

Методичні вказівки
до виконання курсової роботи з дисципліни
«Основи моделювання процесів на ПЕОМ»
для студентів усіх освітніх програм і форм
навчання спеціальності 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальні технології»

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки
до виконання курсової роботи з дисципліни
«Основи моделювання процесів на ПЕОМ»
для студентів усіх освітніх програм і форм
навчання спеціальності 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальні технології»

Вінниця
ВНТУ
2018

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 30.05.2018 р.)

Рецензенти:

С. М. Довгалець, кандидат технічних наук, доцент

М. Г. Тарновський, кандидат технічних наук, доцент

Ю. В. Булига, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» для студентів усіх освітніх програм і форм навчання спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології» / Уклад. К. В. Овчинников, О. М. Васілевський, В. С. Маньковська. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 32 с.

Методичні вказівки містять загальні вимоги до написання та оформлення курсової роботи з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» для студентів всіх спеціальностей галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування». У методичних вказівках визначається мета, завдання та послідовність виконання курсової роботи, наводяться рекомендації щодо написання окремих розділів роботи, вимоги до структури, змісту і оформлення пояснювальної записки.

Навчальне самостійне електронне мережне видання

Методичні вказівки

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» для студентів усіх освітніх програм і форм навчання спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології»

Укладачі: К. В. Овчинников, О. М. Васілевський, В. С. Маньковська

Оригінал-макет підготовлено К. В. Овчинниковим

Електронний ресурс PDF.

Підписано до видання 12.07.2018 р. Зам. № P2018-002

Видавець та виготовлювач - Вінницький національний технічний університет,

Інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к.114, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021,

тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua;

Email: irvc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ТЕМА, МЕТА І ЗАВДАННЯ	6
2 ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ	7
3 ЗМІСТ, СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ	8
3.1 Вимоги до анотації	8
3.2 Вимоги до вступу	8
3.3 Вимоги до основної частини роботи	9
4 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ	21
5 ПОРЯДОК ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ	24
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	26
Додатки	27
Додаток А (Довідковий) Зразок оформлення титульного аркушу .	28
Додаток Б (Довідковий) Перелік орієнтовних завдань на курсову роботу	29
Додаток В (Довідковий) Основні та приклади похідних одиниць СІ та їх розмірності	31

ВСТУП

Математичне моделювання в останні десятиліття оформилося в окрему міждисциплінарну галузь знань з притаманними їй об'єктами, підходами і методами дослідження. Це стало можливим, на сам перед, завдяки стрімкому розвитку обчислювальної техніки та різноманітних підходів і методів програмування. Значно спростився процес створення моделі, скоротився час проведення обчислювального експерименту, підвищилась точність.

Тому предмет «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» спирається на курси дисциплін, що проходять студенти під час навчання у вищому навчальному закладі і передусім це – математика, фізика, обчислювальна техніка та програмування, чисельні методи, тощо. Саме тому навчальним планом і передбачено виконання курсової роботи.

Основна мета методичних вказівок – надати студентам необхідну інформацію для проведення моделювання, допомогти їм в процесі складання математичного опису об'єкту (технологічного процесу, машини, апарату), виведенню та вирішенню відповідних рівнянь і математичних залежностей, аналізу отриманих даних та представленню результатів моделювання.

В процесі виконання курсової роботи студенти повинні максимально використати набуті теоретичні знання, виявити вміння застосовувати їх на практиці при вирішенні задачі створення інформаційних та програмних моделей процесів і систем. Продемонструвати високий рівень володіння математичним апаратом та програмним інструментарієм призначеними для вирішення завдань по моделюванню.

Пропоновані методичні вказівки містять необхідну інформацію, яка сприятиме самостійному та грамотному виконанню курсової роботи. У відповідних розділах подано зміст і методику виконання курсової роботи, завдання, порядок виконання та вимоги до оформлення курсової роботи. Використовуючи рекомендований методичний підхід, студент зможе провести всі етапи розробки моделі від постановки задачі до проведення експерименту на високому інженерному рівні.

Курсова робота виконується студентами самостійно під керівництвом викладача і для успішного її виконання важливим є вивчення навчальної та методичної літератури з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ».

1 ТЕМА, МЕТА І ЗАВДАННЯ

Курсова робота з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» є важливою складовою частиною підготовки технічних фахівців галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування». Написання курсової роботи є обов'язковим етапом у вивченні програмного матеріалу з названої дисципліни.

Метою виконання курсової роботи є поглиблення набутих теоретичних знань з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ»; формування практичних навичок моделювання, вирішення актуальних питань, пов'язаних з дослідженнями; застосування набутого студентом у процесі навчання науково-дослідницького потенціалу.

У процесі досягнення зазначеної мети вирішуються такі *завдання*:

- закріпити та поглибити знання з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ»;
- систематизувати методичний інструментарій, оволодіти конкретними комп'ютерними засобами моделювання;
- сформулювати задачу на моделювання та обґрунтувати методи та підходи до подальшої формалізації;
- логічно і послідовно пройти відповідні етапи моделювання;
- проаналізувати результати моделювання, зробити відповідні висновки.

Мета й завдання дослідження в межах виконання курсової роботи визначаються її темою, структурою, специфікою об'єкта, предмета та інформаційною базою дослідження.

Виконання студентами курсової роботи сприяє поєднанню в цілісну систему знань із галузі теоретичного дослідження об'єктів та процесів, що, в свою чергу, дозволяє їм — майбутнім інженерам — сформулювати чіткі уявлення про методологію моделювання та навчитись використовувати її на практиці.

Керівник курсової роботи надає допомогу в уточненні змісту, складанні завдання для виконання курсової роботи. Керівник також сприяє процесу збирання та отримання необхідного матеріалу для написання курсової роботи, рекомендує основну та додаткову літературу, проводить регулярні консультації; розробляє календарний графік виконання етапів роботи та слідкує за його дотриманням, перевіряє роботу, робить відповідні зауваження і вирішує питання про можливість допуску до захисту.

2 ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ

На початку семестру студент отримує індивідуальне завдання на курсову роботу, оформлене у відповідності до вимог, що висуваються до такого роду документів. Як правило, індивідуальне завдання представляє з себе аркуш паперу формату А4, на якому в стислій формі подаються вихідні дані для проведення роботи, окреслюється напрямок дослідження, визначаються числові значення необхідних параметрів та наводиться орієнтовний зміст роботи. Пакет індивідуальних завдань для студентів представляється на засіданні кафедри і візується завідувачем кафедри на початку семестру. При отриманні індивідуального завдання у відповідній графі бланку студент ставить свій підпис. Свій підпис у відповідній графі ставить і керівник курсової роботи.

Після отримання індивідуального завдання студент розробляє план роботи, який узгоджує з керівником. На базі розробленого плану формується зміст роботи, перелік розділів та додатків пояснювальної записки.

Після того, як буде сформовано зміст роботи студент приступає безпосередньо до виконання робіт окреслених розробленим планом та формування пояснювальної записки згідно представленого змісту.

Написання курсової роботи передбачає вивчення літературних джерел і підбір ілюстративного матеріалу. В першу чергу доцільно звертатися до навчальних посібників, які в системному порядку викладають основний зміст курсу. Інформаційною базою для виконання курсової роботи є наукова література по вибраній темі дослідження; підручники і навчальні посібники, які в системному порядку викладають основні проблемні і актуальні питання теорії моделювання.

