

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ УКРАЇНСЬКОЇ АРХЕОГРАФІЇ

На правах рукопису

Коваленко Лідія Семенівна

**ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ  
МЕТОДІВ В МЕХАНІЦІ МАШИН**

05.25.01

07.00.10 — історія науки і техніки

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата історичних наук

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00777270 (U)

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ УКРАЇНСЬКОЇ АРХЕОГРАФІЇ

На правах рукопису

КОВАЛЕНКО Лідія Семенівна

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ  
В МЕХАНІЦІ МАШИН

07.00.10 - Історія науки і техніки

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата історичних наук

Київ - 1994

ДВ 31.404

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Київському державному технічному університеті архітектури та будівництва Міносвіти України

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор,  
чл.-кор. НАН України Боголюбов  
Олексій Миколайович

- Офіційні опоненти:
1. Доктор фізико-математичних наук,  
професор Горошко Олег Олександрович
  2. Кандидат історичних наук Циганкова  
Ела Григорівна

Провідна організація - Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім.Г.М.Доброва НАН України /Київ/

Захист відбудеться "29" грудня 1994 р. о 11 год.  
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.43.01 по захисту дисертацій в Інституті української археографії НАН України /254050, Київ, вул.Пугачова, 12/2 /

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту української археографії НАН України.

Автореферат розісланий "23" жовтня 1994 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Тодійчук О.В.

Б ім. В. Стефанива  
АН У

## I. КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Одні з питань, які найменше досліджені сучасною історією науки і техніки, це історія технічних вимірювань. Труднощі полягають у тому, що через відсутність реальних зразків приладів і нестачу інформації про методи вимірювання доводиться звертатися до відповідної літератури і в багатьох випадках архівних матеріалів. Але оскільки значення технічних вимірювань постійно зростає від цього значною мірою залежить якість роботи машин і можливість їх конструктивного вдосконалення, це питання і потрібне, і актуальне.

Проблема експерименту в науці про машини виникла в ХУІІІ столітті у зв'язку з першими спробами дослідження рушіїв. Важливим джерелом енергії протягом століття була сила людини, і для того, щоб визначити оптимальні умови експлуатації людської праці, а самого початку століття були запроваджені експериментальні методи.

В середині століття проводились серії експериментів з метою визначити оптимальні умови роботи водяних коліс і водяних млинів. В самому кінці століття розпочалися експерименти для визначення можливості експлуатації парової машини.

Однак сама парова машина протягом століття вдосконалювалася, збільшувалися габарити, зростали робочі швидкості. Проблема регулювання ходу машин і сил інерції, які особливо виявилися у другій половині ХІХ століття, показали, що теоретичного дослідження недостатньо для глибокого визначення їх динаміки. Тоді в науку про машини почали впроваджувати експериментальні методи досліджень.

Якщо протягом ХІХ і в першій половині ХХ століття експериментально вивчалися лише деякі кінематичні параметри і тертя, а динамічні якості вимірювалися рідко і найнедосконалішими засобами, то з середини ХХ століття становище змінюється і експериментальні методи дослідження займають важливе місце у дослідженні машин.

Разом з тим сама історія розвитку методів вимірювань у теорії машин підлягає вивченню, оскільки без цього неможливе прогнозування техніки завтрашнього дня: екстраполяція майбут-

нього на основі минулого і сьогодення.

Мета даної роботи - дослідити історію розвитку і встановлення експериментальних методів у механіці машин, з'ясувати походження перших ідей постановки експериментальних досліджень, основні етапи розвитку експериментальних методів у механіці машин до 50-х років ХХ століття як наукової теорії і на основі узагальнення історико-наукового матеріалу дати картину їх розвитку, показати значення досліджень українських і світових вчених у цій галузі для сучасної теорії експериментального дослідження динаміки машин.

