

НАСКРІЗНА КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА СПЕЦІАЛІСТІВ ТА МАГІСТРІВ НА КАФЕДРІ КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНОГО ІНСТИТУТУ НТУУ "КПІ"

© Струтинський В.Б., Гейчук В.М. 2013

Проаналізовані останні дослідження у галузі науково-методологічних основ та підходів до формування технічних знань, теоретико-методологічних проблем підготовки фахівців конструкторського напрямку та інноваційних методик їх навчання та зіставлені сучасні вимоги до професійних компетенцій випускників в області техніки і технології і завдання соціально економічного розвитку країни. Ґрунтуючись на результатах аналізу, виявлені основні завдання з підготовки фахівців проектно-конструкторського напрямку та окреслені шляхи виконання виявлених завдань під час підготовки фахівців конструкторського напрямку, зокрема, спеціальності "Металорізальні верстати та системи".

Ключові слова: конструктор, компетенція, підготовка, методика, інновація, металорізальний верстат, інформаційні технології, САПР.

This paper analyzes the recent research in the field of scientific - methodological approaches and approaches to the formation of technical knowledge, theoretical - methodological problems of training design directions and innovative methods of teaching and compared modern requirements for professional competence of graduates in engineering and technology and the problem of socio - economic development countries. Based on the results of the analysis identified the main task of training design - design trends and the ways to solve the identified problems in the training design direction, particularly specialty " Metal-cutting machines and systems."

Key words: designer, competence, training, technique, innovation, cutting machine, information technology, CAD/CAE.

Вступ. Головним напрямком економічної стабілізації в Україні є забезпечення високого рівня конкурентоспроможності вітчизняних товарів на зовнішньому і внутрішньому ринках. Саме від фахівців проектно-конструкторського напрямку залежить рівень конкурентоспроможності товарів. Це актуалізує підготовку конструкторів як творчих фахівців, які уміють приймати рішення у нестандартних ситуаціях, на практиці здатних забезпечити застосування досягнення науки і техніки, а отже, швидко адаптуватися до умов розвитку економіки.

Аналіз останніх досліджень. На вищу освіту покладаються завдання орієнтуватися на запити ринку праці і відповідати їм, аналізувати, прогнозувати, відповідно до умов часу готувати висококваліфікованих фахівців, передбачити динаміку змін на ринку робочої сили тощо. Проблема розвитку проектно-конструкторських компетенцій випускників технічних профілів, зокрема конструкторського напрямку, полягає, з одного боку, у виявленні складу і змісту цих компетенцій, що задовольняють вимоги сучасного ринку праці [1], і з іншого, – в пошуку організаційно-педагогічних умов, спрямованих на формування виявлених компетенцій [2].

Зіставлення сучасних вимог до професійних компетенцій випускників в області техніки і технології з актуальними викликами і завданнями соціально економічного розвитку країни дають

зможу виділити такі основні чинники, що впливають на ефективність підготовки фахівців проектно-конструкторського напрямку [3, 4]:

- підходи до організації навколишнього процесу, що дають змогу студентам швидко освоювати нові види діяльності, нові виробничі технології, адаптуватися до технологічних змін виробництва і суспільства;
- цілі навчання, що відповідають сучасному стану розвитку науки, техніки і технологій;
- зміст професійної освіти, що сприяє ефективному формуванню проектно-конструкторських компетенцій;
- результати навчання, що діагностуються через відповідну систему оцінки сформованості проектно-конструкторських компетенцій;
- система підвищення кваліфікації викладачів, орієнтована на розширення професійних можливостей науково-педагогічних кадрів з використання в навчальному процесі технологій продуктивного навчання.

Успішність майбутньої проектно-конструкторської діяльності як ключової складової професійної діяльності майбутніх конструкторів залежить від виконання багатьох зовнішніх і внутрішніх умов і чинників, що дають змогу фахівцеві грамотно і відповідально виконувати нестандартні завдання в області проектування і конструювання. До зовнішніх умов підготовки до проектно-конструкторської діяльності можна зарахувати наявність відповідного науково-освітнього середовища у ВНЗ [6, 7]: матеріально-технічної бази, соціального середовища, організаційно-економічних механізмів стимулювання інновацій в освітній галузі тощо. До внутрішніх умов – ключові компетенції випускника, надбані ним у процесі навчання як результат власної проектно-конструкторської діяльності.

