

Струтинський В.Б., д.т.н., професор, Гейчук В.М., д.т.н., професор
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

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

© Струтинський В.Б., Гейчук В.М. 2013

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 ."

Keywords - designer, competence, training, technique, innovation, cutting machine, information technology, CAD/CAE

В роботі проаналізовані останні дослідження в галузі науково-методологічних основ та підходів до формування технічних знань, теоретико-методологічних проблем підготовки фахівців конструкторського напрямку та інноваційних методик їх навчання та співставлені сучасні вимоги до професійних компетенцій випускників в області техніки і технології і завдання соціально економічного розвитку країни. Базуючись на результатах аналізу виявлені основні завдання з підготовки фахівців проектно-конструкторського напрямку та окреслені шляхи вирішення виявлених завдань при підготовці фахівців конструкторського напрямку, зокрема спеціальності "Металорізальні верстати та системи".

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

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, що уміють приймати рішення в 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 вимогам сучасного ринку праці [1]. І з іншого боку, в пошуку організаційно-педагогічних умов, спрямованих на формування виявлених компетенцій [2].

Співставлення сучасних вимог до професійних компетенцій випускників в області техніки і технології з актуальними викликами і завданнями соціально економічного розвитку країни дозволяють виділити наступні основні чинники, що впливають на ефективність підготовки фахівців проектно-конструкторського напрямку [3, 4]:

- підходи до організації учбового процесу, що дозволяють 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 по використанню в учбовому процесі технологій продуктивного навчання.

Успішність майбутньої проектно-конструкторської діяльності, як ключової складової професійної діяльності майбутніх конструкторів, залежить від виконання ряду зовнішніх і внутрішніх умов і факторів, що дозволяють фахівцеві грамотно і відповідально вирішувати нестандартні завдання в області проектування і конструювання. До зовнішніх умов підготовки до проектно-конструкторської діяльності можна віднести наявність відповідної 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, придбані ним в процесі навчання, як результат власної проектно-конструкторської діяльності.

Метою даної роботи є спроба виявлення основних завдань з підготовки фахівців проектно-конструкторського напрямку на основі співставлення сучасних вимог до професійних компетенцій випускників в області техніки і технології і завданнями соціально економічного розвитку країни та окреслення шляхів вирішення виявлених задач при підготовці фахівців конструкторського напрямку, зокрема спеціальності "Металорізальні верстати та системи".

Базуючись 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 добування 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 в 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 в учбовому процесі сучасних інформаційних технологій для чисельного моделювання процесів в верстатах;
- реалізація концепції нової методології навчання студентів шляхом інтеграції в учбовому 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 даних проблем на якісно новому рівні з інтегрованим використанням CAD/CAE/CAM/PDM - пакетів.

Як відомо в освітній галузі України з 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 вирішити зазначені задачі з підготовки фахівців конструкторського напрямку.

Серед учбових 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 в зазначених курсах є Inventor Professional фірми Autodesk, США. Широкі можливості моделювання деталей та великих збірок, інженерних розрахунків, технічної документації, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, доступність ліцензій для учбових закладів стали основними аргументами її впровадження в учбовий процес кафедри конструкторського напрямку. Основні можливості модулів Inventor ("Деталь", "Листовий матеріал", "Збірка", "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 провадиться в курсі "Інформатика". В ньому ж студенти отримують базові навички роботи з пакетами Mathcad, Matlab та LabView.

В невеликому розділі "Комп'ютерний практикум застосування CAD/CAE систем при проектуванні 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 індивідуальних завдань до курсового проекту. Типовими передачами та деталями є зубчасті передачі та вали, що входять до складу редукторів (рис.1, а).

