

**А.В.ГРАБОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, м.н.с. каф. ТММ і САПР НТУ „ХПІ”, Харків;

**В.О. КРАВЕЦЬ**, канд. техн. наук, проф., проректор НТУ „ХПІ”, Харків;

**В.І. КОХАНОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, кер. відділу впровадження CAD/CAM-систем ІГ „УПЕК”, Харків;

**М.А. ТКАЧУК**, докт. техн. наук, проф., зав. каф. ТММ і САПР НТУ „ХПІ”, Харків;

**А.Ю. ВАСИЛЬЄВ**, м.н.с. каф. ТММ і САПР, НТУ „ХПІ”, Харків

### **САПР ТА НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЦЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ. КОНЦЕПЦІЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В НТУ „ХПІ”**

*Викладено основні елементи стратегії впровадження САПР у навчальний процес у Національному технічному університеті „Харківський політехнічний інститут”. Описані нові підходи до діяльності у цій сфері. Висвітлені конкретні заходи, що здійснені та будуть здійснені в університеті у цьому напрямку.*

*Изложены основные элементы стратегии внедрения САПР в учебный процесс в Национальном техническом университете "Харьковский политехнический институт". Описаны новые подходы к деятельности в этой сфере. Освещены конкретные мероприятия, которые были проведены и будут проводиться в университете в этом направлении.*

*The basic elements of CAD implementation strategies in the educational process in National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute" are presented. New approaches of activity in this area are described. The specific activities are reported which were and will be conducted in this direction in the University.*

**Вступ.** При визначенні основних критеріїв перебудови освіти і науки необхідно відштовхнутися від незаперечних реалій, тенденцій та національних інтересів України. Світові тенденції глобалізації, інтенсифікації усіх сторін життя та жорсткої конкуренції вже давно диктують не тільки бізнесову складову життя, політичну та інші його складові, але й наукову та освітянську. Тому інфантилізм, тенденції утриманства, ізоляціонізму треба викреслити, змінивши сам погляд на вітчизняну науку і освіту, їх роль, місце та стратегію розвитку [1-4]. Незважаючи на світові інтеграційні процеси, науково-освітній потенціал кожної розвиненої держави є однією з найбільших цінностей нації. В Україні наука за своїм змістом збереглася значною мірою в університетських закладах та академічних установах.

Загальноприйнятою практикою у світі є визначення групи стратегічних напрямів фундаментальних та прикладних наукових досліджень, що саме у даній країні на даному історичному відрізку можуть дати найбільший ефект. Цей прагматичний підхід є повною протилежністю тієї політики, що проводилася в Україні: мізерне фінансування широкого спектру досліджень без чітко виділених пріоритетів. Немає пріоритетів – немає результатів. І це підтверджується історією майже двадцятирічного самостійного існування української науки та освіти, особливо у передових галузях, в т. ч. у системах САПР.

Аналіз історичних уроків світового досвіду дозволяє сформулювати наступні критерії науково-технічного розвитку України: прагматизм; визначення пріоритетів; конкурсна основа розгляду масштабних науково-освітніх проектів; залучення світового досвіду наукових доробок та технологій; зв'язок „наука – виробництво – освіта”, що оформлюється в системну співпрацю; перегляд ролі університетів та формування систем „університет – науково-дослідний інститут” як основної одиниці науково-освітньо-виробничого комплексу.

У цьому контексті досить яскраво виглядає проблема впровадження передових комп'ютерних технологій проектування, виготовлення та дослідження в науку, освіту та виробництво.

В НТУ „ХПІ” стан цього питання характеризується строкатістю програмного забезпечення, некомплексністю рішень у зв'язках CAD/CAM/CAE та невідповідністю потребам промислових підприємств регіону.

**Актуальність проблеми в Україні та світі.** Україна на даний час знаходиться на етапі формування напрямів розвитку як самостійна держава у всіх галузях. Це стосується в першу чергу і високотехнологічних галузей промисловості, і оборонних технологій, і аналізів процесів у складних системах різної природи. Аналіз ситуації у сфері наукових досліджень з точки зору комп'ютеризації та інформатизації дає можливість сформулювати наступні висновки.

**Невідповідність політики у науково-освітній сфері потребам та можливостям, що склалися.** Зокрема, фінансування наукових проектів за рахунок державного бюджету не має цільового спрямування, а також аналізу ефективності використання коштів. Дуже часто фінансування здійснюється „від досягнутого”, причому неперспективні напрями фінансуються, а ті, що кричущо необхідні для розвитку науки, промисловості, суспільства (в першу чергу – інформаційні та комп'ютерні технології), не можуть отримати відповідного фінансування та розвитку.