Мета роботи – спробувати виявити основні завдання з підготовки фахівців проектно-конструкторського напрямку на основі зіставлення сучасних вимог до професійних компетенцій випускників в області техніки і технології і з завданнями соціально-економічного розвитку країни та окреслення шляхів виконання виявлених завдань під час підготовки фахівців конструкторського напрямку, зокрема спеціальності “Металорізальні верстати та системи”.

Ґрунтуючись на результатах аналізу останніх досліджень [1–7] в галузі науково-методологічних основ та підходів до формування технічних знань, теоретико-методологічних проблем підготовки фахівців конструкторського напрямку та інноваційних методик їх навчання, вважаємо, що основними завданнями у підготовці фахівців проектно-конструкторського напрямку є:

- навчання студентів методології раціонального і ефективного здобуття і використання знань;
- вдосконалення і пошук нових форм інтеграції системи вищої освіти з наукою і виробничою діяльністю;
- виявлення здібностей студентів, розвиток їх творчого потенціалу;
- підвищення навичок творчої діяльності студентів;
- участь студентів у реальних розробках і технічній творчості;
- освоєння сучасних технологій в галузі науки, техніки і виробництва;
- вдосконалення методології конструкторської підготовки фахівців на основі наскрізного використання сучасних інформаційних технологій;
- інтеграція у навчальному процесі сучасних інформаційних технологій для чисельного моделювання процесів у верстатах;
- реалізація концепції нової методології навчання студентів з інтеграцією в навчальному процесі сучасних інформаційних технологій і вивчення конструкцій верстатів з використанням їх натурних макетів.

Особливість цієї підготовки:

- сучасність освіти (наскрізне використання інформаційних технологій в єдиному інформаційному просторі);
- зниження рутинної складової конструкторської підготовки, володіння методами оптимізації;
- комплексність цих проблем на якісно новому рівні з інтегрованим використанням CAD/ CAE/CAM/PDM-пакетів.

Як відомо, в освітній галузі України із забезпеченням зовнішніх умов, які б стимулювали виконання зазначених зовнішніх та внутрішніх умов, склалось незадовільне становище. Зокрема, це стосується матеріально-технічної бази підготовки конструкторів спеціальності “Металорізальні верстати та системи”: відсутність сучасних металорізальних верстатів, роботів та систем управління, комп’ютерів (робочих станцій) та програмного забезпечення (CAD/CAE/CAM/PDM-пакетів). Але і в цих умовах на кафедрі конструювання верстатів та машин Механіко-машинобудівного інституту НТУУ “КПІ” робиться все, щоб виконати зазначені завдання з підготовки фахівців конструкторського напрямку.

Серед навчальних дисциплін, які викладаються студентам конструкторського напрямку кафедри, є такі: “Комп’ютерне проектування”, “САПР верстатів та машин”, “САПР верстатів” та “Системи комп’ютерного проектування верстатів”.

Основною CAD/CAE-системою, яка використовується у зазначених курсах, є Inventor Professional фірми Autodesk, США. Широкі можливості моделювання деталей та великих складань, інженерних розрахунків, технічної документації, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, доступність ліцензій для навчальних закладів стали основними аргументами її впровадження в навчальний процес кафедри конструкторського напрямку. Основні можливості модулів Inventor (“Деталь”, “Листовий матеріал”, “Складання”, “Зварна конструкція”, “Креслення”, “Майстер проектування”, “Презентації”, “Аналіз напружень” та “Динамічне моделювання”) використовуються для наскрізної конструкторської підготовки магістрів. Разом з Autodesk Inventor Professional як інструменти для реалізації математичних моделей, які розробляються дипломниками-спеціалістами та магістрантами, використовуються математичні пакети Mathcad, Matlab та пакет лабораторних досліджень, вимірювань та збору даних LabView.

Базова комп’ютерна підготовка фахівців конструкторського напрямку проводиться у курсі “Інформатика”. У ньому ж студенти отримують базові навички роботи з пакетами Mathcad, Matlab та LabView.

У невеликому розділі “Комп’ютерний практикум застосування CAD/CAE-систем під час проектування та розрахунку деталей машин” курсу “Деталі машин” студенти третього курсу знайомляться з основними можливостями модулів “Майстра проектування” та “Аналіз напружень” Inventor. Ці модулі використовуються для розрахунку та створення твердотільних моделей передач та деталей, що входять до складу механізмів згідно з індивідуальними завданнями до курсового проекту. Типовими передачами та деталями є зубчасті передачі та вали, що входять до складу редукторів (рис. 1, а).