Особливу увагу слід приділити вивченню змісту основоположних теоретичних і практичних питань моделювання і організації та проведення обчислювального експерименту. При вивченні монографій, журнальних статей, іншої спеціальної літератури з питань, що безпосередньо відносяться до теми курсової роботи, необхідно скласти конспект, викладаючи зміст своїми словами. Такий підхід дозволить забезпечити правильне розуміння вивченого матеріалу, а також дасть можливість самостійно викласти зміст курсової роботи. В якості ілюстративного матеріалу слід підібрати заповнені аналітичні таблиці, графіки, схеми, алгоритми рішення завдань, малюнки, схеми взаємозв'язку показників, і інше.

3 ЗМІСТ, СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ

План курсової роботи студент розробляє самостійно на основі індивідуального завдання, методичних рекомендацій кафедри після огляду та обробки переліку рекомендованої літератури.

Незалежно від того, яким буде план виконання курсової роботи пояснювальна записка до курсової роботи повинна містити такі структурні елементи:

- титульний аркуш (додаток А);
- індивідуальне завдання;
- анотація;
- зміст;
- вступ;
- основна частина;
- висновки;
- перелік використаної літератури;
- додатки.

3.1 Вимоги до анотації

В анотації наводиться коротка характеристика основного змісту курсової роботи та одержаних результатів дослідження, при цьому використовуються переважно прості синтаксичні конструкції, характерні стилю ділових документів, і стандартизована термінологія.

Анотація подається українською та іноземною мовами. Обсяг анотації – 3-4 речення, але не більше 1/3 сторінки для анотації однією мовою. Анотація розташовується на одній окремій сторінці після індивідуального завдання на курсову роботу.

3.2 Вимоги до вступу

Вступ до курсової роботи є досить відповідальною частиною, в якій коротко викладають оцінку сучасного стану проблеми, відзначаючи практично розв'язані або ж нерозв'язані задачі, наукові підходи, що існують у науковому світі, провідних вчених і фахівців, світові тенденції розв'язання поставлених задач та обов'язково обґрунтування доцільності проведення наукових досліджень.

У вступі коротко розкривається актуальність теми, чітко формулюється мета дослідження і завдання, які треба розглянути, щоб досягти поставленої у курсовій роботі мети.

У вступній частині обов'язково необхідно:

- розкрити актуальність теми курсової роботи;
- розкрити ступінь розробленості теми курсової роботи у наукових працях вітчизняних і закордонних учених;
- чітко сформулювати мету та завдання дослідження;
- визначити об'єкт і предмет дослідження;
- описати основні методи дослідження;

Опис актуальності теми курсової роботи не повинен бути багатослівним, оскільки цьому передувала характеристика сучасного стану розвитку явищ, що стосуються курсової роботи.

Метою написання курсової роботи, як правило, є «розробка математичної моделі процесу або системи ...».

Завдання курсової роботи, сформульовані у вступі, обов'язково формуються за розділами роботи і мають відповідати задачам, поставленим науковим керівником в індивідуальному завданні.

Відповідно до мети дослідження ставляться такі завдання:

- дослідити ...
- проаналізувати ...
- оцінити ...
- розробити ...
- застосувати ...

Об'єктом дослідження в курсовій роботі є процес створення математичної моделі згідно даних наведених в індивідуальному завданні.

Предметом дослідження є певна частина об'єкту дослідження.

Методи дослідження можуть використовуватись як загальнонаукові (синтез, аналіз, ...) так і специфічні.

3.3 Вимоги до основної частини роботи

Основну частину роботи рекомендується розбити на чотири етапи:

- I постановка задачі;
- II розробка моделі;
- III обчислювальний експеримент;
- IV аналіз результатів моделювання.

Кожен етап роботи доцільно оформити окремим розділом пояснювальної записки.

I Постановка задачі

Розглянемо на прикладі процес створення моделі руху фізичного тіла під дією сили тяжіння для подальшого визначення параметрів руху:

абсолютна величина вектору початкової швидкості кульки, що кинута під кутом 27 градусів до горизонту дорівнює 52 м/с, маса кульки – 800 г, коефіцієнт опору повітря – 0,3.

Процес постановки задачі на моделювання слід розпочати з її *опису*. На цьому етапі формується розуміння того, що саме необхідно зробити. Паралельно окреслюються напрямки вирішення сформульованих задач, проводиться аналіз основних принципів закладених в фізичне явище, що підлягає формалізації та моделюванню. *Опис задачі* характеризується загальними формулюваннями, що оформлені у вигляді простих речень без уточнень та формалізації.

Після опису задачі визначаються з *метою моделювання*. Оскільки однакові об'єкти моделювання в залежності від цілі та задачі моделювання можуть мати різні моделі на цьому етапі визначаються з задачею моделювання.

Якщо модель в загальному випадку розглядати як сукупність множини вхідних змінних X , множини вихідних змінних Y , множини параметрів P та функцію, функціонал, алгоритм або формальне представлення залежності змінних Y від X , то серед задач моделювання виділяють наступні: задача моделювання, задача управління, задача ідентифікації, задача оптимізації та задача прогнозування. Характерні особливості для кожної задачі зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні задачі моделювання

Задача	Характеристика
Моделювання	Відомі: $X, P, F(X, P) \Rightarrow$ знайти $Y(X, P)$
Управління	Відомі: $Y(X, P), P, F(X, P) \Rightarrow$ знайти X
Ідентифікації	Відомі: $Y(X, P), X, F \Rightarrow$ знайти $f \in F(X, P)$
Оптимізації	Відомі: $F(X, P)$, критерій K, \Rightarrow знайти X, P, Y
Прогнозування	Відомі: $X_t, Y_t, T \Rightarrow$ знайти Y_{t+T}

Після визначення цілі моделювання необхідно перейти до етапу *формалізації задачі*. На цьому етапі уточнюються параметри процесу який підлягає моделюванню, фізична природа сукупності вхідних X , вихідних Y величин та внутрішніх параметрів P .

Схематично зобразимо тіло, що рухається під дією сили тяжіння з початковою швидкістю (рис. 3.1).

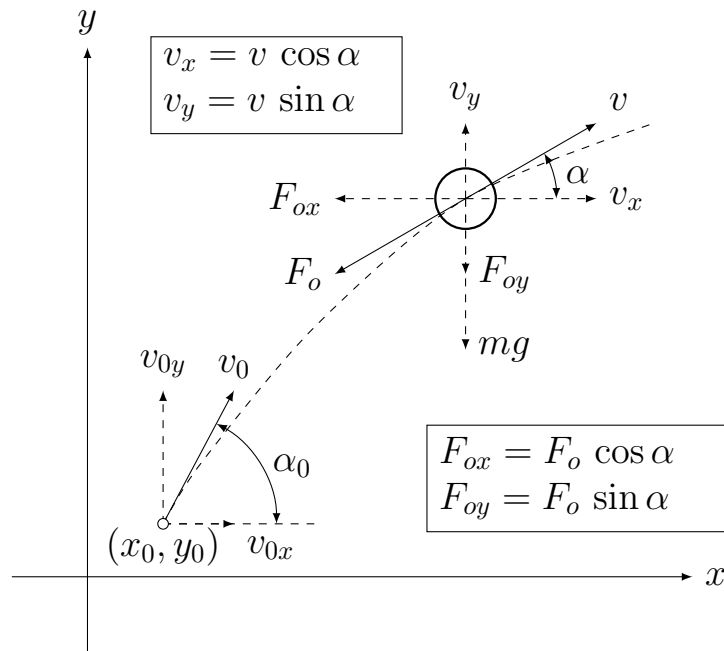


Рисунок 3.1 – Рух тіла під дією сили тяжіння

Формалізувати задачу простіше відповідаючи на уточнюючі питання.

