

## ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Олександр ПОЛЩУК<sup>1</sup>, orcid.org/0000-0002-6207-8327, e-mail: A\_V\_Polishchuk@ukr.net

Андрій СЛАБКІЙ<sup>1</sup>, orcid.org/0000-0001-9284-2296, slabkiyandrey@gmail.com

Дмитро БАКАЛЕЦЬ<sup>1</sup>, orcid.org/0000-0003-1528-2066, bacaletsdima@gmail.com

### 1. Вінницький національний технічний університет

В статті розглянуті загальні принципи та елементи освітніх програм підготовки студентів технічних спеціальностей та окреслено коло навичок якими мають володіти сучасні спеціалісти технічного профілю. Встановлено, що, на сьогоднішній день, дуже важливим є навчання студентів роботі із CAD/CAM системами та основам моделювання та прототипування, які є невід'ємною складовою роботи більшості сучасних виробництв.

Метою статті є обґрунтування ефективності застосування адитивних технологій в освітньому процесі підготовки студентів технічних та інших спеціальностей.

Одним із освітніх інструментів, які забезпечують формування відповідних навичок є адитивні технології, які набувають дедалі більш широкого застосування як у освітній, так і у виробничій діяльності, тому в роботі також перелічено окремі переваги застосування адитивних технологій в освітньому процесі. Розкрито сутність поняття «адитивні технології» та наведено перелік найбільш типових із них. Також приділено увагу обладнанню, яке використовується для здійснення 3D-друку та програмному забезпеченню, що використовується для роботи з адитивними технологіями на усіх етапах починаючи від створення та вдосконалення і закінчуючи виготовленням моделі або кінцевого виробу. Особливу увагу приділено такому програмному забезпеченню, як SolidWorks, а саме наведено перелік функцій та інструментів доступних у даному програмному забезпеченні та запропоновано перелік навичок, що можуть бути набуті студентами при роботі із даним програмним забезпеченням і використані в подальшій трудовій діяльності.

**Ключові слова:** освіта, адитивні технології, програмне забезпечення, 3D-друк, студенти, навички, моделювання, проектування.

**Постановка проблеми.** Підготовка висококваліфікованих фахівців технічних та інших спеціальностей, які відповідатимуть вимогам працедавців і будуть конкурентними не тільки на державному, але й на міжнародному ринку праці, є одним із ключових завдань вищої освіти України. На це наголошується у Законі України «Про освіту», Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032, Концепції підготовки фахівців за дуальною формою здобуття освіти та інших нормативно-правових актах.

В освітній спільноті України давно ведеться дискусія щодо потреби в суттєвих змінах організації освітнього процесу, пошуку розв'язання наявних проблем, використання існуючих і розробки новітніх підходів та інструментів, які дозволять зробити освітній процес цікавим і привабливим і, за рахунок цього, більш ефективним. Наразі перед Україною стоїть складна задача щодо підготовки фахівців майбутнього, які мають бути не тільки свідомими громадянами України, а й бути готовими до відновлення та розбудови нашої держави в подальшому, тобто спеціалістами, що на достатньому рівні володітимуть сучасними знаннями в своїй галузі та матимуть потрібні навички для їх застосування в своїй майбутній професійній діяльності (Самченко, 2023).

Відтак, однією з чинних проблем є пошук інструментів, які забезпечують підготовку висококваліфікованих фахівців технічних та інших напрямків, що будуть конкурентними на державному та міжнародному ринках праці.

**Аналіз наукових досліджень та публікацій.** До числа ефективних інструментів підготовки фахівців майбутнього відносять комп'ютерне моделювання та системи автоматизованого програмування, фізичне моделювання та прототипування та інші цифрові і, зокрема, адитивні технології, зокрема, про це йдеться в таких роботах:

- Г. Райковська (2019) зазначає, що стратегічним завданням є формування майбутніх конкурентоспроможних фахівців на ринку праці через інжинірингову підготовку, навчання параметричного віртуального моделювання виробів будь-якої складності та реалістичної візуалізації

(с. 115);

- Г. Васильків і А. Дячун (2020) вказують на те, що під час підготовки спеціалістів технічного профілю велику увагу бажано приділити вивченню спеціалізованих програмних продуктів та окремих модулів CAD/CAM/CAE-систем (с. 109);

- Б. Сюркало та Я. Садикова (2017) пишуть, що результатом застосування адитивних технологій має стати отримання навичок та вмінь, а також стійкої мотивації до вирішення практичних задач в професійній діяльності, і закріплення отриманого ефекту на довгостроковий період (с. 59);

- О. Мартинюк (2019) стверджує, що перспективним складником STEM-освіти (Science – наука, Technology – технологія, Engineering – інженерія, Mathematics – математика) є 3D-технології (адитивні технології) (с. 61).

**Метою статті** є обґрунтування ефективності застосування адитивних технологій в освітньому процесі підготовки студентів технічних та інших спеціальностей.