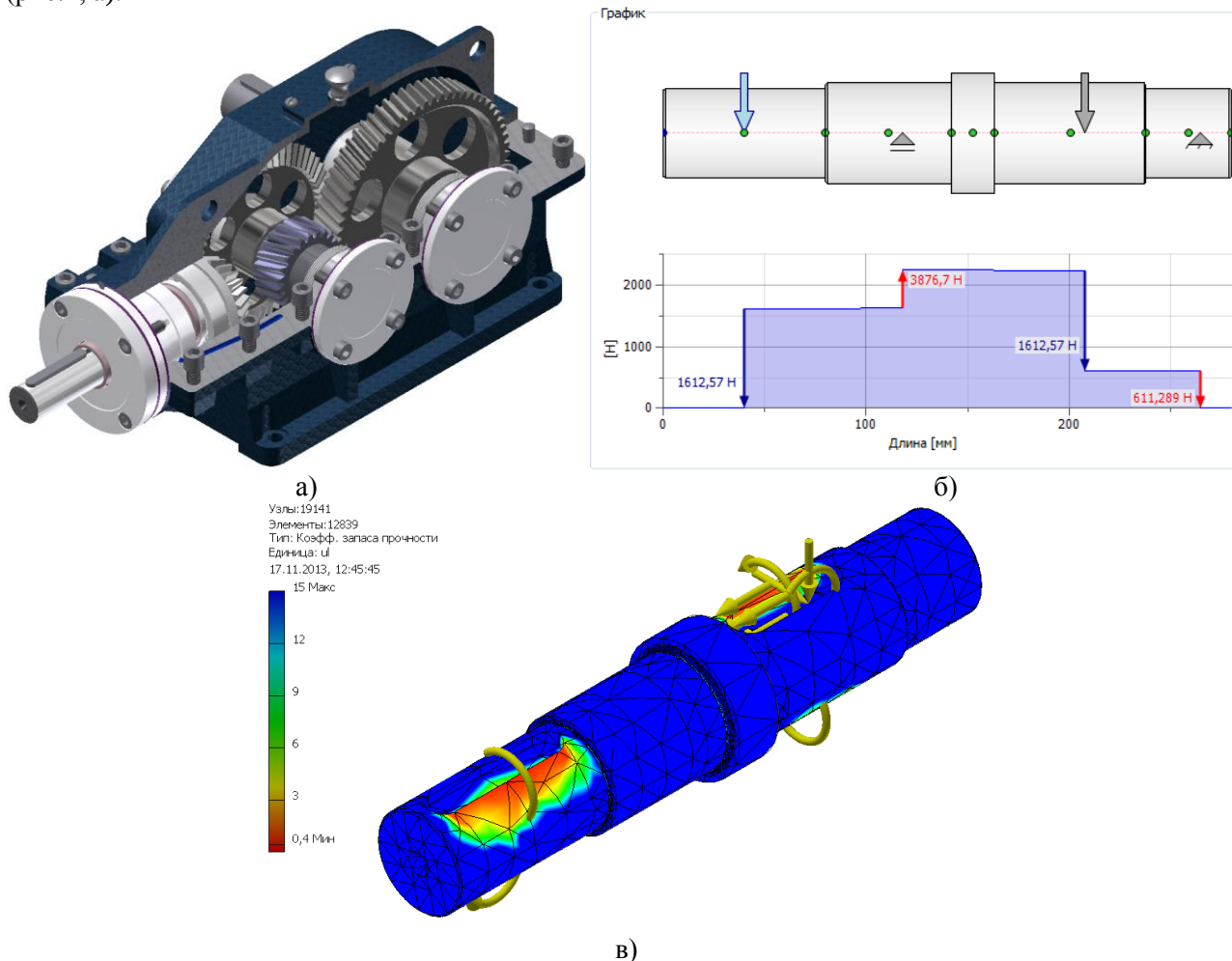


Рис. 1. Фрагменти результатів виконання комп'ютерного практикуму з курсу "Деталі машин": а) типове завдання; б) розрахунок валу в генераторі валів; в) розрахунок валу в модулі "Аналіз напружень"

За створеним в ході 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 їх 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 оформлюється лист-плакат, як частина графічної частини курсового проекту, та розділ пояснювальної записки.

Грунтовне вивчення базових можливостей Inventor (модулів "Деталь", "Листовий матеріал", "Збірка", "Презентації" та "Креслення") починається в курсі для бакалаврів "Комп'ютерне проектування".