Що відомо про рух?

Початкова швидкість (v_0), кут під яким тіло починає рухатись (α_0), вага тіла (m), прискорення вільного падіння (g), коефіцієнт опору форми (C_f).

Де знаходиться початок системи координат?

В задачі не зазначається початкове положення тіла в момент початку руху, тому доцільно зробити припущення про те, що тіло починає рухатись з точки, яка має координати (x_0, y_0) .

Які значення набувають параметри руху?

Абсолютне значення початкової швидкості – 52 м/с, але в подальшому, при дослідженні моделі необхідно залишити можливість змінювати значення цього параметру в межах $\pm 10\%$ ($47 \div 57$ м/с). Абсолютне значення кута – 27° , але для дослідження моделі в подальшому доцільно залишити можливість змінювати значення цього параметру в межах $\pm 10\%$ ($24 \div 30^\circ$). Абсолютне значення маси кульки – 800 г, але для дослідження задамо межі зміни ($720 \div 880$ г). Припустимо, що зміна висоти в процесі руху не буде впливати на зміну значення прискорення.

ня вільного падіння і воно залишатиметься рівним $9,81 \text{ м/с}^2$. Коефіцієнт опору руху за умовою дорівнює $0,3$ і для постановки обчислювального експерименту задамося граничними значеннями в межах $\pm 10\%$ ($0,27 \div 0,33$).

Що відомо про опір руху?

Відомий коефіцієнт опору середовища в якому рухається тіло. Існує поняття коефіцієнту опору форми (КОФ) – безрозмірна величина, яка визначає реакцію середовища на рух тіла. КОФ визначається експериментально в аеро- і гідродинамічних трубах або на базі розрахунків, шляхом моделювання.

Знання коефіцієнта для деякої форми дозволяє доволі точно визначати силу опору динамічному напору середовища. При емпіричному визначенні коефіцієнт визначається за формулою:

$$C_f = \frac{2 F_o}{\rho v^2 S},$$

де C_f – безрозмірний коефіцієнт опору форми;

F_o – сила опору, Ньютон;

ρ – щільність середовища, кг/м^3 ;

v – швидкість потоку (або тіла в потоці), м/с ;

S – характерна площа перпендикулярно потоку, м^2 ; для видовжених тіл S приймається як функція від об'єму тіла: $S = V^{2/3}$.

Якщо відомий коефіцієнт, силу опору F_o отримують зі зворотніх формул:

$$F_o = C_f \frac{\rho v^2}{2} S, \quad (3.1)$$

$$F_o = C_f \frac{\rho v^2}{2} V^{2/3}.$$

Припустимо, що кулька рухається в повітрі при нормальних умовах (температура – 20°C , атмосферний тиск – $101,325 \text{ кПа}$, сухе повітря) на рівні моря, тому абсолютне значення щільності повітря буде дорівнювати $\rho = 1,2041 \text{ кг/м}^3$.

Значення характерної площі перпендикулярно потоку для кульки діаметром 7 см прийемо рівним $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

Вектор сили опору спрямуємо в протилежну сторону від вектору швидкості. Припустимо, що такого свого положення вектор сили опору

не змінює протягом руху.

II Розробка моделі

Опишемо формалізовану модель аналітичними залежностями. Для опису криволінійного руху його розглядають як сукупність прямолінійних, направлених вздовж вісі абсцис та ординат.

В поставленій задачі тіло буде рухатись з прискоренням в обох напрямках. Зумовлено це дією сили опору руху, яка направлена в протилежний бік від вектора швидкості. В обох випадках рух буде рівносповільнений, а прискорення в аналітичну залежність буде входити зі знаком мінус. В загальному вигляді рух тіла з прискоренням описується диференціальним рівнянням другого порядку:

$$\frac{d^2 f(t)}{dt^2} = \pm a,$$

де $f(t)$ – функція переміщення від часу;

a – прискорення.

Запишемо диференціальні рівняння для кожної складової криволінійного руху. Вздовж вісі абсцис тіло рухається під дією складової сили опору F_{ox} (рис. 3.1), а з урахуванням другого закону Ньютона диференціальне рівняння руху вздовж вісі абсцис запишеться:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{F_o \cos \alpha}{m}, \quad (3.2)$$

де m – маса тіла.

Вздовж вісі ординат тіло буде рухатись під дією складової сили опору F_{oy} та сили тяжіння (рис. 3.1), і з урахуванням цього, рівняння руху вздовж вісі ординат запишеться:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -g - \frac{F_o \sin \alpha}{m}, \quad (3.3)$$

де g – прискорення вільного падіння.

Підставляючи 3.1 в 3.2 і 3.3 отримаємо:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 C_f \frac{\rho S}{2m} \cos \alpha,$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g - \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 C_f \frac{\rho S}{2m} \sin \alpha.$$

Вирішуючи диференціальні рівняння при заданих початкових умовах ($x(0) = x_0 = 0$, $y(0) = y_0 = 0$, $x'(0) = v_{0x}$, $y'(0) = v_{0y}$) отримаємо аналітичні вирази для функцій $x(t)$ та $y(t)$:

$$x(t) = \frac{2m \ln \left(\frac{1}{2} \frac{v_0 \cos^2 \alpha t \rho S C_f + 2m}{m} \right)}{\rho S C_f \cos \alpha}, \quad (3.4)$$

$$y(t) = \frac{1}{\rho S C_f \sin \alpha} \left(\ln \left(\frac{1}{1962m} \left(10 v_0 \sqrt{\rho S C_f \sin^3 \alpha} \times \right. \right. \right. \\ \times \sin \left(\frac{3t \sqrt{218 \rho S C_f \sin \alpha}}{20 \sqrt{m}} \right) + 3 \sqrt{218m} \times \\ \left. \left. \left. \times \cos \left(\frac{3t \sqrt{218 \rho S C_f \sin \alpha}}{20 \sqrt{m}} \right) \right)^2 \right) m \right). \quad (3.5)$$

Ліва і права частина рівняння повинні мати однакові розмірності. Крім того, аргументи експоненційних, логарифмічних та тригонометричних функцій мають бути безрозмірними величинами. Якщо в отриманому рівнянні якийсь з цих правил не виконується, то очевидно, що при обчисленнях була допущена помилка.

Перевіримо правильність отриманих рівнянь, для чого випишемо розмірності для кожної складової (див. додаток В):

$x(t)$ – відстань, $[L]$;

m – маса, $[M]$;

v_0 – швидкість, $[LT^{-1}]$;

α – кут в радіанах, безрозмірна величина;

t – час, $[T]$;

ρ – щільність середовища, $[ML^{-3}]$;

S – характерна площа перпендикулярно потоку, $[L^2]$;

C_f – коефіцієнт опору форми, безрозмірний.

Перепишемо рівняння 3.4 в розмірностях опускаючи безрозмірні коефіцієнти та тригонометричні функції аргумент яких явно безрозмірна величина:

$$L = \frac{M \ln \left(\frac{LT^{-1}TML^{-3}L^2 + M}{M} \right)}{ML^{-3}L^2}.$$

Не важко побачити, що вираз під логарифмом безрозмірний, а отже і логарифм від цього виразу величина безрозмірна, і рівняння можна переписати як:

$$L = \frac{M}{ML^{-3}L^2} = \frac{1}{L^{-1}} = L.$$

Розмірності в лівій та правій частині рівняння збіглись, отже можна зробити висновок про те, що помилок в ході обчислень імовірніше за все не виникло і можна переходити до створення *комп'ютерної моделі*.