Наукова новизна. У роботі зроблено ретроспективний аналіз розвитку і встановлення експериментальних методів у механіці машин. У зв'язку з цим:

- вперше сформульована концепція і запропонована науково обгрунтована періодизація розвитку і встановлення експериментальних методів у механіці машин;

- показана закономірність встановлення експериментальних методів у зв'язку з розвитком машинної техніки як нового напрямку технічної діяльності;

- вивчена історія експерименту у вітчизняній науці про машини /до 50-х років нинішнього століття/;

- вперше запроваджено в науковий обіг вчення про експеримент П.А.Флоренського;

- показано розвиток теорії та практики експериментальних методів у динаміці машин на прикладі наукової школи І.І.Артоблевського.

Практичне значення. Матеріали дисертації можуть використовуватися:

- при виробленні сучасних методів теорії експериментального дослідження в механіці машин;

- для досліджень в галузі експерименту механіки машин;

- при підготовці підручників, монографій, навчальних посібників про теорію механізмів і машин і суміжних дисциплін, а також історію цих наук.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались на ХХІІІ Пленумі Національного Комітету з історії і філософії природознавства і техніки, ХХІ - ХХУ конференціях аспірантів і молодих спеціалістів інституту історії

природознавства і техніки колишньої АН СРСР, республіканському семінарі з історії природознавства і техніки при інституті історії НАН України, а також на семінарах з історії математики і механіки при Інституті математики НАН України під керівництвом чл.-кор. НАН України О.М.Боголюбова.

Публікація робіт. За результатами дисертації опубліковано чотири роботи. Всі викладені в них результати зроблені автором особисто, є новими.

Обсяг і структура дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, списку літератури і додатку. Основний текст викладений на 128 сторінках машинописного тексту, список літератури має 107 позицій, з них 19 іноземними мовами, у додатку 25 малюнків.

## П. СТРУКТУРА ТА КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована ідея, мета і завдання дисертаційної роботи, визначена проблематика і актуальність даного історичного дослідження, дано огляд літератури про вдосконалення і розвиток експериментальних методів у механіці машин, сформульовані основні положення роботи.

У першому розділі дисертації досліджено становлення процесу вимірювань при вивченні і побудові машин.

Перші машини з'явилися на початку другої половини першого тисячоліття до н.е. Протягом майже двох тисяч років машини виконували одну і ту ж функцію - замінювали людину у виконанні важких фізичних робіт за тривалий проміжок часу.

Перші трактати про машини з'явилися до епохи еллінізму. Найбільш відомий трактат Герона Олександрійського, в якому описаний приклад для вимірювання відстані.

В епоху Римської імперії і раннього середньовіччя починають будувати млини на декілька постав від одного колеса, а також конструкції млинів з декількома привідними колесами. Це передбачало вміння оперувати з дебетом води і з використанням енергії води для роботи механізмів.

"Механіка" Герона стала основою для декількох трактатів про машини, які написані в арабських країнах. Зокрема в

трактаті Ібін-Сіні /Авіценни/ про практичну механіку автор розвиває вчення Герона і наводить приклади деяких нових машин, збудованих у Хорезмі і Маверанахрі.

Про прилади для вимірювання окремих величин розповідалося вже в працях вчених середньовіччя. Методи експериментальних досліджень збереглися у працях Леонардо да Вінчі, хоч /й, очевидно, в багатьох випадках/ багато його експериментів залишилися лише на папері. Він створив багато різних схем машин і нових механізмів. Леонардо да Вінчі перший досліджував політ птахів і наблизився до створення гелікоптера /літального апарату/ важчого від повітря. Він вивчав також рух тіла на похилій поверхні, закон важеля гідростату, тертя тіл. Дуже важливим для експериментальних досліджень Леонардо да Вінчі було те, що він не обмежувався якісними результатами своїх дослідів, а проводив також кількісні вимірювання досліджуваних величин. У деяких записках він згадує прилади, побудовані для проведення експериментів.

Великого значення постановці експерименту надавав Г.Галілей. Майже всі судження і праці Г.Галілея є аналізом різних експериментів і доказів. Але механічне дослідження його цікавило насамперед своїм теоретичним аспектом. При цьому він часто зупинявся на етапі "мисленого" експерименту.

Експеримент як важливий метод дослідження був обґрунтований Ф.Беконом, який започаткував всю новочасну дослідницьку науку.

У 1666 р. було засноване Лондонське Королівське товариство, яке поставило експериментальне дослідження у центрі своєї наукової діяльності: винаходи і експерименти щодо машин одержали тут важливе значення. Основним експериментатором товариства був Р.Гук.

