

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Методичні вказівки до самостійної роботи  
студентів при вивченні дисципліни  
"ТЕХНОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ"**

спеціальності 274  
"Автомобільний транспорт"

Харків – 2017

Кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім.  
Говоруценка М.Я.

Укладачі:

Е.Х. Рабінович

І.А. Мармут

## ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Цей документ являє собою посібник із самостійної роботи студентів автомобільного факультету, які навчаються в магістратурі в X семестрі (спеціальності 274 "Автомобільний транспорт"), при вивченні дисципліни "Технологія наукових досліджень". Робоча програма дисципліни передбачає слухання лекцій, виступи на семінарах з доповідями про хід виконуваного студентом наукового дослідження, опанування й обговорення доповідей своїх колег. Оцінка засвоєння матеріалу виконується викладачем за підсумками роботи на лекціях і семінарах, а також за результатами одного модульного тесту.

Магістрантам рекомендуються наступні види самостійної роботи:

- а) вивчення лекційного матеріалу, а також відповідних розділів рекомендованої літератури;
- б) підготовка доповіді про хід виконуваного студентом наукового дослідження;
- в) підготовка виступу опонента по доповіді іншого студента;
- г) вивчення питань до модульного тесту, підготовка відповідей на них.

## РОБОЧИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№ теми	Короткий зміст лекційного матеріалу та НДРС	Література, стор.
1	<b>ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ, РОЗМІРНОСТІ, ОДИНИЦІ.</b> Базові одиниці. Похідні одиниці. Система СІ. Система МКСС. Позасистемні одиниці. Англо-американська система одиниць.	6
2	<b>СТРУКТУРА ДОСЛІДЖЕННЯ.</b> Тема, мета, задачі НД. Методика дослідження. Послідовність етапів НД.	1 (27-45)
3	<b>ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.</b> Теоретичні та експериментальні дослідження як варіанти моделювання реальних процесів. Раціональна глибина моделювання. Математичне моделювання. Статично невизначені системи. Метод скінчених різниць. Фізичне моделювання.	1 (46-160) 4 (93-137)
4	<b>ЯК ПИСАТИ НАУКОВІ ТЕКСТИ.</b> Логіка НД. Доповідь. Автореферат. Кваліфікаційна робота, дисертація. Етика науковця. Оформлення роботи. Вимоги ДСТУ 3.008. Ілюстративні матеріали. Опанування та рецензування НДР.	1 (165-172) 2 (318-337)
5	<b>МОВА НАУКОВОГО ТЕКСТУ.</b> Наукова мова та стиль викладу. Типові помилки та рекомендації. Специфічні особливості української мови в наукових текстах. Комп'ютерний переклад.	7
6	Семінар: Доповідь студента про хід виконання НДР, опанування, обговорення	2 (337-341)
7	Семінар: Доповідь студента про хід виконання НДР, опанування, обговорення	
8	Семінар: Доповідь студента про хід виконання НДР, опанування, обговорення	
9	Модульний тест. Залік	

# МАТЕРІАЛ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

## Тема 1. Структура наукового дослідження

Мета дослідження – це запланований результат (рис.1). Результат має бути конструктивним, тобто спрямованим на одержання суспільно корисного продукту із кращими, ніж було раніше, показниками якості або процесу їх досягнення. Приклад: мета дослідження – зниження витрати палива й викиду шкідливих речовин автомобілями ГАЗЕЛЬ шляхом регулярного загального діагностування тягово-швидкісних властивостей силами водіїв у дорожніх умовах з наступним усуненням несправностей.



Рисунок 1 – Структура наукового дослідження

Об'єкт дослідження – це процес або явище, які породжують проблемну ситуацію й обрані для вивчення. Приклад: об'єкт дослідження – рух автомобіля ГАЗЕЛЬ в неусталених режимах (при розгоні та вибігу).

У дисертаціях ще вказують предмет дослідження – звичайно це вузька частина об'єкта, відбита в назві теми. Для дипломних

робіт формулювати предмет дослідження не потрібно.

Завдання дослідження – наукові й технічні завдання, які треба вирішити для досягнення поставленої мети дослідження. Приклад: визначити масу експериментального автомобіля; виміряти методом вибігу коефіцієнти опору коченню й опору повітря; виміряти методом вибігу приведену масу трансмісії та втрати холостого ходу в ній; виміряти моменти інерції коліс; уточнити математичну модель руху автомобіля при розгоні та вибігу тощо.