Для комп'ютерного моделювання використаємо пакет символної математики Maple. Отримаємо аналітичні залежності придатні для побудови траєкторії руху тіла при заданих параметрах руху. Вихідний код програми Maple буде мати вигляд як представлено нижче.

```
> restart:
> g:=9.81:
  x0:=0:
  y0:=0:
  v0_x:=v0*cos(alpha):
  v0_y:=v0*sin(alpha):
> eq_x:=diff(x(t),t,t)=-diff(x(t),t)^2*(Cf*rho*S*
  cos(alpha)/(2*m));
> eq_y:=diff(y(t),t,t)=-g-diff(y(t),t)^2*(Cf*rho*S*
  sin(alpha)/(2*m));
> slv_x:=dsolve({eq_x, x(0)=x0, D(x)(0)=v0_x}, x(t));
> slv_y:=dsolve({eq_y, y(0)=y0, D(y)(0)=v0_y}, y(t));
> x:=unapply(rhs(slv_x),t,v0,alpha,m,Cf,rho,S);
> y:=unapply(rhs(slv_y),t,v0,alpha,m,Cf,rho,S);
> solve(y(t,52,0.47,0.8,0.3,1.2,3.5*10^(-3))=0, t);
> plot([x(t,52,0.47,0.8,0.3,1.2,3.5*10^(-3)),y(t,52,
  0.47,0.8,0.3,1.2,3.5*10^(-3)), t=0..4.769356613]);
```

Створена програма дозволяє отримати аналітичні залежності для функцій $x(t)$ та $y(t)$ придатні для застосування в обчислювальному експерименті при різних значеннях таких параметрів як: початкова швидкість, початковий кут, маса тіла, коефіцієнт опору форми, щільність середовища та характерна площа перпендикулярно потоку.

Очевидною перевагою пакету символної математики Maple є наявність потужної графічної підсистеми, яка дозволяє будувати не лише

графіки функцій заданих параметрично, а й створювати різноманітні анімації складних процесів.

Вирішивши задачу створення комп'ютерної моделі можна безпосередньо переходити до планування і проведення обчислювального експерименту.

III Обчислювальний експеримент

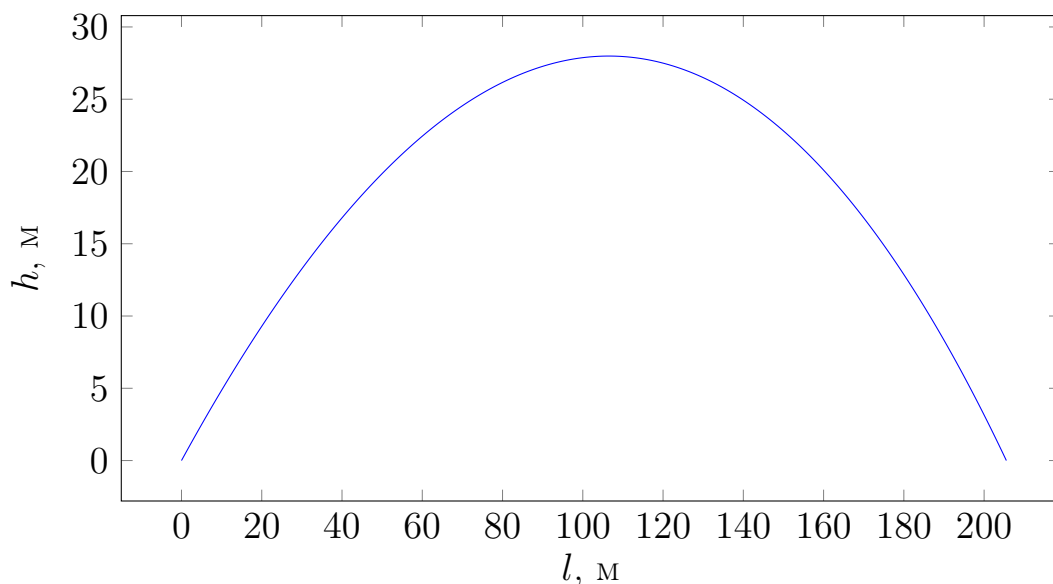
Обчислювальний експеримент необхідно чітко спланувати. Сформулювати задачі дослідження та параметри моделі, які будуть прийматись за незалежні. Скласти перелік експериментів, що будуть поставлені. Рекомендований план експерименту зведений до таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – План обчислювального експерименту

№ експ.	Задача	Незалежний параметр
1	Дослідити рух тіла	–
2	Дослідити рух тіла при зміні початкової швидкості	v_0
3	Дослідити рух тіла при зміні кута кидання	α
4	Дослідити рух тіла при зміні коефіцієнта опору	C_f

Експеримент №1

Побудуємо траєкторію руху тіла при заданих значеннях параметрів: $v_0 = 52$ м/с, $\alpha_0 = 27^\circ$, $m = 0,8$ кг, $C_f = 0,3$ при нормальних умовах.



Тіло масою 0,8 кг якому надали початкову швидкість в 52 м/с пролетить приблизно 200 метрів і підніметься на висоту приблизно 25 метрів. Точні дані про рух тіла зведені до таблиці 3.3.

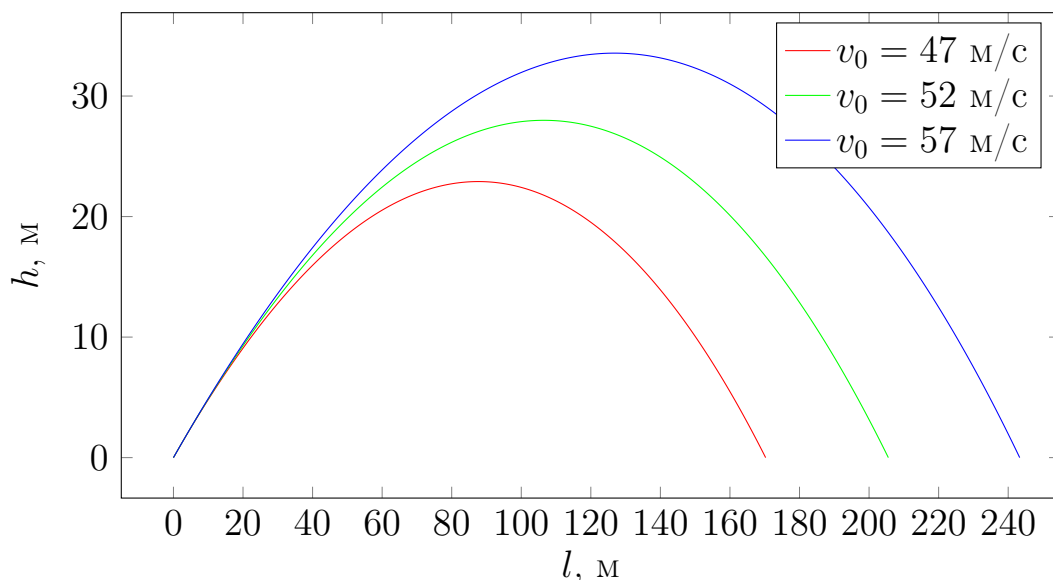
Таблиця 3.3 – Результати експерименту 1

Параметр	Значення
Тривалість польоту, t_{max}	4,77 с
Максимальна відстань, l_{max}	205,54 м
Максимальна висота, h_{max}	27,99 м
Відстань максимального підйому, $l(h_{max})$	106,48 м

Аналізуючи дані експерименту можна побачити, що відстань максимального підйому розташовується не симетрично відносно точок початку та завершення руху ($l(h_{max}) \neq 205,54/2$). Це свідчить про те, що опір середовища, хоча і в незначній мірі, але впливає на траєкторію руху.

