



УДК 378.14:004
DOI <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2021-94-22>

ГЕОМЕТРО-ГРАФІЧНА ПІДГОТОВКА В ТЕХНІЧНИХ ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Райковська Галина Олексіївна,
доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри «Механічна інженерія»
Державний університет «Житомирська політехніка»
G_A_Raykovskaya@ukr.net
orcid.org/0000-0003-1755-9516

Мета статті полягає в теоретичному обґрунтуванні і розробленні моделі геометро-графічної підготовки майбутніх інженерно-технічних фахівців у ЗВО; формуванні професійних компетентностей засобами САПР. Розробкою інноваційних методик використання спеціалізованих програмних продуктів САПР у професійній підготовці майбутніх інженерно-технічних фахівців досить широко займалися і продовжують досліджувати науковці, викладачі-практики з різних областей технічних знань. У статті описано **методологію** й техніку наукового дослідження геометро-графічної підготовки в закладах вищої освіти засобами САПР.

Результати. Аналіз і оцінка початкових фактів привели нас до визначення основних напрямків дослідження, що передбачало аналіз структури і змісту підготовки здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Високотехнологічний комп'ютерний інжиніринг» першого рівня «бакалавр», за галуззю знань 13 «Механічна інженерія». Особливість геометро-графічної підготовки обумовлена різноманітними професійно-технічними задачами, що висувуються перед фахівцями у сфері їх діяльності. Передусім це вміння розв'язувати комплексні науково-технічні, технічні та інші функціональні задачі; системно, алгоритмічно і асоціативно мислити; чітко планувати структуру дій, необхідних для досягнення заданої мети; уміння візуально представляти результат своєї діяльності. **Наукова новизна** нашого дослідження полягає в побудові моделі вдосконалення освітнього процесу на основі наскрізного використання спеціальних програмних засобів САПР; забезпеченні міждисциплінарного зв'язку, починаючи з першого курсу і до випускної роботи. Головною ідеєю повного циклу геометро-графічної підготовки є: використання єдиної системи автоматизованого проектування – SolidWorks. **Висновки.** Проведене дослідження дає підстави стверджувати, що найбільш ефективним є підхід наскрізної комплексної геометро-графічної підготовки майбутніх фахівців, який дозволяє зрозуміти суть повного циклу виробництва продукції засобами САПР.

Ключові слова: геометро-графічна підготовка, геометричне моделювання, конструювання, програмне забезпечення.

GEOMETRICAL-GRAPHIC PREPARATION IN TECHNICAL ESTABLISHMENTS OF HIGHER EDUCATION

Raykovska Halyna Oleksiivna,
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Mechanical Engineering
Zhytomyr Polytechnic State University
G_A_Raykovskaya@ukr.net
orcid.org/0000-0003-1755-9516

The purpose of the article consists in a theoretical ground and development of model geometrical-graphic preparations of future inzheneer-tekhnichal specialists in ZVO; forming of SAPR professional jurisdiction facilities. In professional preparation of future inzheneer-tekhnichal specialists research workers, practical teachers-workers, were widely enough engaged in development of innovative methods of the use of the specialized software products of SAPR and continue probing from the different areas of technical knowledges. In the article **methodology** and technique of scientific research is described geometrical-graphic preparation in establishments of higher education by facilities of SAPR.

Results. An analysis and estimation of initial facts brought us over to determination of basic directions of research which foresaw the analysis of structure and maintenance of preparation of bread-winners of higher education after educationally professional by the program “the highly Technological computer engineering” the first level “bachelor”, after the area of knowledges 13 the “Mechanical engineering”. Feature geometrical-graphic preparations conditioned various professional-tekhnichal tasks which are pulled out before specialists in



the sphere of their activity. Foremost this ability to decide complex scientific and technical, technical and other functional tasks; system, algorithmically and associative to think; expressly to plan the structure of actions, necessary for achievement of the set purpose; ability by sight to present the result of the activity. **The scientific novelty** of our research consists in the construction of model of perfection of educational process on the basis of the through use of the special programmatic facilities of SAPR; providing of intersubject connection, beginning from the first course and to final work. By the main idea of complete cycle geometrical-graphic preparations are: use of the unique computer-aided design – Solidworks. **Conclusions.** The conducted research grounds to assert that most effective is approach of through complex geometro-graphic preparations of future specialists, which allows to understand essence of complete cycle of production of goods facilities of SAPR.

Key words: *geometrical-graphic preparation, geometrical design, constructing, software.*

Вступ

XXI століття обумовило суттєві зміни у виробничій сфері, зокрема, сучасне виробництво перейшло до інформаційної епохи свого розвитку і широкого використання інформаційних систем управління, проектування, переробки інформації умовно графічного характеру, суттєво зросла значимість таких складових частин інженерного мислення, як динамізм, образність. Зазначені зміни сприяли підвищенню технічного рівня виробництва, що зумовило глобальні процеси технологізації та інформатизації, а це вимагає забезпечення практично-орієнтованими фахівцями, які б ефективно сполучали інтелектуальну і практичну діяльність, мали б достатній об'єм фундаментальних знань і багатофункціональні вміння.