**Виклад основного матеріалу.** Підготовка студентів технічних спеціальностей починається, передусім, з вибору напряму технічної освіти. Наразі вища освіта забезпечує навчання за цілим рядом технічних спеціальностей, таких як, зокрема, інженерія, енергетика, інформаційні технології, будівництво, електроніка, автомобільна техніка тощо.

Навчання розпочинається відповідно до обраної освітньої програми, при цьому самі освітні програми підготовки студентів технічних спеціальностей можуть значно відрізнятися, залежно від університету або іншого закладу вищої освіти, який їх пропонує, а також від конкретної технічної спеціальності. Проте існують загальні принципи та елементи, які, зазвичай, включаються в такі освітні програми. Типовими компонентами освітніх програм для студентів технічних спеціальностей є (Захарченко, Рашкевич, Луговий, & Таланова, 2014):

- фундаментальні предмети з обраної технічної галузі, такі як математика, фізика, хімія та теорія інженерії. Ці та інші фундаментальні курси надають студентам потрібні теоретичні знання;

- спеціалізовані предмети, що визначаються конкретною технічною спеціальністю. Зокрема, студенти інформаційних технологій можуть вивчати програмування, бази даних, мережі тощо, а студенти механічної інженерії – механіку, конструювання, матеріалознавство тощо;

- практичні заняття, на яких студенти застосовують свої знання на практиці, виконуючи експерименти, працюючи з обладнанням та розв'язуючи практичні задачі;

- проєктна робота, яка передбачає розробку реальних проєктів, які можуть містити в собі створення нових технологічних продуктів, дослідження або конструкції;

- практика та стажування в організаціях, компаніях і на підприємствах, що дозволяє не тільки отримати практичний досвід роботи в галузі, а й остаточно переконатись у правильності власного вибору стосовно обраної спеціальності. При цьому практика може бути організована як під час літніх канікул, так і як частина освітнього процесу;

- в деякі програми можуть бути включені додаткові предмети, що допомагають розширити знання студентів або підготувати їх до специфічних завдань в області їхньої діяльності;

- освітні програми також повинні забезпечувати можливості для розвитку навичок управління проєктами, комунікації, лідерства та інших ментальних навичок, що є важливими для успішної кар'єри в технічній галузі;

- завершальним етапом освітнього процесу, під час якого студенти демонструють свої знання та навички в обраній технічній галузі, є, звісно, розробка, представлення та захист дипломної роботи.

Спільною в підготовці фахівців усіх технічних спеціальностей є потреба в формуванні в майбутніх спеціалістів ряду навичок, до числа яких можна віднести практичні навички, навички проєктування, вміння користуватись сучасними цифровими технологіями, вміння працювати в команді, здатність продовжувати навчатись і під час трудової діяльності, гнучкість і креативність тощо (Дембіцька, 2019; Дембіцька, & Кобилянська, 2023; Дембіцька, Кобилянський, & Пугач, 2020; Дембіцька, Кобилянський, Максименко, & Пінаєва, 2022; Кобилянський, & Дембіцька, 2018; Kobylianskyi, & Dembitska, 2022; Kobylianskyi, & Dembitska, 2023; Kuzmenko, Dembitska, & Radul, 2020; Puhach, Dembitska, & Kobylianskyi, 2022; Бахрушин, 2016).

Серед освітніх інструментів та ресурсів, які використовуються в сучасній освіті та без яких неможлива підготовка фахівців технічних спеціальностей, варто виділити (Райковська, 2019; Васильків & Дячун, 2020):

- комп'ютерне моделювання та системи автоматизованого програмування, які передбачають використання спеціалізованих програм. Це, зокрема, CAD/CAM (комп'ютерне автоматизоване проєктування та виробництво) системи для створення 3D-моделей і аналізу дизайну;

- моделювання та прототипування, які присутні в навчальних програмах, пов'язаних з

машинобудуванням та інженерією. Використання таких інструментів дозволяє студентам працювати з фізичними моделями, прототипами та обладнанням для отримання практичних навичок як їхнього використання, так і проєктування.

Використання цих освітніх інструментів забезпечується застосуванням в освітньому процесі, зокрема, адитивних технологій, які відкривають нові можливості не тільки для навчального процесу, а і широко застосовуються для виробничої, дизайнерської та інноваційної діяльності. Успішне використання адитивних технологій в освітньому процесі передбачає, зокрема, підготовку викладачів та інструкторів, рівень знань яких відповідатиме актуальному розвитку цієї галузі. Також для знайомства із технологією та отримання базових навичок роботи із нею варто включати в освітні програми окремі курси та, для подальшого розвитку отриманих і набуття нових навичок, вносити в програми інших дисциплін теми присвячені використанню адитивних технологій у відповідних дисциплінах і напрямках підготовки.