Експеримент №2

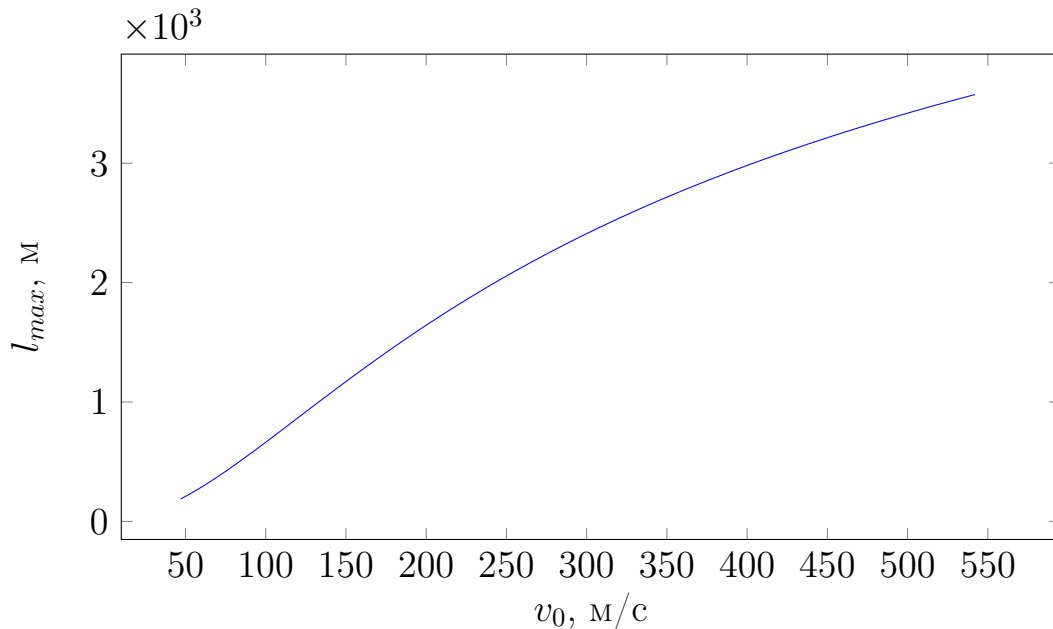
Побудуємо траєкторії руху тіла при різних значеннях початкової швидкості v_0 за нормальних умов. Для проведення експерименту задамося трьома значеннями початкової швидкості кульки: 47, 52, 57 м/с. Значення інших параметрів змінювати не будемо.



Результати обчислювального експерименту вказують на те, що, чим більше початкова швидкість тіла тим більше відстань, яку це тіло подолає, і це очевидно. Неочевидним є характер залежності максимальної

відстані l_{max} від початкової швидкості v_0 , за умови, що середовище створює опір руху.

Визначимо зміну максимальної відстані l_{max} при зміні початкової швидкості v_0 в межах 52..520 м/с. Результати обчислень представимо графічно.



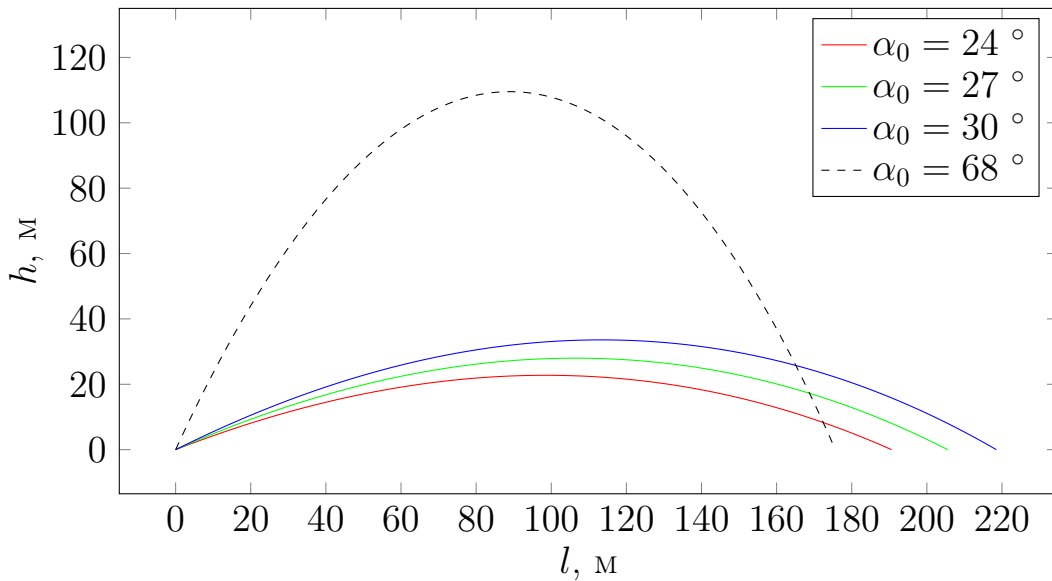
Нелінійність представленої залежності вказує не те, що в моделі дійсно враховується опір руху, а характер цієї нелінійності адекватно відображає фізику процесу. Чим більше швидкість – тим в більшому ступені руху буде створюватись опір.

Експеримент №3

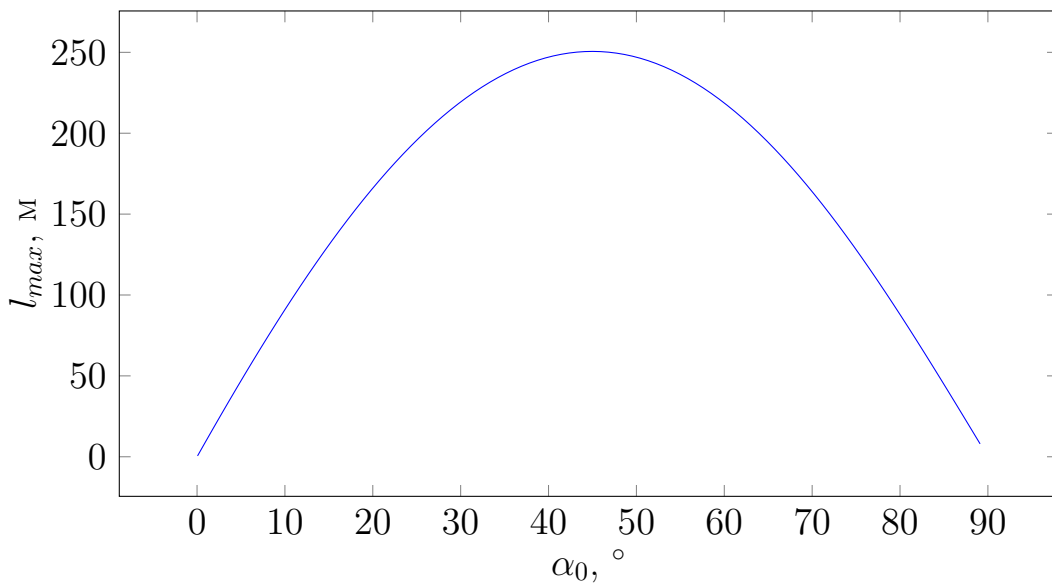
Побудуємо траєкторії руху тіла при різних значеннях кута кидання α_0 . Для проведення експерименту оберемо три значеннями кута: 24, 27, 30 °. Значення інших параметрів змінювати не будемо.

