

$$i_{\Pi} = \frac{S_w}{S_Q} < 1, \quad (3.2)$$

де S_w – переміщення веденого елемента механізму;

S_Q – переміщення ведучого елемента механізму.

Запасом ходу S механізму є переміщення веденого елемента в двох граничних точках, що визначають його вихідне положення та можливе крайнє (неробоче).

Коефіцієнт корисної дії механізму

$$\eta = i \cdot i_{\Pi} = \frac{i}{i_{i0}}, \quad (3.3)$$

де i_{i0} – передатне відношення сил ідеального механізму (без врахування тертя).

Комбінований механізм складається з декількох послідовно з'єднаних простих та має такі ж характеристики, як і простий. Але в такому випадку передатне відношення сил, переміщень і коефіцієнт корисної дії механізму дорівнюють добутку передатних відношень сил, переміщень та коефіцієнтів корисної дії відповідно всіх простих механізмів, що входять до складу комбінованого

$$i = \prod_{i=1}^n i_i, \quad (3.4)$$

$$i_{\Pi} = \prod_{i=1}^n i_{\Pi i}, \quad (3.5)$$

$$\eta = \prod_{i=1}^n \eta_i, \quad (3.6)$$

де i_b , i_{nb} , η_i – передатне відношення сил, переміщень і коефіцієнт корисної дії i -го механізму відповідно;

n – кількість простих механізмів у комбінованому.

Запас ходу S повинен бути достатнім для установки та зняття об'єкта з опорних елементів.

4 РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ НА ТОЧНІСТЬ

4.1 Аналіз вихідних даних

При аналізі вихідних даних необхідно визначити:

- вид об'єкта контролю (заготовка, деталь, складальна одиниця);
- контрольовані параметри, їх номінальні значення й допуски;
- необхідність завдання конструктором на кресленні деталі або вузла цих параметрів і вимог до них, як вони впливають на працездатність виробу в процесі експлуатації;
- припустиму погрішність виміру;
- вимірювальні бази й спосіб забезпечення єдності, конструкторських, технологічних і вимірювальних баз;
- тип виробництва, який визначає ступінь універсальності, механізації або автоматизації контрольного пристосування;
- технологічність об'єкта контролю (конструктивні особливості: конфігурація поверхонь, пошкоджуваність або деформованість при контролі, маса, габарити й транспортабельність, особливі вимоги до об'єкта контролю, особливі вимоги до робочого місця контролера і т.п.);
- існуючі перспективні методи й засоби контролю, можливість і доцільність їх застосування для заданого об'єкта.

Припустима погрішність вимірювання визначається на основі довідкових даних, наведених у табл. Б.1 і табл. Б.2, в залежності від номінального розміру та якості поверхні, що контролюється. Припустиму погрішність виміру можна також визначити по формулі

$$[\Delta_{\text{вим}}] = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \right) \cdot T_k, \quad (4.1)$$

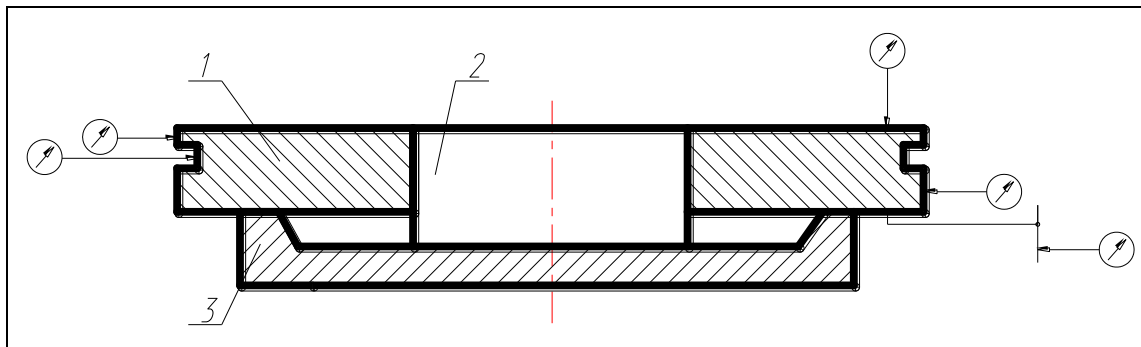
де $[\Delta_{\text{вим}}]$ – припустима погрішність виміру;

T_k – допуск на контрольований параметр.

