

## Застосування комп'ютерної та інженерної графіки у викладанні фізики в аграрних університетах: методичний аспект

*Джеджула Олена Михайлівна<sup>1</sup>, Слободяник Анатолій Дмитрович<sup>2</sup>*

Опубліковано	Секція	УДК
30.01.2026	Освіта/Педагогіка	378.147:53:004.92

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18849646>

Анотація. У статті розглянуто методичні аспекти застосування комп'ютерної та інженерної графіки у процесі викладання фізики в аграрних університетах. Обґрунтовано доцільність інтеграції елементів інженерної графіки (схем, креслеників, тривимірних моделей) у навчання фізики з метою формування просторового, технічного та інженерного мислення студентів. Визначено напрями використання двота тривимірної графіки під час вивчення механіки, термодинаміки, електрики та магнетизму з урахуванням специфіки аграрної техніки й виробничих процесів. Запропоновано методичні підходи до поєднання фізичних знань з графічною підготовкою студентів як складової фізико-інженерної компетентності та наведено результати педагогічного експерименту, що засвідчує ефективність запропонованих методичних підходів.

**Ключові слова:** комп'ютерна графіка, інженерна графіка, викладання фізики, фізико-інженерна компетентність, міждисциплінарна інтеграція.

### **Application of computer and engineering graphics in teaching physics at agrarian universities: a methodological aspect**

**Annotation.** The article examines the methodological aspects of applying computer and engineering graphics in the process of teaching physics at agricultural universities. The expediency of integrating elements of engineering graphics (schemes, technical drawings, and three-dimensional models) into physics education is substantiated in order to develop students' spatial, technical, and engineering thinking. The concept of physical and engineering competence is defined as an integrated set of knowledge, skills, abilities, and ways of thinking that ensure the application of the laws of physics to solving engineering problems. The components of physical and engineering competence are identified, including theoretical and physical competences, analytical and engineering competences, experimental and research competences, design and engineering competences, digital modeling competences,

<sup>1</sup> Доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри математики, фізики та комп'ютерних технологій Вінницького національного аграрного університету, м. Вінниця, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7004-1500>.

<sup>2</sup> Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри математики, фізики та комп'ютерних технологій Вінницького національного аграрного університету, м. Вінниця, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2157-8188>

interdisciplinary and applied competences, and reflective and evaluative competences. Methodological approaches to combining physical knowledge with students' graphic training as a component of physical and engineering competence are proposed, namely interdisciplinary integration, gradual complication of graphic representations, active student engagement, and the use of digital tools. The directions for using two- and three-dimensional graphics in the study of mechanics, thermodynamics, electricity, and magnetism are determined, taking into account the specificity of agricultural machinery and production processes. The results of a pedagogical experiment are presented, confirming the effectiveness of the proposed methodological approaches based on the integration of academic disciplines in order to ensure a logical and practice-oriented connection between physics, engineering graphics, agronomy, mechanics, and information technologies.

**Keywords:** computer graphics, engineering graphics, teaching physics, physical and engineering competence, interdisciplinary integration.

### Вступ

Сучасна аграрна освіта функціонує й розвивається в умовах цифровізації та зростання ролі інженерно-технічної складової підготовки майбутніх фахівців. Цифровізація аграрного сектору стимулює швидку трансформацію сільськогосподарської техніки, перетворюючи традиційне обладнання на високотехнологічні автоматизовані системи. Аграрна техніка сьогодні інтегрує сенсори, GPS-навігацію, робототехнічні рішення, системи управління даними та штучний інтелект, що дозволяє підвищити продуктивність, точність технологічних процесів і стійкість виробництва. Серед основних напрямів цифровізації сільськогосподарської техніки науковці й практики сьогодні виокремлюють: автоматизацію та роботизацію процесів (використання автономних тракторів, комбайнів та дронів для виконання операцій без постійної участі людини; роботизовані системи (забезпечують точне висівання, обприскування та збір урожаю з мінімальними втратами); інтелектуальні системи управління (впровадження систем моніторингу ґрунту, вологості та стану рослин у реальному часі; використання аналітичних платформ (для оптимізації режимів роботи техніки та прогнозування врожайності); інтеграцію IoT та GPS-технологій (сенсори та пристрої IoT дозволяють збирати і передавати дані про технічний стан машин і аграрних процесів; GPS-навігація (забезпечує точне позиціонування і контроль руху техніки на полі); цифрові моделі та 3D-симуляції (створення цифрових дво- та тривимірних моделей сільськогосподарських машин для навчання, планування технічного обслуговування та досліджень; використання в навчальному процесі для ілюстрації механічних та фізичних процесів у техніці); застосування штучного інтелекту та машинного навчання (оптимізація технологічних процесів на основі аналізу великих даних; системи прогнозування хвороб рослин, визначення зон для обробки добрив та води). Цифрові інструменти дозволяють ефективно реалізовувати інтегративний підхід при вивченні фізики та інженерної графіки на основі CAD-моделювання, що особливо важливо для аграрних і технічних спеціальностей. Студенти можуть аналізувати реальні технічні об'єкти через фізичні закони, використовуючи цифрові моделі.