В якості типових індивідуальних завдань з лабораторних робіт до курсу студентам надається шпиндельний вузол металорізального верстата певного типу (рис. 2, а) або ж індивідуальне завдання за майбутнім бакалаврським проектом (рис. 2, б). В ході виконання лабораторних робіт студенти вивчають основні можливості модулів "Деталь", "Листовий матеріал", "Збірка", "Презентації" та "Креслення". Тобто деталі, збірки, презентації без виконання проектних та перевірочних 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 їх кількох найскладніших деталей, зокрема шпинделя.

Далі в курсі для бакалаврів "САПР верстатів та машин" при поглибленому вивченні системи використовується модуль "Зварна конструкція" та можливості модулів "Деталь", "Збірка" та "Майстер проектування" для створення параметричних рядів елементів деталей, деталей та складальних моделей вузлів. При виконанні лабораторних робіт студенти повинні створити розрахункові схеми вузлів, з 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.

В курсах для фахівців та магістрів "САПР верстатів" та "Системи комп'ютерного проектування верстатів" студенти вивчають основні можливості модуля "Аналіз напружень" при застосуванні його до складальних моделей і застосовують для розрахунку напружено-деформованого стану вузлів металорізальних верстатів.

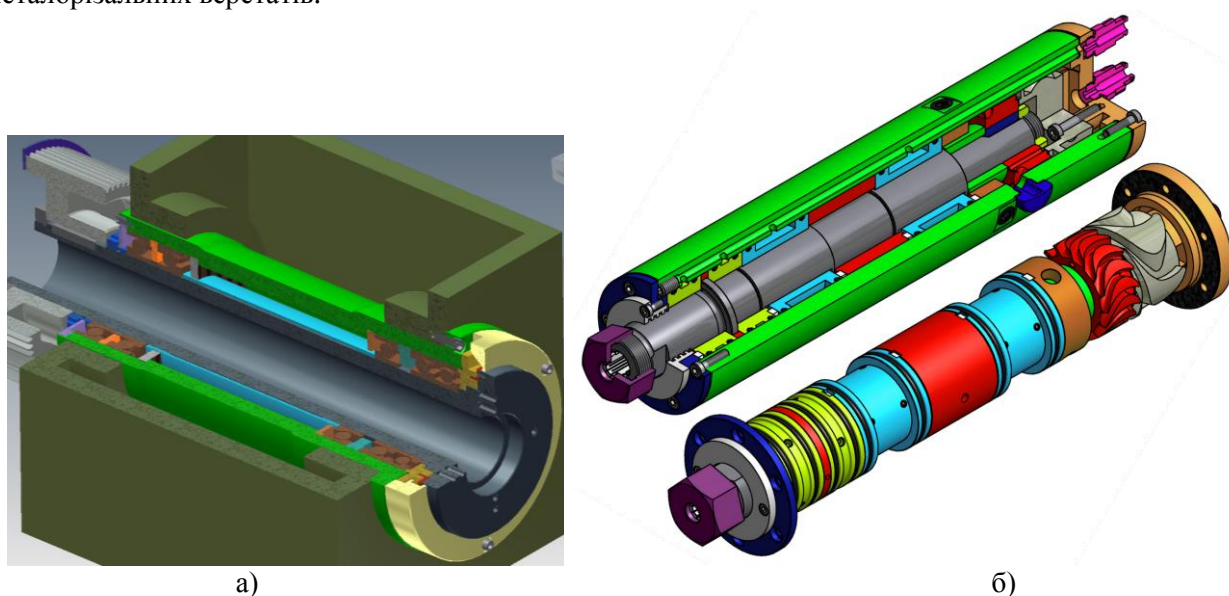


Рис. 2 Приклад завдання з курсів "Комп'ютерне проектування" та "САПР верстатів та машин": а) типове завдання – шпиндельний вузол токарного верстата; б) завдання за бакалаврським проектом – шпиндель

