



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОГРАМИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітньо-наукова програма	Прикладна фізика (Applied Physics)
Статус дисципліни	Вибіркова (цикл професійної підготовки)
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 (120)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР, РР
Розклад занять	Понеділок: 16.10–17.45 по 2-му тижню (лекц) Вівторок: 16.10–17.45 (конс) П'ятниця: 14.15–15.50 (л/р)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент, Гордійко Наталія Олександрівна, n.gordiiko@kpi.ua Лабораторні: кандидат технічних наук, доцент, Гордійко Наталія Олександрівна, n.gordiiko@kpi.ua
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2921 , https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&ir_own

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна «Математичне моделювання фізичних процесів та прикладні програми» спрямована на розв'язання практичних задач, що виникають в багатьох розділах фізики, та сприяє впровадженню принципів комп'ютерного мислення у вивченні більшості навчальних дисциплін циклу загальної та професійної підготовки. Основними завданнями дисципліни є опис фізичних об'єктів та процесів сучасними програмними засобами математичного моделювання.

Метою кредитного модуля є формування у студентів **здатностей**:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 1);
- здатність працювати автономно (ЗК 9);
- здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (ФК 5);
- здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності (ФК 7);
- здатність розуміти та застосовувати апарат спеціальних розділів математики для розв'язання проблем прикладної фізики, моделювати фізичні процеси і системи, використовуючи статистичні та стохастичні методи, комп'ютерну графіку, та представляти результати моделювання (ФК 10).

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

– знання методів аналізу випадкових процесів, теорії ймовірності і математичної статистики, програмування, комп'ютерної графіки, прикладних програм і методів обчислень, методів розв'язання рівнянь математичної фізики, теорії функції комплексної змінної, тензорного аналізу, для розуміння сучасних фізичних теорій і розв'язання проблем прикладної фізики та моделювання процесів, що відбуваються в фізико-технічних системах (ПРН 16);

УМІННЯ:

– застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів (ПРН 2);
– застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій (ПРН4);
– вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики (ПРН5).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Місце навчальної дисципліни зазначається у структурно-логічній схемі освітньої програми¹. Дисципліна є забезпечуючою для більшості дисциплін циклу професійної підготовки. Для успішного засвоєння дисципліни студенти повинні мати навички програмування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Моделі та їх роль у пізнанні світу. Основні відомості про найбільш уживані програмні засоби для моделювання фізичних процесів.

Тема 2. Система інженерних і наукових розрахунків MatLab. Основи роботи.

Тема 3. Розробка М-файлів. Використання графічних команд та функцій. Геометричне моделювання площин та поверхонь у середовищі MatLab.

Тема 4. Дослідження функцій, розв'язання рівнянь, числове інтегрування та інтерполяція в MatLab.

Тема 5. Символьні обчислення в MatLab.

Тема 6. Розв'язання в MatLab звичайних диференціальних рівнянь та систем.

Тема 7. Розв'язання крайових задач в MatLab.

Тема 8. Розв'язання задач математичної фізики в MatLab..

Тема 9. Основи програмування та анімація в MatLab.

Тема 10. Основи візуального моделювання динамічних систем в MatLab.

Тема 11. Пакети розширення MatLab.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Гордійко Н.О. Математичне моделювання фізичних процесів та прикладні програми. Лекції. – 2021. – Режим доступу: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2921>.
2. Гордійко Н.О. Математичне моделювання фізичних процесів та прикладні програми. Лабораторні роботи. – 2020. – Режим доступу: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2921>.
3. Лазарев Ю.В. Довідник з MATLAB: Електронний навчальний посібник з курсового і дипломного проектування – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 132 с. – https://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Lazarev/dovidnyk_Matlab.pdf.
4. Лазарев Ю.В. MATLAB і моделювання динамічних систем. Навчальний посібник. Глава 3. Пакет програм Simulink. – Київ: НТУУ "КПІ", 2009. – 79 с. –

¹Освітньо-професійна програма «Прикладна фізика (Applied Physics)» першого рівня вищої освіти. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 16 с.: <https://osvita.kpi.ua/files/downloads/105-B-Прикладна%20фізика.pdf>

https://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Lazarev/uml_3n.pdf.