Науковці приділяють значну увагу проблемам загальнонаукової підготовки студентів, яка включає вивчення фізико-математичних дисциплін, інженерної та комп'ютерної графіки. Так, Орищин Ю. та Петрунів М. вивчають нові тенденції в методиці навчання курсу загальної фізики [17]. Забезпечення наступності при викладанні дисциплін загальнонаукового циклу висвітлено у працях Петренко В. та Ткачука О. [18]. Методи навчання як засоби дидактичної адаптації студентів перших курсів розглядають Красюк Л., Мішкулинець О., Купрас В. [14]. Теоретико-методичні засади графічної підготовки студентів стали об'єктом дослідження у працях Доценко Ю., Думанська В., Калінін О., Макаренко Л., Нищака Д., Райковської Г., Сидорова Н. та інших

науковців [16, 19, 21]. Методичні аспекти навчання фізиці у вищих навчальних закладах освіти представлено у наукових працях Семерні О., Суховірського О., Рудницької Ж. [20].

Приклади курсів у США може бути MEE120 – Engineering Graphics and Computer Aided Design в університеті Мену (University of Maine, США). Це курс, що поєднує інженерну графіку із застосуванням CAD-середовища (3D Solid Modeling). Темі включають геометричні побудови, ортографічні проекції, розрізи, допуски й креслення машинних частин. Студенти навчаються як ручному графічному представленням, так і роботі з CAD-пакемом для створення комплексних моделей та креслень. Наголошується на необхідності розуміння фізичних процесів у технічних об'єктах, які графічно зображують студенти. Ще один приклад – EGR 115: Engineering Graphics NVCC (Northern Virginia Community College, США). Це перший курс із інженерної графіки, де студенти засвоюють основу графічної мови інженерії, включно з ручним кресленням і базовою роботою в CAD-середовищі. Мета — підготувати студентів до читання, розуміння та створення технічних креслень, важливих для подальшої інженерної роботи.

Можна навести приклади курсів у Європі, де інтегруються фізичні та графічні знання: Engineering Drawing and CAD Mälardalen University (Швеція / Європейський університет). Це курс технічного креслення разом із навчанням CAD. Студенти вивчають побудову 2D-видів, тривимірні моделі, принципи допусків, форматування креслень і створення робочих креслеників з цифрових моделей.

Університети Туреччини також орієнтуються на інтегровані підходи у навчанні. Так, курс Technical Drawing / Technical Drawing with AutoCAD (Izmir University of Economics Туреччина) є курсом з технічного креслення, орієнтований на освоєння AutoCAD, побудову проекцій, ортографічних і розрізних видів, вимірювання та друк креслень. Він орієнтований як на ручне креслення базових графічних представлень, так і на застосування CAD-програм для сучасного проектування з урахуванням майбутнього профіля випускника.

Курси, де студентам пропонують формування графічних умінь сьогодні поєднують із цифровими моделями (зокрема SolidWorks): створення 2D-видів, побудова 3D-моделей, створення складальних креслень і допусків тощо. Саме такий підхід розкриває потенціал графічних дисциплін для візуалізації та пояснення фізичних явищ та процесів.

У всіх перелічених курсах присутні подібні ключові компоненти, характерні для фізико-графічної підготовки у технічних університетах світу:

- графічна комунікація та креслення — ортографічні проекції, розрізні види, побудови геометричних форм; це фундамент для уявлення фізичних процесів у техніці;
- комп'ютерне моделювання (CAD) — створення та модифікація 3D-моделей, автоматичний розрахунок розмірів, складання вузлів;
- робота з реальними технічними кресленнями — читання та інтерпретація креслень машин або вузлів, що є показником готовності до практичної інженерної діяльності.

Такий підхід у програмах США та Європи робить фізико-графічну підготовку не ізольованою дисципліною, а основою професійної компетентності інженера — коли студент не лише вміє креслити або працювати в CAD, а й розуміє фізичні процеси, що відображуються у графічних моделях. Це відповідає сучасним освітнім стандартам технічної освіти, де акцент робиться на компетентнісній, практико-орієнтованій підготовці.

Наукові дослідження свідчать про зростання інтересу до використання комп'ютерної графіки, CAD-систем та цифрових моделей у навчанні природничо-математичних і технічних дисциплін. У працях з методики викладання фізики наголошується на важливості візуалізації та моделювання фізичних явищ. Водночас

дослідження з інженерної графіки зосереджуються на розвитку просторового мислення й графічної компетентності студентів. Проте питання цілісного поєднання фізики та інженерної графіки, особливо в аграрних університетах, залишаються недостатньо висвітленими. Мало дослідженою залишається проблема ефективності вивчення дисциплін загальнонаукового циклу, зокрема інженерної графіки та фізики, на основі інтегративного підходу та реалізації міжпредметних зв'язків.

Метою статті є обґрунтування методичних підходів до використання комп'ютерної та інженерної графіки у викладанні фізики в аграрних університетах як засобу формування фізико-інженерної компетентностей майбутніх фахівців аграрного профілю.

Завдання дослідження полягають у визначенні структури фізико-інженерної компетентності студентів аграрних університетів, обґрунтуванні методичних підходів для її формування, проведенні педагогічного експерименту щодо ефективності запропонованих методичних підходів.

### Результати

Вважаємо доцільним проаналізувати вплив цифровізації на професійну підготовку майбутніх аграріїв, адже цифровізація сільськогосподарської техніки впливає не лише на виробничий процес, а й на процес підготовки майбутніх спеціалістів. В контексті графічної підготовки студентів підвищуються вимоги до цифрових компетентностей та навичок роботи з комп'ютерною та інженерною графікою. Студенти повинні вміти аналізувати технічні системи, читати цифрові кресленники та моделі, розуміти принципи автоматизації і роботизації.