Безумовно, важливу роль у цих умовах відіграє фундаментальна професійна підготовка майбутнього інженерно-технічного фахівця галузі знань 13 «Механічна інженерія». Суттєва частка цієї підготовки відводиться геометричному моделюванню засобами САПР, роль і місце геометричного моделювання у процесі професійної підготовки бакалаврів і магістрів із спеціальності 131 «Прикладна механіка» і 133 «Галузеве машинобудування» визначається різноманітними професійно-технічними задачами, що висувуються перед фахівцями в сфері їх діяльності. Передусім це вміння розв'язувати комплексні науково-технічні, технічні та інші функціональні задачі; системно, алгоритмічно і асоціативно мислити; чітко планувати структуру дій, необхідних для досягнення заданої мети; уміння візуально представляти результат своєї діяльності. Для вирішення інженерних проектно-технічних задач на сучасному рівні вимагається геометро-графічна освіта в середовищі спеціального забезпечення САПР. Вона включає в себе нарисну геометрію, інженерну графіку, комп'ютерну графіку (САПР – CAD/CAM/CAE), загально-інженерні дисципліни.

1. Теоретичне обґрунтування проблеми

Дослідниками науковцями, практиками (Р. Горбатюк, Ю. Дорошенко, В. Головня, М. Козяр, О. Парфенюк, Г. Райковська,

А. Соловйов та інші) достатньо довгий час ведуть дослідження аспектів комп'ютерної графіки, геометричного моделювання як її складової в сучасній інженерно-технічній підготовці.

Розробкою інноваційних методик використання спеціалізованих програмних продуктів САПР у професійній підготовці майбутніх інженерно-технічних фахівців досить широко займалися і продовжують досліджувати науковці, викладачі-практики з різних областей технічних знань: М. Деревянчук, О. Джеджула, В. Головня, М. Козяр, І. Кулик, О. Парфенюк, С. Подлесний, Г. Райковська, А. Силовонюк, М. Хожило, А. Шостачук та інші.

Слід відмітити, що науковці більшою мірою досліджували і продовжують займатись пошуком інноваційних методик, технологій запровадження спеціальних програмних засобів САПР до базової графічної підготовки. Отже, сьогодні склалась ситуація, що стрімко запроваджуються інноваційні технології, методики навчання курсу зі графічної підготовки спеціальними засобами САПР, геометричного моделювання, але зміст її вже багато десятир'ч залишається без змін, який потребує перегляду, узгодженості, запровадження наскрізної геометро-графічної підготовки в технічних закладах вищої освіти.

Вища технічна освіта повинна враховувати особливості сучасного високорозвинутого виробництва, принцип системної інтеграції, який повинен працювати у двох напрямках: по-перше, удосконалення засобів навчання, заміна застарілих традиційних на інноваційні – інформаційні; по-друге – об'єднання знань за різними дисциплінами, що закладається в мету професійної підготовки – побудову цілісної картини світу у здобувачів вищої технічної освіти.

Мета статті полягає в теоретичному обґрунтуванні і розробленні моделі геометро-графічної підготовки майбутніх інженерно-технічних фахівців у ЗВО; формуванні професійних компетентностей засобами САПР.

2. Методологія та методи

Побудова моделі геометро-графічної підготовки фахівця зі галузі знань



13 «Механічна інженерія» потребує застосування методів теоретичного аналізу й порівняння; обґрунтування та систематизації наукових розвідок із досліджуваної тематики й узагальнення результатів дослідження.

3. Результати та дискусії

Якщо проаналізувати стан промисловості в Україні та за кордоном, кожен сучасний фахівець з механічної інженерії повинен вільно володіти професійними здібностями, і в першу чергу це володіння усім необхідним набором систем автоматизованого проектування, тобто йдеться про здатність працювати як у будь-якому місці в процесі наскрізного моделювання, так і на будь-якій конкретній позиції виробничого ланцюга.

У виробничих умовах під час виконання проектних робіт використовуються апробовані прикладні програми, які забезпечують отримання коректних результатів за умови введення вірогідних даних. Тому в процесі загальноінженерної підготовки бакалаврів і магістрів із механічної інженерії необхідно створити умови для оволодіння знаннями та навичками вирішення прикладних задач із використанням сучасних програмних продуктів САПР.