**Ігнорування ситуації, що складається у найближчому майбутньому.** Інноваційний шлях розвитку, що заявлений для України, для держави, яка вступила у Світову організацію торгівлі, в умовах глобалізаційних процесів призведе до наступних проблем:

- 1) ліцензування програмного забезпечення, в т.ч. для систем моделювання фізико-механічних процесів, яке використовується для обґрунтування параметрів машин та обладнання, що йде на експорт;
- 2) необхідність різкого підвищення рівня *конкурентоспроможності* вітчизняних товарів навіть на внутрішньому ринку;
- 3) *аналіз та прогноз* процесів у вітчизняній фінансово-економічній системі;
- 4) наявність колективів висококваліфікованих *дослідників-аналітиків* з різних галузей, зосереджених бажано в окремих центрах;
- 5) фінансова *неспроможність* та недоцільність для окремих підприємств, фірм та галузей самостійно вирішувати цю проблему;
- 6) створення центрів *відтворення* висококваліфікованих фахівців, у тому числі найвищої кваліфікації.

Для цього необхідні високі потужності обчислювальної техніки, зосереджені під державним контролем, оскільки „самотужки” вирішувати дані проблеми ніякі організації та установи не в змозі.

*Критичні напрямки.* Серед наукових напрямків, що критичні для розвитку та національної безпеки України, є, зокрема, проблема створення нових *інтегрованих комп'ютерних технологій* наукових досліджень, що поєднують переваги наукових розробок вітчизняних учених та світові досягнення у тій чи іншій галузі. Все це зумовлює необхідність створення державних центрів, що акумулюють наукове, програмне та апаратне забезпечення на найбільш критичних напрямках у вигляді *унікальних програмно-апаратних комп'ютеризованих комплексів*. Навколо них формується сприятливий освітній простір у провідних університетах. У зв'язку з цим актуальною є розробка концепції викладання дисциплін САПР в НТУ „ХПІ”.

**Стан впровадження систем CAD/CAM/CAE в НТУ „ХПІ”.** В НТУ „ХПІ” протягом 17 років йде цілеспрямована робота із впровадження в науково-дослідницький та у навчальний процес *передових комп'ютерних методів моделювання фізико-механічних процесів та проектування складних машинобудівних конструкцій*.

Даний напрямок є одним з найбільш *перспективних та стратегічних напрямків* розвитку науки, освіти та промисловості України. Він передбачає:

1) Залучення потужних *сучасних технологій* та систем CAD/CAM/CAE (в країнах СНД – САПР у широкому розумінні) до розв'язання найбільш складних задач при дослідженні природних явищ, проектуванні технічних систем та моделюванні нестационарних і нелінійних процесів.

2) Розробка *суперкомп'ютерних систем*, переважно на основі кластерів, для розв'язання задач моделювання на числових моделях великого обсягу.

3) Підготовка *науково-освітніх та інженерних кадрів*, що володіють даними продуктами.

Всі ці складові в НТУ „ХПІ” присутні:

1) інсталювані сучасні системи Pro/ENGINEER, LS-DYNA, SolidWorks, Siemens PLM, Inventor, Компас, DelCAM та ін.

2) створено та запущено комп'ютерний кластер з характеристиками: вузлів – 16 по 4 ядра = 64 процесорних ядра; обсяг оперативної пам'яті – 128 Гігабайт; обсяг дискової пам'яті – 9.0 Терабайт; продуктивність – 0,5 Терафлопса. Друга черга кластера: вузлів – 25; обсяг оперативної пам'яті – 256 Гб; обсяг дискової пам'яті – 15 Тб; продуктивність – 1,0 Терафлопса. На даний час кластер доповнено центральним вузлом на 12 процесорних ядрах з 48 Гігабайтами оперативної пам'яті.

3) підготовлені сертифіковані викладачі (зокрема, в системах Pro/ENGINEER, SolidWorks та Компас); усі програмні комплекси викладаються переважній більшості студентів.

Крім того, є ще *надзвичайно важливий 4-й чинник*:

4) Розроблені та реалізовані теоретичні основи інтеграції сучасних комп'ютерних технологій та наукових розробок вітчизняних учених з метою

створення спеціалізованих мета-систем та комплексів моделей.

Таким чином, в НТУ „ХПІ” унікальним чином поєднується 4 складові. Наприклад, існуючі суперкомп'ютери є хоч і набагато потужнішими, але універсальними – не спеціалізованими. В них відсутні програмні комплекси та наукові колективи, що націлені на вирішення проблем механіки, машинознавства, енергетики та машинобудування.

Все це дає змогу промисловим підприємствам, НДІ та КБ у співдружності з НТУ „ХПІ” вирішувати масштабні задачі, що не під силу іншим науково-освітнім установам: проведення *унікальних досліджень* з моделювання складних нелінійних процесів; підготовка *інженерних та наукових кадрів* за індивідуальними навчальними програмами; *просування* найбільш перспективних комп'ютерних систем на ринок України.

Величезною перевагою є можливість придбання та використання університетських ліцензій для проведення комерційних проектів за *пільговими цінами*. Крім того, університет може за пільговими цінами використовувати *обчислювальні потужності і суперкомп'ютери* України, Росії, Європи. Названі можливості підтверджуються величезним багаторічним *досвідом успішних проектів*.