Схема контролю (рис.4.1) для контрольно-вимірювальних пристосувань (КВП) має аналогічне призначення, що й принципова схема для верстатного пристосування. На ній повинен бути зображений повний склад елементів КВП і зв'язки між ними, що дозволяє одержати повну уяву про принципи його роботи.

Схема контролю – це сукупність схеми установки контрольованого об'єкта й пов'язаних з його вимірювальними базами засобів контролю.

Якщо можливе застосування декількох альтернативних схем для контролю, то шляхом порівняння обирається одна, найбільш підходяща.



1 – об'єкт контролю; 2 – оправлення; 3 – опора

Рисунок 4.1 – Приклад схеми вимірювання у контрольному пристосуванні

Виконується обґрунтування та вибір засобу вимірювання (ЗВ) для кожного з параметрів деталі, що контролюється.

Вибір за метрологічними показниками: при виборі проводиться аналіз основних метрологічних показників: ціни поділки, діапазону показань, меж вимірів, погрішності виміру. Особливу увагу звертають на точність. Слід зазначити, що погрішність виміру обраних відлікових пристроїв залежить від способу виміру й ряду інших причин.

Вибір точності відлікового приладу й первинного перетворювача як кратної частки від допуску деталі є принципово невірною. Таке співвідношення можна застосувати лише до сумарної погрішності виміру.

Вибір з економічних міркувань: основний критерій вибору – це економічна доцільність, до якої відносяться: вартість, тривалість

роботи, час на вимір, кваліфікація контролера, продуктивність виміру й обсягу випуску виробів, тобто від виду виробництва.

Вибір від функціонального призначення контрольованої деталі. Вибір ЗВ повинен погоджуватися з функціональним призначенням виробу, зі схемою й методом виміру. Контроль тонкостінних деталей і виробів з легких сплавів переважно здійснювати безконтактним методом або з малими вимірювальними зусиллями. При великій кількості контрольованих параметрів рекомендується застосовувати багатомірні відлікові пристрої або контрольні пристосування.

У контрольно-вимірювальних пристосуваннях найпоширенішим засобом вимірювання є вимірювальні головки і індикатори, наприклад 1-П з ціною поділки 0,001 мм, межею вимірювання $\pm 0,05$ мм, припустимою погрішністю 0,8 мкм, з радіусом вимірювального наконечника 5 мм, з вимірювальним зусиллям $P_{\max} = 1,75 \pm 0,35$ Н, $P_{\Sigma} = 0,75 \pm 0,35$ Н.

До умов вимірювань належить сукупність величин, які не є вимірюваними, але впливають на точність засобів вимірювальної техніки, змінюючи результати вимірювань. Ці величини називають *впливними (впливаючими) величинами*. *Впливна величина* — це конкретна величина, яка характеризує умови вимірювань і її значення впливає на результат вимірювання. Передовсім це характеристики навколишнього середовища, в якому відбувається вимірювання, або кліматичні величини: температура, вологість, тиск, магнітне поле, вібрації тощо. Під час вимірювань умови необхідно контролювати і враховувати їх вплив на результати вимірювання і характеристики їх якості (похибки чи невизначеність).

Для кожного засобу вимірювання нормують так звані *нормальні та робочі умови вимірювань*, для яких окреслені діапазони значень кожної впливної величини (табл. 4.1, 4.2). У нормальних умовах нормують *основну похибку ЗВ*. Якщо значення впливної величини виходить за межі нормальних значень (але в межах робочих), крім основної, виникає додаткова похибка ЗВ, яку часто називають за назвою впливної величини.