Методика дослідження визначається характером НДР і вибирається спільно дослідником і науковим керівником. У першу чергу вирішується, буде дослідження теоретичним, експериментальним або ж комбінованим. Далі вибирають частинні методики для рішення кожного поставленого завдання.

Послідовність етапів НДР, як й її методика, визначається характером дослідження й вибирається спільно дослідником і науковим керівником. Рекомендується спочатку продумати ідеальний результат, уявити собі, що дослідження вже проведене, і написати чорновий текст доповіді обсягом приблизно п'ять сторінок (кегель 14, 1,5 інтервалу – на 10 хв. читання), намітити не-необхідні ілюстрації (перелік, прості ескізи). Виділити конкретні завдання, намітити шляхи їхнього рішення, узгодити з можливостями самого автора й наукового колективу, а також із зовнішніми умовами (наприклад, одержання доступу до тестового автомобіля, придбання й налагодження експериментального встаткування, пора року – осінь, зима й т.п., атмосферно-кліматичні умови). Далі слід скласти докладний план. Час від часу коректувати текст доповіді й план, складати попередні (але дуже докладні) звіти по виконаних частинах НДР.

## **Тема 2. Теоретичні й експериментальні дослідження**

У нашій галузі досліджень найпоширеніший метод теоретичних й експериментальних досліджень – це моделювання.

Гіпотези й аналогії, які відбивають реальний світ, мають бути наочними або зводитися до зручних для дослідника логічних схем. Логічні схеми, які спрощують міркування й логічні побудови або дозволяють провести експерименти для уточнення природи явища,

називаються моделями. Інакше кажучи, модель (лат. Modulus – міра) – це об'єкт-заступник об'єкта-оригіналу, що забезпечує вивчення деяких властивостей оригіналу. Моделювання – це зображення об'єкта-оригіналу моделлю для одержання інформації про нього шляхом проведення експериментів над його моделлю.

У нашій галузі найчастіше використовуються математичні моделі, натурні (експерименти), зрідка – масштабні.

Основні етапи побудови конкретної моделі: [0] Деяка емпірична реальна картина явища висуває завдання, яке потрібно вирішити – знайти відповідь. [1] Нагромадження фактів, опис явища. [2] Формалізація, схематизація явища з метою зрозуміння завдання. [3] Постановка завдання. [4] Конструювання елементів моделі. Переклад потрібних даних на мову математичних понять і фізичних величин – залежно від мети дослідження. [5] Створення математичної моделі. [6] Вивчення моделі: перевірка несуперечності, коректності постановки завдання, перевірка фізичної розмірності всіх членів рівнянь. [7] Розробка методів рішення. [8] Рішення завдання: чисельний аналіз і прогноз. [9] Висновки в рамках моделі й порівняння висновків з реальними фактами – перевірка адекватності моделі. [10] Уточнення моделі й перехід до нового завдання.

Проблеми моделювання. При моделюванні систем зустрічається значна кількість науково-технічних проблем:

= ідентифікація реальних об'єктів; = вибір типу моделі; = побудова моделей й їхня машинна реалізація; = взаємодія дослідника з моделлю в ході машинного експерименту; = перевірка вірності отриманих у ході моделювання результатів; = виявлення основних закономірностей, досліджених у процесі моделювання.

Залежно від об'єкта моделювання й типу використаної моделі ці проблеми можуть мати різну вагомість. Велика й роль дослідника: постановка завдання й побудова осмисленої моделі являють собою творчий процес і базуються на евристиці. Формальних шляхів вибору оптимального виду моделі немає. От чому вибір тієї або іншої аналогії, того або іншого математичного апарата повністю базується на досліді дослідника, і його помилка може привести до помилкових результатів моделювання. Засоби обчислювальної техніки можуть лише допомогти у сенсі

ефективності реалізації складної моделі, але не дають можливості підтвердити вірність тієї або іншої моделі.

Фізичні системи і їхні моделі. Будь-яка модель фізичної системи – приблизна, вона відображає тільки найбільш істотні її властивості. Математичні моделі фізичних систем складають з такої мінімальної кількості елементів, яка дозволяє визначити шукані властивості досліджуваної системи з потрібним ступенем точності.

Природа речей проявляється в їхній взаємодії. Тому властивості фізичної системи і її компонентів можна оцінювати співвідношенням впливу й реакції, або, говорячи ширше, причини й наслідку. Властивості сил дії й реакції математично описують величинами, які називають змінними. Змінні будь-якої системи в загальному випадку є функціями часу.