Залучення адитивних технологій, а саме 3D-друку, в освітній процес надає численні переваги, які створюють умови для активної та ефективної навчальної діяльності студентів, оскільки, насамперед, 3D-друк дозволяє створювати реальні фізичні моделі об'єктів і поєднувати згідно умов проєкту або завдання, що, в свою чергу забезпечує наочність і допомагає студентам краще їх розуміти. Також 3D-друк створює для студентів можливість активно експериментувати та взаємодіяти зі створеними моделями, як об'єктами навчання. Використання 3D-друку сприяє розвитку творчого мислення студентів, оскільки з'являється можливість створювати індивідуальні дизайнерські рішення, вдосконалювати існуючі рішення та, відповідно, втілювати свої ідеї в життя. Застосування студентами 3D-принтерів дозволяє набувати окремі навички конструкторської, дизайнерської та інженерної роботи. Крім того, розвиваються навички моделювання, налаштування друку на 3D-принтерах і роботи з різними матеріалами. Оскільки 3D-друк може бути застосованим під час вивчення багатьох дисциплін, то це сприяє мультидисциплінарному навчанню, відтак, студенти можуть використовувати 3D-друк для вивчення багатьох предметів відслідковуючи при цьому взаємозв'язки між дисциплінами та усвідомлюючи їх взаємозалежність. 3D-друк дозволяє студентам проводити різні дослідження, створювати нові продукти та реалізовувати як загальні, так і для власні проєкти та інновації. Оскільки робота з 3D-друком вимагає розв'язання задач, пов'язаних з дизайном і технічними аспектами, то відбувається формування та розвиток навичок проблемного та креативного мислення. І, звісно, враховуючи той факт, що 3D-друк сьогодні набуває популярності в промисловості та інших сферах людської діяльності, студенти, які мають навички роботи з цією технологією, отримують додаткові переваги та можуть краще конкурувати на ринку праці (Струтинська, 2017; Савельєва, Курінная, & Кальчева, 2019).

Наразі адитивні технології також відомі як адитивне виробництво, 3D-друкування або просто 3D-друк – це процес створення об'єктів шляхом додавання матеріалу шар за шаром, відповідно до цифрового 3D-моделювання. В цьому процесі під час нарощення шарів матеріалу відбувається його згортання або полімеризація, і кінцевий продукт виглядає так, як це було задумано у віртуальній 3D-моделі (Андрощук, 2017).

Наразі існує безліч різних технологій 3D-друку, кожна з яких має свої особливості та застосування. До числа основних типів технологій 3D-друку можна віднести (Муравйов, Нижник, Петрик, Протасов, & Серий, 2021; Види 3D-друку):

- Fused Deposition Modeling (FDM). Ця технологія використовує термопластичний філат, який плавиться та відкладається шар за шаром для створення об'єкта. FDM є однією з найпоширеніших і доступних технологій 3D-друку;

- Stereolithography (SLA). У цій технології для пошарової полімеризації рідини-фотополімеру використовується лазер. SLA дозволяє отримувати високо деталізовані та точні деталі;

- Selective Laser Sintering (SLS). SLS використовує лазер для пошарового сплавлення порошку обраного матеріалу (зазвичай нейлону або металу).

- PolyJet. У технології PolyJet використовують друкарську головку, що розпилює рідинний полімер і наносить його шар за шаром. Така технологія дозволяє створювати об'єкти з різних матеріалів і кольорів.

- Digital Light Processing (DLP). Ця технологія схожа на SLA, але використовує високопродуктивне світлодіодне джерело світла для полімеризації фотополімеру.

- Binder Jetting. В цій технології для пошарового з'єднання порошкового матеріалу використовується рідинний зв'язуючий матеріал. Binder Jetting дозволяє швидко виготовляти великі об'єкти.

- Electron Beam Melting (EBM). Ця технологія використовує пучок електронів для плавлення

металевого порошку в шарах. Вона часто використовується для виробництва металевих деталей.

- Direct Metal Laser Sintering (DMLS). Аналогічно до SLS, DMLS використовує лазер для сплавлення металевого порошку, що дозволяє створювати металеві деталі з високою точністю.

- Bioprinting. Технологія біопрінтингу використовується для створення біологічних структур, таких як тканини або органи, використовуючи біологічні матеріали та живі клітини.

Реалізації адитивних технологій передбачає використання 3D-принтерів, які різняться за розмірами, типами використовуваних в якості сировини матеріалів і методами друку. Вибір 3D-принтера, зокрема, для навчального процесу залежить від кількох факторів, таких як рівень освіти, бюджет, цілі та потреби навчального закладу. Також важливим є обговорення та узгодження вибору обладнання з педагогічними та адміністративними співробітниками для забезпечення відповідності потребам навчального процесу (Види 3D-друку).