Таблиця 4.1 – Нормальні умови застосування засобів вимірювань електричних і магнітних величин

Впливна (впливаюча) величина	Нормальне значення або нормальна область значень
Температура повітря T , °C	$20 \pm 0,5$; 20 ± 1 ; 20 ± 2 ; 20 ± 5 ; 20 ± 10
Відносна вологість повітря v , %	30...80
Атмосферний тиск P , кПа (мм.рт.ст.)	84...105 (630...795)
Зовнішнє магнітне поле H , А/м	повна відсутність

Нормальні значення (області нормальних значень) впливних величин і допустимі відхилення від них, які не вказані в табл. 3, повинні бути встановлені в стандартах та (або) технічних умовах на засоби вимірювань конкретного виду (типу).

Значення впливних величин в *робочих умовах* застосування засобів вимірювань наведено в табл. 4.2. Стосовно впливу на метрологічні характеристики кліматичних факторів (температури та вологості повітря) всі засоби вимірювань розділені на сім груп, для кожної з яких встановлено відповідні робочі області значень впливних величин.

Таблиця 4.2 – Робочі умови застосування засобів вимірювальної техніки

Впливна (впливаюча) величина	Значення впливної величини для груп ЗВ						
	1	2	3	4	5	6	7
Температура повітря T , °C: - нижня межа; - верхня межа	10 25	10 35	5 40	-10 40 55*	-30 50	-50 60	-30 70
Відносна вологість повітря v , %	80 при 20 °C	80 при 25 °C	90 при 25 °C	90 при 30 °C	90** при 30°C	95 при 35 °C	80 при 30 °C
Атмосферний тиск P , кПа (мм.рт.ст.)	84...106,7 (630...800); 60...106,7 70...106,7 (537...800)*** (460...800)						
Зовнішнє магнітне поле H , А/м	400						

* для електронних вимірювальних приладів;

** за узгодженням зі споживачем допускається встановлювати відносну вологість повітря 98% при 25 °C

Наприклад, нормальною областю значень температури для деякого ЗВ може бути $T_n = (20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ (від $18 \text{ }^\circ\text{C}$ до $22 \text{ }^\circ\text{C}$), а робоча область температур – від $5 \text{ }^\circ\text{C}$ до $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.2 Розрахунок складових погрішностей

4.2.1 *Інструментальна погрішність* $\tilde{\Delta}_И$ визначається погрішністю, що допускається, відлікової головки, є випадковою погрішністю (для головки 1-ІГ $\tilde{\Delta}_И = \pm 0,8 \text{ мкм}$).

4.2.2 *Погрішність схеми виміру* Δ_{cx} складається з декількох складових.

а) При вимірі двоконтактним методом погрішність схеми виміру буде відсутня, якщо відхилення форми тіла обертання буде мати парне огранювання. Якщо ж огранювання буде непарне, то схема не дозволить виміряти $D_{нб}$ на величину некруглості δ_k . Розділяючи на систематичну й випадкову частини, маємо

$$\Delta_{cx.1} = D_И - D_{нб} = -0,5\tilde{\delta}_k \pm 0,5\tilde{\delta}_k. \quad (4.2)$$

Погрішність є суттєво від'ємною, тому що викликає зменшення результату виміру.

б) Погрішність схеми виміру виникає також внаслідок шорсткості контрольованої поверхні через малий радіус вимірювальних наконечників.

$$\Delta_{cx.2} = \Delta_{cx.3} = -\frac{1}{8} \frac{S^2}{r}, \quad (4.3)$$

де S – крок мікронерівностей;

r – радіус вимірювального наконечника.

Погрішність є випадковою суттєво від'ємною величиною.

Остаточну погрішність схеми виміру визначаємо, підсумовуючи знайдені складові

$$\Delta_{cx} = \bar{\Delta}_{cx.1} + \bar{\Delta}_{cx.2} + \bar{\Delta}_{cx.3} \pm \sqrt{\tilde{\Delta}_{cx.1}^2 + \tilde{\Delta}_{cx.2}^2 + \tilde{\Delta}_{cx.3}^2}. \quad (4.4)$$

4.2.3 Температурна погрішність.