Для наочності побудуємо на тому ж графіку траєкторію руху при початковому куті кидання в 68 °. При такому початковому куті максимальна відстань, яку подолає тіло, має бути меншою за максимальну відстань, що подолає тіло рухаючись з початковим кутом в 24..30 °.

Проведемо, також, дослідження зміни відстані, що подолає тіло відносно кута кидання. Теоретично, в вакуумі, максимальна відстань буде подолана тілом, яке починає рухатись під кутом в 45 °. На практиці, в умовах, коли тіло рухається в складних умовах навколишнього середовища, максимальна відстань буде долатись при менших початкових кутах кидання.



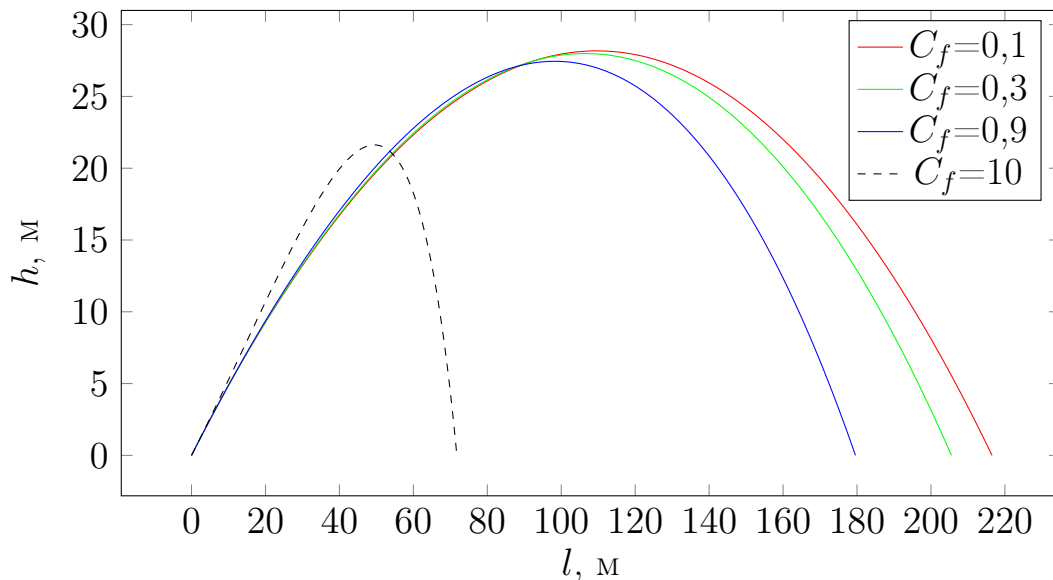
Побудуємо залежність максимальної відстані, яку подолає тіло від початкового кута α_0 , з яким тіло починає рухатись.



Експериментальні дослідження показують, що характер зміни максимальної відстані від початкового кута кидання співпадає з передбаченим теоретично. Максимальна відстань спостерігається при киданні кульки під кутом в 45° . Можна помітити і те, що опір повітря не впливає на зміну значення початкового кута кидання при якому досягається максимальна дальність польоту. Це очевидно вказує на те, що математична модель не враховує всіх фізичних явищ, які відбуваються в процесі руху тіла в щільному середовищі.

Експеримент №4

Дослідимо вплив коефіцієнту опору форми C_f на рух тіла, для чого побудуємо траєкторії руху при різних значеннях коефіцієнту: 0,1, 0,3 та 0,9. Інші параметри залишимо без змін. Для наочності зобразимо на цьому ж графіку траєкторію тіла, що рухається в середовищі з коефіцієнтом опору форми, який дорівнює 10.



Аналізуючи результати комп'ютерного моделювання можна побачити наочний вплив опору щільного середовища на рух тіла. По-перше: з ростом коефіцієнту опору зменшується максимальна відстань, яку долає тіло; по-друге: зменшується висота на яке тіло піднімається в процесі руху; і по-третє: змінюється траєкторія (форма стає менш схожою на ідеальну параболу).

IV Аналіз результатів моделювання

Результати і висновки, які були отримані в експериментах необхідно оформити у вигляді звіту в текстовому документі. В звіті мають бути наведені відповіді на наступні орієнтовні питання:

- 1 Як рухається тіло, що кинули під кутом до горизонту?
- 2 Як визначити найвищу точку підйому?
- 3 Як визначити дальність польоту?
- 4 Як зміниться найбільша висота підйому при збільшенні початкової швидкості і незмінному куті кидання?
- 5 Як зміниться максимальна відстань при збільшенні початкової швидкості і незмінному куті кидання?
- 6 Як зміниться найбільша висота підйому при збільшенні кута кидання і незмінній початковій швидкості?

4 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ

Пояснювальна записка до курсової роботи виконується згідно ДСТУ 3008 – 2015. Мова курсової роботи державна, стиль науковий, чіткий, без орфографічних і синтаксичних помилок; послідовність логічна.

Текст курсової роботи друкується на комп'ютері з одного боку стандартного аркуша одностороннього паперу формату А4 (210×297 мм). Гарнітура Times New Roman, розмір шрифту 14 пунктів, інтервал 1,5 (≈ 28-30 рядків на сторінку). При написанні дотримуються наступних розмірів полів: верхній, лівий і нижній – не менше 20 мм, правий – не менше 10 мм. Абзаци в тексті починають відступом, що дорівнює 1,27 см

Під час виконання курсової роботи необхідно дотримуватись рівномірної щільності, контрастності й чіткості зображення. Всі лінії, літери, цифри і знаки повинні бути чіткими та однаково чорними впродовж усієї роботи.

Номера сторінок слід проставляти арабськими цифрами у правому верхньому куті аркушу без крапки в кінці, дотримуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту роботи. Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок роботи, проте номер сторінки на титульному аркуші не проставляють.

Заголовки структурних частин (розділів) курсової роботи пишуть великими літерами симетрично до тексту, крапка в кінці заголовку не ставиться. Переноси частини слів в заголовку не допускаються, на інший рядок слово переноситься повністю. Якщо заголовок складається з двох речень, то вони розділяються крапкою. Кожний наступний розділ роботи починають з нової сторінки. Розділи нумеруються арабськими цифрами в межах всієї курсової роботи, проте розділам «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ» номери не присвоюють. Крапка після цифри не проставляється. Заголовки розділів відбиваються знизу від основного тексту порожнім рядком або інтервалом в 1-1,5 розміру основного шрифту.

Заголовки підрозділів пишуться малими літерами окрім першої і розміщуються з абзацу. Переноси частини слів в підзаголовку не допускаються, на інший рядок слово переноситься повністю. Якщо підзаголовок складається з двох речень, то вони розділяються крапкою. Не допускається розміщувати назву підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту. Підрозділи нумерують арабськими цифрами в межах розділу («1.1 Перший підрозділ першого розділу», «2.3 Третій підрозділ другого розділу»), крапку після останньої цифри не проставляють. Заголовки

підрозділів відбивають знизу і згори від основного тексту порожнім рядком або інтервалом в 1-1,5 розміру основного шрифту.