5. Математичне моделювання фізичних процесів та прикладні програми. *MatLab + Toolboxes [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів навчального напрямку 6.040204 «Прикладна фізика» / НТУУ «КПІ» ; уклад. Н. О. Гордійко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,20 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 126 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/13534>.*

Допоміжна

6. Mathews J. H. *Numerical Methods Using MATLAB* / John H. Mathews, Kurtis D. Fink. – 2001. – Mode of access: <https://27x37.files.wordpress.com/2011/05/mcgraw-hill-numerical-methods-using-matlab.pdf>.
7. Witelsky T. *Methods of Mathematical Modelling* / Thomas Witelsky, Mark Bowen // Springer Undergraduate Mathematics Series, 2015. – 305 p.
8. Scherer P. *Computational Physics* / Philipp O.J. Scherer // Springer International Publishing AG, 2017. – 633 p.
9. Garfinkel A. *Modeling Life* / Alan Garfinkel, Jane Shevtsov, YinaGuo // Springer International Publishing AG, 2017. – 445.
10. Keviczky L. *Control Engineering: MATLAB Exercises* / Laszlo Keviczky, Ruth Bars, Jeno Hetthessy, Csilla Banyasz // Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2019. – 275 p.

Інформаційні ресурси

11. <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.
12. https://www.mathworks.com/products/image.html?s_tid=srchtitle#ipw.
13. <https://www.mathworks.com/products/deep-learning.html>.
14. <https://nl.mathworks.com/products/curvefitting.html>.
15. <https://nl.mathworks.com/products/simulink.html>.
16. <https://www.wolfram.com/mathematica>.
17. <https://www.maplesoft.com/index.aspx>.
18. <https://programy.com.ua/ru/mathcad>.
19. <https://www.gnu.org/software/octave/index>.
20. <https://www.scilab.org>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

Тема 1. Моделі та їх роль у пізнанні світу. (Предмет теорії моделювання, принципи моделювання, системний підхід в моделюванні, функції моделей, види моделей та їх класифікація, математичні схеми моделювання систем, основні етапи моделювання систем, формалізований опис системи, обробка й аналіз результатів моделювання. Огляд сучасних систем (пакетів прикладних програм) для математичного моделювання: *MatLab, Octave, Scilab, Macsyma, Mathematica, Mathcad, LabVIEW*). Темі 1 присвячена вступна лекція.

Тема 2. Система інженерних і наукових розрахунків *MatLab*. Основи роботи. (Основні відомості про систему *MatLab*. Оперування масивами даних.) Темі 2 присвячено лекцію 1 та лабораторну роботу 1, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання за темою.

Тема 3. Розробка М-файлів. Графіка в *MatLab*. (Використання графічних команд та функцій для оформлення результатів досліджень у командному режимі та з використанням діалогового редактору графіки. Геометричне моделювання площин та поверхонь у середовищі *MatLab*.) Темі 3 присвячено лекцію 2, лабораторну роботу 2, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання, а також відповідного індивідуального завдання розрахункової роботи.

Тема 4. Дослідження функцій, розв'язання рівнянь, числове інтегрування та інтерполяція в *MatLab*. (Використання методів дослідження функцій, розв'язання лінійних алгебраїчних рівнянь та систем, використання методів чисельного інтегрування та інтерполяції. Розв'язання задачі

обертання площин.) Темі 4 присвячено лекцію 3 та лабораторну роботу 3, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання за темою.

Тема 5. Символьні обчислення в MatLab. (Проведення операцій з символьними даними за допомогою ToolBoxSymbolicMath. Поняття структури. Основні правила створення структур та роботи з ними.) Темі 5 присвячено лекцію 4, лабораторну роботу 4, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання, а також відповідного індивідуального завдання розрахункової роботи.

Тема 6. Розв'язання в MatLab звичайних диференціальних рівнянь та систем. (Задача Коші та алгоритм її розв'язання за допомогою MatLab. Солвери та основні рекомендації щодо їх вибору.) Темі 6 присвячено лекцію 5 та лабораторну роботу 5, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання за темою.