Р.Гук протягом своєї багаторічної роботи побудував цілий ряд приладів, необхідних для експериментів і їх кількісної оцінки. Його прилади і апарати мають одну спільну властивість: вони не універсальні, а пристосовані для оцінки результатів конкретного дослідження.

До цього ж напрямку приєднані експерименти Гюйгенса в галузі теорії коливань, Лейбніца і Папена про створення парової

машини.

Важливим було значення І.Ньютона для розвитку всього математичного природознавства, в тому числі й механіки. У результаті експериментальних досліджень і спостережень він був виробив єдиний погляд на світ і закони, які керують ним. Були встановлені закони і принципи, які могли б використовуватися для дослідження задач, зв'язаних з виготовленням і застосуванням машин.

Протягом всього XVIII століття створення вимірвальних приладів переслідує в основному мету забезпечення створення машин з певними технологічними властивостями. Винятком є прилади для визначення сили тертя /Ейлер, Кулон/, потужності водяного і парового двигунів /Смітом/, тиск водяної пари в паровій машині /Бетанкур/, а також для визначення надійності характеристик будівельних і машинобудівельних матеріалів /головним чином дерева/.

Суттєве значення для розвитку експерименту в галузі створення машин мав промисловий переворот XVIII століття, який привів до переобладнання бавовнянопаперової, а потім і вовноперевної промисловості. По суті, всі винаходи стали результатом тривалих експериментів. У Франції - Вокансон, Дроз, Жаккар; в Англії - Уайетт, Харгрєвс, Картрайт, Кромптон; Кулібін і Ползунов - у Росії, а також багато інших винахідників користувались методом експерименту в своїй творчості. У Ползунова були й спроби моделювання: він побудував велику модель моста через Неву, яку випробував на міцність.

Одним з перших, хто намагався осмислити експериментальний метод дослідження і пов'язати його з теоретичним, був М.В.Ломоносов - прибічник повсякденного зв'язку теорії і практики, невтомний експериментатор, перший у Росії організатор виготовлення вимірвальних приладів.

За вказівками М.В.Ломоносова, прилади для нього будував майстер майстерень Академії наук Ф.Н.Турін, після якого майстернями керував Н.Г.Чиков. Ці майстри і їх помічники виготовляли всі прилади для експериментів, які проводили члени Академії наук. Однак ці прилади, як і прилади Гука, служили лише для забезпечення конкретних експериментів. Лише в 1769-1787рр., у роки, коли майстернями Академії наук керував І.П.Кулібін, становище дещо змінилося: деякі його прилади мали вже універ-

сальне значення.

Таким чином, у першому розділі показано, що машинобудування сприяло становленню і техніці експерименту нової якості, що було дуже суттєво і для науки про машини, які знаходилися тоді в процесі свого становлення, і для промисловості виробництва машин, яка повинна була забезпечувати машинам деякі нові якості необхідні для їх експлуатації.

У другому розділі показаний розвиток експерименту в науці про машини в період промислового перевороту.

Встановлення і розвиток машинного способу виробництва і виникнення машинобудування, - виробництва машин при потужності машин, поставило нові завдання перед експериментальним методом дослідження.

У цьому напрямку в другій половині XVIII століття почав свої експерименти над створенням парової машини Уатт. В його творчості експеримент відіграв особливу роль. Це доводиться хоча б створенням декількох типів механізмів для перетворення поступального руху поршня в обертове і, зокрема, створення паралелограма Уатта.

Суттєву роль у становленні експериментальних методів досліджень відігравали вищі технічні школи, особливо, Політехнічна школа в Парижі, заснована в 1794 р. У Росії ця роль належала інститутіві корпусу засобів зв'язку, заснованому в 1809 році. Однак експерименти проводилися спорадично і в основному відігравали лише службову роль. Виникнення нових машин змусило винахідників зайнятися проблемою універсального промислового двигуна.