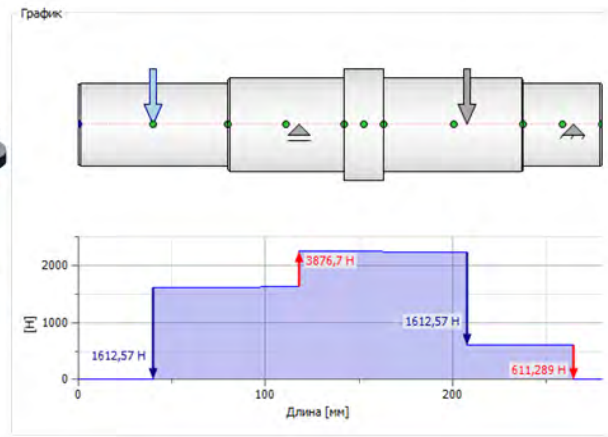
За створенням під час виконання курсового проекту компонованням приводу студенти за допомогою “Генератора валів” та одного із генераторів зубчастих передач (“Циліндричне зубчасте зачеплення”, “Конічне зубчасте зачеплення”, “Черв’ячна передача”) створюють модель одного із валів приводу та одну із зубчастих передач і виконують їхній проектний розрахунок засобами названих модулів (рис. 1, б). Після цього визначається напружено-деформований стан деталі в модулі “Аналіз напружень”. За результатами роботи під час виконання комп’ютерного практикуму оформляється лист-плакат як частина графічної частини курсового проекту та розділ пояснювальної записки.

Грунтовне вивчення базових можливостей Inventor (модулів “Деталь”, “Листовий матеріал”, “Складання”, “Презентації” та “Креслення”) починається у курсі для бакалаврів “Комп’ютерне проектування”.

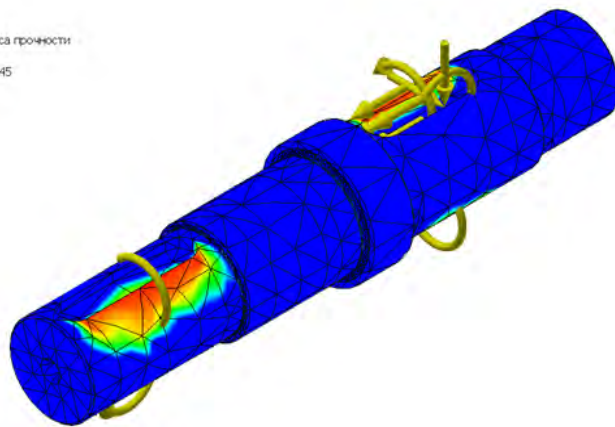
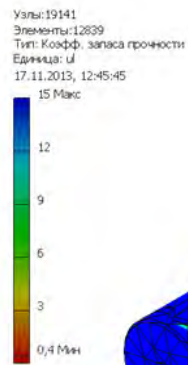
Як типові індивідуальні завдання з лабораторних робіт до курсу студентам надається шпindelний вузол металорізального верстата певного типу (рис. 2, а) або ж індивідуальне завдання за майбутнім бакалаврським проектом (рис. 2, б). Під час виконання лабораторних робіт студенти вивчають основні можливості модулів “Деталь”, “Листовий матеріал”, “Складання”, “Презентації” та “Креслення”. Тобто деталі, складання, презентації без виконання проектних та перевірових розрахунків, але з дотриманням вимог стандартів та нормалей щодо виконання елементів деталей призначають допуски, які стосуються вузлів та деталей загальномашинобудівного призначення. При цьому “Майстром проектування” користуватись забороняється: всі деталі, крім стандартних, виконуються “в ручному режимі”. Потім студенти створюють складальні моделі вузлів та робочі креслення кількох їх найскладніших деталей, зокрема, шпінделя.