Найвагомішою особливістю сучасної системи освіти є співвідношення двох стратегій організації освітнього процесу – традиційної та інформаційної. Традиційне навчання – це нормативне навчання, а інформаційне навчання доповнює традиційне навчання, надає йому динамічних змін за рахунок розвитку здібностей особистості до творчості, різноманітних форм мислення.

Науковці-дослідники (Болюбаш, 2019; Бойчук, Горбатюк, Кучер, 2019) акцентують свою увагу на тому, що запровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освітній процес суттєво розширює арсенал засобів, спрямованих на ефективне формування професійних компетентностей майбутніх інженерів-педагогів. Отже, неможливо не погодитись із думкою, що використання інформаційно-комунікаційних технологій в сучасному освітньому процесі є важливою ланкою у компетентностях сучасного фахівця.

Р. Горбатюк зазначає, що інформатизація і комп'ютеризація освіти, зокрема педагогічної, відкрила нові перспективи для підвищення якості підготовки майбутніх фахівців, проте впровадження в інженерну підготовку сучасних комп'ютерних технологій призвело до дефіциту часу на вивчення дисциплін традиційного графічного циклу (Горбатюк, 2008).

І. Юрчишиним та Т. Органістою було розроблено модель комплексної автоматиза-

ції інженерної підготовки виробництва ДП «Завод «Полімер-Електрон» (м. Львів) на базі інтегрованого програмного комплексу АСКОН (Російська Федерація). Запропонована модель зазначає основні принципи автоматизації інженерних бізнес-процесів сучасного підприємства, створюючи в організації єдиного інформаційного простору підприємства (Юрчишин, Органіста, 2012). Безумовно, дана модель заслуговує на увагу і має практичне значення, зокрема, це вказує на необхідність запровадження наскрізної геометро-графічної підготовки майбутніх інженерно-технічних фахівців засобами САПР у ЗВО.

Закласти фундамент професійних знань, умінь і навичок майбутнього інженерно-технічного фахівця покладено на курс базової графічної підготовки, включаючи геометричне моделювання засобами САПР. Інженерна та комп'ютерна графіка – це комплексна дисципліна, яка потребує узгодження змісту навчання, особливості комп'ютерної графіки і спеціального програмного забезпечення САПР.

Опанування графічними знаннями і вміннями починається зі шкільного курсу «Креслення», а надалі отримує більш цілеспрямований характер у технічних закладах вищої освіти.

В інженерній та комп'ютерній графіці ми часто зустрічаємося з геометричними моделями у вигляді креслеників. Кресленик є засобом спілкування людей в їхній виробничій діяльності. Інженерна графіка є навчальною дисципліною, що включає елементи як нарисної геометрії, так і технічного креслення. Комп'ютерна графіка – це спеціальна область інформатики, що вивчає методи і засоби створення зберігання і обробки зображень за допомогою програмно-апаратних обчислювальних комплексів.

Ураховуючи, що професійна діяльність за галуззю знань 13 «Механічна інженерія» в більшості випадків пов'язана саме з конструкторською діяльністю засобами САПР, це дає підстави стверджувати, що навчальний процес необхідно зосереджувати саме на вивченні систем CAD, CAM та CAE.

CAD/CAM/CAE – системи призначені для комплексної автоматизації проектування, конструювання та виготовлення продукції: система для автоматизації двота тривимірного геометричного проектування – computer-aided design (CAD), засіб автоматизації інженерних розрахунків, аналізу та симуляції фізичних процесів – computer-aided engineering (CAE), система технологічної підготовки виробництва – computer-aided manufacturing



(CAM), а також система управління даними про виріб – product data management (PDM) (Саєнко, Нечипоренко, 2017).

За даними дослідження встановлено, що одним із найбільш поширених САПР, які використовуються для моделювання, як на виробництві так і в професійній підготовці інженерно-технічних фахівців, є програмний комплекс SolidWorks компанії Dassault Systèmes (Райковська, Соловійов, Мельник, 2018; Соколовський, Борецька, Рожок, 2014; Парфенюк, Козя, 2019; Воронцов, 2019), і КОМПАС-3D (Юрчишин, Органіста, 2012; Бойко, 2016; Головня, Райковська, Шостачук, 2019).

Щодо переваг використання програмного комплексу SolidWorks, то слід відмітити: в окремих галузях промисловості дозволяє уникнути довготривалих циклів виробництва типу «проекування – виготовлення – випробування», програмний пакет активно використовується в машинобудуванні на підприємствах розвинутих країн; дозволяє більш глибоко засвоїти основи важливих технічних дисциплін. КОМПАС – містить інструменти для колективного проектування виробів і об'єктів будівельного проектування будь-якої міри складності і дозволяє підготувати повноцінну електронну модель виробу, будівлі і споруди.