**Операційні визначення понять.** Світ слів і символів пов'язаний з математичним світом за допомогою операційних визначень – якихось дій (операцій), пов'язаних з виміром. Приклад: визначення довжини. Жодною величиною або набором слів неможливо описати довжину як властивість! Визначити її можна, лише описавши спосіб її виміру. Вимір довжини – це деяка дія, операція, а поняття довжини люди виводять у процесі її вимірювання, спостереження за її властивостями й т. ін. А слово (або символ "L") заміщає це поняття. Побудова поняття й опис його символом є емпіричним визначенням. Таким чином, єдиним зв'язком між математичним рівнянням і фізичним явищем є вимірювальні прилади. Величини "відстань", "час", "температура", "струм", "сила", "тиск" мають сенс у науці лише тому, що вони пов'язані із процесами вимірювання, а відповідні терміни мають математичний сенс тому, що відображають показання приладів. Жюль Анрі Пуанкаре (1854-1912): Головне не в тім, щоб знати, що таке сила, а в тім, як неї виміряти.

Є безліч різновидів математичних моделей. Їх можна розділити на три групи:

1) детерміновані моделі ("білі"); ПРИКЛАД: Математична модель коливань маятника

$$m \cdot l^2 \frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} + m \cdot g \cdot l \cdot \varphi(t) = 0,$$



де  $m, l$  – маса й довжина маятника;  $\varphi(t)$  – кут відхилення у момент  $t$ ;  $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння.

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}.$$

2) стохастичні ("чорні ящики");

3) "сірі" – детерміновані, але з урахуванням того, що окремі значення або зв'язки можуть описуватися випадковими числами.

Звичайний шлях розвитку наукових подань: "чорна" модель, де ми нічого не знаємо про структуру об'єкта та процеси, що відбуваються у ньому, а лише вивчаємо співвідношення вхідних і вихідних сигналів і підбираємо емпіричні формули для їхнього опису. У міру вивчення ми в цю модель впроваджуємо усе більше детермінованих елементів. Часом емпірична формула виявляється точним відбиттям законів природи. Приклад: найперший опис законів тертя дав Шарль Огюстен Кулон (1736-1806) – так званий одночленний закон тертя  $F=N\cdot f$ ; потім з'явилася складніша двочленна формула; вона, як виявилось, відбиває дійсну природу сил тертя: вони складаються із двох складових, які по-різному залежать від навантаження.

Зараз найбільш універсальний й ефективний метод оцінки характеристик різних (у тому числі "великих") систем – це моделювання їх на комп'ютері. От відповідальні, складні й найменш формалізовані моменти цієї роботи:

1) проведення грані між системою й навколишнім середовищем; 2) спрощення опису системи; 3) побудова спочатку концептуальної, а потім формалізованої моделі системи.

Модель повинна бути адекватною, інакше неможливо одержати позитивні результати. АДЕКВАТНОЮ будемо називати модель, що з певним ступенем наближення на рівні розуміння модельованої системи відображає процес її функціонування в навколишнім середовищі.

Доцільно будувати комп'ютерні моделі за блоковим принципом з виділенням трьох автономних груп блоків:

[1] Імітатор впливів зовнішнього середовища на систему.

[2] Сама модель функціонування системи.

[3] Допоміжні блоки для машинної реалізації блоків [1] й [2], а також для фіксації й обробки результатів моделювання.

Послідовність створення моделі: 1} Концепції (вербальний опис). 2} Формалізація (переклад слів на мову формул). 3} Алгоритмізація (розробка порядку обчислень). Завжди найскладніше – ідеї (концепції), і цей творчий процес іде часто на інтуїції. Все наступне – довга, трудомістка, кропітка, але непогано формалізована робота.

Характерні помилки при теоретичних дослідженнях (ТД). Часто наші завдання не були вирішені раніше тільки через неправильне застосування найзвичайніших методів, наприклад, методів рішення статично невизначених систем. Серед дослідників теж вистачає трієчників. І не вистачає геніїв – тому раніше не була вичленована в явному виді задача, методи рішення якої давно відомі. Як правило, для цього доводиться переступити психологічний бар'єр. Наприклад, я вирішував завдання силової взаємодії автомобіля з роликівим стендом і довго не знаходив спосіб рішення цієї плоскої статично невизначеної системи тільки тому, що не міг перебороти інерцію мислення й визнати, що автомобіль у поздовжньому напрямку – не тверде тіло, а система тіл, зв'язаних досить простими пружними зв'язками.

При ТД зазвичай доводиться користуватися якимись емпіричними даними, які потрібно підставляти у свої формули. Іноді чужі дані можуть стати причиною помилок, звичайно через те, що значення, отримані для конкретного об'єкта в конкретному діапазоні умов роботи ми поширюємо на інші об'єкти або інші умови роботи.