а

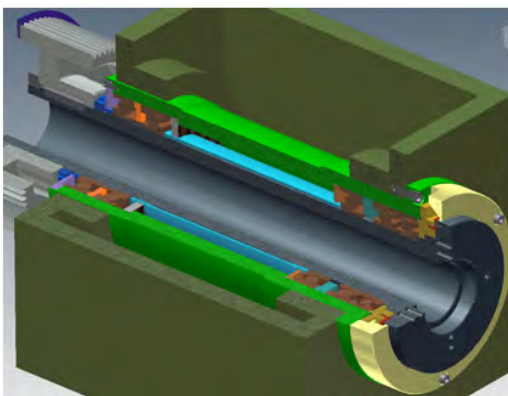


б

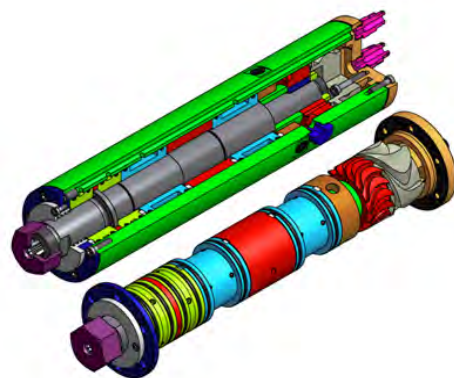


в

Рис. 1. Фрагменти результатів виконання комп'ютерного практикуму з курсу “Деталі машин”: а – типове завдання; б – розрахунок вала в генераторі валів; в – розрахунок вала в модулі “Аналіз напружень”



а



б

Рис. 2. Приклад завдання з курсів “Комп’ютерне проектування” та “САПР верстатів та машин”: а – типове завдання – шпиндельний вузол токарного верстата; б – завдання за бакалаврським проектом – шпиндель

Далі в курсі для бакалаврів “САПР верстатів та машин” за поглибленого вивчення системи використовується модуль “Зварна конструкція” та можливості модулів “Деталь”, “Складання” та

“Майстер проектування” для створення параметричних рядів елементів деталей, деталей та складальних моделей вузлів. Під час виконання лабораторних робіт студенти повинні створити розрахункові схеми вузлів, за допомогою одного з математичних пакетів (Mathcad або Matlab) розрахувати режими та сили різання. Створення моделей передач та з’єднань і їх розрахунок виконується виключно за допомогою генераторів та калькуляторів “Майстра проектування”. За розрахованими навантаженнями виконується розрахунок напружено-деформованого стану деталей вузлів у модулі “Аналіз напружень” і коригуються розміри та конструктивні параметри вузла.

Після цього студенти коригують робочі креслення вузлів та деталей з врахуванням вимог, які висуваються до вузлів та деталей металорізальних верстатів.

У курсах для фахівців та магістрів “САПР верстатів” та “Системи комп’ютерного проектування верстатів” студенти вивчають основні можливості модуля “Аналіз напружень” під час застосування його до складальних моделей і застосовують для розрахунку напружено-деформованого стану вузлів металорізальних верстатів.

Переважна більшість розробок у межах курсового проекту з курсу “Металорізальні верстати”, дипломних проектів бакалаврів та спеціалістів і магістерські дисертації є реальними і використовуються під час виконання науково-дослідної тематики кафедри. Наприклад, на рис. 3 зображені результати розрахунку шпindelного блока роторної головки, спроектованого студентом 4 курсу Костецьким Андрієм стенда для магнітно-абразивного оброблення осьового та кінцевого інструменту (керівник В.М. Гейчук). Кілька ітерацій розрахунків допомогли виявити слабкі місця конструкції і забезпечити достатній запас міцності конструкції роторної головки. У межах виконання бакалаврського дипломного проекту розроблено і проаналізовано багато конструкцій швидкохідного шпindelного вузла на аеростатичних опорах для верстата паралельної кінематики. Із альтернативних варіантів вибрані два найраціональніші, які виконані студентами четвертого курсу Комковим Антоном та Артеменком Олексієм (керівник В.Б. Струтинський). Варіанти із турбінним приводом шпинделя (автор А. Комков) має компактну термічно збалансовану конструкцію (рис. 2, б).

У курсах “САПР верстатів” та “Системи комп’ютерного проектування верстатів” студенти також освоюють можливості модуля “Динамічне моделювання” для статичного та динамічного аналізів складальних моделей вузлів верстатів. Як було зазначено, за видачі індивідуальних завдань з лабораторних робіт викладачі орієнтуються переважно на завдання студентів з їх дипломних проектів та магістерських дисертацій.