Тема 7. Розв'язання крайових задач в MatLab. (Крайова задача та алгоритм її розв'язання за допомогою MatLab. Особливості вибору початкового наближення для розв'язання крайових задач.) Темі 7 присвячено лекцію 6 та лабораторну роботу 6, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання за темою.

Тема 8. Розв'язання задач математичної фізики в MatLab. (Можливості системи MatLab для розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними. Основи роботи у ToolBoxPartialDifferentialEquations. Правила задання структури області, складеної з геометричних примітивів. Триангуляція.) Темі 8 присвячено лекцію 7 та лабораторну роботу 7, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання за темою.

Тема 9. Основи програмування та анімація в MatLab. (Використання операторів циклу, розгалуження, способи обробки виняткових ситуацій. Створення анімації в MatLab.) Темі 9 присвячено лекцію 8, лабораторну роботу 8, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання, а також відповідного індивідуального завдання розрахункової роботи.

Тема 10. Основи візуального моделювання динамічних систем в MatLab. (ToolboxSimulink. Структура та можливості пакету. Особливості інтерфейсу. Бібліотека компонентів. Створення S-моделей.) Темі 10 присвячено лекцію 9 та лабораторну роботу 9, яка полягає у виконанні (програмуванні) та захисті студентом індивідуального завдання за темою.

Тема 11. Пакети розширення MatLab. (Огляд основних пакетів розширення MatLab та їх застосування в різних областях.) Темі 11 присвячено лекцію 10.

6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи:

- підготовка до аудиторних занять – 9 год.
- підготовка до лабораторних занять, аналіз результатів лабораторних робіт, оформлення звітів (протоколів) – 28 год.
- виконання та оформлення розрахункової роботи (РР) – 20 год.
- підготовка до модульної контрольної роботи (МКР), оформлення протоколу роботи – 5 год.
- підготовка до заліку – 4 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи, терміни виконання та рейтингова система оцінювання (РСО) результатів навчання оголошуються студентам на першому занятті.

Захист лабораторної роботи проводиться шляхом демонстрації на екрані комп'ютеру результатів роботи відповідної програми, написаної студентом, а також відповідей на контрольні питання за темою роботи з наданням на e-mail викладача протоколу роботи з наведеними в ньому умовою задачі, відповідними результатами роботи, програмного коду розв'язання задачі та висновками.

Захист РР проводиться після надсилання студентом на e-mail викладача відповідного звіту (оформленого аналогічно протоколу лабораторної роботи) шляхом демонстрації на екрані комп'ютеру отриманих результатів та усних пояснень до них, а також відповідей на уточнюючі питання викладача.

МКР оформлюється аналогічно протоколу лабораторної роботи та надсилається на e-mail викладача.

Результати лабораторних робіт, МКР та РР оголошуються індивідуально кожному студенту із зауваженнями та коментарями щодо основних помилок та недоліків.

Вимоги до звітів про роботи наведені у п.9.1 даного силабусу.

Студент має можливість зробити пропущену МКР.

За результатами роботи студента у семестрі відповідно до РСО на останньому за розкладом занятті викладач проводить залік. Позитивна оцінка із заліку "автоматом" виставляється, якщо студент має підсумковий рейтинг не менше 60 балів ($RD \geq 60$) та не має заборгованостей з робіт, передбачених силабусом на семестр з даного кредитного модуля, а саме: виконані та захищені всі лабораторні роботи, захищена РР та зарахована МКР. Якщо студент не отримав залік за РСО, але виконав умови допуску до семестрового контролю, залік виставляється за результатами залікової контрольної роботи або підсумкової співбесіди (за вибором).

Заохочувальні бали

Заохочувальні бали	
Критерій	Ваговий бал
Оригінальний творчий підхід при виконанні завдань, виступ з доповіддю, друкована робота, участь та призове місце на олімпіаді або у конкурсі тощо (за тематикою навчальної дисципліни)	+1–5 балів
Захист РР раніше зазначеного терміну.	+3 бали
Захист лабораторної роботи раніше зазначеного терміну.	+1 бал

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано пояснивши, з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

У разі настання несприятливої епідеміологічної ситуації та в інших випадках, що мають характер надзвичайних ситуацій, а також ситуацій, що передбачають відсутність можливості навчатися у традиційному режимі, допускається навчання з навчальної дисципліни згідно з регламентом організації освітнього процесу в дистанційному режимі². Це передбачає наявність доступу студентів до мережі Інтернет та відповідного технічного (комп'ютер, планшет, смартфон тощо) і програмного забезпечення.