Цифровізація суттєво впливає й на процес вивчення фізики у вищих аграрних закладах освіти. Цифрові засоби (симулятори, 3D-моделі, анімації) дозволяють наочно демонструвати фізичні процеси, які важко або неможливо відтворити в лабораторії (наприклад, електромагнітні поля, молекулярні взаємодії, теплові процеси). Студенти отримують змогу спостерігати динаміку процесів у реальному часі, що підвищує розуміння абстрактних понять. Використання цифрових платформ і симуляторів забезпечує активну участь студентів у навчальному процесі. Можливість експериментувати у віртуальних лабораторіях сприяє формуванню критичного мислення і навичок аналізу. Цифрові ресурси дозволяють студентам працювати в будь-який час і з будь-якого місця, використовувати інтерактивні лекції, відео, анімації та онлайн-тести. Це особливо актуально для дистанційного або змішаного навчання. Отже вплив цифровізації при вивченні фізики можна розглядати за такими напрямками: візуалізація та моделювання складних явищ; інтерактивність навчання; підвищення доступності інформації.

Як приклади інтеграції інженерної та комп'ютерної графіки з фізикою в аграрному університеті можна навести такі: студенти вивчають механіку і одночасно створюють 3D-моделі тракторів або комбайнів, аналізуючи їхні рухи та силові взаємодії; в курсі фізики та термодинаміки розглядаються теплові процеси в сушарках для зерна, а у графічних завданнях студенти створюють схеми систем нагрівання і вентиляції. Це дозволяє поєднати знання з фізики, інженерної графіки та агротехніки у цілісний навчальний блок.

Викладання фізики з елементами комп'ютерної та інженерної графіки є важливим кроком у підготовці студентів до роботи з сучасними технологіями аграрного виробництва. Адже сучасна аграрна освіта орієнтується на формування комплексних професійних компетентностей, які потребують не лише фундаментальних знань, а й умінь застосовувати їх у міждисциплінарних контекстах. Інтеграція навчальних дисциплін забезпечує логічний та практично орієнтований зв'язок між фізикою, інженерною графікою, агрономією, механікою та інформаційними технологіями.

Фізика як фундаментальна дисципліна, забезпечує формування базових знань про закони природи, що лежать в основі роботи сільськогосподарських машин, обладнання та технологічних процесів. Водночас ефективність її вивчення значною мірою залежить від рівня сформованості просторових уявлень і вмінь студентів інтерпретувати технічну інформацію у графічній формі. У цьому контексті особливого значення набуває інженерна графіка, яка виступає універсальною мовою техніки. Її інтеграція з курсом фізики на основі комп'ютерних графічних засобів створює умови для глибшого розуміння фізичних процесів, пов'язаних з реальними об'єктами аграрного виробництва. Інженерна графіка у викладанні фізики виконує не лише ілюстративну, а й пізнавальну та інтегративну функції. Використання схем, креслеників і просторових моделей дозволяє пов'язати абстрактні фізичні поняття з конструктивними елементами машин і механізмів, що застосовуються в аграрному секторі. Зокрема, під час вивчення механіки інженерна графіка дає змогу відобразити силові взаємодії в деталях і вузлах сільськогосподарських машин; у розділах електрики – це принципові електричні схеми систем керування; у термодинаміці – це теплові процеси в енергетичних установках аграрного призначення.

Важливим вважаємо вплив фізико-графічної компетентності на розвиток інженерного мислення майбутнього фахівця аграрного профілю. Адже розвиток інженерного мислення студентів аграрних університетів є однією з ключових умов їхньої готовності до професійної діяльності в умовах сучасного технологізованого аграрного виробництва. Інженерне мислення передбачає здатність аналізувати технічні об'єкти й процеси, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, прогнозувати результати технічних рішень і обґрунтовувати їх з позицій наукової доцільності. Саме тому формування фізико-графічної компетентності виступає необхідною основою цього процесу. По-перше, інженерне мислення неможливе без глибокого розуміння фізичних законів і явищ, що лежать в основі роботи машин, механізмів і технологічних систем. Фізико-графічна компетентність забезпечує не механічне засвоєння формул, а усвідомлення фізичної сутності процесів, їх параметрів і обмежень, що є передумовою технічно грамотного мислення. По-друге, інженерна діяльність за своєю природою є візуально-образною та модельною. Інженер мислить схемами, креслениками, графіками, діаграмами, просторовими моделями. Формування фізико-графічної компетентності розвиває здатність перекладати фізичні явища в графічні моделі і навпаки, що сприяє розвитку просторового, системного та аналітичного мислення — ключових компонентів інженерного мислення. По-третє, фізико-графічна компетентність створює умови для критичного оцінювання інженерних рішень з позицій фізичної доцільності. Студент, який володіє цією компетентністю, здатний не лише відтворити готове конструктивне рішення, а й оцінити його ефективність, надійність, енергетичну доцільність і відповідність реальним умовам експлуатації в аграрному середовищі. Такий підхід формує інженерне мислення як рефлексивне й прогностичне, а не репродуктивне. По-четверте, інтеграція фізичних знань із засобами інженерної та комп'ютерної графіки сприяє формуванню міждисциплінарного мислення, що є необхідною характеристикою сучасного інженера. Уміння поєднувати фізику, графіку та професійні дисципліни забезпечує цілісне бачення технічних систем і технологічних процесів.