Динаміці двигунів були присвячені праці Ж.Понселе, який виконав у Меці ряд експериментів. В працях Мецьської академії є багато даних про експерименти самого Понселе /експериментальне дослідження форми лопаток водяного колеса/ і його співробітників і ремісників, де, він викладав. Експериментальним шляхом досліджень цікавився і Коші. Рімовірно, що найбільший імпульс до експериментального дослідження машин і механізмів виявився результатом будівництва і експлуатації залізниць, яке почалося у другій третині XIX століття.

На початку XIX століття виникла наука про машин, механіка машин, яка протягом майже півстоліття користувалась описо-

ними методами. Лише з другої половини століття П.Л.Чебишев застосував до дослідження механізмів математичні методи і, що найцікавіше, глибоко зв'язав їх з експериментом. Таким чином в науку про машини майже одночасно прийшли математичний і експериментальний методи дослідження. До того ж від своїх експериментів на створення механізмів, які задовольняли визначені умови, Чебишев прийшов до створення математичної теорії про наближення функцій поліномами, які найменше відхиляються від нуля.

Метод Чебишева отримав дальший розвиток у працях Дж.Дж.Силвестра та інших вчених англійської школи. Його учень Л.І.Ліпкін у 1866 р. вирішив проблему, яка була поставлена французьким інженером Посельє, створивши механізм для точного перетворення прямолінійного руху на колове.

Приблизно у той же час починається вироблення експериментальних способів досліджень і побудови механізмів і машин. Розвиток машинобудування у другій половині XIX століття показав, що теоретичні міркування не завжди приводять до правильних результатів. При ускладненні моделей найчастіше виявляється, що неможливо врахувати всі обставини праці машини, і в результаті виявляється необхідним контролювати експеримент. Так розвивалась наука про тертя, що протягом XVI-XIX століть привело до визначення законів сухого тертя і уточнення відповідних коефіцієнтів. У працях Н.П.Петрова і О.Рейнольдса було вивчено рідинне тертя і створена гідродинамічна теорія змащення.

Підвищення робочих швидкостей і необхідність обліку сил інерції стимулювали розвиток кінематичного і динамічного експерименту. Кінематичний експеримент спочатку обмежувався оцінкою траєкторії, яка проходила через визначену точку, і визначенням швидкості обертання; деякі прилади були запропоновані професорами Московського технічного училища А.С.Єршовим і Я.С.Орловим. В області динаміки одним із перших вимірвальних приладів був пристрій для визначення коефіцієнта нерівномірності, запропонований Артигом /1857/. Для цього було використано коливальні процеси і фотографії.

Великого значення питанням постановки експерименту в механіці надавав М.С.Лужковський /1847-1921/, на якого певною мі-

рою вплинув Ф.С.Орлов. Близький друг М.С.Жуковського, Ф.С.Орлов залучив його до робіт в галузі прикладної гідромеханіки і теоретичного машинобудування. Але головним напрямком у дослідженнях М.С.Жуковського була агромеханіка. Після смерті Ф.С.Орлова у 1872 р. завідував механічним кабінетом Московського університету. М.С.Жуковський поступово перетворив його на експериментальну механічну лабораторію, яка мала апарати для аеродинамічних досліджень. Тут він розробив перші методи експериментальних досліджень про аеродинаміку і побудовані перші вимірвальні аеродинамічні прилади. Велике значення М.С.Жуковський надавав експериментові, який давав йому матеріали для теоретичних узагальнень. Експериментальна техніка XIX ст. у працях М.С.Жуковського та його учнів і співробітників у Московському університеті починає давати важливі результати, необхідні для побудови машин нового типу.

У механічному кабінеті Московського держуніверситету були вироблені перші прийоми аеродинамічних випробувань і розроблені схеми і конструкції перших аеродинамічних приладів.

При експериментальних дослідженнях в аеродинамічній лабораторії використовувалися прилади, засновані на механічному принципі дії. Наприклад, динамометр, який вимірював силу тяги гвинта і його крутячий момент. Швидкості вимірювалися з допомогою різних видів тахометрів і т.д.

У всіх своїх працях М.С.Жуковський прагнув з'ясувати картину руху, знайти його виразний геометричний образ.