Серед спеціальних програмних продуктів САПР найбільш поширеними у використанні є CAD-системи, на основі яких виконується основна робота з геометричного моделювання продукції (Головня, 2015; Бойко, 2016; Дорошенко, 2007; Парфенюк, Козя, 2019; Райковська, Соловійов, 2019). Науковці акцентують увагу на тому, що постійно розширюється область застосування геометричних знань в різних сферах виробничої діяльності. І це пов'язано, перш за все, з тим, що в комп'ютерних технологіях проектування важливе місце займає електронна геометрична модель, яка є початковим етапом у проектуванні, виготовленні та експлуатації виробів, інженерних споруд та інших конструктивних систем.

Геометричне моделювання вивчає методи побудови числових моделей геометрії реальних чи уявних об'єктів, а також методи управління цими моделями.

М. Голованов зазначає, що геометричне моделювання вивчає методи побудови математичної моделі, яка описує геометричні властивості предметів навколишнього світу. Вона базується на аналітичній і диференційованій геометрії, обліковій математиці і, найголовніше, розробляє власні методи математичного моделю-

вання (Голованов, 2016). І з цим неможливо не погодитись, оскільки всі ці характеристики притаманні нарисній геометрії, яка є теоретичною основою конструювання і моделювання.

Прості геометричні властивості предметів, такі як точка, пряма, площина, дозволяють описувати їх геометричні властивості, створювати математичні моделі та досліджувати шляхом проведення різноманітних розрахунків та численних експериментальних досліджень. За потреби ми можемо завжди моделювати об'єкти та будувати їх графічне відображення за допомогою спеціального програмного забезпечення САПР. Основи геометричного моделювання враховують сучасні досягнення в цій галузі. Широко застосовуються методи опису і перетворення інформації, загальні принципи опису і виконання основних перетворень геометричного моделювання закладено в САПР – CAD системах, побудова двовимірних (2D) і тривимірних (3D) зображень.

Не менш важливими є системи, що в цілому формують повний цикл виробництва на основі САПР. Йдеться про так званий життєвий цикл продукції (PLM), в рамках якого забезпечується оптимізація виробничого процесу. Науковці А. Сліпчук, О. Стенін та інші відмічають, що основною складовою частиною PLM-технологій є використання одного пакету САПР для оптимізації моделювання конструкторським та технологічним підрозділами підприємств (Сліпчук, 2015; Стенін, 2010). Упровадження в інженерну практику методів автоматизації проектування дозволяє перейти від традиційних методів проектування до моделювання за допомогою CAD/CAM/CAE-систем (Райковська, Соловійов, 2017).

У Державному університеті «Житомирська політехніка» викладання дисциплін ведеться з використанням сучасного комп'ютерного та демонстраційного обладнання. Активно впроваджуються в навчальний процес пакети спеціалізованих програмних продуктів для розв'язання інженерних задач САПР. Освоєння сучасних програмних засобів для вирішення завдань автоматизації тривимірного проектування, конструкторсько-технологічної підготовки виробництва будь-якої складності в різних галузях промисловості дозволяє випускникам бути конкурентноздатними у професійному плані на ринку праці.

Якщо розглядати загально-інженерну підготовку, то сьогодні після теоретичної підготовки та здобуття практичних навичок із розв'язання задач окремих етап



підготовки представляє собою отримання студентами навичок користування прикладними програмами САМ, САЕ. Серед таких задач слід відмітити: виконання робочих та складальних креслеників технологічних та транспортних машин, розрахунки конструкцій і машин на міцність, жорсткість, коливання, визначення кінематичних характеристик, теплові розрахунки, задачі оптимізації тощо.

Автоматизація проектування технологічних процесів охоплює основні науково-методологічні аспекти інформатизації найважливіших функцій конструкторської і технологічної підготовки виробництва, включаючи проектування процесів виготовлення деталей і складання машин, оскільки це невід'ємна складова сучасного науково-технічного прогресу.

Проектування технічних об'єктів без автоматизації потребує надмірно великих витрат часу та людських ресурсів. Проекти найбільш складних об'єктів створюються з обов'язковим використанням САПР.

Аналіз і оцінка початкових фактів привели нас до визначення основних напрямків дослідження, що передбачало аналіз структури і змісту підготовки здобувачів вищої освіти за спеціалізацію «Високотехнологічний комп'ютерний інжиніринг», «Комп'ютерне конструювання і моделювання» першого ступеня «бакалавр», галузю знань 13 «Механічна інженерія». Інтегральна компетентність передбачає – здатність розв'язувати спеціалізовані практичні завдання машинобудівного напрямку, що передбачає застосовування певних теорій і методів механічної інженерії та має ознаки комплексності й невизначеності умов.

Суть нашого дослідження полягала в побудові моделі вдосконалення освітнього процесу на основі наскрізного використання спеціальних програмних засобів САПР; забезпечення міждисциплінарного зв'язку, починаючи з першого курсу і до випускної роботи. Головною ідеєю повного циклу геометро-графічної підготовки є використання єдиної системи автоматизованого проектування (рис. 1).