Таким чином, формування фізико-графічної компетентності є не додатковим, а базовим чинником розвитку інженерного мислення, оскільки забезпечує єдність наукового розуміння фізичних процесів, їх графічної візуалізації та практичного застосування в інженерній діяльності. Саме на цій основі можливе становлення майбутнього фахівця як інженера, здатного до обґрунтованого прийняття технічних рішень у сфері аграрного виробництва.

Отже, можна казати, що базою для формування професійної компетентності для студентів-першокурсників є фізико-графічна компетентність, яку ми визначаємо як інтегровану професійно орієнтовану здатність майбутніх фахівців аграрної галузі розуміти, аналізувати й моделювати фізичні явища та процеси, що лежать в основі роботи сільськогосподарських машин, механізмів і технологій, із використанням засобів інженерної, комп'ютерної та наукової графіки.

У фізико-графічній компетентності ми виокремлюємо такі компоненти: знання фундаментальних фізичних законів і закономірностей; вміння інтерпретувати фізичні процеси за допомогою схем, креслеників, графіків, діаграм і тривимірних моделей; навички застосування графічних засобів для пояснення, проектування та оптимізації агроінженерних і технологічних рішень; здатність інтегрувати фізичні знання з графічною підготовкою під час розв'язання навчальних і професійних завдань аграрного виробництва.

Інтеграція інженерної та комп'ютерної графіки з фізикою спрямована на забезпечення здатності майбутнього фахівця пояснювати, аналізувати та проектувати технічні системи на основі фундаментальних фізичних законів. Вважаємо, що ефективно використання інженерної графіки у викладанні фізики передбачає дотримання таких методичних підходів: міждисциплінарна інтеграція (фізичні явища розглядаються через інженерні об'єкти, представлені у вигляді креслеників і 3D-моделей); поступове ускладнення графічних образів (від спрощених схем до детальних просторових моделей технічних систем); активна діяльність студентів (залучення студентів до аналізу та створення графічних моделей фізичних процесів); використання цифрових інструментів (поєднання комп'ютерної графіки з елементами інженерного проектування).

Такі підходи сприяють формуванню в студентів цілісного уявлення про взаємозв'язок фізичних законів і технічних рішень. Практичне впровадження елементів комп'ютерної та інженерної графіки у викладання фізики здійснювалося в освітньому процесі аграрного університету під час вивчення нормативної дисципліни «Фізика» студентами інженерних та агротехнологічних спеціальностей. Сутність методики полягала у поєднанні фізичних знань з основами інженерної графіки в контексті майбутньої професійної діяльності студентів. У процесі навчання використовувалися такі форми роботи: аналіз фізичних явищ на основі інженерних схем і креслеників сільськогосподарських машин і механізмів; використання двовимірної комп'ютерної графіки для побудови силових схем, електричних і теплових діаграм; застосування тривимірних моделей для візуалізації руху, взаємодії елементів конструкцій та енергетичних процесів; виконання студентами навчально-практичних завдань, що передбачали інтерпретацію фізичних законів через графічні моделі. Такий підхід забезпечує формування цілісного уявлення про роботу технічних систем і сприяє розвитку інженерного мислення здобувачів освіти.

Теоретичною основою методики є інтегративний, компетентнісний, системний та міждисциплінарний підходи, які забезпечують поєднання фізичного змісту навчання з практичною інженерною діяльністю. Важливим методологічним положенням є ідея графічної візуалізації як засобу формування фізичного мислення та розвитку аналітичних умінь студентів.

Методика формування фізико-графічної компетентності включає взаємопов'язані компоненти: цільовий, змістовий, процесуально-діяльнісний, організаційно-методичний та оціночно-результативний. Цільовий компонент спрямований на формування здатності студентів аналізувати фізичні процеси в аграрних машинах і технологіях із використанням графічних моделей та схем. Змістовий компонент передбачає відбір і структурування навчального матеріалу з фізики з урахуванням його професійної значущості. Особлива увага приділяється темам механіки, молекулярної

фізики, термодинаміки, електрики, гідро- та аеродинаміки, які безпосередньо пов'язані з роботою сільськогосподарської техніки. Фізичний матеріал доповнюється інженерними схемами, креслениками та комп'ютерними моделями. Процесуально-діяльнісний компонент реалізується через застосування проблемно-орієнтованих завдань, аналіз реальних інженерних ситуацій, графічне моделювання фізичних процесів, виконання навчальних проєктів і кейсів. Студенти залучаються до побудови силових діаграм, графіків залежностей, структурних і функціональних схем аграрних машин. Організаційно-методичний компонент передбачає поєднання традиційних і цифрових засобів навчання, використання CAD-систем, віртуальних лабораторій і симуляторів, а також поетапне ускладнення навчальних завдань — від елементарної графічної інтерпретації фізичних явищ до комплексного аналізу інженерних рішень.