Таким чином, створення приладів для дослідження машин і механізмів відбувалося у XIX ст. нерівномірно, пристрої створювалися від випадку до випадку відповідно до інтересів окремих вчених та інженерів. По суті лише створення парової машини і, головним чином, питання експлуатації локомотивів і рухомого складу залізниць привели до створення пристроїв загального користування. Як правило, всі пристрої створені в XIX ст.; ґрунтуються на механічних принципах, пристроїв електротехнічних, які почали впроваджуватися у практику в кінці століття, ми не торкаємося. Зчення про машини і механізми знаходилося в XIX ст. в процесі розробки, а внаслідок цього розробка вимірвальних пристроїв для вивчення певних параметрів машин - в

статичному стані.

Спочатку до цієї науки належали всі питання побудови машин, у т.ч. їх експлуатація, і тому випробування машинобудівних матеріалів і відповідних приладів, також належали до компетенції машинобудівників. Потім ці питання виділяються у науку про опір матеріалів і курс деталей машин, але виникають нові питання, зв'язані з побудовою технологічних машин, якими вчені до кінця століття і займалися. По суті, лише зі спроб П.Л.Чебишева починається математичний підхід до науки про машини, і тому його експерименти з інвесторами отримали особливу важливість для науки про машини взагалі

До кінця століття і на рубежі століть виникають нові вимоги до приладів та вимірювального обладнання, обумовлені значним збільшенням робочих швидкостей і необхідністю враховувати також прискорення.

У третій главі дисертації розглядаються практичні аспекти застосування вимірювальних приладів при дослідженні і експлуатації спеціальних типів машин, вивчення яких почало формуватися вже в кінці XIX століття.

Важливий внесок в справу створення експериментальних методів зробили українські вчені С.П.Тимошенко та І.І.Сікорський - один з піонерів літакобудування, послідовник М.С.Дюковського. На жаль, завдяки умовам громадянської війни обидва емігрували, та згодом в США зробили значний внесок до розвитку вчення про міцність машинобудівних матеріалів.

До цього періоду належить початок творчої діяльності В.П.Горячкіна - засновника "землеробної механіки".

Незважаючи на те, що сільськогосподарське машинобудування було однією серед нечисленних галузей машинобудування, розвинутих у дореволюційній Росії відносно добре, до В.П.Горячкіна теорією сільськогосподарських машин практично ніхто не займався. Крім того, не існувало і загального вчення про технологічні машини. Конструкції застосованих у землеробстві машин були надзвичайно різноманітними і складними за структурою. Умови експлуатації цих машин були важкі і постійно змінювалися, що вимагало створення конструкцій, які виконували б точну роботу найменш точними засобами. Вся дослідницька діяльність В.П.Горячкіна в галузі теорії сільськогосподарсь-

ких машин зв'язана з виробленням методики і постановкою експерименту. Він надавав великого значення необхідності систематизації, узагальненню і виявленню взаємного зв'язку між явищами природи і технікою. Він розробив "Загальні принципи випробувань сільськогосподарських машин і знарядь" /1936/, а також програму та методику випробувань. У результаті своїх досліджень він не тільки створив "землеробну механіку" як науку, але й започаткував загальну теорію робочих машин. Вся дослідницька робота В.П.Горячкіна в теорії сільськогосподарських машин зв'язана з виробленням методики і постановки експериментів.

Велике значення для постановки експериментальних методів в механіці машин мали в 20-х роках нашого століття праці О.П.Малишева, який займався теорією машин. Вони присвячені теорії механізмів, синтезові механізмів, механізмам текстильних машин. Він провів численні експериментальні дослідження текстильних машин, розробив цікаві конструкції вимірювальних приладів. Прикладом може бути сконструйований ним оригінальний динамометр для вимірювання відчутної потужності, яку споживає одне веретено. Динамометр чітко регулював коливання потужності, яку поглинає веретено, що було дуже важливим, оскільки веретено є основною деталлю багатьох текстильних машин, а знання величини споживаної потужності дуже важливе як для розрахунково-конструкторських робіт, так і при експлуатації машини, де в більшості випадків веретена визначають основну складову споживання енергії.

О.П.Малишев виробив метод експериментального дослідження механізмів і впровадив розділ "Експериментальний метод" у свій курс кінематики механізмів.