Таким чином, перший блок – опанування САД-систем, створення геометричних моделей виробу (твердотільних, тривимірних складових частин), а також геометричне і імітаційне моделювання у SolidWorks.

Другий блок передбачає виконання базових виробничих операцій; надання конструкторам, інженерам, дизайнерам і технологам можливості повністю досліджувати виріб ще на етапі проектування.

Характерною особливістю даного блоку є інтерактивна робота із тривимірною моделлю в САМ-системі (визначення траєкторії руху різального інструменту по заготівлі виробу). Побудова систем для спільної роботи в САПР пов'язана з об'єднанням різного типу способів комунікації в режимі реального часу. Крім того, проводиться ознайомлення із принципами роботи в САЕ-модулях.

Заключним етапом інжинірингової підготовки фахівців із механічної інженерії є імітаційне моделювання, що проводиться безпосередньо під час курсового та/або дипломного проектування на 4 курсі. У даному випадку відбувається створення тривимірної моделі механізму чи машини, що відповідає фізичним та експлуатаційним характеристикам реального продукту. Відповідно, проводиться повноцінний аналіз на основі створеної імітаційної моделі, а також усі необхідні дослідження.

На нашу думку, вищевказаний зміст геометро-графічної підготовки не є оптимальним у сучасних умовах ринку праці. Існує необхідність у підготовці універсального фахівця, який матиме змогу швидко пристосуватися до наскрізного типу виробництва, тобто створення продукту в межах САПР з використанням систем САД, САМ та САЕ та допоміжних інструментів. Зокрема, головною ідеєю повного циклу виробництва продукції засобами комп'ютерного інжинірингу є саме використання єдиної системи автоматизованого проектування.

Висновки

Проведене дослідження дає підстави стверджувати, що найбільш ефективним є підхід наскрізної комплексної геометро-графічної підготовки майбутніх фахівців, який дозволяє зрозуміти суть повного циклу виробництва продукції засобами САПР.

Одним із основних аспектів комп'ютеризації освітнього середовища є чітко виражена тенденція, яка полягає в навчанні майбутніх фахівців практичним аспектам нових інформаційних технологій, а також їх використання в майбутньому під час професійної діяльності.

Комп'ютерний інжиніринг не обмежується лише використанням систем САД, САМ та САЕ. Важливою складовою частиною комп'ютеризації, на наш погляд, є використання хмарних технологій, що дозволяє суттєво спрощувати деякі аспекти навчального процесу, і це є перспективою удосконалення професійної підготовки майбутніх фахівців із механічної інженерії.