Формули, що входять до курсової роботи, нумерують в межах розділу. Номер формули складається з номера розділу та порядкового номера формули, розділених крапкою. Номер формули розташовують з правого боку на рівні формули в круглих дужках. Посилання в тексті на номер формули дають в дужках, наприклад, «... за формулою (1.1)».

Пояснення символів та числових коефіцієнтів наводять під формулою. Пояснення кожного символу подається з нового рядка в тій послідовності, в якій символи зустрічаються в формулі. Перший рядок пояснення починається зі слова «де» без двокрапки після нього.

Формули, що записані одна за одною та не розділені текстом, розділяються комою. Рівняння і формули необхідно виділяти з тексту в окремий рядок. Формули відбивають знизу і згори від основного тексту порожнім рядком або інтервалом в 1-1,5 розміру основного шрифту.

Ілюстративні матеріали (таблиці і рисунки) розміщуються в тексті пояснювальної записки до курсової роботи або виносяться в додатки. Ілюстрація має розташовуватись одразу після посилання на неї в тексті, або на наступній сторінці, якщо для розміщення її на поточній сторінці не вистачає місця.

Всі ілюстрації нумеруються арабськими цифрами в межах розділу і повинні мати назву. Номер ілюстрації складається з номера розділу та порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою, а назва ілюстрації подається після номеру і відділяється від нього знаком «тире», наприклад, «Рисунок 1.1 – Схематичне зображення процесу переробки», «Таблиця 1.1 – Результати комп'ютерного моделювання». Крапка в кінці заголовка ілюстрації не ставиться.

Рисунки підписують знизу симетрично до тексту і відбивають від основного тексту порожнім рядком або інтервалом в 1-1,5 розміру основного шрифту.

Таблиці підписують згори вірівнюючи назву по лівому краю таблиці і відбивають від основного тексту порожнім рядком або інтервалом в 1-1,5 розміру основного шрифту.

У разі перенесення частини таблиці на інший аркуш (сторінку) слово «Таблиця» та її номер вказують лише один раз – ліворуч над першою частиною таблиці; над іншими частинами пишуть «Продовження табл.» із зазначенням номера таблиці, наприклад: «Продовження табл. 1.2».

Ілюстративний матеріал може бути оформлений у вигляді додатків. Додатки представляють з себе окремі розділи пояснювальної записки до курсової роботи, що розташовуються після переліку посилань. Як і будь-

який розділ додатки мають відображатись в змісті пояснювальної записки і мати наскрізну нумерацію сторінок.

На відміну від звичайних розділів заголовків додатку записують маленькими літерами окрім першої і позначають великими літерами української абетки, починаючи з А, за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ъ, наприклад, «Додаток А». Заголовки додатку розташовують симетрично відносно тексту окремим рядком. Кожний наступний додаток починають з нової сторінки.

Текст кожного додатка, за необхідності, може бути поділений на розділи та підрозділи, пронумеровані в межах кожного додатка: перед кожним номером ставлять позначення додатка (літеру) і крапку, наприклад: «А.2» (другий розділ додатка А). Рисунки, таблиці та формули, розміщені в додатках, нумерують у межах кожного додатка, наприклад: «Рисунок Д.1.2» (другий рисунок першого розділу додатка Д).

При оформленні списку використаної літератури бібліографічний опис складають безпосередньо за друкованим твором або виписують з каталогів і бібліографічних покажчиків повністю без пропусків будь-яких елементів, скорочення назв і т. ін.

Список використаних джерел повинен мати суцільну нумерацію. Використані джерела можна розміщувати в один з таких способів: за абеткою (за першою літерою прізвища автора або першого слова заголовка), у порядку розташування посилань у тексті. Оформлення літературних джерел здійснюється відповідно до ДСТУ ГОСТ 7.1:2006

Оформлена у відповідності до сформульованих вимог та повністю укомплектована курсова робота повинна бути переплетена (зброшурована).

На першій (титульній) сторінці студент повинен поставити свій підпис та дату остаточного завершення роботи.

5 ПОРЯДОК ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Виконана курсова робота у встановлений термін подається на кафедру та після реєстрації передається науковому керівнику для перевірки і підготовки висновку. У висновку відмічаються позитивні сторони та недоліки курсової роботи, оцінюється наявність елементів творчого пошуку та новизни, вказується і обсяг охопленої інформації, дотримання вимог оформлення роботи, робиться висновок щодо допуску до захисту роботи і виставляється попередня оцінка («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно»). Якщо курсова робота отримує оцінку «незадовільно», вона повертається студентові для доопрацювання. До переробленої курсової роботи, зданої на повторну перевірку, обов'язково додається попередній висновок.

Захист курсової роботи здійснюється прилюдно перед комісією у складі не менше двох викладачів з обов'язковою присутністю керівника. Термін захисту визначається графіками навчального процесу та затверджується керівником відповідного деканату. Процедура захисту передбачає стислий (до 5 хвилин) виклад студентом основних результатів проведеного дослідження та пропозиції. Після доповіді студент відповідає на всі запитання членів комісії. В процесі захисту можуть використовуватись таблиці, схеми, графіки.

Склад комісії з захисту курсових робіт (не менше двох осіб) призначається завідувачем кафедри.

При аналізі та оцінюванні як самої курсової роботи, так і рівня презентації її результатів увага звертається в першу чергу на:

- відповідність змісту курсової роботи темі та затвердженому плану;
- уміння студента визначати найсуттєвіші проблемні питання, що потребують концептуального вирішення;
- коректність використання понятійного апарату;
- відповідність логічної побудови роботи поставленим цілям і завданням;
- обсяг масиву опрацьованої інформації;
- різноманітність опрацьованих інформаційних джерел;
- широту й адекватність використаних першоджерел;
- наявність нестандартних елементів аналізу та діагностики;
- різноманітність використаних способів порівняння інформації;
- здатність студента до систематизації вихідної інформації;
- глибину опрацювання матеріалу;

- глибину опрацювання проблеми;
- адекватність запропонованих заходів виявленим проблемам;
- чіткість визначеної позиції автора;
- аргументованість, переконливість обґрунтування запропонованих рішень;
- уміння студента стисло, послідовно та чітко викласти сутність і результати дослідження;
- розвиненість мови викладення роботи, оригінальність стилю;
- наявність посилань на джерела, з яких запозичено будь-яку інформацію, та дотримання етики цитування;
- ступінь самостійності у проведенні дослідження;
- загальне оформлення дослідження;
- якість підготовки наочного матеріалу;
- логічність, конкретність і переконливість доповіді;
- повноту відповідей на запитання;
- здатність аргументовано захищати свої пропозиції, думки, погляди;
- вільне володіння математичною термінологією;
- загальний рівень підготовки студента.

Оцінка вноситься у відомість та залікову книжку студента і перегляду (повторному захисту) не підлягає.

Курсова робота не допускається до захисту і повертається на доопрацювання, якщо:

- роботу подано на кафедру (на перевірку) для рецензування з порушенням термінів, установлених кафедрою (викладачем, який викладає дану дисципліну);
- роботу написано на тему, що не внесена до переліку тем курсових робіт з даної дисципліни або не погоджена з викладачем;
- робота має ознаки плагіату;
- структура і логіка побудови плану роботи не відповідає вимогам та темі курсової роботи;
- курсову роботу не зброшуровано (тобто аркуші не скріплені).