Закономірно, що машинний експеримент того періоду розвитку не обмежувався роботами, які проводились під керівництвом цих вчених.

Задумов В.П.Горячкіна і О.П.Малишева є те, що вони першими виробили і обґрунтували загальні методи експериментального дослідження в механіці машин.

У роботі висвітлена також постановка проблеми експерименту в творчості П.А.Флоренського. Видатний вітчизняний вчений - енциклопедист у ряді статей, опублікованих в Технічній енциклопедії, не тільки висвітлив цю проблему, але й виробив конкретні методи її вирішення. У журналі "Сорена" він описав ряд приладів,

з котрих деякі були його особистим внеском у техніку експерименту.

Протягом своєї п'ятнадцятирічної активної науково-інженерної діяльності П.А.Флоренський публікує ряд статей і монографій як теоретичного, так і прикладного змісту. Він розробив теорію і практику експерименту, методику експериментального дослідження, створив деякі прилади і пристрої. Він займався теорією речовин і дуже близько підійшов до тих проблем, які пізніше отримали назву кібернетика.

Нині виявляється великий інтерес до творчої спадщини П.А.Флоренського не тільки в нашій країні, але й за кордоном. Його статті й нині не втратили своєї актуальності, але ще багато з його спадщини не опубліковано.

Четверта глава дисертації характеризує стан експериментальних методів від 30-х років нашого століття. Протягом перших трьох десятиліть ХХ століття техніка експерименту в механіці машин розвивалася досить нерівномірно і, як правило, в окремих галузях промисловості. І лише в кінці 30-х років з ініціативи І.І.Артоболевського і під його керівництвом розвиток експериментальних методів динаміки машин став головним напрямком теорії механізмів і машин. Техніка експерименту переходить до електричних методів вимірювання механічних величин. Експериментальні дослідження проводяться при роботі машин у реальних умовах.

Електричні методи визначення механічних величин отримали широке розповсюдження і майже повністю витиснули механічні способи. Звичайно, в ряді випадків при визначенні окремих величин правильніших їх середніх значень, механічні методи ще збереглися завдяки простоті їх використання і обробки записів для одержання результатів.

Вже на початку 30-х років І.І.Артоболевський намітив чіткий план розвитку теорії механізмів і машин, яка повинна була відмовитися від розгляду тільки парової машини, /що є основою динаміки/, і елементарних передаткових механізмів /що становили суть кінематики механізмів/ і безпосередньо перейти до вивчення технологічних машин. Експериментальне дослідження стало необхідною умовою дальшого розвитку теорії механізмів і машин.

У 1937 р. під керівництвом І.І.Артоболєвського почав працювати Семінар з теорії механізмів і машин, котрий пізніше став об'єднувальним центром для всіх досліджень у галузі машин. В 1938 р. був створений Інститут машинознавства, який став всесоюзним центром дослідницької роботи у цій галузі. Відділ ТММ у ньому очолив І.І.Артоболєвський.

Експериментальні методи досліджень механіки машин виділяються в нову наукову дисципліну.

Розвиток електронної техніки в 50-х роках і створення підсилювачів привели до широкого розповсюдження електричних методів при експериментальному дослідженні динаміки машин і механізмів.

Під керівництвом І.І.Артоболєвського в лабораторії експериментальної динаміки Інституту машинознавства розроблялась тема "Розробка експериментальних методів", в основу якої була покладена не тільки розробка апаратури, а в основному методики експериментального дослідження як теоретичної дисципліни.

Роботи, які проводилися в Інституті машинознавства з експериментальних методів, одержали широку популярність. З 1946р. кожної п'ятниці в Лабораторії експериментальної динаміки проводилися консультації.

В Україні експериментальні методи в механіці машин почали розвиватися ще в 30-х роках. Суттєвий вклад в їх розвиток зробили чл.-кор. АН України С.Н.Кожевников і його учні. Вони розвинули в Дніпропетровську, а пізніше в Києві напрямок експериментального дослідження важкого і сільськогосподарського машинобудування. Для цього С.М.Кожевников розробив оригінальну методику, в якій комбинував експеримент з аналітичним розрахунком.