Показовим є приклад аналізу гідравлічної системи підйому навісного обладнання трактора, принципова схема якої містить гідронасос, розподільник, гідроциліндр, трубопроводи та запобіжний клапан. Використання кресленика гідросистеми дозволяє студентам не лише ідентифікувати її конструктивні елементи за умовними графічними позначеннями, а й встановити фізичні процеси, що відбуваються під час роботи механізму. На основі інженерної схеми здійснюється аналіз явища передачі тиску в рідині відповідно до закону Паскаля. Студенти визначають взаємозв'язок між тиском робочої рідини та силою, що діє на поршень гідроциліндра, і обґрунтовують можливість підйому навісного знаряддя значної маси за відносно невеликих енергетичних витрат. Застосування розрахункових співвідношень між площею поршня та прикладеною силою дозволяє поєднати теоретичні положення фізики з реальними параметрами, відображеними на кресленні. Окрім цього, аналіз схеми дає змогу дослідити процеси перетворення енергії в гідравлічній системі: механічна енергія двигуна трансформується у гідравлічну енергію потоку робочої рідини, а згодом – це у механічну роботу підйому навісного обладнання. Особливу увагу приділено явищам втрат енергії, зумовленим внутрішнім тертям рідини та опором у трубопроводах, що пояснює зменшення реальної сили підйому порівняно з теоретично розрахованою. Таким чином, використання інженерних схем і креслеників сільськогосподарських машин у процесі аналізу фізичних явищ забезпечує міжпредметну інтеграцію фізики та інженерної графіки, підвищує прикладну спрямованість навчання та сприяє формуванню професійно орієнтованої графічної й технічної компетентності майбутніх агроінженерів.

Особлива увага приділялася темам механіки, електрики та термодинаміки, які безпосередньо пов'язані з роботою аграрної техніки. У нашому випадку інженерна графіка використовувалася не як допоміжний ілюстративний засіб, а як інструмент аналізу та пояснення фізичних явищ та законів.

Наведемо приклад інтегрованого заняття в узагальненій формі, спрямованого на розвиток фізико-графічної компетентності студентів аграрного університету.

Тема заняття: аналіз кінематичних і енергетичних процесів у роботі тракторного навісного агрегату з використанням графічного моделювання.

Мета заняття: розвивати здатність студентів аналізувати фізичні процеси (рух, сили, моменти, енергетичні витрати) у сільськогосподарських машинах; формувати вміння представлення фізичних процесів у вигляді схем, діаграм і 3D-моделей; розвивати критичне мислення при оцінюванні інженерних рішень з позицій фізичної доцільності.

План проведення:

Підготовчий етап (10 хв)

Коротке повторення фізичних законів (механіка, закони руху, робота сил, ККД).

Ознайомлення з графічними засобами: кресленик, кінематична схема, графік залежності сили від переміщення.

Аналіз інженерної схеми (15 хв)

Студенти отримують кресленик навісного агрегату (наприклад, плуга чи культиватора).

Разом з викладачем визначають основні фізичні величини: сили тяги, моменти на валах, швидкості руху.

Обговорюють взаємозв'язки між параметрами машини і фізичними законами.

Графічне моделювання (20 хв)

Побудова силових діаграм і графіків залежності сили тяги від глибини обробки ґрунту.

Створення спрощеної 3D-моделі агрегату з відображенням кінематичних вузлів у САД-системі або в спеціальних освітніх симуляторах.

Критичне оцінювання (10 хв)

Обговорення: які вузли конструкції можна вдосконалити, щоб зменшити енергетичні втрати або підвищити ККД.

Студенти аргументують свої пропозиції на основі фізичних закономірностей і графічних моделей.

Підсумки (5 хв)

Викладач підводить висновки щодо застосування фізичних знань через графічне моделювання.

Обговорюється значення інтегрованого підходу для розвитку інженерного мислення та професійних навичок.

Використані методи: лекційно-практичні пояснення; робота з креслениками та схемами; комп'ютерне графічне моделювання; проблемно-пошукове навчання та дискусія; критичний аналіз інженерного рішення.

Очікувані результати: студенти вміють візуалізувати фізичні процеси у графічних моделях; мають навички аналізу кінематичних і енергетичних параметрів агротехнічних машин; розвивають критичне та інженерне мислення, здатність пропонувати вдосконалення конструкцій.

Ми акцентуємо увагу на тому, що фізико-графічна компетентність, що передбачає здатність майбутніх випускників аграрних університетів аналізувати фізичні процеси та адекватно відображати їх за допомогою графічних, схемних і модельних засобів. У цьому контексті особливої актуальності набуває добір ефективних методів навчання у процесі викладання фізики в аграрних університетах.

Проблемно-орієнтоване навчання забезпечує активізацію пізнавальної діяльності студентів через розв'язання реальних інженерно-фізичних задач аграрного спрямування. Доцільним є використання проблемних ситуацій, пов'язаних із аналізом роботи сільськогосподарських машин і механізмів, дослідженням силових, теплових та енергетичних процесів, що супроводжуються побудовою відповідних схем і графіків.

Проектна діяльність сприяє інтеграції знань із фізики, інженерної та комп'ютерної графіки. Виконання міждисциплінарних навчальних проектів дозволяє студентам моделювати фізичні процеси, розробляти технічні схеми та створювати графічні моделі елементів аграрної техніки. Особливу цінність мають колективні проекти, що формують навички командної роботи та інженерного мислення.

Моделювання є ключовим методом формування фізико-графічної компетентності. Застосування комп'ютерного та графічного моделювання дозволяє візуалізувати абстрактні фізичні явища, полегшує їх розуміння та аналіз. Використання тривимірних моделей, епюр, діаграм і віртуальних лабораторій забезпечує поєднання експериментальної та графічної складових навчання.

Практична спрямованість навчання реалізується через лабораторні та практичні роботи, що передбачають графічне оформлення результатів експериментів. Аналіз технічної документації, креслеників і схем сільськогосподарської техніки з фізичним

обґрунтуванням процесів сприяє формуванню прикладних умінь, необхідних у майбутній професійній діяльності.

Інтерактивні методи навчання, зокрема робота в малих групах, дискусії та захисти проєктів, сприяють розвитку комунікативних умінь і критичного мислення. У процесі обговорення студенти обґрунтовують вибір графічних засобів для представлення фізичних процесів, що поглиблює розуміння навчального матеріалу.