Переважає більшість розробок в рамках курсового проекту з курсу "Металорізальні верстати", дипломних проектів бакалаврів та спеціалістів і магістерські дисертації є реальними і використовуються при виконанні науково-дослідної тематики кафедри. Наприклад, на рис. 3 представлені результати розрахунку шпиндельного блоку роторної головки спроектованого студентом 4 курсу Костецьким Андрієм станку для магнітно-абразивної обробки осевого та

кінцевого інструменту (керівник Гейчук В.М.). Кілька ітерацій розрахунків допомогли виявити слабкі місця конструкції і забезпечити достатній запас міцності конструкції роторної головки. В рамках виконання бакалаврського дипломного проекту розроблено і проаналізовано ряд конструкцій швидкісного шпиндельного вузла на аеростатичних опорах для верстата паралельної кінематики. Із альтернативних варіантів вибрано два найбільш раціональних, які виконані студентами четвертого курсу Комковим Антоном та Артеменком Олексієм (керівник Струтинський В.Б.). Варіанти із турбінним приводом шпинделя (автор Комков А.) має компактну термічно збалансовану конструкцію (рис. 2, б).

В 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, при видачі індивідуальних завдань з лабораторних робіт викладачі орієнтуються переважно на завдання студентів з їх дипломних проектів та магістерських дисертацій.

Прикладом застосування модуля "Динамічне моделювання" є аналіз динаміки (рис. 4) механізму коливання роторного верстата для магнітно-абразивної обробки лопаток ГТД в кільцевій ванні [8], виконаний магістрантом Живолупом Олександром (керівник Гейчук В.М.).

Фахівець в галузі металорізальних верстатів повинен чітко ставити задачу аналізу напружено-деформованого стану основних вузлів і деталей верстатів. Тому при підготовці магістрів значну увагу приділено коректній поставці крайових умов при розрахунку напружено-деформованого стану деталей та вузлів методом скінченних елементів. Прикладом є робота виконана магістрантом Дем'яненкою Анатолієм (керівник Струтинський В.Б.).