В Харкові над розвитком експериментальних методів дослідження гідравлічних машин працював академік АН УРСР Г.Ф.Проскура, учень М.Є.Луковського.

В основі експериментального дослідження механічних величин електричними методами вимірювання лежить принцип використання датчиків, розроблених під керівництвом Н.П.Расєвського. Модифікація датчиків може бути вироблена відповідно до умов експерименту, а принцип дії залишається той самий.

Великий обсяг проведених досліджень і конструктивного

опрацювання засобів вимірювання в лабораторії експериментальної динаміки дозволило класифікувати датчики для вимірювання механічних величин за принципом їх дії. Ця класифікація отримала своє відображення в 1951 році в дисертації Н.П.Раєвського на отримання наукового ступеня доктора технічних наук "Методи і прилади для динамічних досліджень машин і механізмів".

При обробці результатів експериментальних робіт найбільші труднощі викликає аналіз впливу окремих факторів, які діють в системі. Ці завдання дуже важливі тоді, коли розрахунком не враховують якихось істотних явищ, що відбуваються в системі. Тому встановлення параметрів, що підлягають вимірюванню і вибір методу вимірювання мають велике значення. Для того, щоб встановити, які параметри підлягають вимірюванню, при експериментальному дослідженні системи розглядають диференційні рівняння їх руху.

При прямолінійному русі:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = P f(t)$$

При обертovому русі:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + c \frac{d\varphi}{dt} + k\varphi = M f(t)$$

Таким чином, основними параметрами, що підлягають вимірюванню, є переміщення швидкості, прискорення поступального і обертального рухів, а також сили і моменти. Ці параметри механічної системи повинні бути вимірні як за величиною, так і за характером зміни, тобто повинні бути зареєстровані їх вимірювання, що відбуваються в часі.

Першим елементом вимірювального ланцюга є прилад, який перетворює вимірювальну механічну величину в електричну - датчик, другий елемент - прилад для живлення датчика, посилення показів, настройки та третій елемент - прилад, що реєструє вказує. В більшості випадків реєстровим приладом є осцилограф.

Метод вимірювання в основному залежить від вибраного датчика і його властивостей. Датчик повинен правильно сприймати вимірювальну механічну величину, встигати реагувати на її зміну і перетворювати вимірювальну механічну величину в пропорційну їй електричну. Датчик є головним елементом в електричному вимірювальному ланцюгу.

В епоху сучасної науково-технічної революції широкий розвиток і швидке зростання всіх галузей машинобудування ведуть до необхідності створення нових машин з підвищенням динамічними характеристиками. Успіхи прикладної фізики і електротехніки створили умови для розвитку нових, досконаліших способів експериментального дослідження машин.

Предметом вивчення механіки є різні аспекти діяльності людини, починаючи від створення складних машин, різноманітних механізмів, проблем кібернетики, процесів управління об'єктами на Землі, а також у космосі, до руху рідин і газів, у т.ч. складніші питання турбулентних течій. Механіка проникла в біологію і медицину. Виявляються нові методи, нові засоби і нові задачі в експериментальних дослідженнях.

Проте, як не модифікувалися умови експерименту, в основі всіх первинних перетворювачів механічних величин закладений принцип датчиків і методика постановки експерименту, розроблені в Лабораторії експериментальної динаміки Інституту машинознавства АН СРСР під керівництвом І.І.Артоболевського.

Висновки. Історичний аналіз розвитку і становлення експериментальних методів у механіці машин дозволив встановити:

- на відміну від інших напрямків експериментальні методи в механіці машин розвивались дуже повільно. Були лише спроби вивчити таким способом енергетичні машини. Майже до кінця XIX століття теорія механізмів і машин розвивалась як чисто теоретична наука, що привело її до суперечностей з результатами практичних спостережень. З якості бази для розробки методу експерименту була в основному парова машина;

- першими за часом експериментами, з допомогою яких вивчають машини в процесі їх роботи було вивчення тертя. Сухе тертя вивчали Амонтон, Кулон і ряд французьких вчених. Потім у роботах О.Рейнольдса і Н.П.Петрова воно було розповсюджене на рідинне тертя. На основі цих останніх досліджень була створена гідродинамічна теорія змащення;

- в працях В.П.Горячкіна - засновника землеробської механіки на початку XX ст., були намічені і виконані перші експерименти в цьому напрямку. В експериментальних дослідженнях взяв участь і його учень І.І.Артоболевський.