Для роботи з 3D-принтерами використовується як безкоштовне, так і платне спеціалізоване програмне забезпечення, яке дозволяє створювати, редагувати та керувати 3D-моделями, а також керувати процесом друку на принтері. До числа найпопулярніших програм для роботи з 3D-принтерами відносяться (Програми для 3D-принтера):

- Ultimaker Cura, що є безкоштовним програмним забезпеченням для підготовки моделей до друку на 3D-принтері. Таке програмне забезпечення дозволяє створювати, завантажувати та редагувати 3D-моделі, налаштовувати параметри друку та генерувати файли для 3D-принтера;

- Tinkercad, що також є безкоштовним веб-програмним забезпеченням для створення простих 3D-моделей. Воно ідеально підходить для початківців та освітніх цілей;

- PrusaSlicer, яка призначена для підготовки 3D-моделей для друку на 3D-принтерах Prusa. Це програмне забезпечення також є безкоштовне і, також, має велику спільноту користувачів;

- MakerBot Print – програма, що розроблена для роботи з 3D-принтерами MakerBot. Це програмне забезпечення також підтримує інші 3D-принтери;

- Meshmixer – програмне забезпечення, що використовується для редагування та обробки 3D-моделей, дозволяє об'єднувати, вирізати, корегувати та оптимізувати моделі перед друком;

- SolidWorks – програмне забезпечення призначене для роботи з більш складними інженерними моделями, що дозволяє здійснювати багато операцій пов'язаних із створенням і редагуванням 3D-моделей;

- Autodesk Fusion 360 – потужний інженерний пакет для створення 3D-моделей і проектування. Він також має інструменти для підготовки моделей до друку на 3D-принтері;

- OctoPrint – це програмне забезпечення для керування 3D-принтером через веб-інтерфейс. Воно дозволяє віддалено керувати процесом друку та слідкувати за його станом.

Усі ці та інші програми варіюються за функціональністю, складністю використання та підтримкою різних моделей 3D-принтерів. Вибір програмного забезпечення буде залежати від досвіду користувачів, потреб та типу і моделі 3D-принтера, який використовується.

На нашу думку використання усіх цих програмних пакетів є перспективним і сприяє підвищенню якості освітнього процесу. Особливої уваги серед перерахованих програмних продуктів заслуговує пакет SolidWorks, який має широкі можливості роботи не тільки з адитивними технологіями, а і в конструкторській та дослідницькій діяльності.

SolidWorks є популярним програмним забезпеченням для комп'ютерного моделювання (CAD), яке застосовується для створення 3D-моделей, проектування та аналізу. Воно має широкий діапазон функцій та інструментів, які дозволяють інженерам і дизайнерам створювати складні продукти та системи. До числа основних функцій SolidWorks відносяться, зокрема (Козяр, Фещук, & Парфенюк, 2018):

- 3D-моделювання, що реалізується потужними інструментами для створення деталей і зборок у тривимірному просторі. Доступна можливість створювати складні 3D-моделі з різними геометричними формами та об'єктами;

- паралельне моделювання, яке забезпечує можливість одночасної роботи над різними частинами проекту в рамках одного документа;

- SolidWorks дозволяє створювати складні зборки, об'єднувати окремі деталі в єдину систему, виконувати перевірку взаємодії між деталями та визначати кількість складових, кінематичних та інших зв'язків тощо;

- в SolidWorks присутні різні модулі для інженерного аналізу, включно із аналізом напружень, теплопередачі та гідродинаміки;

- доступне також створення креслень для деталей та збірок, включно з розмірними кресленнями, специфікаціями та іншою документацією;

- SolidWorks забезпечує можливість проведення віртуальної симуляції роботи виробу, включно із визначенням його міцності, стійкості та інших параметрів;
- доступне також створення візуально привабливих зображень та анімації для виробів з використанням функцій рендерингу;
- SolidWorks може бути інтегрований з системами управління даними, що надає можливість ефективно керувати та зберігати дані проекту;
- передбачено також можливість моделювання різних процесів виробництва;
- SolidWorks містить функції для спільної роботи, що забезпечує можливість командної роботи над одним проектом в режимі реального часу.

Усі перераховані функції роблять SolidWorks потужним інструментом для проектування та розробки, особливо в галузях інженерії та виробництва. Для студентів, зокрема, машинобудівної галузі важливими можливостями SolidWorks є: створення реалістичних 3D-моделей, які відображають реальну геометрію та властивості об'єктів, що допомагає студентам зрозуміти принципи роботи машин і механізмів; наявність інструментів для моделювання руху та механізмів, що дозволяє студентам вивчати динаміку та кінематику різних систем, відтак є можливість проектувати та аналізувати різноманітні механізми; можливості для інженерного аналізу дозволяють студентам вивчати властивості матеріалів і проектувати надійні та якісні конструкції; створення повного комплексу конструкторської документації, що важливо для інженерів, які повинні розробляти проекти для виробництва; інтеграція з обладнанням для 3D-друку, що сприяє розвитку навичок роботи з сучасним виробництвом і 3D-друком; забезпечення спільної роботи, що дозволяє студентам працювати в команді над одним проектом, обмінюватися даними та спільно розвивати проекти. Знання SolidWorks може бути великою перевагою для випускників у пошуках роботи в галузі машинобудування та інженерії, оскільки це популярний інструмент у цих галузях; крім того, для SolidWorks існують багато навчальних ресурсів, онлайн-курсів і матеріалів для самостійного вивчення, що полегшує процес навчання та підготовки спеціалістів (Огляд програм для 3D-принтерів; Козяр, Фещук, & Парфенюк, 2018; Ворошук, & Вітенько, 2021).