Студенти отримують інформацію лекційного матеріалу через засоби телекомунікаційного зв'язку в синхронному або асинхронному режимі, виконують всі передбачені програмою

² Додаток 1 до наказу КПІ ім. Ігоря Сікорського №7/148 від 21.08.2020 року «Про заходи щодо організації та проведення освітнього процесу в осінньому семестрі 2020/2021 навчального року».

навчальної дисципліни лабораторні та модульні контрольні роботи в асинхронному режимі з можливістю отримання консультації (у формі чату, форуму, особистих повідомлень тощо), а також захищають їх в синхронному режимі у формі відеоконференції.

Навчальна дисципліна може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім тих, хто має серйозні вади, що не дозволяє користуватися комп'ютером. Організація навчання здобувачів вищої освіти з особливими освітніми потребами регламентується Положенням про організацію інклюзивного навчання у КПІ ім. Ігоря Сікорського (наказом №7-175 від 30.09.2020). Детальніше: <https://osvita.kpi.ua/node/172>.

Враховуючи особливості навчальної дисципліни, деякі поняття та навчальний матеріал вивчаються англійською мовою.

Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням студентів, допускається вивчення окремих тем за допомогою відповідних іншомовних електронних ресурсів.

Консультації (індивідуальні та групові) з навчальної дисципліни та самостійна робота студентів можуть проводитись у науковій лабораторії, комп'ютерному класі, в науково-технічній бібліотеці університету та/або дистанційно у домашніх умовах.

Навчальний матеріал, передбачений для засвоєння студентом у процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль разом з навчальним матеріалом, що вивчався при проведенні аудиторних навчальних занять.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: лабораторні роботи, МКР, розрахункова робота (РР).

Лабораторні роботи оцінюються з 9 балів:

- «відмінно» – повний результат (не менше 95% зробленої роботи) – 9 балів;
- «добре» – достатньо повний результат (не менше 75% зробленої роботи), або повна результат з незначними неточностями – 7–8 балів;
- «задовільно» – неповний результат (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6 балів;
- «незадовільно» – результат не відповідає вимогам на «задовільно» – 0–5 балів.

МКР оцінюється з 7 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 95% вірної інформації) – 7 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% вірної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 6 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% вірної інформації) та незначні помилки – 5 балів;
- «незадовільно» – завдання не виконане, МКР не зараховано – 0–4 бали.

РР оцінюється з 7 балів:

- «відмінно» – повний результат (не менше 95% зробленої роботи) – 7 балів;
- «добре» – достатньо повний результат (не менше 75% зробленої роботи), або повна результат з незначними неточностями – 6 балів;
- «задовільно» – неповний результат (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 5 балів;
- «незадовільно» – результат не відповідає вимогам на «задовільно» – 0–4 бали.

Календарний контроль в цьому семестрі не передбачений.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування 9 лабораторних робіт, зарахована МКР, зарахована РР та семестровий рейтинг не менше 60 балів.

Якщо на момент заліку студент набрав менше 30 балів, він не допускається до жодного перескладання. Проте студент може реалізувати своє право на повторне вивчення навчальної дисципліни.

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист 9 лабораторних робіт;
- виконання МКР;

- виконання та захист РР;
- заохочувальних балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни

9.1. Вимоги до звітів про роботи

Звіт про роботу повинен містити таку інформацію:

1. Вид та номер (якщо є) роботи (Лабораторна робота №..., Модульна контрольна робота Розрахункова робота).
2. Тема роботи (якщо є).
3. П.І.Б. студента, група.
4. П.І.Б. викладача, що перевіряв роботу (Гордійко Н.О.).
5. Завдання (умова задачі).
6. Програмний код.
7. Отримані результати у вигляді графіків, зображень, результатів обчислень тощо.
8. Конкретні висновки щодо саме вашого завдання.

Лабораторні роботи №1 та №9, а також розрахункова робота оформлюються у вигляді файлу .doc (docx), лабораторні роботи №2–8 та модульна контрольна робота – у вигляді live скриптів (.mlx).