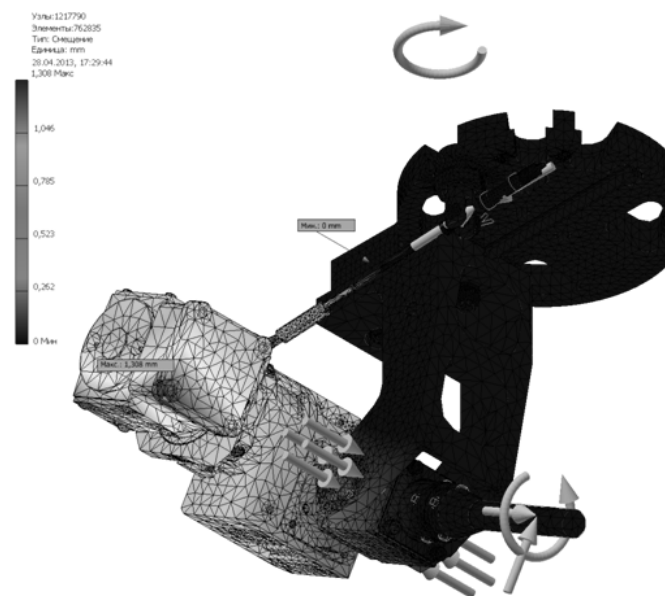


Рис. 3. Фрагмент результатів виконання лабораторних робіт з курсу “САПР верстатів” та “Системи комп’ютерного проектування верстатів”: аналіз напружено-деформованого стану вузла

Прикладом застосування модуля “Динамічне моделювання” є аналіз динаміки механізму колювання роторного верстата для магнітно-абразивного оброблення лопатей ГТД у кільцевій ванні (рис. 4) [8], виконаний магістрантом Живолупом Олександром (керівник В.М. Гейчук).

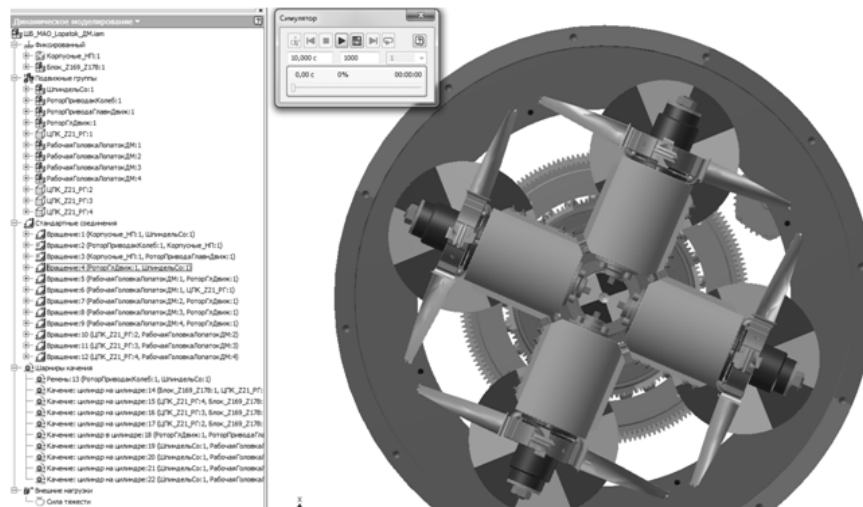


Рис. 4. Модель роторної головки для оброблення лопатей ГТД, що підготовлена для динамічного аналізу у курсах “САПР верстатів” та “Системи комп’ютерного проектування верстатів”

Фахівець у галузі металорізальних верстатів повинен чітко ставити завдання аналізу напружено-деформованого стану основних вузлів і деталей верстатів. Тому під час підготовки магістрів велику увагу приділено коректній постановці крайових умов під час розрахунку напружено-деформованого стану деталей та вузлів методом скінченних елементів. Прикладом є робота, виконана магістрантом Дем’яненкою Анатолієм (керівник В.Б. Струтинський).

Під дією випадкових сил різання відбуваються випадкові флуктуації опорних реакцій в передній і задній опорах шпинделя (рис. 5).

Зміни опорної реакції проявляються у виникненні стохастичних навантажень у вигляді головного вектора R_{Π} та головного моменту M_{Π} опори. Вони змінюються за величиною та напрямком і показані у вигляді відповідних діаграм. Істотним чинником є випадкові зміни та розподіл зусиль у шліцьовому з’єднанні шпинделя і привідної передачі.

Деформована система шпиндельного вузла є статично-невизначеною і кінематично-незбалансованою. Відповідно за деформації шпинделя необхідно враховувати зміну умов обпирання залежно від дії зовнішніх сил та виникнення додаткових навантажень, зумовлених кінематичними параметрами обертання шпинделя.

Динамічна система шпинделя має силові зв’язки з іншими підсистемами верстата. Кожний силовий зв’язок подано у вигляді еквівалентних головного вектора і головного моменту. Величина, напрямок дії та точка прикладання головного вектора є випадковими, напрямок і модуль головного моменту також є випадковими. Шпиндель верстата, навантажений динамічними змінними у часі, розподіленими по посадочних поверхнях шпинделя навантаженнями. Під дією цих чинників формується напружено-деформований стан шпинделя.

