

Олександр Григорович ГРЕБЕНІКОВ
д-р техн. наук, професор, професор кафедри № 103
Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна
e-mail: agrebenikov@khai.edu

**ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ CAD/CAM/CAE/PLM
В НАВЧАЛЬНО-НАУКОВО-ВИРОБНИЧОМУ ЦЕНТРІ НАЦІОНАЛЬНОГО
АЕРОКОСМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМ. М. Є. ЖУКОВСЬКОГО**

Анотація: Навчально-науково-виробничий центр CAD/CAM/CAE Харківського авіаційного інституту (ХАІ) започатковано в 1993 році завдяки творчій співпраці фахівців – ректорату (М. Березюк, В. Рябков, В. Кривцов), кафедри конструкції літаків (№ 103) “ХАІ” (О. Гребеніков), ДП «Антонов» (П. Балабуєв, В. Фурашев, В. Личко), ЗМКБ «Прогрес» (Ф. Муравченко, Г. Ансін), АТ «Мотор Січ» (В. Богуслаєв, Ю. Басов), ХДАВП (А. М’ялиця, Є. Бут) та фірм Digital (США) (Б. Купіч, П. Шевело), EDS (США) (Д. Папенфонт, Д. Хансен, Г. Мелус, В. Абакумов), АНТ ТОВ «КНК» (О. Гребеніков), ТОВ Укрполіпром (В. Гребеніков), які вважали, що застосування комп’ютерних систем CAD/CAM/CAE є основою підвищення якості, ефективності, створення, експлуатації авіаційної техніки, науки та навчального процесу. Головне завдання, що повинен був вирішувати колектив новоствореного навчального центру – це підготовка висококваліфікованих фахівців за фахом, які вільно володіють методологією інтегрованого проектування, виробництва, випробувань, сертифікації, експлуатації авіаційної пілотованої та безпілотної техніки за допомогою комп’ютерних систем CAD/CAM/CAE/PLM, а саме Unigraphics NX, Siemens NX, Nastran NX, КОМПАС-ГРАФИК, Dassault Systems CATIA, SolidWorks, ANSYS.

Ключові слова: навчально-науково-виробничий центр CAD/CAM/CAE ХАІ, інформаційні та комп’ютерні інтегровані технології, відкриті інформаційні технології, застосування комп’ютерних систем CAD/CAM/CAE в науці та навчальному процесі.

**EXPERIENCE IN IMPLEMENTATION OF CAD/CAM/CAE/PLM SYSTEMS
IN THE EDUCATIONAL-SCIENTIFIC-MANUFACTURING CENTER OF THE
NATIONAL AEROSPACE UNIVERSITY NAMED M. THERE ARE. ZHUKOVSKY**

Abstract: The CAD/CAM/CAE educational and production center of the Kharkiv Aviation Institute (KAI) was founded in 1993 thanks to the creative cooperation of specialists - the rectorate (M. Bereziuk, V. Ryabkov, V. Kryvtsov), the Department of Aircraft Design (No. 103) of the Kharkiv Aviation Institute (O. Hrebenikov), SE Antonov (P. Balabuev, V. Furashev, V. Lychko), ZMKB Progress (F. Muravchenko, G. Ansin), JSC Motor Sich (V. Boguslaev, Yu. Basov), KhDAVP (A. M'yalitsa, E. Booth) and Digital (USA) (B. Cupich, P. Chevelo), EDS (USA) (D. Papenfont, D. Hansen, G. Melus, V. Abakumov), ANT LLC KNK (O. Grebenikov), Ukrpoliprom LLC (V. Hrebenikov), who believed that the use of CAD/CAM/CAE computer systems is the basis for improving the quality, efficiency, creation, operation of aircraft, science and the educational process. The main task that the staff of the newly created training center had to solve was to train highly qualified specialists in their specialty who are fluent in the methodology of integrated design, production, testing, certification, and operation of manned and unmanned aircraft using CAD/CAM/CAE/PLM computer systems, namely Unigraphics NX, Siemens NX, Nastran NX, COMPASS-GRAPHIC, Dassault Systems CATIA, SolidWorks, and ANSYS.

Основним науковим напрямом центру є розроблення методології інтегрованого проектування, конструювання та моделювання високоефективної авіаційної техніки та її модифікацій. У лабораторіях центру спеціалісти розробляють прогресивні методи інтегрованого проектування авіаційної техніки, нові конструктивно-технологічні рішення, які дозволяють підвищувати характеристики втомної довговічності елементів авіаційної техніки без істотного збільшення їхньої маси.