Ім'я файлу звіту про роботу повинно бути лаконічним та зрозумілим і складатися з прізвища студента (латиницею), виду та(якщо є) номеру роботи, наприклад, Sydorenko-Lab1.docx, Sydorenko-RR.doc, Sydorenko_MKR.mlx, Sydorenko_LABN.mlx тощо, де N – номер роботи.

9.2. Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (залік):

- 1) В чому полягає задача моделювання при формальному описі системи? Що таке формальна модель системи?
- 2) Що таке формалізація процесу функціонування системи? Чим визначається стан системи в певний момент часу та її вихідний сигнал?
- 3) Дайте визначення моделі системи. В чому полягає основна задача моделювання? Що лежить в основі моделювання?
- 4) Дайте загальне визначення математичної моделі об'єкту.
- 5) Наведіть основні функції моделей.
- 6) В чому полягає системний підхід у моделюванні?
- 7) Що таке система, елемент системи, підсистема? Наведіть характерні риси складної системи.
- 8) Визначити поняття адекватності моделі й об'єкту.
- 9) Які види моделей Ви знаєте?
- 10) Які види математичних моделей Ви знаєте?
- 11) Наведіть основні етапи моделювання?
- 12) Які режими роботи в середовищі MatLab Ви знаєте? Які їх особливості?
- 13) Наведіть основні принципи моделювання. В чому вони полягають?
- 14) Визначити показник і критерій ефективності. Наведіть свій приклад.

- 15) Чим відрізняється файл сценарію від функції MatLab та які особливості їх оформлення?
- 16) Які типи арифметичних операцій реалізовані в MatLab? Наведіть їх особливості.
- 17) В чому відмінність аналітичних та імітаційних моделей?
- 18) Які особливості роботи з масивами даних в MatLab? Що таке масив, вектор, матриця?
- 19) Що таке структура? Які Ви знаєте способи їх заповнення? Які основні правила роботи зі структурами?
- 20) Які основні вимоги до моделі системи?
- 21) Що входить до поняття цифрової обробки сигналів? Які задачі можна розв'язати за допомогою пакету SignalProcessingToolbox?
- 22) Що таке фільтр і які основні етапи його створення?
- 23) В чому відмінність цифрових фільтрів від аналогових? Як в MatLab сформувати випадковий процес?
- 24) Що розуміють під цифровою обробкою зображень? Які задачі можна розв'язати за допомогою пакету ImageProcessingToolbox? Які функції цифрової обробки зображень Ви знаєте?
- 25) Які основні переваги й недоліки пакету розширення Simulink?
- 26) Що таке S-модель? На чому базується створення S-моделей?
- 27) В чому полягає створення блок-схеми S-моделі? З чого вона повинна складатися?
- 28) Бібліотека блоків Simulink? Які категорії блоків існують?
- 29) Що таке диференціальна модель процесу або явища?
- 30) Наведіть схеми розв'язання задачі Коші й крайової задачі в MatLab. Які засоби ToolBoxSymbolicMath використовуються для розв'язання цих задач?
- 31) Наведіть схему розв'язання ДР з частинними похідними в MatLab.
- 32) Які способи попередження помилкових дій, що призводять до дострокового припинення програм в MatLab? За допомогою яких операторів вони реалізуються?
- 33) Які основні правила задання структури області, складеної з геометричних примітивів?
- 34) Наведіть оператори розгалуження, що використовуються в MatLab. В яких випадках вони застосовуються?
- 35) Які оператори циклу, що використовуються в MatLab, Ви знаєте? В яких випадках вони застосовуються?
- 36) Геометричне моделювання площин та поверхонь. Розв'язання задачі обертання площин. Створення анімації в MatLab.
- 37) Робота з пакетами розширення MatLab відповідно до їх застосування.
- 38) Робота з найбільш уживаними програмними засобами для математичного моделювання фізичних процесів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри прикладної фізики, к.т.н., доц., Гордійко Наталією Олександрівною

Ухвалено засіданням кафедр прикладної фізики (протокол №9 від 23.03.2022 р.)

Погоджено Вченою радою Навчально-наукового Фізико-технічного інституту (протокол №4 від 18.04.2022 р.)