Проведено оцінку напружень і деформацій шпинделя як просторової деталі з розподіленою масою. Під час розрахунків використано метод кінцевих елементів, реалізований у програмному середовищі Inventor.

Для кожного набору випадкових силових чинників виконано розрахунок напружено-деформованого стану шпинделя [9].

Характерним набором силових чинників, що діють з боку патрона на фланець шпинделя, є група розподілених навантажень. Вони включають розподілені сили та розподілені крутні моменти. Типовий розрахунок напруженого стану шпинделя уможливорює виконати оцінку напружень в окремих точках шпинделя (рис. 6, а).

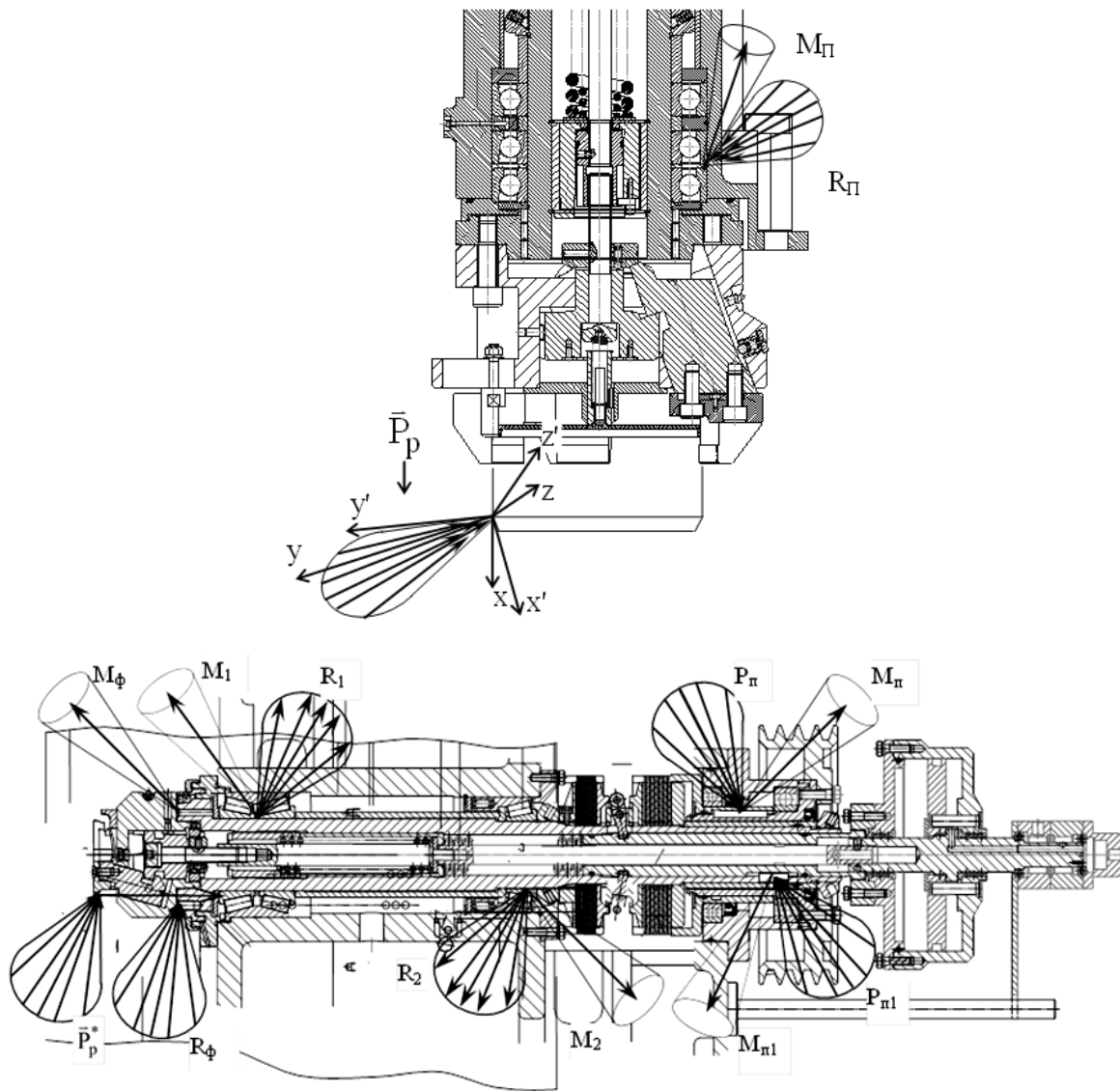


Рис. 5. Схема дії стохастичних силових чинників на шпиндельний вузол верстата

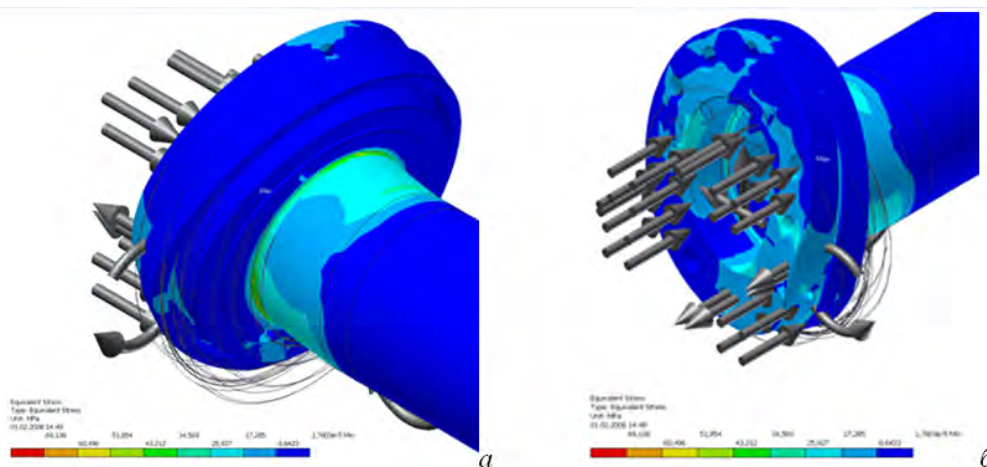


Рис. 6. Результати розрахунків деформованого стану шпинделя за гранично великої поперечно-кутової жорсткості передньої опори:
 а – еквівалентні напруження; б – графічне зображення інваріанта тензорного поля напружень

Одержані результати розрахунків порівняні із параметрами тензорного поля напружень іншого граничного варіанта – гранично малої кутової жорсткості передньої опори шпинделя (рис. 6, б).