Ще одна характерна помилка – спроба прикласти статичний опис до об'єкта, що працює в динаміці. Приклад: закон Паскаля (тиск у рідині або газі передається в усі сторони без зміни) цілком справедливий для сталих умов (наприклад, режим сталого гальмування на автомобілі з гідроприводом гальм). Але якщо розглядати неусталений режим (початок гальмування, поки педаль рухається), ми відразу зіштовхнемося з динамічними гідроопорами, які заважають передачі тиску в системі (приклад із зім'ятою трубкою). Ще гостріше це виявиться в системах з високими швидкостями, де доводиться враховувати хвильові процеси (робота систем подачі палива в дизелях або двигунах з безпосереднім упорскуванням).

Ще одне джерело помилок – це спроба обмежитися аналізом лише однієї сторони явища. Скажемо, поки ми описуємо роботу гальмового механізму тільки методами механіки, ширина накладки не впливає на гальмівний момент. Але якщо згадати, що гальмо – це машина тертя, яка перетворює кінетичну енергію в тепло, ми мимохіть змушені будемо довідатися, що коефіцієнт тертя сильно залежить від температури (рис.2), на яку серйозно впливає фактична площа контакту накладок з барабаном, а отже, фактична ширина робочої зони накладки.

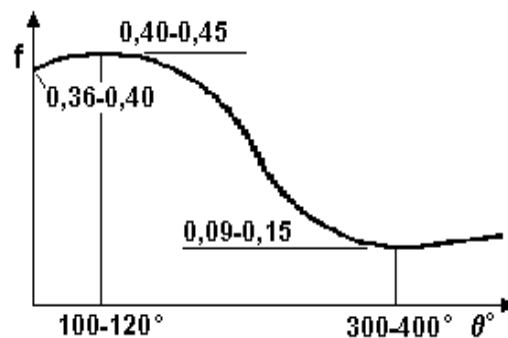


Рисунок 2 – Типова залежність коефіцієнта тертя в автомобільному гальмі від температури

Часто корисно поєднувати математичними методами результати, отримані в різних дослідженнях. Якщо це зробити коректно, можна одержати нові й корисні знання. Якщо ж допустити методичну помилку, можна стати жертвою "магії формули". Наприклад, хтось описав отриману залежність, використовуючи тригонометричну функцію тангенс. Якщо цей тангенс у вас потім потрапив у знаменник дроби, ви отримаєте у розрахунках нескінченність (так називана розривна функція) – а це може бути й істиною, і чисто інструментальним ефектом.

Часто помилки виникають через бездумний підхід до формул. Приклад: у стандарті ДСТУ 3649 написано, що для легкового автомобіля гальмовий шлях повинен бути  $S = V_0 \times (0,10 + V_0 / 150)$ . Ми розрахуємо гальмовий шлях, наприклад, для швидкості 40 км/год (11,1 м/с), почнемо його вимірювати на практиці – і одержимо найрізніші значення, скажемо, від 11 до 80 м. Потім ми прочитаємо стандарт уважніше й збагнемо, що "150" – це добуток нормативного вповільнення  $5,8 \text{ м/с}^2$  на перевідний коефіцієнт

$2 \times 3,6^2$ . Почнемо для кожного автомобіля знаходити своє фактичне вповільнення, підставляти у формулу – і знову нічого не одержимо, поки до нас не дійде, що й константа "0,10" теж тільки норматив, а насправді цей добуток  $3,6 \times (\tau_a + 0,5\tau_n)$  і що константою він є лише для ідеально справного автомобіля – а в реальності у кожній машини в її нинішньому стані це значення буде своїм.

Отже, не можна змішувати формули, написані для різних випадків. Щораз потрібно проникати у фізичну сутність описуваного процесу.

Нарешті, треба завжди пам'ятати, що будь-яка математична модель, – це не абсолютна істина, а лише якийсь наближення до неї. Наприклад, у найпростішому вигляді баланс сил, що діють на автомобіль у русі, виглядає так:

$$P_T = P_\psi + P_W + P_i \pm m \cdot a,$$

де  $P_\psi$  – сила сумарного дорожнього опору (на гладкій дорозі – опору коченню);  $P_W$  – сила опору повітря;  $P_i$  – сила опору руху на ухил;  $m$  – маса автомобіля, кг;  $a$  – прискорення,  $\text{м/с}^2$ .