Значний внесок в організацію навчальної і науково-дослідної роботи центру зробили: О. Гребеніков, Ю. Шипілов, Ю. Железняков, Г. Варшав'як, О. Єфремов, А. Гуменний, О. Сердюков, В. Гребеніков, О. Соболев, О. Петров, О. Кравченко, А. Чумак та інші. У центрі створені умови для проведення наукових досліджень, навчання і стажування українських та іноземних фахівців авіаційних підприємств.

Заснування навчально-науково-виробничого центру CAD/CAM/CAE/PLM

У зв'язку з використанням на авіаційних підприємствах України та країн СНД систем CAD/CAM/CAE за пропозицією спеціалістів АНТК ім. О.К. Антонова що використовували систему UNIGRAPHICS, було підписано домовленість ХАІ з фірмою EDS (США) від 18.12.1992 р. та з фірмою Digital (США) від 18.02.1993 р. про надання навчальному центру CAD/CAM/CAE 16 робочих місць з системою UNIGRAPHICS.

Згідно з наказом № 112 (АНТК ім. О. К. Антонова та ХАІ) від 24 березня 1993 року було наказано організувати в ХАІ навчальний центр по вивченню сучасних систем CAD/CAM/CAE. Керівником навчального центру було призначено Гребенікова Олександра Григоровича.

Відмінністю навчального центру CAD/CAM/CAE ХАІ є відсутність комерційної направленості. Робота спеціалістів центру орієнтована на підготовку студентів та перепідготовку молодих фахівців, що працювали в авіаційній або інших галузях промисловості.

Офіційне відкриття навчального центру CAD/CAM/CAE відбулось 20 січня 1994 року згідно з розпорядженням по Харківському авіаційному інституту від 1 грудня 1993 року. У цей день в актовому залі відбувся семінар на тему "Перспективи впровадження комп'ютерних інтегрованих технологій в авіаційній промисловості і вищих навчальних закладах України".

Для забезпечення роботи систем інтегрованого комп'ютерного проектування в навчальному процесі створено відповідні лабораторії навчально- наукового центру CAD/CAM/CAE ХАІ:

- лабораторія моделювання авіаційної техніки за допомогою системи SIEMENS NX;
- лабораторія моделювання авіаційної техніки за допомогою системи CATIA;

- лабораторія моделювання авіаційної техніки за допомогою системи КОМПАС;
- лабораторія моделювання процесів за допомогою систем CAD/CAM/CAE;
- лабораторія відкритих інформаційних технологій;
- лабораторія інженерного аналізу;
- лабораторія інженерної лінгвістики;
- лабораторія системного програмного забезпечення;
- лабораторія технічного забезпечення.

За допомогою системи UNIGRAPHICS проводилося навчання моделюванню авіаційної техніки у створеному класі на графічних станціях VAX з установленою версією системи 9.1. У навчальний процес студентів та фахівців кафедр ХАІ систему було впроваджено вже на початку 1993 року.

Для забезпечення можливості оформлення технічної документації що була розроблена за допомогою комп'ютерних систем проектування, на базі навчального центру CAD/CAM/CAE в 1997 році було встановлено плотер для друку на папері форматом А0. За допомогою фінансової підтримки АНТТ «КНК» було придбано один з перших плотерів форматом А0 фірми Hewlett Packard в Україні. Це була модель HP 2500 CP з мережною підтримкою, самостійним процесором оброблення інформації що підтримує формат PostScript, та вбудованим накопичувачем жорстких дисків. За допомогою зусиль технічного персоналу навчального центру цей плотер успішно експлуатувався до 2012 року. Оновлена версія плотера форматом А0, HP 500 використовується і сьогодні.

Для навчання студентів та фахівців університету за фінансової підтримки АНТТ «КНК» було придбано десять робочих станцій на базі процесора AMD Athlon 2500+, це стало початком нової ери розвитку навчального класу системи UNIGRAPHICS. Клас з графічними станціями VAX VMS було перенесено до іншого навчального класу - аудиторії № 226 літакобудівного корпусу. А після ремонту приміщення навчального центру CAD/CAM/CAE у 2006 році було організовано новий клас на базі нових персональних комп'ютерів. У липні 2006 року було демонтовано останні графічні станції VAX VMS.