Інтегративний підхід передбачає проведення міждисциплінарних занять і реалізацію контекстного навчання, коли фізичні знання подаються через професійно орієнтовані аграрні задачі. Такий підхід забезпечує цілісність підготовки та поступове формування фізико-графічних умінь. Отже, формування фізико-графічної компетентності студентів аграрних університетів є можливим за умови комплексного використання проблемно-орієнтованих, проєктних, моделювальних, практико-орієнтованих, інтерактивних та інтегративних методів навчання. Їх поєднання сприяє розвитку інженерного мислення, умінь аналізувати фізичні процеси та відображати їх засобами інженерної і комп'ютерної графіки, що є необхідним для підготовки конкурентоспроможних фахівців аграрної галузі.

Особливу увагу ми приділяли оцінюванню результатів формування компетентності. Для цього було розроблено оціночно-результативний компонент методики, який ґрунтується на визначенні критеріїв і показників сформованості фізико-графічної компетентності. До основних критеріїв віднесено: когнітивний, що відображає рівень засвоєння фізичних знань; операційно-графічний, який характеризує вміння створювати та інтерпретувати графічні моделі; аналітико-критичний, пов'язаний зі здатністю оцінювати інженерні рішення з позицій фізичної доцільності; професійно-прикладний, що виявляється у застосуванні набутих умінь у аграрному контексті.

Особливу увагу при розробці методики формування фізико-графічної компетентності ми приділяємо діловим іграм, оскільки ділові ігри виступають ефективним засобом наближення навчального процесу до реальної професійної діяльності. Ділова гра є формою імітаційного навчання, що моделює професійні ситуації та передбачає активну участь студентів у прийнятті рішень. У контексті формування фізико-графічної компетентності ділові ігри дозволяють поєднати фізичний аналіз процесів із їх графічним відображенням, що відповідає вимогам міждисциплінарної інтеграції та компетентнісного підходу. Сюжети ділових ігор доцільно будувати на основі реальних або наближених до реальних виробничих ситуацій аграрної галузі. Наприклад, аналіз роботи сільськогосподарської машини, оптимізація режимів її експлуатації або оцінка енергоефективності технологічного процесу. У ході гри студенти виконують різні професійні ролі, що сприяє комплексному осмисленню фізичних явищ і способів їх графічного подання. Ділові ігри забезпечують органічне поєднання фізичних знань із графічними вміннями. Учасники гри не лише аналізують фізичні параметри процесу (сили, швидкості, температури, тиски), а й відображають їх у вигляді схем, графіків, епюр або тривимірних моделей. Такий підхід сприяє формуванню цілісного уявлення про технічні системи. Ділові ігри відіграють важливу роль у розвитку інженерного мислення студентів, оскільки забезпечують поєднання теоретичної підготовки з практичною діяльністю, активізують пізнавальну активність та сприяють формуванню професійно значущих якостей майбутніх інженерів. Їх використання в освітньому процесі закладів вищої освіти підвищує якість інженерної підготовки та готовність випускників до розв'язання складних технічних завдань.

Застосування ділових ігор у навчальному процесі доцільно здійснювати за такими етапами:

Підготовчий етап, що передбачає формулювання навчальної мети, ознайомлення студентів із умовами гри та розподіл ролей.

Ігровий етап, під час якого студенти аналізують поставлену проблему, приймають рішення та виконують фізико-графічні завдання.

Аналітико-рефлексивний етап, що включає обговорення результатів, оцінювання правильності фізичних обґрунтувань і якості графічного подання інформації.

Участь у ділових іграх сприяє розвитку не лише фізико-графічної компетентності, а й комунікативних умінь, навичок командної роботи, критичного мислення та відповідальності за прийняті рішення. Це особливо важливо для підготовки майбутніх фахівців аграрної галузі.

Використання ділових ігор у процесі викладання фізики та інженерної графіки є ефективним засобом формування фізико-графічної компетентності студентів. Ділові ігри забезпечують інтеграцію теоретичних знань і практичних умінь, сприяють професійній спрямованості навчання та активізації пізнавальної діяльності студентів. Їх упровадження в освітній процес аграрних університетів підвищує якість підготовки майбутніх фахівців та їх готовність до професійної діяльності.

З метою перевірки ефективності запропонованої методики було проведено педагогічний експеримент, який включав констатувальний, формувальний та контрольний етапи. У дослідженні брали участь студенти першого курсу аграрного університету, які вивчали дисципліни «Фізика» та «Інженерна та комп'ютерна графіка». Було сформовано контрольну групу (23 студенти) та експериментальну групу (25 студентів), приблизно однакові за рівнем попередньої підготовки. У контрольній групі навчання здійснювалося за традиційною методикою з використанням стандартних наочних засобів. В експериментальній групі систематично застосовувалися елементи комп'ютерної та інженерної графіки, інтегровані з фізичним змістом навчального матеріалу. Для оцінювання результатів експерименту використовувалися такі критерії: рівень засвоєння фізичних знань; сформованість просторового та інженерного мислення; здатність студентів застосовувати фізичні закони до аналізу технічних об'єктів; навчальна мотивація та пізнавальна активність.

На констатувальному етапі експерименту суттєвих відмінностей між контрольною та експериментальною групами не виявлено. Більшість студентів обох груп демонстрували середній і низький рівні сформованості відповідних компетентностей. Після завершення формувального етапу було зафіксовано помітні кількісні зміни, особливо в експериментальній групі (табл.1).