Розроблені шпindelні вузли використані під час створення технологічного комплексу на основі верстата паралельної кінематики типу “гексапод” із мехатронною системою керування. Розроблено твердотільну модель верстата паралельної кінематики (рис. 7, а). Нерухома основа у вигляді просторової рами 1 слугує для встановлення карданних шарнірів 2, в яких розміщені приводи 3 штанг змінної довжини 4.

Для верстата розроблено конструкторську документацію. Вона включає усі основні вузли та приводи [10] (рис. 7, б). Приводи включають точні передачі гвинт-гайка із значними коефіцієнтами редукції. Штанга змінної довжини має гвинт 1, який взаємодіє із гайкою 2. Штанга закріплена на виконавчому органі у рухомому карданному підвісі. У ньому розміщено передачу гвинт-гайка 1, 2 та електропривід 3 з пасовою передачею 4, що використовує зубчастий ремінь.

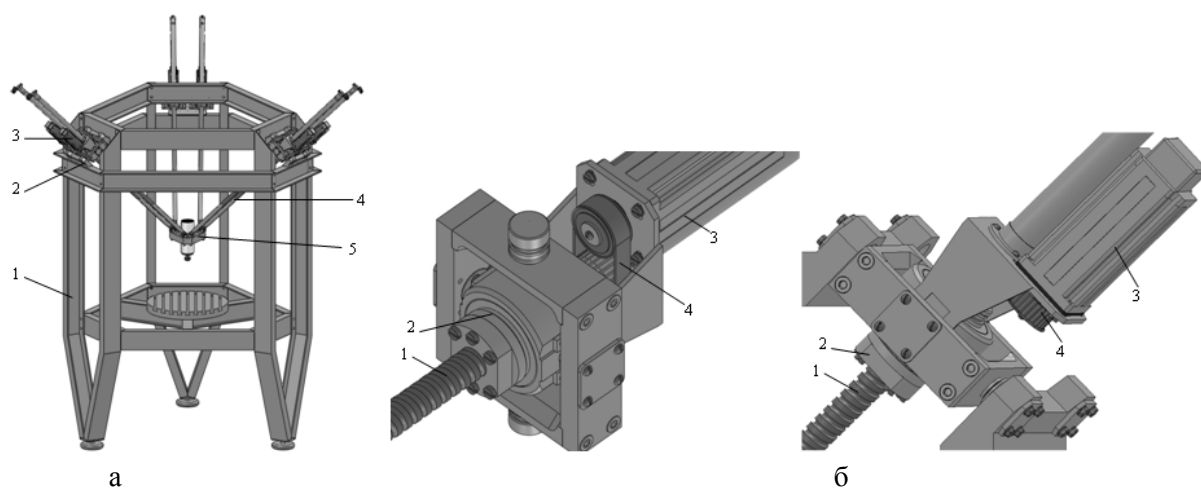


Рис. 7. Розроблений верстат паралельної кінематики типу “гексапод”:
а – складальна модель верстата; б – приводи верстата

Конструкторські розробки кафедри розроблені за участі студентів і реалізовані як дослідні зразки. Наведений вище технологічний комплекс використовується на кафедрі як науково-дослідне обладнання (рис. 8).