Складові розраховують так:

$$P_\psi = G_a \cdot \psi,$$

де  $G_a$  – вага автомобіля, Н;  $\psi$  – коефіцієнт сумарних дорожніх опорів. Часто вважають, що  $\psi = \text{const}$  і становить для шосе 0,014...0,018.

$$P_W = kF \cdot V^2 / 3,6^2,$$

де  $kF$  – "фактор обтічності", який можна взяти з таблиць (наприклад, для ВАЗ-2110 – 0,409, а для КАМАЗ-5320 – 2,88);  $V$  – швидкість, км/год.

Аж ось результати розрахунку розходяться з експериментами – і отут згадують, що насправді коефіцієнт опору коченню не постійний, а залежить від швидкості (рис 3). У першому наближенні – лінійно  $f = f_0 + A(V - 20)$ , потім використовують більше складні формули, наприклад,  $f = f_0 + BV^2$ . Далі з'ясовується, що говорити про якусь загальну формулу для всіх типів шин безглуздо – і

пропонують свої формули для шин діагональних і радіальних, для шин різних швидкісних категорій.

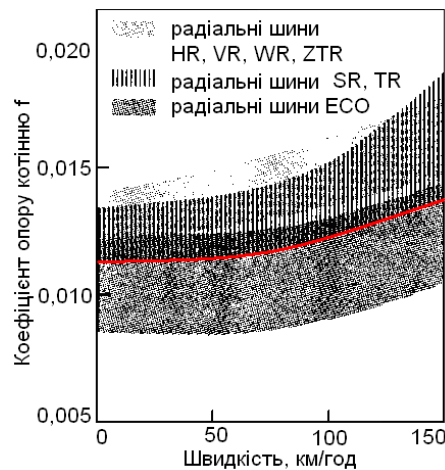


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнту опору коченню від швидкості

Потім з'ясовується, що чесні експерименти дають не один графік залежності  $f(V)$ , а ціле поле можливих графіків, що  $f$  залежить ще й від тиску в шині й від навантаження на неї. До того ж, як показали наші експерименти, на малій швидкості він різко падає (рис 3).

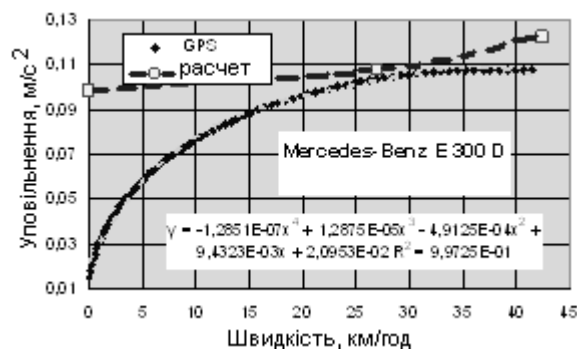


Рисунок 4 – Залежність уповільнення вибігу автомобіля від швидкості

Не краще справи і з опором повітря. Значення  $k$  з таблиці дуже середнє. Фактично коефіцієнт обтічності  $k=0,5 \cdot C_x \rho_v$  ( $C_x$  – коефіцієнт аеродинамічного опору,  $\rho_v$  – густина повітря, у середньому  $1,2 \text{ кг/м}^3$ ),  $\text{Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ ; густина повітря істотно залежить від погоди (тиску, температури, вологості) і, скажемо, у Харкові може мінятися від 1,04 до 1,56, тобто в півтора рази.

Лобова площа автомобіля  $F$  в експлуатації не міняється. Зате коефіцієнт аеродинамічного опору  $C_x$  – дуже невизначений показник. Він залежить від завантаження автомобіля (тобто від

кліренсу) і від його розподілу, тобто від нахилу кузова; на нього впливає дія поперечного вітру, та й швидкість автомобіля. Втім, є підстави допускати, що швидкість впливає не на  $C_x$ , а на показник ступеня при швидкості, тобто квадрат – це дуже середня величина. Ми вдосконалюємо математичну модель – а дослід продовжує показувати розбіжності.

Отже, навіть у порівняно простій задачі доводиться постійно переглядати й уточнювати математичну модель, а змушує це робити Його Величність експеримент...