Враховуючи, що коливання температури деталі й повітря в цеху можуть становити $\pm 1^\circ$, тобто мати розмах $\Delta t = 2^\circ$, а коефіцієнти лінійного розширення матеріалів вала й пристосування приблизно однакові ($\alpha = 8,6 \cdot 10^{-6}$), розрахуємо погрішність по наступній формулі

$$\Delta_t = \alpha \cdot D \cdot 0,5 \cdot \Delta t, \quad (4.5)$$

де D – більший діаметр деталі.

3.2.4 Погрішність настроювання.

Погрішність настроювання складається з декількох складових.

а) Погрішність виготовлення засобу $\tilde{\Delta}_{н.1}$ мкм (випадкова погрішність).

б) Випадкова погрішність вимірювальної головки 1 ІГ

$$\Delta_{н.2} = 0,5 \cdot v, \quad (4.6)$$

де v – варіація показань.

в) Погрішність настроювання через шорсткість (суттєво позитивна)

$$\Delta_{н.3} = \frac{1}{8} \cdot \frac{S^2}{r}. \quad (4.7)$$

Погрішність контактної схеми виміру вимірювальних наконечників практично відсутня.

г) Поріг чутливості вимірювальної головки 1 ІГ становить 0,9 мкм. Вузол тонкого настроювання конструктивно вбудований у вимірювальну головку. Погрішність є випадковою, отже, $\tilde{\Delta}_{н.4} = \pm 0,9$ мкм.

Остаточна погрішність настроювання складе

$$\Delta_{н} = \bar{\Delta}_{н.3} \pm \sqrt{\tilde{\Delta}_{н.1}^2 + \tilde{\Delta}_{н.2}^2 + \tilde{\Delta}_{н.3}^2 + \tilde{\Delta}_{н.4}^2}. \quad (4.8)$$

4.2.5 Суб'єктивна погрішність.

Суб'єктивна погрішність складається з наступних складових:

а) Погрішність від паралакса

$$\Delta_{п.1} = 0,13 \cdot \frac{h}{S}, \quad (4.9)$$

де $h = 0,3$ мм – відстань від покажчика до шкали;

S – чутливість вимірювального пристрою.

$$S = \frac{a}{C}, \quad (4.10)$$

де $a = 1$ мм – довжина поділки шкали;

$C = 0,001$ мм – ціна поділки шкали.

б) Погрішність відлічування часток розподілу для цехових умов (випадкова погрішність) становить

$$\Delta_{п.2} = 0,5 \cdot C, \quad (4.11)$$

4.2.6 Експлуатаційна погрішність.

Експлуатаційна погрішність складається з наступних складових:

а) Зношування вимірювального наконечника

$$\Delta_{\text{Э.1}} = u \cdot p \cdot L \cdot k, \quad (4.12)$$

де u – питоме зношування наконечника, мкм;

p – тиск на стику, що стирається, Па;

L – шлях тертя, пройдений наконечником при вимірі, м;

k – узагальнений коефіцієнт.

$$p = \frac{Q}{F}, \quad (4.13)$$

де Q – нормальна сила в стику;

F – площа стику.

$$L = \ell \cdot n, \quad (4.14)$$

де ℓ – довжина шляху зіткнення вимірювального наконечника з деталлю, при вимірі однієї деталі при їхньому взаємнім переміщенні;
 n – число обмірюваних між підналаштуваннями деталей.

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (4.15)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує ступінь забруднення зони виміру;

k_2 – коефіцієнт, що враховує шорсткість контрольованої поверхні,
 $k_2 = 0,05 \cdot Rz$;

k_3 – коефіцієнт, що враховує твердість контрольованої поверхні,
 $k_3 = 0,02 \cdot \text{HRC}$.

Площу стику F нового наконечника можна знайти за формулою

$$F = 3,14 \cdot (2\delta_k \cdot r - \delta_k^2), \quad (4.16)$$

де δ_k – контактні деформації;

r – радіус наконечника.

$$\delta_k = 0,93 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{\max}}{r} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)^2} \quad (4.17)$$

де P_{\max} – максимальне вимірювальне зусилля;

r – радіус наконечника;

E_1 , E_2 – модулі пружності тіл, що стискаються.