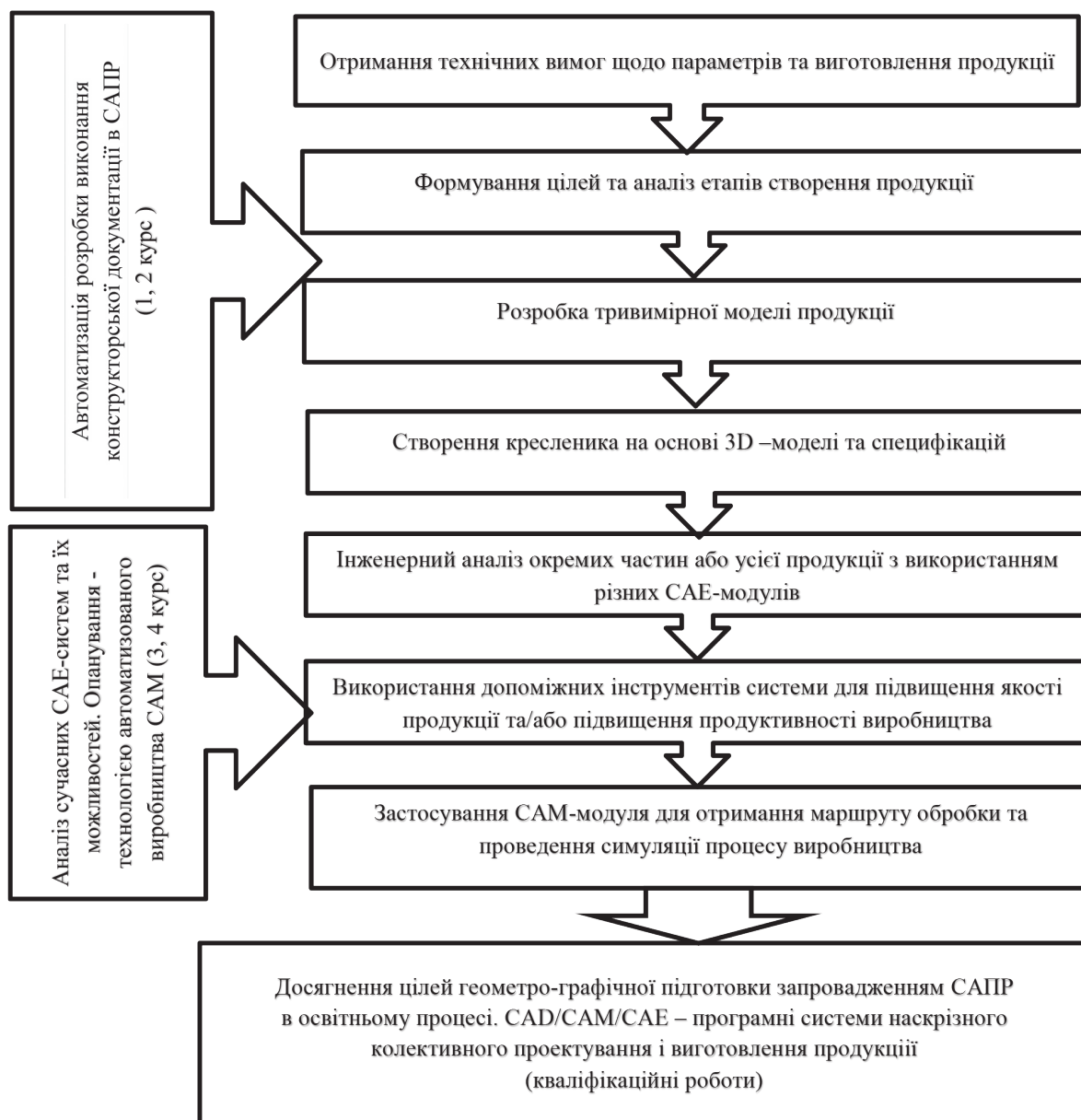


Рис. 1. Модель повного циклу геометро-графічної підготовки фахівців механічної інженерії в середовищі САПР

ЛІТЕРАТУРА

1. Болюбаш Н.М. Формування педагогічної компетентності магістрантів ІТ-спеціальностей засобами освітніх інформаційних технологій. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2019. Т. 71, № 3. С. 70–91. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2019_71_3_8 (дата звернення: 24.01.2021).
2. Бойчук В.М., Горбатюк Р.М., Кучер С.Л. Методика застосування інформаційно-комунікаційних технологій у підготовці до проектної діяльності майбутніх учителів трудового навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2019. Т. 71, № 3. С. 137–153. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2019_71_3_12 (дата звернення: 24.01.2021).
3. Горбатюк Р.М. Основні засади графічної підготовки майбутніх інженерів-педагогів. *Збірник наукових праць «Педагогічні науки»*, 2008. № 47. URL : <https://ps.journal.kspu.edu/index.php/ps/article/view/1800/1630> (дата звернення: 24.01.2021).
4. Юрчишин І.І., Органіста Т.Ю. Модель комплексної автоматизації інженерної підготовки виробництва ДП «ЗАВОД «ПОЛІМЕР-ЕЛЕКТРОН». *Lviv Polytechnic National University Institutional Repository*. URL : <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/17187/1/28-Yurchyshyn-117-120.pdf> (дата звернення: 24.01.2021).
5. Саєнко С.Ю., Нечипоренко І.В. Основи САПР : навч. посіб., Харків, ХДУХТ, 2017. 120 с. URL : <http://elib.hduht.edu.ua/jspui/handle/123456789/2819> (дата звернення: 24.01.2021).
6. Райковська Г.О., Соловійов А.В., Мельник О.Л. Парадигма підготовки бакалаврів з механічної інженерії при наскрізному моделюванні у сучасних машинобудівних САПР. *Науковий вісник Ужгородського*



університету. *Педагогіка. Соціальна робота*. 2018. № 1(42). С. 199–207.

7. Соколовський Я.І., Борецька І.Б., Рожак П.І. Використання SolidWorks/ solidworks simulation/ soliworks motion для підготовки фахівців. *Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі*. 2014. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/xmlui/handle/ntb/38140> (дата звернення: 24.01.2021).

8. Парфенюк О.В., Козяр М.М. Формування комп'ютерної компетентності здобувача вищої освіти технічних спеціальностей засобами інформаційно-комунікаційних технологій навчання під час вивчення графічних дисциплін. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*, VII (78), Issue: 196, 2019. С. 28–32. URL : www.seanewdim.com (дата звернення: 24.01.2021).

9. Воронцов Д. . Использование модуля SolidWorks Motion при изучении дисциплины «Теория механизмов и машин». 2019: URL : http://ng.sibstrin.ru/brest_novosibirsk/2019/doc/014.pdf (дата звернення: 24.01.2021).