**Експериментальні дослідження.** Будь-які теоретичні результати необхідно підтверджувати дослідом – експериментом. З експериментами пов'язана будь-яка людська діяльність: від шкільних дослідів до величних експериментів у космосі. Чим далі просувається наука, тим дорожчими стають експерименти, особливо у фундаментальних природничих науках. Фізики кажуть: "Відкриття лежать за шостим знаком точності". Тому зрозуміле бажання виконувати експерименти дешевше й швидше – і все-таки одержувати достовірну й точну інформацію. Але як це зробити? Колись експериментатори могли дозволити собі вивчати тільки порівняно прості об'єкти, та й експериментальні засоби були досить прості. Тоді казали: "Порядний фізик повинен уміти провести експеримент за допомогою палички, мотузочки, гумки й невеликої кількості власної слинки". Великим майстром у цьому був видатний американський фізик Роберт Вуд (кішка у спектрографі). Об'єкти характеризувалися невеликою кількістю змінних, і це дозволяло проводити однофакторні експерименти. Наприклад, Ле Шательє казав: "Змінюй один фактор, а всі інші зберігай постійними". Ніякої взаємодії факторів, ніяких збурних явищ! Дослід повинен бути чистим, всі сторонні впливи треба виключити. Однак повний факторний експеримент можна провести тільки в простих випадках.

Експеримент (лат. – перевірка, проба) – науково поставлений дослід, цілеспрямоване вивчення явища, викликаного в точно урахованих умовах, коли є можливість стежити за ходом зміни цього явища, активно впливати на нього за допомогою різних засобів і відтворювати це явище в тих же умовах. Експеримент (фізичний) припускає використання спостереження, порівняння й вимірів. Експеримент – найважливіший елемент практики. Він

первинний стосовно теорії, є основою теоретичного знання, критерієм його істинності. Експеримент – це перехід дослідника від пасивного образу дій до активного. Експериментатор може змінювати умови досліджуваного об'єкта, розглядати його в "чистому" виді, повторювати ситуацію, моделювати на дослідницьких стендах або моделях.

Більшість законів класичної фізики було відкрито завдяки ретельно організованим експериментам по однофакторній схемі. Але ця методика не дає можливості вивчати складні об'єкти, особливо системи. Доводиться йти на зниження вимог до точності, універсальності. Поступово створювалися методи боротьби зі "шкідливими" факторами, що заважають вивченню потрібних зв'язків:

1] Ізоляція (класичний експеримент у фізичних науках) – але це не завжди просто й можливо.

2] Пасивний контроль за шкідливими факторами шляхом тривалого й докладного спостереження.

3] Статистичний підхід (велика кількість проб – щоб у середньому різні шкідливі фактори компенсували один одного й у середньому виявилася закономірність. З'явилися методи "добування" потрібної інформації з таких "засмічених" масивів даних:

= метод найменших квадратів (А.Лежандр, К.Гаус)

= основи регресійного й кореляційного аналізу (Ф. Гальтон, К. Пірсон)

= концепція малих вибірок (В. Гасет)

= поява можливості "згортати" інформацію з багатьма змінними у вигляді єдиного поліноміального рівняння (регресія регресій).

Наступним кроком у цьому напрямку стало планування експерименту. Основна його ідея: для кожного досліду (серії замірів) прийняти своє сполучення значень факторів, які приймаються до уваги (щоб всі потрібні значення брали участь в експерименті по одному разу). Після виконання дослідів особливими прийомами обробки вичленувати вплив кожного фактора.

Три головні правила: 1) Рандомізація – випадковий порядок

реалізації дослідів (для боротьби із систематичними помилками). 2) Повторення (для збільшення точності оцінок і виділення корисного сигналу на тлі шуму). 3) Розбивка на блоки – для виключення впливу шкідливих факторів.

Існує три головних напрямки в теорії планування експерименту: 1] Планування екстремального експерименту (Находіння екстремуму якоїсь величини). 2] Планування інтерполяційних або регресійних експериментів (експерименти для виявлення механізму явища). 3] Вибір найбільш придатної моделі для опису об'єкта або визначення параметрів відомої функціональної залежності.

Планування експерименту дозволяє: = зменшити помилки експерименту; = зменшити кількість потрібних дослідів; = знайти математичну модель об'єкта (явища), що має якісь оптимальні властивості; = приймати рішення на основі чітких формалізованих правил, тобто збільшити ККД дослідження.

#### СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

(1) Підготовка експерименту (постановка завдання) = конкретизація мети експерименту і його типу (лабораторний, польовий, експлуатаційний, імітаційний на комп'ютері...)

= Розробка методики проведення експерименту:

– вибір незалежних факторів, їхніх рівнів і сполучення їхніх рівнів;

– визначення вихідних факторів (відгуків);

– вибір необхідного встаткування й вимірювальних засобів;

– вибір математичної моделі й виду залежності відгуку від входу;

– вибір методу обробки й аналізу результатів.