Модуль пружності матеріалу наконечника E_1 і матеріалу деталі E_2 приблизно рівні й становлять: $E_1 = E_2 = E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Довжина шляху контакту вимірювального наконечника з деталлю дорівнює

$$\ell = 2 \cdot \pi \cdot D, \quad (4.18)$$

де D – найбільший діаметр деталі типу тіла обертання;

б) Збій настроювання (випадкова погрішність)

$$\tilde{\Delta}_{\Delta.2} = n \cdot \tau_c, \quad (4.20)$$

де τ_c – зсув настроювання, що доводиться на один вимір.
Остаточна експлуатаційна погрішність складе

$$\Delta_{\Delta} = \bar{\Delta}_{\Delta.1} + \tilde{\Delta}_{\Delta.2}. \quad (4.21)$$

Знайдені вище складові звести до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Складові погрішності вимірювання

№ п/п	Найменування погрішностей	Позначення	Систематична складова, мкм	Випадкова складова, мкм
1	Інструментальна погрішність	$\Delta_{И}$		
2	Погрішність схеми виміру	$\Delta_{сх}$		
3	Температурна погрішність	Δ_t		
4	Погрішність настроювання	$\Delta_{н}$		
5	Суб'єктивна погрішність	$\Delta_{л}$		
6	Експлуатаційна погрішність	Δ_{Δ}		
Сумарна погрішність		Δ		

Після визначення сумарної погрішності виміру, її порівнюють з припустимою погрішністю виміру. Якщо виконується вираз

$$[\Delta_{\text{вим}}] \geq \Delta, \quad (4.22)$$

то контрольне пристосування можна проектувати (компонувати) й запускати у виробництво.

5 КОМПОНУВАННЯ ТА ОПИС ПРИНЦИПУ РОБОТИ КВП

Компонування КВП виконується на основі наявної принципової схеми, відрізняється від неї більшою деталізацією і є спрощеним варіантом складального креслення КВП. Основна мета її розробки – підібрати елементи конструкції пристосування відповідно до принципової схеми й зв'язати їх у цільний найбільш доцільний механізм. Розробка компонування зводиться до послідовного креслення елементів контрольного пристосування й вимірювальних пристроїв навколо контуру контрольованої деталі. Спочатку креслять настановні елементи, далі наносять деталі затискних пристроїв, потім ідуть вимірювальні й допоміжні пристрої. Останнім зображується корпус, звичайно у вигляді плити (Додаток В), на якій закріплюються всі інші деталі КВП, і яка має елементи для установки на контрольному столі (ніжки) і елементи для переносу пристосування (ручки). При кресленні загального виду контрольного пристосування необхідно задати посадки у всіх сполученнях і різні технічні вимоги до конструкції (табл. В.1).

Після того як виконані всі етапи по проектуванню й розрахунку контрольно-вимірювального пристосування й підготовлена необхідна конструкторська документація необхідно привести технічні характеристики отриманої конструкції й описати принцип роботи пристосування.

В описі принципу роботи контрольно-вимірювального пристосування необхідно відбити наступну інформацію:

- класифікацію пристосування;
- для яких об'єктів використовується пристосування;
- які параметри контролюються за допомогою пристосування;
- як здійснити базування й закріплення контрольованого об'єкта в пристосуванні для виконання контролю;
- як працює затискний механізм пристосування, його конструкція й вплив на контрольований об'єкт;
- які засоби вимірювання застосовані в пристосуванні, який метод виміру використовується (абсолютний або відносний), як виконати настроювання ЗВ на контрольований параметр;
- як проводяться виміри й зчитуються показання, як визначити

відповідність контрольованого параметра встановленим вимогам, як визнати об'єкт придатним або бракованим;

- як зняти об'єкт після виконання контролю;
- як працюють допоміжні елементи конструкції пристосування (рухливі й нерухливі);
- як здійснити налаштування, регулювання й ремонт пристосування з метою заміни зношених деталей;
- як здійснити транспортування пристосування.