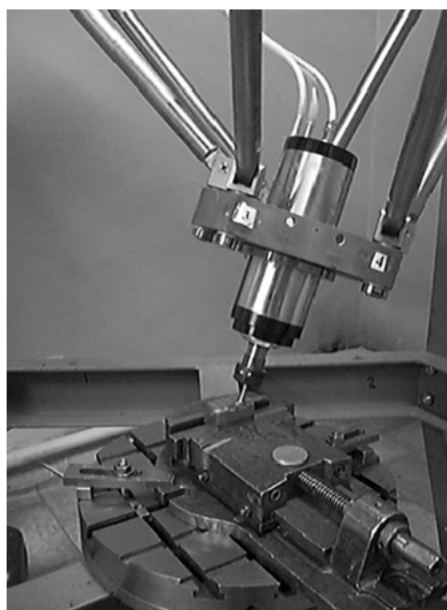


Рис. 8. Дослідний зразок верстата паралельної кінематики

Висновки. Застосування проектно-організованого навчання, яке реалізує компетентнісно-орієнтований підхід в освіті і за своєю сутністю націлене на формування ключових компетенцій, у поєднанні з наскрізним використанням CAD/CAE-систем дає можливість підготувати висококваліфікованих та творчих фахівців конструкторського напрямку.

1. Чучалин А.И. Уровни компетенций выпускников инженерных программ // Высшее образование в России. – 2009. – № 11. – С. 9–13. 2. Чучалин А.И. Опыт формирования профессиональных и универсальных компетенций выпускников инженерных программ в зарубежных вузах / А.И. Чучалин, М.Г. Минин, Е.С. Кулюкина // Высшее образование в России. – 2010. – № 10. – С. 105–116. 3. Вехтер Е.В. Теоретико-методологические аспекты проблемы формирования проектно-конструкторских компетенций у студентов технического профиля // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 354. – С. 167–171. 4. Вехтер Е.В., Сафьянников И.А. Условия и факторы, влияющие на эффективную подготовку студентов к проектно-конструкторской деятельности // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; www.science-education.ru/108-8954. 5. Торосян В.Ф. Проектно-конструкторская деятельность как составляющая профессиональной подготовки студентов “завода-вуза” / В.Ф. Торосян, Д.А. Чинахов // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 9. С.109–110. 6. Авраменко О.Б. Науково-методологічні основи формування технічних знань // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: зб. наук. пр. – Вип. 33. – Київ-Вінниця: ТОВ фірма “Планер”, 2012. – С.204–209. 7. Балякин А.В. Реализация методики подготовки специалистов на основе сквозного использования CAD/CAM/CAE-систем для авиационного двигателестроения / А.В. Балякин, А.И. Ермаков, Н.Д. Проничев, Л.А. Чемпинский // Вестник СГАУ. – 2011. – №3, Ч. 2. – С. 323–329. 8. Гейчук В.М. Створення роторних верстатів для магнітно-абразивного оброблення на основі синтезу кінематики процесу та модульного принципу // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. пр. – Краматорськ, 2012. – Вип. 30. – С. 127–136. 9. Дрозденко В.М. Науково-технічні проблеми верстатобудування та їх вирішення при розробці нової гами металорізальних верстатів Київського верстатобудівного заводу / В.М. Дрозденко, В.Е. Перфілов, П.О. Піддубний, В.О. Ципоренко, В.Б. Струтинський, О.В. Литвин, В.М. Гейчук, О.М. Кравець // Вісник Національного технічного університету України “КПІ” “Машинобудування”. – 2008. – Вип. 54. – С. 220–238. 10. Струтинський В.Б. Вплив гіроскопічних моментів на обертові деталі шпindelного вузла верстата паралельної кінематики / В.Б. Струтинський, О.Я. Юрчишин, В.А. Рудаков // Вісник НТУУ “КПІ”, серія “Машинобудування”. – 2012. – №66. – С.26–31.