**Висновки та перспективи подальших наукових досліджень.** Отже, застосування адитивних технологій і сучасного програмного забезпечення в освітньому процесі дозволяє зробити його більш цікавим та ефективним, оскільки відкриває широкі можливості для всіх його учасників: роботодавців, викладачів і студентів. Відтак, і викладачам, і студентам відкривається широкий спектр можливостей для розвитку цілого ряду навичок у сферах: проектування, моделювання, проведення досліджень, креативної діяльності, командної роботи, реалізації дизайнерських проектів, інноваційної діяльності тощо. Безперервне накопичення та поглиблення знань у сфері сучасних адитивних технологій і відповідного програмного забезпечення не тільки забезпечують професійні розвиток і зростання компетентності викладачів технічних навчальних закладів, а і дозволяють здійснювати підготовку конкурентних на сучасному ринку праці фахівців технічного профілю.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Андрощук, Г. О. (2017). Адитивні технології: Перспективи і проблеми 3D-друку (І частина). *Наука, технології, інновації*, (1), 68–77.
- Бахрушин, В. Є. (2016). *Компетентності і результати навчання у нових стандартах вищої освіти*. URL: <http://education-ua.org>. <http://education-ua.org/ru/articles/702-kompetentnosti-i-rezultati-navchannya-u-novikh-standartakh-vishchoji-osviti>.
- Васильків, В., & Дячун, А. (2020). Підвищення ефективності підготовки інженерних кадрів зі спеціальності «прикладна механіка». *Міжнародна науково-методична конференція «Актуальні питання організації навчання іноземних студентів в Україні» присвячена 60-річчю ТНТУ імені Івана Пулюя* (107–110). ТНТУ імені Івана Пулюя.
- Види 3D-друку: Все, що вам потрібно знати про цю техніку.* (б. д.). URL: <https://www.hwlibre.com/uk/>. URL: <https://www.hwlibre.com/uk/tipos-impresion-3d/>.
- Ворошук, В., & Вітенько, Т. (2021). *Solidworks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем*. ФОП Паляниця В.А.
- Дембіцька, С. В. (2019). *Особливості визначення ключових компетенцій студентів технічних спеціальностей*. Педагогіка вищої школи: досвід і тенденції розвитку: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 21 березня 2019 року). (34–35). Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2019.
- Дембіцька, С., & Кобилянська, І. (2023). Вдосконалення професійної підготовки фахівців технічних спеціальностей в контексті інноваційного розвитку вищої освіти. *Актуальні аспекти розвитку*

*STEAM-освіти в умовах євроінтеграції*: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Кропивницький, 21 квітня 2023 року). (347–348). Кропивницький: ДонДУВС.