Фахівцями навчального центру (А. М. Гуменний, Р. В. Гостудим, А. В. Каламбет) для студентів розроблено та видано навчальний посібник з лабораторного практикуму «Моделирование элементов авиационной техники с помощью компьютерной интегрированной системы CAD/CAM/CAE/PLM SIEMENS NX».

У навчальному центрі за допомогою системи CAD/CAM/CAE/PLM SIEMENS NX студенти, викладачі та співробітники університету виконують роботи з конструювання та моделювання різних лігальних апаратів та їх конструктивних елементів.

Досвід впровадження CAD/CAM/CAE – системи SIEMENS NX та UNIGRAPHICS у наукових дослідженнях

Фахівцями центру розроблено та реалізовано: технологію створення в системі CAD/CAM/CAE комп'ютерного еталона поверхні і макетів агрегатів літака; технологію створення твердотільних моделей елементів літакових конструкцій та керуючих програм для оброблення цих елементів на верстатах с ЧПК інтегровані технології проєктування високоресурсних з'єднань літакових конструкцій; технологію створення конструкторської, технологічної, експлуатаційної документації на декількох мовах з подальшою її передачею замовникові в електронному вигляді; методику навчання студентів, працівників промисловості та освіти створенню аерокосмічних об'єктів на базі комп'ютерних інтегрованих систем. Комплекс цих розробок впроваджено на авіаційних підприємствах та в авіаційних КБ України та країн СНД. Він може бути застосований на машинобудівних підприємствах, у наукових та навчальних закладах.

Нині наукова школа "Проєктування авіаційної техніки" зосереджена на розробленні напрямків наукової діяльності – методологія інтегрованого проєктування, конструювання та моделювання за допомогою сучасних систем CAD/CAM/CAE високоефективної авіаційної техніки.

На базі лабораторії моделювання авіаційної техніки за допомогою системи SIEMENS NX проходили наукове стажування співробітники авіаційної промисловості таких підприємств як: АТ «Мотор Січ»; ДП ЗМКБ «Прогрес» імені академіка О. Г. Івченка; AVIC II (Aviation Industry Corporation of China II) - Китайська державна авіаційна компанія, частина ВПК КНР; Iran Aircraft Manufacturing Industrial Company (HESA) – Іранська літакобудівна промислова компанія.

З метою освоєння усіх етапів розроблення, проєктування та аналізу у 1997 році було придбано ліцензії на систему аналізу CAE ANSYS версії 5.3 у кількості 10 штук за фінансової підтримки АНТТ «КНК». Систему ANSYS було встановлено на персональних комп'ютерах навчального центру CAD/CAM/CAE, та факультетах ХАІ.

Це стало поштовхом до розвитку аналізу вузлів з'єднань та агрегатів, за допомогою системи ANSYS.

Для забезпечення можливості використання в процесі проведення досліджень студентами, науковцями та інженерами Університету передових розробок в області інженерного аналізу за допомогою сучасних CAD/CAE–систем на базі Навчально-наукового центру комп'ютерних технологій CAD/CAM/CAE була створена лабораторія інженерного аналізу.

Основною метою лабораторії є надання базових уявлень про сучасні методи інженерного аналізу елементів конструкції авіаційної техніки за допомогою методу скінченних елементів, реалізованого в передових комп'ютерних інтегрованих системах. На базі лабораторії інженерного аналізу проводиться навчання основам роботи в таких CAD/CAE-системах як ANSYS і NASTRAN NX.

Вивчення і подальше використання в наукових дослідженнях сучасних CAD/CAE-систем, дозволяє розробляти інноваційні методи інтегрованого проектування збірних літакових конструкцій, а також істотно скоротити витрати часу і коштів при впровадженні нових конструктивно-технологічних рішень в виробничі процеси створення об'єктів авіаційної галузі.

На базі лабораторії інженерного аналізу в межах навчальної програми проходять практичні курси з вивчення основ роботи в сучасних CAD/CAE-системах ANSYS та NX Nastran, які дозволяють студентам (фахівці і магістри), а також співробітникам університету в рамках їх наукових та випускних робіт виконувати інженерний аналіз досліджуваних об'єктів.

Проведено аналіз напружено-деформованого стану в елементах конструкції консолі крила з підкосом і обшивкою, що частково не працює, при його статичному навантаженні, виконаний студентом в межах випускної роботи магістра.