Потрібно відзначити, що техніка цих вимірювань базувалась

на механічних принципах:

- протягом 20-х і першій половині 30-х років відбувалося відновлення, а потім і швидке зростання вітчизняного машинобудування. Ця обставина поставила нові вимоги до техніки експерименту. Потім, в другій половині 30-х років виникли вимоги надійності і довговічності машин і підвищення точності їх роботи. Завдяки цьому зростає значення технічних вимірювань. Відбувається принципова перебудова експериментальної техніки. Одержують свій початок електричні методи вимірювання механічних величин;

- з 50-х років дослідження машин і механізмів відбувається з врахуванням реальних умов їх роботи. Експериментальні методи займають важливе місце в процесі вивчення машин. Почався період широкого використання у вимірювальній техніці методів вимірювання механічних величин електричним і електронним методами;

- у зв'язку з суттєвим зростанням навантаження і швидкості машин, загальним зростанням вимог до їх якості, особлива увага стала приділятися розвитку експериментальних методів. У застосуванні до реальних машин з їх пружними і не дуже пружними елементами, зазорами, наявністю складних закономірностей деформування матеріалів, тертями і т.д. Експериментальне дослідження машин стає обов'язковим. Постає питання про те, що для з'ясування реальної картини динамічних процесів у машинах дослідження повинно проводитися комплексно. Рівняння динаміки повинні бути складені не тільки для досліджуваної машини з відрахуванням кінематичного ланцюга, але і для описання перехідних процесів в ланцюгах - електричних, гідравлічних та інших;

у результаті цих нових вимог до машин освоєний серійний випуск цілого ряду засобів випробувань і контролю, які дозволили обладнати науково-дослідні і промислові організації сучасними засобами експерименту. Було поставлено питання про вироблення уніфікованих методів експериментального дослідження машин з метою нагромадження порівняльних статистичних даних, які можуть бути покладені в основу динамічного розрахунку машин, їх довговічності і надійності. Тому стала можливою постановка глибоких наукових досліджень в галузі динаміки машин і розробка сучасних розрахунків і впровадження їх в конструкторську практику для створення сучасніших і надійніших машин.

Всі відмічені положення узагальнені і впроваджені в систему в дисертації.

На захист виносяться такі положення:

1. Вперше створена концепція і запропонована періодизація розвитку і становлення експериментальних методів у механіці машин.
2. Показана закономірність становлення експериментальних методів у зв'язку з розвитком машинної техніки як нового напрямку технічної діяльності.
3. Вивчена історія експерименту у вітчизняній науці про машини /до 50-х років нашого століття/.
4. Вперше впроваджено в науковий обіг вчення про експеримент П.А.Флоренського.
5. Показано розвиток теорії і практики експериментальних методів в динаміці машин на практиці наукової школи І.І.Артоболевського - Н.П.Раєвського.
6. Відмічено значні досягнення видатного українського вченого С.М.Кожевнікова в галузі розвитку експериментальної механіки машин.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В ТАКИХ РОБОТАХ:

1. Становление экспериментальных методов исследования в механике машин: Труды XXI-XXII научных конференций аспирантов и молодых специалистов по истории естествознания и техники. Секция истории техники. Москва. 1978, 1979 //Механика. 1983. -II, I2. -С. I7.
2. Экспериментальные методы в механике машин в эпоху современной научно-технической революции. -Киев, 1987. -15 с.
3. Становление эксперимента в механике машин. -Киев, 1987. -13 с.
4. Измерения в отечественной механике машин //Математическое естествознание в его развитии: Сб. научн. тр. -К.: Наукова думка, 1987. -С. I57-161.

*Жовані*

Підписано до друку 22.07.1994 р. Формат 60x84/16

зам. 651. Тираж 100

Друкарня ВО «Оріон» м.Тернопіль,  
вул. 15 Квітня, 6







AB 31.404

**AB 31.404**