- Дембіцька, С. В., Кобилянський, О. В., & Пугач, С. С. (2020). Особливості підготовки до працезохоронної професійної діяльності майбутніх фахівців технічних спеціальностей за кордоном. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*: зб. наук. пр. Вип. 58, 117–124. Вінниця: ТОВ «Друк плюс». DOI: 10.31652/2412-1142-2020-58-117-124.
- Дембіцька, С. В., Кобилянський, О. В., Максименко, Ю. Л., Пінаєва, О. Ю., Акімова, О. В. (Ред.), & Фрицюк, В. А. (Ред.). (2022). *Шляхи забезпечення міжпредметної інтеграції у професійній підготовці майбутніх фахівців технічних спеціальностей*. Інтеграція в європейській освітній простір: діалог зі стейкхолдерами: монографія. (194–217). Вінниця: ТОВ «Друк».
- Захарченко, В. М., Рашкевич, Ю. М., Луговий, В. І., & Таланова, Ж. В., Кремень, В. Г. (Ред.). (2014). Розроблення освітніх програм. ДП «НВЦ «Пріоритети».
- Кобилянський, О. В., & Дембіцька, С. В. (2018). Сутність та особливості професійної культури фахівців технічного профілю. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, 2(173), 120–122.
- Козяр, М. М., Фешук, Ю. В., & Парфенюк, О. В. (2018). *Комп'ютерна графіка: SolidWorks*. Олді-плюс. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/22175/1/Комп'ютерна%20графіка.pdf>.
- Мартинюк, О. С. (2020). Тривимірне прототипування як складник stem-технологій у конструктивно-технічній і науково-дослідній роботі студентів та учнів. *Збірник наукових праць кам'янець-подільського національного університету імені Івана Огієнка. серія педагогічна*, (25), 61–63. URL: <http://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/189486/188895>.
- Муравйов, О., Нижник, Ю., Петрик, В., Протасов, А., & Серий, К. (2021). Сучасний стан та перспективи розвитку адитивних технологій. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 32(71)(5), 114–119. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/18>.
- Огляд програм для 3D-принтерів.* (б. д.). URL: [easy3dprint.com.ua](http://easy3dprint.com.ua). URL: <https://easy3dprint.com.ua/uk/oglyad-program-dlya-3d-printeriv/>.
- Програми для 3D-принтера.* (б. д.). URL: <https://uk.soringpcrepair.com>. URL: <https://uk.soringpcrepair.com/software-for-3d-printer/>.
- Райковська, Г. О. (2019). Шляхи вдосконалення підготовки фахівців машинобудівної галузі. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, (2), 111–116. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-111-116>.
- Савельєва, О. В., Курінная, Т. П., & Кальчева, І. О. (2019). Застосування адитивних технологій при підготовці фахівців з технологічної та професійної освіти. У *Адаптивні технології управління навчанням ATL - 2019* (с. 28–30). ПНПУ ім. К. Д. Ушинського.
- Самченко, В. (2023). *Стратегія розвитку освіти і науки до 2030 року: Коли і чого очікувати?* УКРІНФОРМ. Мультимедійна платформа України. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3770487-strategia-rozvitku-osviti-i-nauki-do-2030-roku-koli-i-cogo-ocikuvati.html>.
- Струтинська, О. (2017). Напрями використання технологій тривимірного друкування у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. *Теорія і практика використання інформаційних технологій в навчальному процесі* (125–127). Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова.
- Сюркало, Б. І., & Садикова, Я. М. (2017). Застосування адитивних технологій в освітній діяльності. *Економіка, фінанси, право*, 2(12), 55–59.
- Kobylianskyi, O., & Dembitska, S. (2022). Formation of work safety culture of the technical specialists. *Professional Pedagogics*, 2(25), 138-146. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2022.25.138-146>.
- Kobylianskyi, O., & Dembitska, S. (2023). Formation of occupational safety competence in the process of professional training of mechanical engineering specialists. *Professional Pedagogics*, 1(26), 15-23. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2023.26.15-23>.
- Kuzmenko, O., Dembitska, S., & Radul, S. (2020). *Implementation of STEM-education elements in the process of teaching professional subjects in technical institutions of higher education*. Modern approaches to knowledge management development. Collective monograph. (85–95). Ljubljana, Slovenia.
- Puhach, S., Dembitska, S., & Kobylianskyi, O. (2022). Improvement of professional training of technical specialists according to requirements of integration methodological approach. *Науково-методичний журнал «Нова педагогічна думка»*, 3(111), 14–23.