Проведено дослідження НДС елементів конструкції БПЛА у межах виконання роботи фахівця на тему "Інтегроване проектування та моделювання БПЛА вертолітного типу" з використанням можливостей системи ANSYS. Проведено дослідження НДС елементів шасі легкого вертольоту за допомогою системи ANSYS у межах виконання роботи спеціаліста студентом кафедри проектування літаків та гелікоптерів.

Навчання студентів роботі у відкритих інформаційних і комп'ютерних інтегрованих системах починається на перших курсах з вивчення легких середніх CAD/CAM, таких як ліцензійна система "КОМПАС". Стосунки з фірмою «АСКОН» та навчальним центром CAD/CAM/CAE ХАІ налагодженні дуже давно. Починаючи з 1997 року, інтенсивно проводилися роботи щодо тестування та експлуатації системи проектування «КОМПАС ГРАФІК». Від представництва фірмою «АСКОН» отримано ліцензії для системи «КОМПАС ГРАФІК» версії 18, що використовуються в навчальному процесі як в навчальному центрі CAD/CAM/CAE, так і на кафедрах ХАІ.

Система САТІА—одна з найвідоміших на сьогодні день універсальних CAD/CAM/CAE/PDM-систем, яка розроблена французькою фірмою Dassault Systems. Це функціональна система САПР та технологічної підготовки виробництва, що містить розвинутий інструмент тривимірного моделювання, підсистеми програмної імітації самих

складних технологічних процесів, засобів аналізу складних механічних агрегатів, розвинуту базу даних для збереження текстової та графічної інформації. поширенням системи займається фірма IBM та її представництва. Так за умовами договору між ХАІ та фірмою IBM за участю фірми Vee-Pitron м. Київ було придбано за кошти ХАІ та АНТТ «КНК» одинадцять мережних навчальних ліцензій ED2-Educational для системи CATIA.

У кінці 2005 року почалося освоєння системи CATIA версії 5 та розробка методичних і навчальних посібників.

На сьогодні ліцензії ED2-Educational на використання системи CATIA, періодично продовжуються на новий термін. Це надає можливості використовувати ліцензовану систему ver. 11 в навчальних класах кафедри проектування літаків та вертольотів (№ 103) та класах навчального центру CAD/CAM/CAE.

У 1998 році було надруковано перший випуск збірника наукових праць «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии». У цьому збірнику публікується інформація, що охоплює питання аеродинаміки, жорсткості конструкцій і технологій виробництва авіаційної техніки, методи інтегрованого проектування, підготування виробництва, інженерного аналізу за допомогою систем CAD/CAM/CAE. Подано методи забезпечення безпеки конструкцій при тривалій експлуатації, системи інформаційного забезпечення життєдіяльного циклу літаків, системи забезпечення безпеки життєдіяльності для літальних апаратів, питання економічного аналізу ризиків, методи підтримки, прийняття управлінських рішень.

Висновки

Розроблено та реалізовано наукові основи методології інтегрованого проектування та досягнення регламентованої довговічності збірних конструкцій авіаційної техніки за допомогою систем CAD/CAM/CAE для вирішення великої науково-технічної проблеми забезпечення ресурсу сучасних пасажирських та транспортних літаків. Нове концептуальне обґрунтування інтегрованого проектування збірних конструкцій АТ та їх з'єднань на усіх етапах життєвого циклу літака у єдиному інформаційному середовищі за допомогою комп'ютерних інтегрованих систем забезпечує підвищення якості створення параметричних аналітичних еталонів збірних конструкцій, підвищення якості та продуктивності роботи конструктора, створення болтових та заклепкових з'єднань мінімальної маси, регламентованих характеристик довговічності, герметичності та якості їх зовнішньої поверхні.

Список літератури

1. Науковці України - еліта держави. Т. VII – Київ : ВИДАВНИЦТВО Н 34 ЛОГОС УКРАЇНА, 2022 – 360 с.
2. Основи загального проектування літаків з газотурбінними двигунами П. В. Балабуєв, С. А. Бичков, О. Г. Гребеніков та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун- т ім. М. Є. Жуковського «Харківський. авіац. ін-т», 2015. – 815 с.
3. Концепція створення сучасних реактивних регіональних пасажирських літаків / Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 254 с.