Таблиця 1

**Рівні сформованості фізико-інженерних компетентностей студентів  
(% від загальної кількості)**

<b>Рівень сформованості</b>	<b>Контрольна група (КГ)</b>	<b>Експериментальна група (ЕГ)</b>
Низький	32 %	14 %
Середній	46 %	41 %
Високий	22 %	45 %

Аналіз даних таблиці 1 свідчить, що в експериментальній групі частка студентів з високим рівнем сформованості фізико-інженерних компетентностей зросла майже вдвічі порівняно з контрольною групою. Водночас кількість студентів з низьким рівнем у ЕГ зменшилася більш ніж у два рази.

Для кількісної оцінки ефективності впровадження комп'ютерної та інженерної графіки у викладання фізики було використано рівневий підхід до визначення навчальних досягнень і сформованості інженерного мислення студентів. Виділено три рівні: низький, середній та високий. Оцінювання здійснювалося за результатами: підсумкового тестування з фізики; аналізу виконання графічно орієнтованих навчальних завдань; контрольних робіт із застосуванням схем, креслеників і моделей;

анкетування щодо навчальної мотивації. Кількісні результати підсумкового тестування показали, що середній бал студентів експериментальної групи був вищим, ніж у контрольній. Зокрема, якісний показник успішності (частка студентів, які продемонстрували достатній і високий рівні знань) у експериментальній групі становив 86 %, тоді як у контрольній – 68 %. Крім того, студенти експериментальної групи показали: кращу здатність пояснювати фізичні явища з використанням схем і креслеників (78 % проти 52 % у КГ); вищий рівень уміння аналізувати роботу технічних об'єктів на основі фізичних законів (74 % проти 49 % у КГ); більш сформовані навички просторового мислення під час роботи з тривимірними моделями (81 % проти 57 % у КГ).

Результати анкетування засвідчили позитивну динаміку мотиваційної сфери студентів експериментальної групи. Кількість студентів, які вважають фізику важливою для майбутньої професійної діяльності, зростає з 48 % до 79 %. У контрольній групі аналогічний показник зріс незначно – це з 50 % до 58 %.

Результати контрольного етапу експерименту засвідчили позитивний вплив використання інженерної графіки на навчальні досягнення студентів експериментальної групи. Було зафіксовано: підвищення рівня розуміння фізичних процесів, пов'язаних з роботою аграрної техніки; зростання здатності інтерпретувати фізичні явища за допомогою схем, креслеників і моделей; покращення навичок аналізу та узагальнення технічної інформації; зростання інтересу студентів до вивчення фізики як фундаменту професійної підготовки.

Одночасно ми намагались оцінити вплив методики на критичне оцінювання інженерних рішень з позицій фізичної доцільності, яке полягає у свідомому й аргументованому аналізі того, наскільки запропоноване технічне рішення відповідає фундаментальним законам фізики, реальним фізичним умовам експлуатації та очікуваним енергетичним, механічним і технологічним показникам. Зміст такого оцінювання включав перевірку фізичної коректності рішення, аналіз причинно-наслідкових зв'язків, оцінювання енергетичної та ресурсної ефективності, прогнозування експлуатаційної надійності та безпеки, порівняння альтернативних інженерних рішень. Навчальні завдання, які пропонувались студентам вимагали визначення відповідності конструкції законам механіки, термодинаміки, електродинаміки тощо; відсутності фізичних суперечностей (неможливих режимів роботи, некоректних припущень; розуміння, які фізичні процеси зумовлюють роботу вузлів і механізмів; оцінювання впливу параметрів (навантаження, швидкість, температура, тиск, вологість) на ефективність і надійність; розуміння доцільності енергоспоживання з огляду на втрати, ККД, теплообмін; вмінь щодо раціонального використання матеріалів і робочих середовищ; аналізу напружено-деформованого стану, зносу, вібрацій, перегріву; оцінювання ризиків відмов у реальних умовах аграрного виробництва; вмінь щодо вибору оптимального варіанта на основі фізичних критеріїв, а не лише конструктивної або економічної простоти.

Отже, у контексті підготовки студентів аграрних університетів критичне оцінювання інженерних рішень означає здатність не просто відтворювати схеми й кресленики, а осмислено інтерпретувати закладені в них фізичні процеси та обґрунтовувати доцільність технічних рішень для конкретних умов аграрного середовища.

Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції комп'ютерної та інженерної графіки у викладання фізики та свідчать про ефективність запропонованої методики в умовах аграрного університету.

### Висновки

Застосування комп'ютерної та інженерної графіки у викладанні фізики в аграрних університетах є ефективним методичним засобом підвищення якості навчання. Інтеграція фізики з інженерною графікою забезпечує глибше розуміння фізичних закономірностей, сприяє формуванню просторового та інженерного мислення, а також розвитку професійних компетентностей студентів. Сформульовано визначення фізико-інженерні компетентності як *інтегративного результату фізичної та інженерної підготовки, що забезпечує здатність майбутнього фахівця пояснювати, аналізувати та проектувати технічні системи на основі фундаментальних фізичних законів*. Виокремлено її компоненти: теоретико-фізичні компетентності, аналітико-інженерні компетентності, експериментально-дослідницька компетентність, проектно-конструкторська компетентність, цифрово-моделювальна компетентність, міждисциплінарна та прикладна компетентність, рефлексивно-оцінювальна компетентність.