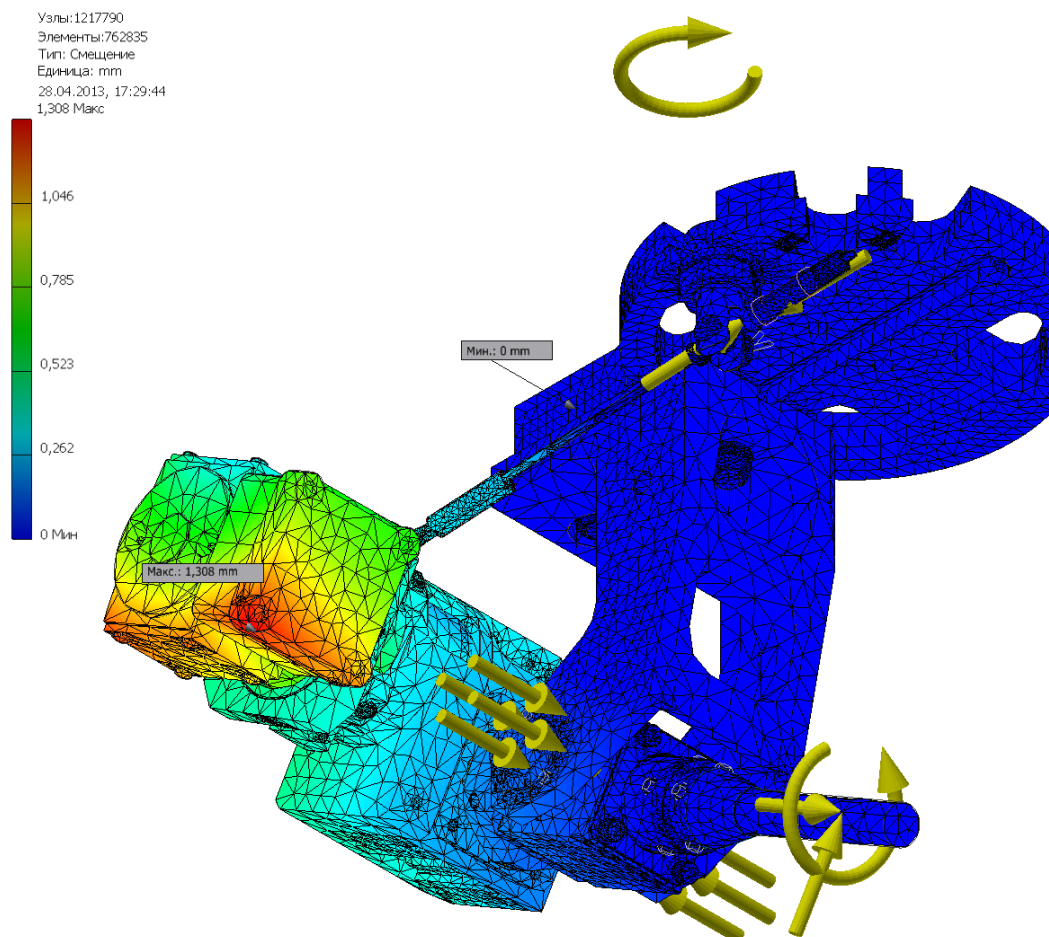


Рис. 3 Фрагмент результатів виконання лабораторних робіт з курсу "САПР верстатів" та "Системи комп'ютерного проектування верстатів": аналіз напружено-деформованого стану вузла