Необхідні консультації надає викладач кафедри, який перевіряє якість виконання курсової роботи та робить відповідні зауваження.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Стеценко, І. В. Моделювання систем: навчальний посібник [Текст] / І. В. Стеценко. М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. — Черкаси : ЧДТУ, 2010. — 399 с. — ISBN: 978-966-402-073-9.
2. Станжицький, О. М. Основи математичного моделювання. Навчальний посібник [Електронний ресурс]. — 2011. — Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/377862/> (дата звернення: 04.04.2018).
3. Ахмадиев, Ф. Г. Математическое моделирование и методы оптимизации: Учебное пособие [Текст] / Ф. Г. Ахмадиев, Р. М. Гильфанов. — Казань : Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2017. — 178 с. — ISBN: 978-5-7829-0534-7.
4. Пономарев, В. Б. Математическое моделирование технологических процессов: курс лекций [Текст] / В. Б. Пономарев, А. Б. Лошкарев. — Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. — 129 с.
5. Шашков, В. Б. Обработка экспериментальных данных и построение эмпирических формул. Курс лекций [Текст] / В. Б. Шашков. — Оренбург : ГОУ ОГУ, 2005. — 150 с.
6. Тюрин, Ю. Н. Анализ данных на компьютере [Текст] / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макаров, И. В. Иванов. Изд. 3-е, перераб. и доп./Под ред. В. Э. Фигурнова. — М. : ИНФРА-М, 2002. — 528 с. — ISBN: 5-86225-662-8.
7. Дьяконов, В. П. МАТНСАД 8/2000: Специальный справочник [Текст] / В. П. Дьяконов. — СПб. : Питер, 2001. — 592 с.
8. Савотченко, С. Е. Методы решения математических задач в Maple: Учебное пособие [Текст] / С. Е. Савотченко, Т. Г. Кузьмичева. — Белгород : Изд. Белаудит, 2001. — 116 с. — ISBN: 5-7414-0046-9.
9. Маликов, Р. Ф. Практикум по компьютерному моделированию физических явлений и объектов: Учеб. пособие [Текст] / Р. Ф. Маликов. — Уфа : Изд-во БашГПУ, 2005. — 291 с. — ISBN: 5-87978-223-9.
10. Ходанович, А. И. Математическое моделирование на компьютере. Сборник задач и упражнений [Текст] / А. И. Ходанович. — СПб. : Изд-во СПбГУКиТ, 2009. — 118 с.
11. Алиев, Т. И. Основы моделирования дискретных систем [Текст] / Т. И. Алиев. — СПб. : СПбГУ ИТМО, 2009. — 363 с.
12. Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Текст] / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. 2-е изд., испр. — М. : Физматлит, 2001. — 320 с. — ISBN: 5-9221-0120-X.

Додатки

Додаток А
Зразок оформлення титульного аркушу

Вінницький національний технічний університет
Кафедра метрології та промислової автоматики

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни: «Основи моделювання процесів на ПЕОМ»
на тему: розробка неперервно-детермінованої моделі руху

Студента(ки) III курсу МСС-156 групи
напряму підготовки: 6.051002
спеціальності: метрологія, стандартизація та
сертифікація, Пастушенко Г. О.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри МПА
Овчинников К. В.

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії: _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)
_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)
_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

м. Вінниця – 2018 р.

Додаток Б
Перелік орієнтовних завдань на курсову роботу

Провести математичне моделювання процесу руху тіла в просторі для чого:

- а) описати фізичну модель, проаналізувати параметри та діапазон їх зміни. Зробити необхідні припущення та спрощення;
- б) побудувати математичну модель;
- в) розробити програму для дослідження параметрів моделі;
- г) провести обчислювальний експеримент, отримати шукані величини та представити результати моделювання.

Варіант 1

Абсолютна величина вектору початкової швидкості кульки, що кинута під кутом 30 градусів до горизонту дорівнює 40 м/с. Визначте дальність польоту кульки. Опором повітря знехтувати.

Варіант 2

Снаряд вилітає зі зброї з початковою швидкістю 490 м/с під кутом 30 градусів до горизонту. Знайти висоту, дальність і час польоту снаряда. Опором повітря нехтувати.

Варіант 3

З вежі кинуте тіло в горизонтальному напрямі із швидкістю 40 м/с. Яку швидкість набуде тіло через 3 с після початку руху? Опором повітря знехтувати.

Варіант 4

Тіло кинуте під кутом 45 градусів до поверхні землі. Визначити дальність польоту, якщо початкова швидкість дорівнює 60 м/с. Опором повітря знехтувати.

Варіант 5

З якою швидкістю потрібно кинути кульку, щоб вона перелетіла огорожу, якщо кут кидання дорівнює 60 градусів, висота огорожі 5 м, відстань між кулькою і огорожею 7 м. Опором повітря знехтувати.

Варіант 6

Під яким кутом потрібно кинути камінь, щоб він потрапив в лунку, якщо абсолютна величина вектору початкової швидкості дорівнює 50 м/с, відстань між каменем і лункою 20 м. Опором повітря знехтувати.

Варіант 7

Абсолютна величина вектору початкової швидкості кульки, що кинута під кутом 30° до горизонту дорівнює 40 м/с , маса кульки – 1 кг , коефіцієнт опору – $0,3$. Визначите дальність польоту кульки (з урахуванням опору повітря).

Варіант 8

Снаряд вилітає зі зброї з початковою швидкістю 490 м/с під кутом 30° до горизонту, маса снаряда – 10 кг , коефіцієнт тертя – $0,2$. Знайти висоту, дальність і час польоту снаряда.

Варіант 9

Тіло кинуте під кутом 45° до поверхні землі. Визначити дальність польоту, якщо початкова швидкість дорівнює 60 м/с , маса тіла – 3 кг , коефіцієнт тертя – $0,1$.

Варіант 10

З якою швидкістю потрібно кинути кульку, щоб вона перелетіла огорожу, якщо кут кидання дорівнює 60° , висота огорожі 5 м , відстань між кулькою і огорожею 7 м , маса кульки – 500 г , коефіцієнт опору – $0,4$.

Варіант 11

Який має бути коефіцієнт опору, щоб дальність польоту тіла, кинутого під кутом 35° , з абсолютною величиною вектору початкової швидкості, що дорівнює 10 м/с , була 16 метром , якщо маса тіла – 1 кг .

Додаток В
Основні та приклади похідних одиниць СІ та їх розмірності

Величина		Одиниця	
Найменування	Розмірність	Найменування	Позначення
Довжина	L	метр	м
Маса	M	кілограм	кг
Час	T	секунда	с
Сила електричного струму	I	ампер	А
Термодинамічна температура	Θ	кельвін	К
Кількість речовини	N	моль	моль
Сила світла	J	кандела	кд
Плаский кут	1	радіан	рад
Площа	L^2	квадратний метр	m^2
Об'єм	L^3	кубічний метр	m^3
Швидкість	LT^{-1}	метр за секунду	м/с
Прискорення	LT^{-2}	метр за секунду в квадраті	м/с ²
Кутова швидкість	T^{-1}	радіан за секунду	рад/с
Кутове прискорення	T^{-2}	радіан за секунду в квадраті	рад/с ²
Щільність	ML^{-3}	кілограм на метр кубічний	кг/м ³
Питомий об'єм	L^3M^{-1}	кубічний метр на кілограм	м ³ /кг
Сила	LMT^{-2}	ньютон	Н
Тиск	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па
Температура Цельсія	Θ	градус Цельсія	°С