(2) Планування (оптимальна організація) експерименту = Складання програми експерименту – визначення з кількості дослідів або спостережень і послідовності їх виконання. = Розробка плану експерименту – матриці планування, календарного й погодинного планів.

(3) Проведення експерименту = Підготовка об'єкта експерименту, засобів й апаратури; отримання градуювальних характеристик; складання журналу експерименту; виконання пробних експериментів; фіксація отриманих результатів (значення,



фото-, кіно-, відеодокументи), їхня розшифровка в журналі.

Старе правило ведення журналу експерименту: ніяких підчищень, стирань, замазувань – тільки чітко перекреслити (щоб було видно, що закреслено) і записати, чому виправлено. Добра рада: якомога докладніший коментар: що, як, чому (матеріалами експерименту ви можете користуватися не один рік, коли подробиці вилетять із пам'яті).

(4) Обробка отриманих результатів = систематизація даних (зведення у таблиці, виконання графіків, статистичний аналіз); визначення точності й надійності отриманих даних; перевірка адекватності математичної моделі.

(5) Інтерпретація (тлумачення) результатів експерименту

(6) Прийняття рішень: формулювання висновків і рекомендацій.

Особливу складність представляє планування повнофакторних і багатофакторних експериментів. Тут потрібно використовувати методи теорії планування експерименту (вони дозволяють одержати результати з найменшим числом дослідів).

**Масштабні натурні моделі.** При дослідженні механічних систем іноді корисно користуватися масштабними моделями, які дозволяють "звільнити" об'єкт від несуттєвих ознак, довести його до зручних розмірів і досліджувати особливості його поведінки в зручних лабораторних умовах, з меншими витратами зусиль, засобів і часу. Такі моделі можна робити, наприклад, з дитячого "конструктора". Як й у випадку матмоделей, найголовніше – ретельно визначити, що істотно, а що ні, і не піддатися природному бажанню пристосувати модель до своєї гіпотези. Після модельного експерименту можна визначити мінімально необхідний обсяг натурального експерименту й перевірити свої результати на натурному об'єкті.

**Помилки вимірів.** На кожному етапі будь-яких вимірів можливі помилки. Їхні джерела: – обмежені можливості вимірювальних приладів; – неадекватність моделі; – перешкоди у взаємодії засобів виміру з об'єктом; – нестабільність умов виміру; – недосконалість реалізації принципу вимірювання; – помилки експериментатора.

Помилки вимірів розрізняють:

за джерелом – методичні, інструментальні й особисті помилки;  
за характером: = грубі (промахи) – їх треба виключити; = систематичні – їх можна виключити, уводячи спеціальні виправлення в результати досліду; = випадкові – виникають як результат сумісної дії неврахованих факторів; вони неминучі, але їх вплив врахувати за допомогою методів теорії імовірності (її розділу – теорії випадкових помилок).

ПРИКЛАД: Квадрат розміром  $L=1,4$  м. Визначити півпериметр  $P=L+L$  і площу  $S=L\times L$ . Перша відповідь:  $P=2,8$  м,  $S=1,96$  м<sup>2</sup>. Але яка точність цієї відповіді? Абсолютна, якщо ми знаємо  $L$  абсолютно точно. Але фактично  $L$  – округлене число з помилкою, яка не перевищує половину одиниці останнього розряду, тобто:  $L=1,4+d$ , де  $|d| < 0,05$  ( $-0,05 < d < +0,05$ ). Тоді:  $P=(1,4+d)+(1,4+d)=2,8+2d=2,80,1 = (2,7\dots2,9)$ ;  $S=(1,4+d)(1,4+d)=1,96+2,8d+d^2=1,96+D$ , де  $D=d|2,8+d|=0,1425$ , або приблизно  $0,15$ . Тоді  $1,81 < S < 2,11$ . Отже, у першій відповіді, що має два знаки після коми, може не бути ні однієї вірної цифри! МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ – серйозна й добре відпрацьована область методики НДР.

## ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО ТЕСТУ

- 1 Які із цих термінів не є базисними?
- 2 Які необхідні ознаки наукової мови?
- 3 Що таке система?
- 4 Що таке засоби?
- 5 Що таке метод?
- 6 Що таке актуальність?
- 7 Чому дорівнює довжина окружності Землі по меридіані?
- 8 По якій формулі треба переводити км/год у м/с?
- 9 Що таке сила?
- 10 Що таке  $m\cdot a$ ?
- 11 Як зв'язана кілограм-сила й Ньютон?
- 12 Що таке вага тіла?
- 13 Чому дорівнює вага тіла в центрі Землі?
- 14 Чому дорівнює обсяг вашого тіла?
- 15 Що більше важить – 1 кг золота або 1 кг ковбаси?