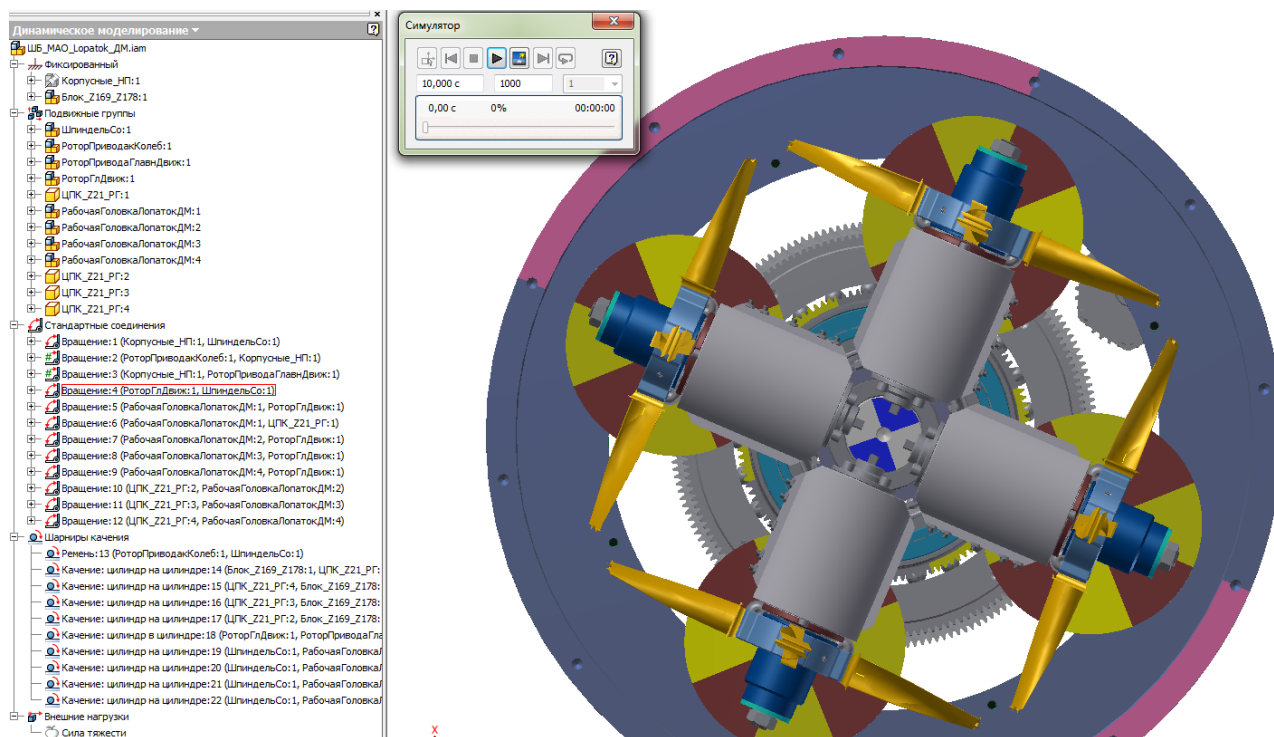


Рис. 4. Модель роторної головки для обробки лопаток ГТД, що підготовлена для динамічного аналізу в курсах "САПР верстатів" та "Системи комп'ютерного проектування верстатів"

Під дією випадкових сил різання мають місце 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_n та головного моменту M_n опори. Вони змінюються по величині та напрямку і показані у вигляді відповідних діаграм. Суттєвим фактором є випадкові зміни та розподіл зусиль в шліцьовому з'єднанні шпинделя і приводної передачі.

Деформована система шпиндельного вузла є статично-невизначеною і кінематично-незбалансованою. Відповідно при деформації шпинделя необхідно врахувати зміну умов обпирання в залежності від дії зовнішніх сил та виникнення додаткових навантажень обумовлених кінематичними параметрами обумовлених обертанням шпинделя.

Динамічна система шпинделя має силові зв'язки з іншими підсистемами верстата. Кожний силовий зв'язок поданий 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 випадковим. Шпиндель верстата, навантажений динамічними змінними в часі, розподіленими по посадочних поверхнях шпинделя навантаженнями. Під дією даних факторів формується напружено-деформований стан шпинделя.

Проведено оцінку напружень і деформацій шпинделя як просторової деталі з розподіленою масою. При розрахунках використано метод кінцевих елементів, реалізований в програмному середовищі Inventor.

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

Характерним набором силових факторів, 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 дає можливість виконати оцінку напружень в окремих точках шпинделя (рис. 6, а).

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

Розроблені шпиндельні вузли використані при створенні 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 служить для встановлення карданних шарнірів 2, в яких розміщені приводи 3 штанг змінної довжини 4.