Також в описі необхідно відбити інші особливості конструкції пристосування, особливі деталі й вузли, застосовані технічні рішення й т.п. Текст опису конструкції й принципу роботи пристосування слід формулювати таким чином, що б у ньому були вказівки на конкретні деталі й вузли пристосування у вигляді посилань на відповідні позиції складального креслення й специфікації на пристосування. Якщо в пояснювальній записці є рисунок, що ілюструє конструкцію пристосування, то припустимо посилатися на позиції, зазначені на цьому рисунку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Аверьянов И.Н., Болотеин А.Н., Прокофьев М.А. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах. Учебное пособие. Рыбинск: РГАТА, 2010.-220с.
- 2 Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для ВУЗов. - М.: Машиностроение, 1983. - 277 с.
- 3 Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов. - Минск: Высш. шк., 1986. - 237 с.
- 4 Станочные приспособления: Справочник / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. - М.: Машиностроение, 1984. - Т.1. - 592 с.
- 5 Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. - Ленинград: Машиностроение, 1975.- 656 с.
- 6 Г.Н. Андреев, В.Ю. Новиков, А.Г. Схиртладзе. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства / Под ред. Ю.М. Соломенцева.- М.: Высш. шк., 1999. - изд. 2-е, испр. - 252 с.
- 7 О.І. Назаров. Проектування та розрахунок пристосувань (розділ “Проектування та розрахунок механізмів пристосувань”). Конспект лекцій. – Харків: ХНАДУ, 2003. – 103 с.
- 8 О.І. Назаров. Проектування та розрахунок пристосувань (розділ “Проектування та розрахунок приводів пристосувань”). Конспект лекцій. – Харків: ХНАДУ, 2006. – 112 с.

ДОДАТОК А

Значення коефіцієнта тертя f

Таблиця А1 – Значення коефіцієнта тертя f

Умови тертя	Коефіцієнт тертя f
При контактуванні оброблених поверхонь об'єкта з опорами та затискними елементами пристосування	0,16
При контактуванні необроблених поверхонь об'єкта з опорами у вигляді постійних опор (штирів) та з сферичною головкою	0,2-0,25
При контактуванні об'єкта з затискними елементами пристосування та опорами, що мають рифління	0,7
При закріпленні в кулачковому або цанговому патроні з губками:	
- гладкими;	0,16-0,18
- з кільцевими канавками;	0,3-0,4
- із взаємно перпендикулярними канавками;	0,4-0,5
-з гострим рифлінням.	0,7-1,0

ДОДАТОК Б

Допустимі погрішності вимірів

Таблиця Б.1 – Допустимі погрішності вимірів для *IT5 – IT10*

Номінальні розміри, мм	Квалітети											
	5		6		7		8		9		10	
	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$
До 3	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6	40	8
біл. 3 до 6	5	1,6	8	2	12	3	18	4	30	8	48	10
біл. 6 до 10	6	2	9	2	15	4	22	5	36	9	58	12
біл. 10 до 18	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10	70	14
біл. 18 до 30	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12	84	18
біл. 30 до 50	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16	100	20
біл. 50 до 80	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18	120	30
біл. 80 до 120	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20	140	30
біл. 120 до 180	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30	160	40
біл. 180 до 250	20	7	29	8	46	12	72	18	115	30	185	40
біл. 250 до 315	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30	210	50
біл. 315 до 400	25	9	36	10	57	16	89	24	140	40	230	50
біл. 400...	27	9	40	12	63	18	97	26	155	40	250	50