## REFERENCES

- Androshchuk, H. O. (2017). Adytyvni tekhnolohii: Perspektyvy i problemy 3D-druku (I chastyna) [Additive technologies: Prospects and problems of 3D printing]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii*, (1), 68–77. [in Ukrainian].
- Bakhrushyn, V. Ye. (2016). Kompetentnosti i rezultaty navchannia u novykh standartakh vyshchoi osvity [Competencies and learning outcomes in new standards of higher education]. URL: <http://education-ua.org>. URL: <http://education-ua.org/ru/articles/702-kompetentnosti-i-rezultati-navchannya-u-novikh-standartakh-vishchoji-osviti/>. [in Ukrainian].
- Dembitska, S. V. (2019). Osoblyvosti vyznachennia kliuchovykh kompetentsii studentiv tekhnichnykh spetsialnosti [Peculiarities of determining the key competencies of students of technical specialties]. *Pedahohika vyshchoi shkoly: dosvid i tendentsii rozvytku: materialy IV Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Zaporizhzhia, 21 bereznia 2019 roku)*. (34–35). Zaporizhzhia: Zaporizkyi natsionalnyi universytet, 2019. [in Ukrainian].
- Dembitska, S., & Kobylianska, I. (2023). Vdoskonalennia profesiinoi pidhotovky fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnosti v konteksti innovatsiinoho rozvytku vyshchoi osvity [Improvement of professional training of specialists in technical specialties in the context of innovative development of higher education]. *Aktualni aspekty rozvytku STEAM-osvity v umovakh yevrointehratsii: zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (m. Kropyvnytskyi, 21 kvitnia 2023 roku)*. (347–348). Kropyvnytskyi: DonDUVS. [in Ukrainian].
- Dembitska, S. V., Kobylianskyi, O. V., & Puhach, S. S. (2020). Osoblyvosti pidhotovky do pratseokhoronnoi profesiinoi diialnosti maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnosti za kordonom [Peculiarities of preparation for labor protection professional activity of future specialists of technical specialties abroad]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia u pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy: zb. nauk. pr. Vyp. 58*, 117–124. Vinnytsia: TOV «Druk plius». DOI: 10.31652/2412-1142-2020-58-117-124. [in Ukrainian].
- Dembitska, S. V., Kobylianskyi, O. V., Maksymenko, Yu. L., Pinaieva, O. Yu., Akimova, O. V. (Red.), & Frytsiuk, V. A. (Red.). (2022). *Shliakhy zabezpechennia mizhpredmetnoi intehtratsii u profesiinii pidhotovtsi maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnosti* [Ways of ensuring interdisciplinary integration in the professional training of future specialists in technical specialties]. *Intehtratsiia v yevropeiskii osvittii prostir: dialoh zi steikkholderamy: monohrafiia*. (194–217). Vinnytsia: TOV «Druk». [in Ukrainian].
- Kobylianskyi, O. V., & Dembitska, S. V. (2018). Sutnist ta osoblyvosti profesiinoi kultury fakhivtsiv tekhnichnogo profilu [The essence and features of the professional culture of technical specialists]. *Naukovi zapysky. Seriia: Pedahohichni nauky*, 2(173), 120–122. [in Ukrainian].
- Kobylianskyi, O., & Dembitska, S. (2022). Formation of work safety culture of the technical specialists. *Professional Pedagogics*, 2(25), 138-146. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2022.25.138-146>. [in English].
- Kobylianskyi, O., & Dembitska, S. (2023). Formation of occupational safety competence in the process of professional training of mechanical engineering specialists. *Professional Pedagogics*, 1(26), 15-23. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2023.26.15-23>. [in English].
- Koziar, M., Feshchuk, Yu. V., & Parfeniuk, O. V. (2018). *Komp'uterna hrafika: SolidWorks* [Computer graphics: SolidWorks] Oldi-plius. <https://ep3.nuwm.edu.ua/22175/1/Kompiuterna%20hrafika.pdf>. [in Ukrainian]
- Kuzmenko, O., Dembitska, S., & Radul, S. (2020). *Implementation of STEM-education elements in the process of teaching professional subjects in technical institutions of higher education*. Modern approaches to knowledge management development. Collective monograph. (85–95). Ljubljana, Slovenia. [in English].
- Martyniuk, O. S. (2020). Tryvymirne prototypuvannia yak skladnyk stem-tekhnolohii u konstruktyvno-tekhnichnii i naukovo-doslidnii roboti studentiv ta uchniv [Three-dimensional prototyping as a component of stem technologies in the constructive, technical and scientific research work of students and pupils]. *Zbirnyk naukovykh prats kamianets-podilskoho natsionalnogo universytetu imeni Ivana Ohienka. seriia pedahohichna*, (25), 61–63. URL: <http://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/189486/188895>. [in Ukrainian].
- Muraviov, O., Nyzhnyk, Yu., Petryk, V., Protasov, A., & Sieryi, K. (2021). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku adytyvnykh tekhnolohii [The current state and prospects for the development of additive technologies.]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriia: Tekhnichni nauky*, 32(71)(5), 114–119. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/18>. [in Ukrainian].
- Ohliad prohram dlia 3D-prynteriv* [Overview of programs for 3D printers.]. (b. d.). [easy3dprint.com.ua](http://easy3dprint.com.ua). URL:

- <https://easy3dprint.com.ua/uk/oglyad-program-dlya-3d-printeriv/>. [in Ukrainian].
- Prohramy dlia 3D-pryntera* [Programs for a 3D printer]. (b. d.). URL: <https://uk.soringpcrepair.com>. URL: <https://uk.soringpcrepair.com/software-for-3d-printer/>. [in Ukrainian].
- Puhach, S., Dembitska, S., & Kobylanskyi, O. (2022). Improvement of professional training of technical specialists according to requirements of integration methodological approach. *Науково-методичний журнал «Нова педагогічна думка»*, 3(111), 14–23. [in English].
- Raikovska, H. O. (2019). Shliakhy vdoskonalennia pidhotovky fakhivtsiv mashynobudivnoi haluzi. [Ways to improve the training of specialists in the machine-building industry] *Visnyk VPI*, (2), 111–116. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-111-116>. [in Ukrainian].
- Samchenko, V. (2023, 6 zhovtnia). *Stratehiia rozvytku osvity i nauky do 2030 roku: Koly i choho ochikuvaty?* [Strategy for the development of education and science until 2030: When and what to expect?] UKRINFORM. Multymediina platforma Ukrainy. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3770487-strategia-rozvitku-osviti-i-nauki-do-2030-roku-koli-i-cogo-ocikuvati.html>. [in Ukrainian].
- Savielieva, O. V., Kurinnaia, T. P., & Kalcheva, I. O. (2019). Zastosuvannia adytyvnykh tekhnolohii pry pidhotovtsi fakhivtsiv z tekhnolohichnoi ta profesiinoi osvity [Application of additive technologies in the training of specialists in technological and professional education]. *Adaptyvni tekhnolohii upravlinnia navchanniam ATL - 2019* (s. 28–30). NPU im. K. D. Ushynskoho. [in Ukrainian].
- Siurkalo, B. I., & Sadykova, Ya. M. (2017). Zastosuvannia adytyvnykh tekhnolohii v osvitnii diialnosti [Application of additive technologies in educational activities]. *Ekonomika, finansy, pravo*, 2(12), 55–59. [in Ukrainian].
- Strutynska, O. (2017). Napriamy vykorystannia tekhnolohii tryvymirnoho drukuvannia u protsesi pidhotovky maibutnikh uchyteliv informatyky [Directions for the use of three-dimensional printing technologies in the process of training future computer science teachers]. *Teoriia i praktyka vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii v navchalnomu protsesi* (125–127). Vyd-vo NPU imeni M.P. Drahomanova. [in Ukrainian].
- Vasylkiv, V., & Diachun, A. (2020). Pidvyshchennia efektyvnosti pidhotovky inzhenernykh kadriv zi spetsialnosti «prykladna mekhanika» [Increasing the effectiveness of training engineering personnel in the specialty «applied mechanics»]. *V Mizhnarodna naukovo-metodychna konferentsiia «Aktualni pytannia orhanizatsii navchannia inozemnykh studentiv v Ukraini» prysviachena 60-richchii TNTU imeni Ivana Puliuia* (s. 107–110). TNTU imeni Ivana Puliuia. [in Ukrainian].
- Voroshchuk, V., & Vitenko, T. (2021). *Solidworks u zavdanniakh 3D modeliuвання ta inzhynirynhu tekhnichnykh system* [Solidworks in tasks of 3D modeling and engineering of technical systems]. FOP Palianytsia V. A. [in Ukrainian].
- Vydy 3D-druku: Vse, shcho vam potribno znaty pro tsiu tekhniku* [Types of 3D printing: Everything you need to know about this technique.]. (b. d.). URL: <https://www.hwlibre.com/uk/>. URL: <https://www.hwlibre.com/uk/tipos-impresion-3d/>. [in Ukrainian].
- Zakharchenko, V. M., Rashkevych, Yu. M., Luhovyi, V. I., Talanova, Zh. V., & Kremen, V. H. (Red.). (2014). *Rozroblennia osvitnikh prohram* [Development of educational programs]. DP «NVTs «Priorityety». [in Ukrainian].

**Олександр Поліщук** – к. т. н., доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [A\\_V\\_Polishchuk@ukr.net](mailto:A_V_Polishchuk@ukr.net).

**Андрій Слабкий** – к. т. н., доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [slabkiyandrey@gmail.com](mailto:slabkiyandrey@gmail.com).

**Дмитро Бакалець** – к. т. н., доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [bacaletsdima@gmail.com](mailto:bacaletsdima@gmail.com).

## USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS FOR STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

**Alexandr Polishchuk** – Candidate of Sc. (Technical), Associated Professor, Associated Professor of the Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [A\\_V\\_Polishchuk@ukr.net](mailto:A_V_Polishchuk@ukr.net)

**Andrii Slabkyi** – Candidate of Sc. (Technical), Associated Professor, Associated Professor of the Department of Industrial engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [slabkiyandrey@gmail.com](mailto:slabkiyandrey@gmail.com).



**Dmytro Bakalets** – Candidate of Sc. (Technical), Associated Professor, Associated Professor of the Department of Industrial engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: bacaletsdima@gmail.com.

The article examines the general principles and elements of educational programs for training students in technical specialties and outlines the range of skills that modern technical specialists should possess. It has been established that, today, it is very important to teach students to work with CAD/CAM systems and the basics of modeling and prototyping, which are an integral part of the work of most modern industries.

The purpose of the article is to substantiate the effectiveness of the use of additive technologies in the educational process of training students of technical and other specialties.

One of the educational tools that ensure the formation of relevant skills is additive technologies, which are becoming more and more widely used in both educational and industrial activities, so the work also lists some advantages of using additive technologies in the educational process. The essence of the concept of "additive technologies" is revealed and a list of the most typical of them is given. Attention is also paid to the equipment used for 3D printing and the software used to work with additive technologies at all stages from creation and improvement to the manufacture of a model or final product. Special attention is paid to such software as SolidWorks, namely, a list of functions and tools available in this software is provided, and a list of skills that can be acquired by students when working with this software and used in further work activities is offered.

**Key words:** education, additive technologies, software, 3D printing, students, skills, modeling, designing.

*Дата надходження статті до редакції: 12 жовтня 2021 р.*