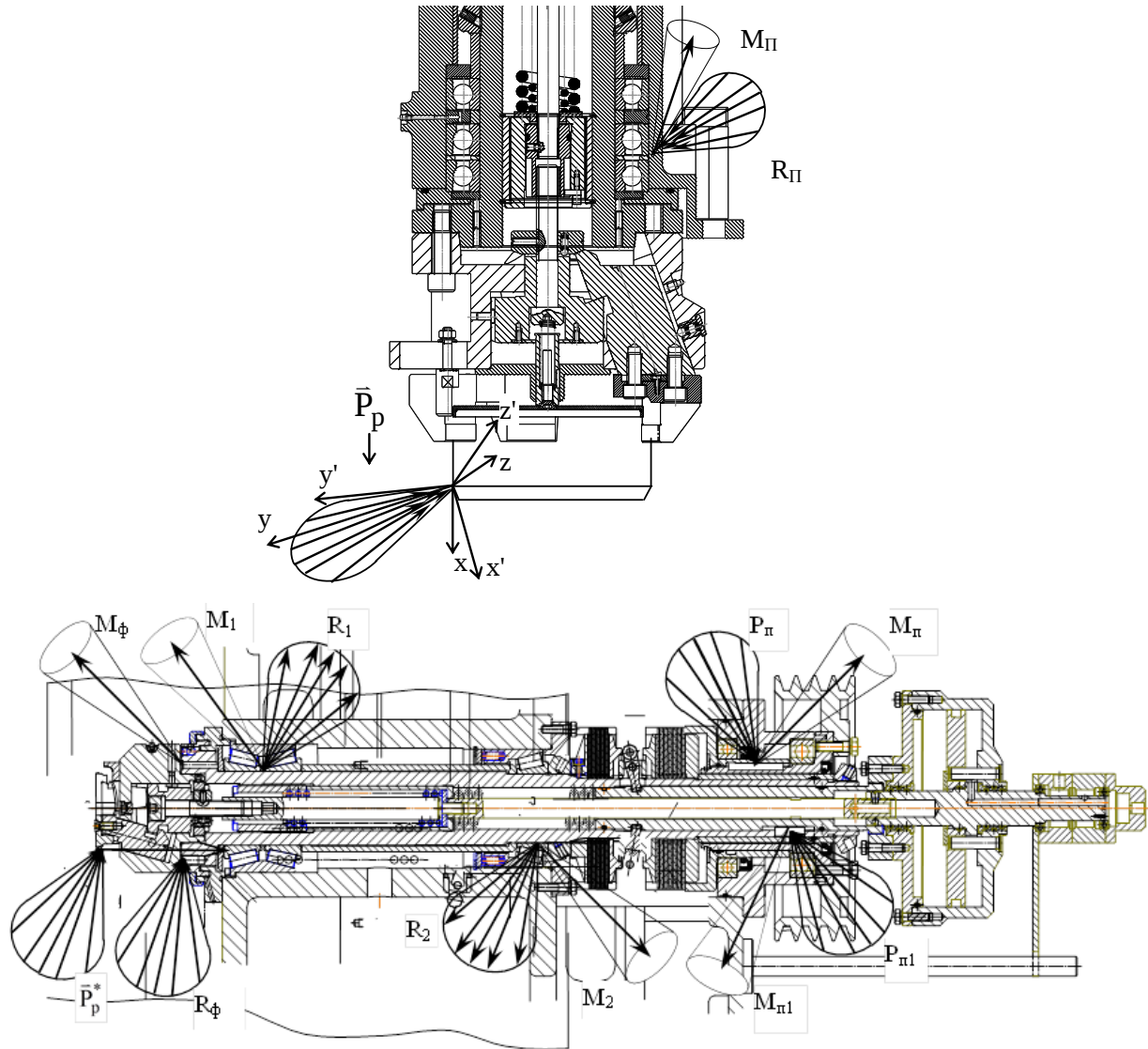


Рис. 5 Схема дії стохастичних силових факторів на шпиндельний вузол верстата

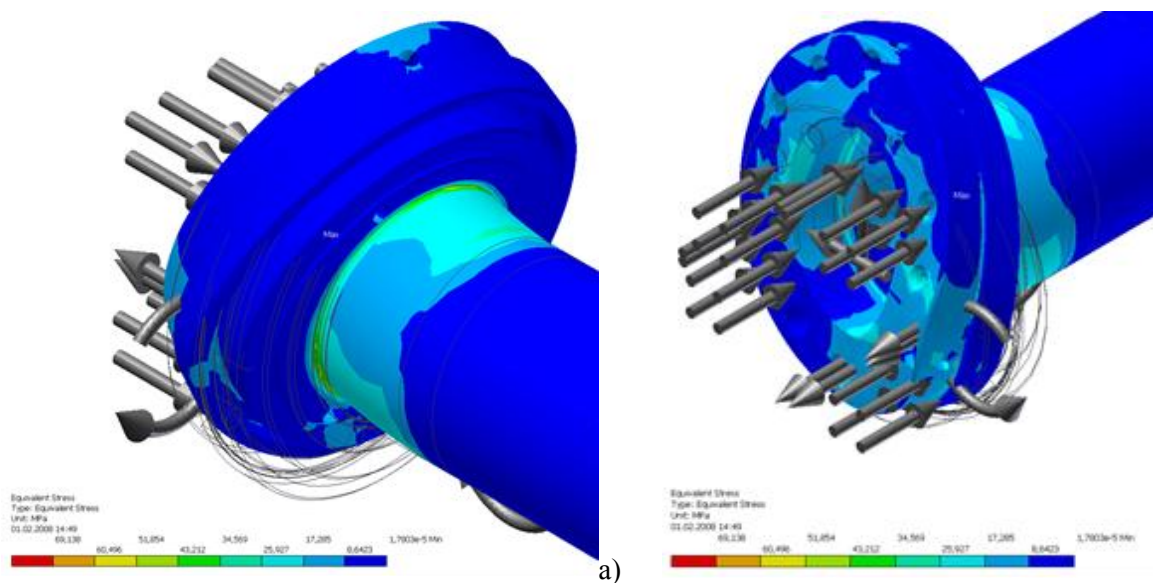


Рис. 6. Результати розрахунків деформованого стану шпинделя при гранично великій поперечно кутувій жорсткості передньої опори: а) еквівалентні напруження; б) графічне зображення інваріанта тензорного поля напружень