Таблиця Б.2 – Допустимі погрішності вимірів для *IT11 – IT16*

Номінальні розміри, мм	Квалітети											
	11		12		13		14		15		16	
	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$	IT	$\varepsilon_{вим}$
До 3	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80	600	120
біл. 3 до 6	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100	750	160
біл. 6 до 10	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120	900	200
біл. 10 до 18	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140	1100	240
біл. 18 до 30	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180	1300	280
біл. 30 до 50	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200	1600	320
біл. 50 до 80	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240	1900	400
біл. 80 до 120	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280	2200	440
біл. 120 до 180	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320	2500	500
біл. 180 до 250	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380	2900	600
біл. 250 до 315	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440	3200	700
біл. 315 до 400	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460	3600	800
біл. 400 до 500	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500	4000	800

ДОДАТОК В

Вимоги до точності виготовлення деяких елементів КВП

Таблиця В.1 – Вимоги до точності виготовлення деяких елементів КВП

Типи установчих або установчо-затискних елементів	Параметр точності контрольних пристосувань	Допустиме відхилення, мм	
		Для нового пристосування	В умовах експлуатації
Центри жорсткі	Відхилення від співвісності	0,003-0,005/150	0,008/150
Центри , що обертаються	Відхилення від співвісності	0,005-0,008/150	0,01/150
Оправки центрові	Радіальне биття посадкової поверхні відносно вісі центра	0,003-0,007	0,010-0,015
	Торцеве биття відносно вісі центрів	0,005-0,008/R	0,010-0,020/R
Мембранні патрони	Радіальне биття	0,005-0,01	0,015
	Торцеве биття	0,01-0,015/R	0,020-0,025/R
Цангові патрони та оправки	Радіальне биття	0,010-0,015	0,02
Оправки з тарільчатими пружинами	Радіальне биття	0,010-0,020	0,03
Гідропластові оправки	Радіальне биття	0,005-0,010	0,015
Оправки з гофрованими втулками	Радіальне биття	0,003	0,005
Оправки з кульками	Радіальне биття	0,010-0,015	0,02
	Торцеве биття	0,015-0,020	0,025

ЗМІСТ

	С.
1 Вибір затискного пристрою пристосування	5
1.1 Аналіз вихідних даних	5
1.2 Формулювання службового призначення пристосування	6
1.3 Визначення схеми базування об'єкта та схеми пристосування	6
2 Силовий розрахунок пристосування	8
2.1. Рівняння рівноваги об'єкта під час механічної обробки. Визначення коефіцієнта запасу сили затискання	8
2.2 Вибір напрямку прикладення сили затискання	10
2.3 Вибір місця прикладення сили затискання	11
2.4 Розрахункові фактори для визначення сили затискання	11
3 Визначення основних характеристик силового механізму пристосування	13
4 Розрахунок пристосування на точність	15
4.1 Аналіз вихідних даних	15
4.2 Розрахунок складових погрешностей	19
5 Компонування та опис принципу роботи КВП	24
Список літератури	26
Додаток А. Значення коефіцієнта тертя f	27
Додаток Б. Допустимі погрешності вимірів	28
Додаток В. Вимоги до точності виготовлення деяких елементів КВП	29

Навчально-методичне видання

АБРАМОВ Дмитрій Володимирович

**Методичні вказівки до курсової роботи
з дисципліни
"ПРОЕКТУВАННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ
ПРИСТОСУВАНЬ"**

для студентів спеціальності 015.13 "Професійна освіта"
за профілем "Метрологія, стандартизація та сертифікація"

Відповідальний за випуск М.А. Подригало

Авторська редакція

План 2019 р. Поз. .
Підписано до друку _____ р. Формат 60□84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman Cyr . Віддруковано на ризографі.
Ум. друк. арк. _____. Обл.-вид. арк. _____.
Зам. № _____. Тираж _____ прим. Ціна договірна

ВИДАВНИЦТВО

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61200, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.
Тел. /факс: (057)700-38-72; 707-37-03, e-mail: rio@khadi.kharkov.ua

*Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції, серія № ДК №897 від 17.04 2002 р.*

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Методичні вказівки до курсової роботи
з дисципліни
"ПРОЕКТУВАННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ
ПРИСТОСУВАНЬ"**

для студентів спеціальності 015.13 "Професійна освіта"
за профілем "Метрологія, стандартизація та сертифікація"

Харків – 2019