- 16 Як зв'язана атмосфера й Паскаль?
- 17 Який тиск робить на дорогу колесо легкового автомобіля?
- 18 Що таке бар?
- 19 З якою силою тисне атмосферний стовп на стіл площею  $1 \text{ м}^2$ ?
- 20 Як сформулювати закон збереження енергії?
- 21 Яка із цих формул кінетичної енергії вірна?
- 22 Яка із цих формул потенційної енергії вірна?
- 23 Що є джерелом енергії на автомобілі?
- 24 Що більше – сила опору повітря або сила опору коченню?
- 25 У яких одиницях підраховується робота у фізиці?
- 26 Чому дорівнює швидкість тіла у кінці падіння з висоти  $10 \text{ м}$ ?
- 27 Чому дорівнює густина води?
- 28 Яке співвідношення фути й метра?
- 29 Де на Землі більша відцентрова сила?
- 30 У чим треба шукати пояснення незрозумілих явищ?
- 31 Що таке модель?
- 32 Що таке математична модель?
- 33 Що таке фізична модель?
- 34 Що таке адекватність?
- 35 Коли повітряна куля найважча?
- 36 Який додатковий тиск викличе  $100 \text{ мл}$  води, вилитої на піддон  $1 \times 1 \text{ м}$ ?
- 37 Якщо на Місяці кинути нагору камінь зі швидкістю  $10 \text{ м/с}$ , з якою швидкістю він упаде?
- 38 Якщо кубічний метр розрізати на кубічні міліметри й скласти кубики в стовпчик, яка буде висота стовпчика?
- 39 Який тиск робить жіночий каблук-шпилька на асфальт при ходьбі?
- 40 Запишіть рівняння руху більярдної кулі після удару (опором зневажити)
- 41 Яке співвідношення фунта й кілограма?
- 42 Яку роботу потрібно виконати, щоб надати тілу потенційну енергію  $1000 \text{ Дж}$ ?
- 43 Яку роботу потрібно виконати, щоб надати тілу кінетичну енергію  $1939 \text{ Дж}$ ?
- 44 Що таке багатофакторний експеримент?
- 45 Навіщо потрібно планування експерименту?

- 46 Чому не можна шахраювати в науковому звіті?
- 47 У якому стилі треба писати наукові тексти?
- 48 Які необхідні ознаки наукової мови?
- 49 Навіщо потрібні посилання на джерела інформації?
- 50 Про що говорить середньоквадратичне відхилення?

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Волков В.П., Подригало М.А., Міщенко В.М., Альокса М.М. Технологія наукових досліджень (на прикладах автомобільного транспорту): Навчальний посібник. – Харків, Кременчук: ХНАДУ, 2007. – 400 с.
2. Грушко И.М., Сиденко В.М. Основы научных исследований.-Харьков: Вища школа, Изд-во при Харьк. ун-те, 1983, - 222 с.
3. Основы научных исследований. Под ред. Крутова В.И. и Попова А.В. М.: Машиностроение, 1989. - 400 с.
4. Закин Я.Х., Рашидов Н.Р. Основы научного исследования. Ташкент: Укитувчи,1981. - 228 с.
5. Дикий Н.А., Халатов А.А. Основы научных исследований: Теплоэнергетика. Киев: Вища школа, 1985. - 223 с.
6. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. Киев: Вища школа, 1976. - 232 с.
7. Власов А. Д., Мурин Б. П. Единицы физических величин в науке и технике. Справочник. – М., Энергоатомиздат, 1998. - 176 с.
8. Російсько-український словник наукової термінології. Математика. Фізика. Техніка. Науки про Землю та Космос / В. В. Гейченко, В. М. Завірюхіна, О. О. Зеленюк та ін. – Київ, Наукова думка, 1998. – 892 с.
9. Климец Б.И., Рабинович Э.Х. Теория и методы научного творчества. Конспект лекций. Версия 2011\_08. Рукопись. Электронный ресурс.

Навчально-методичне видання

РАБІНОВИЧ Ернест Хаїмович  
МАРМУТ Ігор Арнольдович

**Методичні вказівки до самостійної роботи  
студентів при вивченні дисципліни  
"ТЕХНОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ"**

спеціальності 274  
"Автомобільний транспорт"

*Відповідальний за випуск В.П. Волков*

*Авторська редакція*

План 2012 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.*