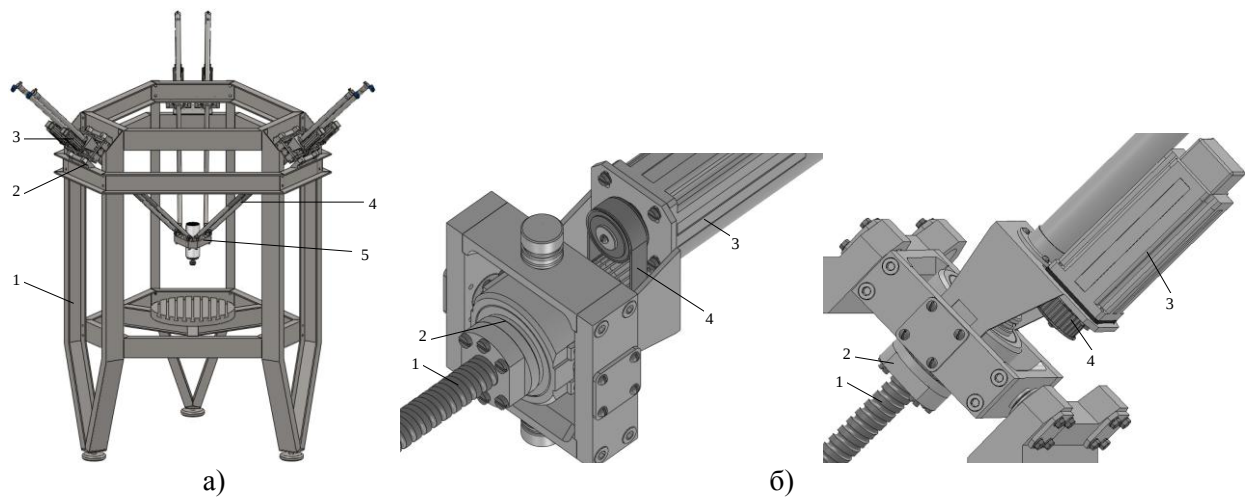


Рис. 7. Розроблений верстат паралельної кінематики типу "гексапод": а) складальна модель верстата; б) приводи верстата

Для верстата розроблено конструкторську документацію. Вона включає всі 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. В рухомому карданному підвісі. В ньому розміщено передачу гвинт-гайка 1,2 та електропривод 3 із пасовою передачею 4, що використовує зубчатий ремінь.

Конструкторські розробки кафедри, зокрема, розробки за участю студентів реалізовані в якості дослідних зразків. Наведений вище технологічний комплекс використовується на кафедрі в якості науково-дослідного обладнання (рис. 8).



Рис. 8. Дослідний зразок верстата паралельної кінематики

Висновки

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

Література:

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. – 2012. – Вип. 33. – Київ-Вінниця: ТОВ фірма "Планер". – 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, Часть 2. - С. 323-329.
8. Гейчук В.М. Створення роторних верстатів для магнітно-абразивної обробки на основі синтезу кінематики процесу та модульного принципу // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. – 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/Дрозденко В.М., Перфілов В.Е., Піддубний П.О., Ципоренко В.О., Струтинський В.Б.,Литвин О.В., Гейчук В.М., Кравець О.М. // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Машинобудування. - вип. 54, 2008. с. 220-238.
10. Струтинський В.Б. Вплив гіроскопічних моментів на обертові деталі шпиндельного вузла верстата паралельної кінематики / В.Б. Струтинський, О.Я. Юрчишин, В.А. Рудаков // Вісник НТУУ "КПІ", серія машинобудування. - №66. - 2012. - С.26-31.