10. Бойко В.А. Комп'ютерне геометричне моделювання у професійній проектноконструкторській діяльності. *Молодь і ринок: щоміс. наук.-пед. журн., Дрогобич*. 2016. № 3. С. 145–150.

11. Райковська Г.О., Головня В.Д., Шостачук А.М. Геометрическое моделирование механизмов машин в профессиональной подготовке студентов инженерных специальностей. *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем* : матеріали І Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції, Рівне. 2019. С. 196–198

12. Головня В.Д. Развитие конструкторско-технологических способностей студентов в процессе обучения компьютерного конструирования та моделювання у вищих технічних навчальних закладах : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Рівне, 2015. 304 с.

13. Дорошенко Ю.О. Структура, зміст і дидактичне забезпечення дисципліни «Комп'ютерна графіка» для технічних ВНЗ. *Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах*. 2007. № 4(10). С. 76–79.

14. Райковська Г.О., Соловійов А.В. Система автоматизованого проектування в графічній підготовці. *Науковий вісник Ужгородського університету. Педагогіка. Соціальна робота*. Ужгород. 2019. № 1(44). С. 149–153.

15. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. Учебное пособие. Москва : КУРС: ИНФРА-М, 2016. 400 с.

16. Сліпчук А.М. Перспективи розвитку CAE-систем. *Наукові нотатки*. 2015. Вип. 48, С. 216–219 URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2015_48_41 (дата звернення: 24.01.2021).

17. Стенін О.А., Лапковський С.В., Солдатова М.О. Використання сучасних CAD/CAM/CAE/PLM-систем при кризовому паралельному циклі підготовки виробництва. *Адаптивні системи автоматичного управління : міжвідомчий науково-технічний збірник*. 2010. № 17(37). С. 109–117. URL : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6920> (дата звернення: 24.01.2021).

18. Райковська Г.О., Соловійов А.В. Особливості використання CAE-систем у навчальному процесі майбутніх бакалаврів з механічної інженерії. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2017. Випуск 2(41). С. 216–218.

REFERENCES

1. Boliubash N. M. (2019). Formuvanniapedahohichnoi kompetentnosti mahistrantiv IT-spetsialnosti zasobamy osvitynikh informatsiinykh tekhnolohii [Formation of masters' of it-specialties pedagogical competency by means of educational information technologies]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*. T. 71, № 3. S. 70-91. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2019_71_3_8 (data zvernennia: 24.01.2021) [in Ukrainian].

2. Boichuk V. M., Horbatiuk R. M., Kucher S. L. (2019) Metodyka zastosuvannia informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii u pidhotovtsi do proektnoi diialnosti maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia [Methods of using information and communication technologies in preparing future craft and technology teachers for project activities]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*. T. 71, № 3. S. 137-153. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2019_71_3_12 (data zvernennia: 24.01.2021) [in Ukrainian].

3. Horbatiuk R. M. (2008) Osnovni zasady hrafichnoi pidhotovky maibutnikh inzheneriv-pedahohiv [Basic principles of graphic preparation of future engineers-teachers]. *Zbirnyk naukovykh prats «Pedahohichni nauky»*. № 47. URL: <https://ps.journal.kspu.edu/index.php/ps/article/view/1800/1630> (data zvernennia: 24.01.2021) [in Ukrainian].

4. Iurchyshyn I. I., Orhanista T. Yu. Model kompleksnoi avtomatyzatsii inzhenernoi pidhotovky vyrobnytstva DP «ZAVOD «POLIMER-ELEKTRON» [A complex automation model of engineering preparation production of SC "POLYMER-ELECTRON PLANT"]. *Lviv Polytechnic National University Institutional Repository*. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/17187/1/28-Yurchyshyn-117-120.pdf> (data zvernennia: 24.01.2021) [in Ukrainian].

5. Saienko S. Yu., Nechyporenko I. V. (2017) Osnovy SAPR [Basics of CAD]: navch. posib. Kharkiv, KhDUKht, 120 s. URL: <http://elib.hduht.edu.ua/jspui/handle/123456789/2819> (data zvernennia: 24.01.2021) [in Ukrainian].

6. Raikovska H. O., Soloviov A. V., Melnyk O.L. (2018) Paradyhma pidhotovky bakalavriv z mekhanichnoi inzhenerii pry naskriznomu modeliuванні u suchasnykh mashynobudivnykh SAPR [The paradigm of training bachelors in mechanical engineering using plm-technologies of CAD softwar]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Pedahohika. Sotsialna robota*. № 1(42). S. 199-207 [in Ukrainian].