Запропонована методика формування фізико-графічної компетентності студентів аграрних університетів забезпечує цілісність фізичної та інженерно-графічної підготовки, сприяє розвитку професійного мислення й підвищенню готовності майбутніх фахівців до розв'язання практичних завдань аграрного виробництва. Реалізація методики створює умови для усвідомленого засвоєння фізичних знань і їх ефективного застосування у професійній діяльності.

Педагогічний експеримент довів, що систематичне використання інженерної графіки у процесі вивчення фізики сприяє не лише підвищенню рівня навчальних досягнень студентів, а й формуванню інженерного стилю мислення, необхідного для майбутньої професійної діяльності в аграрній галузі. Отримані кількісні дані підтверджують ефективність запропонованої методики інтеграції комп'ютерної та інженерної графіки у викладання фізики. Використання графічних моделей, схем і креслеників сприяло не лише підвищенню рівня засвоєння навчального матеріалу, а й формуванню інженерного стилю мислення студентів аграрних університетів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку комплексних інтегрованих курсів фізики та інженерної графіки з використанням цифрових освітніх технологій.

### Список використаних джерел

1. Алексеева С., Арістова Н., Малихін О., Попов Р. Дидактичні форми організації освітнього процесу сучасного закладу освіти. Актуальні питання у сучасній науці. Серія «Педагогіка». 2022. № 1(1). С. 339-348.
2. Балабан С.М. Інженерна графіка та САД системи: навч. посіб. Тернопіль: Вид-во ТНТУ ім. Івана Пулюя. 2023. 203 с.
3. Гнітецька Т. В., Гнітецька Г. О., Мотильов Д. С. Застосування параметризації характерних перетинів об'єктів для опосередкованої параметризації їх 3D-моделей у САПР AutoCAD. Прикладна геометрія та інженерна графіка. 2021. № 100. С. 90–100.
4. Головка М. В. The scientific schools in the methodology of teaching physics in Ukraine as an object of historical and pedagogical research. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. 2014.
5. Гурмаза В. Сучасні інформаційні технології підготовки майбутніх фахівців. URL: <http://intkonf.org/gurmaza-vv-suchasni-informatsiyni-tehnologiyipidgotovkimaubutnihfahivtsiv/> (дата звернення 23. 12. 2025).
6. Джеджула О. М. Організація наукової діяльності студентів у процесі графічної підготовки. Суспільство та національні інтереси. 2024. № 5(5). С. 178–191. DOI: 10.52058/3041-1572-2024-5(5)-178-191.

7. Джеджула О. М. Формування графічної компетентності майбутніх фахівців аграрного профілю у кризових умовах. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Педагогіка і психологія. 2024. Вип. 78. С. 7–11. DOI: 10.31652/2415-7872-2024-78-7-11.
8. Драч, І., Петроє, О., Бородієнко, О., Регейло, І., Базелюк, О., Базелюк, Н., & Слободянюк, О. (2023). Використання штучного інтелекту у вищій освіті. Міжнародний науковий журнал «Університети і лідерство», 15, 66-82. <https://doi.org/10.31874/2520-6702-2023-15-66-82>
9. Жалдак М. І. Інформаційні технології в освіті. Київ, 2019.
10. Ключко О. В., Федорець В. М. Використання засобів штучного інтелекту в дослідженні систем розвитку екологічної свідомості студентів закладів вищої освіти. Науковий вісник «VinSmartEco». Вінниця : КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», 2021. С. 36–37.
11. Коваль О. Підготовка майбутніх учителів інформатики до організації освітнього процесу. Український педагогічний журнал. 2025. № 1.
12. Ковальчук В. І. Інженерна графіка в підготовці майбутніх фахівців. Львів, 2018.
13. Козяр М. М. Комп'ютерні дизайн-технології : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 268 с.
14. Красюк Л. В., Мішкулинець О. О., Купрас В. В. Психолого-педагогічні механізми адаптації майбутніх учителів. Академічні візії. 2025. № 42.
15. Морзе Н. В. Цифрові освітні технології у вищій школі. Київ, 2020.
16. Нищак І. Д. Використання електронного навчально-методичного комплексу з креслення в процесі графічної підготовки майбутніх учителів трудового навчання. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. Т. 78, № 4. С. 75–89.
17. Оришин Ю. М., Петрунів М. І. Нові тенденції в методиці навчання курсу загальної фізики. Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічна. 2009. Вип. 65. С. 236–240.
18. Петренко В. В., Ткачук О. В. Наступність лекцій з природничих дисциплін у загальноосвітніх і вищих навчальних закладах як засіб дидактичної адаптації студентів-першокурсників університетів. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. Серія: Педагогічна. 2007. Вип. 13. С. 149–151.
19. Райковська Г. О. Теоретико-методичні засади графічної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інформаційних технологій : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Г. О. Райковська ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ, 2011. 40 с.
20. Семерня О. М., Суховірський О. В., Рудницька Ж. О. Інноваційні технології у викладанні фізики: засіб формування компетентностей студентів. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2024. № 212. С. 56–60.
21. Сидорова Н., Доценко Ю., Думанська В., Калінін О., Макаренко Л. Застосування формату дистанційного навчання для вивчення графічних дисциплін. Інноваційна педагогіка. 2022. Вип. 44, т. 2. С. 106–110.
22. Bearman M., Ryan J., Ajjawi R. Discourses of Artificial Intelligence in higher education: A critical literature review. Higher Education. 2022. DOI: 10.1007/s10734-022-00937-2.