7. Sokolovskiy Ya. I., Boretska I. B., Rozhak P.I. (2014) Vykorystannia SolidWorks/ solidworks simulation/ soliworks motion dlia pidhotovky fakhivtsiv [Usage of SolidWorks/ solidworks simulation/ soliworks motion for preparation of specialists]. *Innovatsiini kompiuterni tekhnolohii u vyshchii shkoli*. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/xmlui/handle/ntb/38140> (data zvernennia: 24.01.2021) [in Ukrainian].

8. Parfeniuk O. V., Koziar M. M. (2019) Formuvannia kompiuternoi kompetentnosti zdobuvacha vyshchoi osvity tekhnichnykh spetsialnosti zasobamy informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii navchannia pid chas vyvchennia hrafichnykh dystsyplin [Formation of computer competency of higher education of technical specialties by means of information and communication technologies of



education at the time of study of graphical disciplines]. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*. VII (78), Issue: 196, С. 28-32. URL: www.seanewdim.com (data zvernennia: 24.01.2021)

9. Vorontsov D. S. (2019) Yspolzovanye modulia SolidWorks Motion pry yzuchenyy dystsyplyny «Teoriya mekhanizmov y mashyn» [Using the SolidWorks Motion module during studying the discipline "Theory of Mechanisms and Machines"]: URL http://ng.sibstrin.ru/brest_novosibirsk/2019/doc/014.pdf (data zvernennia: 24.01.2021) [in Ukrainian].

10. Boiko V. A. (2016) Kompiuterne heometrychne modeliuvannia u profesiinii proektnokonstruktorskii diialnosti [Computer geometric modeling in professional design]. *Molod i rynek: shchomis. nauk.-ped. zhurn., Drohobych*. № 3. S.145-150 [in Ukrainian].

11. Raikovska H. O., Holovnia V. D., Shostachuk A. M. (2019) Heometrycheskoe modelyrovanye mekhanizmov mashyn v professyonalnoi podhotovke studentov ynzhenerykh spetsyalnosti [Geometric modeling of machine mechanisms in the professional preparation of engineering students]. *Innovatsiini tekhnologii rozvytku mashynobuduvannia ta efektyvnoho funktsionuvannia transportnykh system : materialy I Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi internet-konferentsii, Rivne*. S. 196-198 [in Ukrainian].

12. Holovnia V. D. (2015) Rozvytok konstruktorsko-tekhnologichnykh zdibnosti studentiv u protsesi navchannia kompiuternoho konstruiuvannia ta modeliuvannia u vyshchykh tekhnichnykh navchalnykh zakladakh [Development of designing and technological skills of students during studying computer design and modeling in higher technical educational institutions]: dys. ... kand. ped. nauk : 13.00.04. Rivne. 304 s. [in Ukrainian].

13. Doroshenko Yu. O. (2007) Struktura, zmist i dydaktychne zabezpechennia dystsypliny «Kompiuterna hrafika» dlia tekhnichnykh VNZ [Structure, content and

didactic support of the discipline "Computer Graphics" for technical universities]. *Informatyka ta informatsiini tekhnologii v navchalnykh zakladakh*. № 4(10). S. 76-79 [in Ukrainian]

14. Raikovska H. O., Soloviov A. V. (2019) Systema avtomatyzovanoho proektuvannia v hrafichnii pidhotovtsi [CAD in graphic training]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Pedagogika. Sotsialna robota*. Uzhhorod. № 1(44), S. 149-153. [in Ukrainian].

15. Holovanov N. N. (2016). Heometrycheskoe modelyrovanye. Uchebnoe posobyie [Geometric modeling]. – M.: KURS: YNFRA-M.– 400 s. [in Russian].

16. Slipchuk A. M. (2015) Perspektyvy rozvytku CAE-system [Development of CAE-systems in the future]. *Naukovi notatky*. Vyp. 48, S. 216-219 URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2015_48_41 (data zvernennia: 24.01.2021) [in Ukrainian].

17. Stenin O. A., Lapkovskiy S. V., Soldatova M. O. (2010) Vykorystannia suchasnykh CAD/CAM/CAE/PLM-system pry kriznomu paralelnomu tsykli pidhotovky vyrobnytstva [Use of modern CAD/CAM/CAE/PLM-systems with a through parallel cycle of engineering]. *Adaptyvni systemy avtomatychnoho upravlinnia : mizhvidomchyi naukovotekhnichniy zbirnyk*. № 17(37). S. 109–117 URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6920> (data zvernennia: 24.01.2021). [in Ukrainian].

18. Raikovska H. O., Soloviov A. V. (2017) Osoblyvosti vykorystannia CAE-system u navchalnomu protsesi maibutnykh bakalavriv z mekhanichnoi inzhenerii [Peculiarities of using CAE systems in the educational process of future bachelors on mechanical engineering]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya: «Pedagogika. Sotsialna robota»*. Vypusk 2 (41). S. 216-218 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 02.02.2021.

The article was received 02 February 2021.