Наші партнери:

Компанія ТЕХНОПОЛІС	УПЕК
Науково-виробниче підприємство "ТІС"	ДП „Завод ім. Малишева”
Інтерсед Україна	Завод „Світло шахтаря”
SolidWorks Russia	ХКБМ ім. О.О.Морозова
SolidWorks Corporation	Харківський тракторний завод
Siemens PLM Software	Концерн „Бронетехніка України”
АСКОН	АЗОВМАШ
Parametric Technology Corporation	Завод „ФЕД”
PTC Russia	Ізюмський тепловозоремонтний завод
Pro/Technologies	Завод підйомно-транспортного обладнання
Науково-технічний центр АПМ	Турбоатом
Livermore Software Technology Corporation	Сумське НВО ім. Фрунзе
ANSYS Inc	Завод „Енергомаш”, м. Белгород
EMT	
Autodesk	ХКБД

**Порівняльний стан апаратного забезпечення (АЗ).** Одним із наочних „моніторів” поточного стану проблеми є порівняння комп'ютерних потужностей, що встановлені в Україні, країнах СНД та у світі. У рейтингу „ТОП-500” кращих комп'ютерних систем світу від листопада 2011р. (<http://www.top500.org>) лідирує система “К Computer” в інституті RIKEN – Advanced Institute for Computational Science (AICS), Японія, на процесорах SPARC64 VIIIfx (2.0GHz), 705024 ядер, пікова продуктивність – 10-11 PFLOAPS - Петафлопс (1 «Петафлопс» – 10<sup>15</sup> операцій в секунду). Найнижчий рівень систем у цих рейтингах на сьогодні – біля 50-100 Tflops (1 «Терафлопс» – 10<sup>12</sup> операцій в секунду). Україна в цьому рейтингу не представлена. В той же час у рейтингу «ТОП-50» кращих комп'ютерних систем країн СНД (<http://top50.supercomputers.ru>) лідирує СК "ЛОМОНОСОВ" (Г-

Платформи), Московський університет – 674 Tflops – 1,4 PFLOAPS, тоді як кращі українські системи посідають останні місця з продуктивністю 5-7 Tflops.

Таким чином, аналіз цих даних свідчить про наступне:

- для підтримання комп'ютерних ресурсів на світовому рівні потрібно використовувати відносно недорогі *кластерні системи*, що володіють масштабованістю та можливістю нарощування;

- для оволодіння сучасними кластерними технологіями доцільно розвивати мережу державних спеціалізованих регіональних комп'ютерних кластерних систем *помірної потужності та відносно недорогих*;

- для отримання переваг світової співпраці необхідно використовувати для розв'язання найбільш актуальних і важливих задач GRID-технології, тобто, наприклад, підключення провідних університетів Києва, Харкова, Львова, Дніпропетровська та інших міст через систему URAN до Європейської системи GEANT-2.

**Порівняльний стан програмного забезпечення (ПЗ).** Якщо аналізувати програмне забезпечення, то найбільш катастрофічна ситуація з ліцензійним програмним забезпеченням складається у галузі механіки та машинобудування. У зв'язку зі вступом до СОТ Україна отримує проблемну ситуацію, коли університети, НДІ, підприємства не будуть забезпечені такими ліцензійними CAD/CAM/CAE-системами як Pro/ENGINEER, Siemens PLM, ANSYS, Nastran, ADAMS, SolidWorks, Inventor, CATIA, LS-DYNA та десятками інших. Це не тільки спричинить значні штрафи та позови, але й створить умови „самовідтворення” ситуації через неможливість підготовки кадрів в університетах на цих ліцензійних системах.

Для розв'язання проблемної ситуації НТУ „ХПІ” пропонує сконцентрувати ліцензійні CAD/CAM/CAE-системи в потужних університетських центрах, що дасть змогу згладити „перший удар ліцензійного шоку” для України і готувати інженерні та наукові кадри. Саме такі системи розгорнуті в Національному технічному університеті „Харківський політехнічний інститут” в центрі „Тензор” та на деяких кафедрах університету [5-7]. Основна перевага такого шляху – економія ресурсів у сотні мільйонів доларів, цивілізованість та створення комфортного перехідного періоду у 3-5 років до світового рівня.

**Порівняльний стан наукового забезпечення (НЗ).** Якщо перші 2 позиції демонструють провали та відставання від світових лідерів, то якраз оригінальні наукові розробки вітчизняних учених є прикладом конкурентоспроможності на світовому ринку.

Для забезпечення розвитку цього надбання у першу чергу необхідні технології інтеграції цих знань у світові програмно-апаратні розробки. Так, у НТУ „ХПІ” створено науковий напрямок із комп'ютерного моделювання фізико-механічних процесів у складних та надскладних механічних системах для забезпечення науково обґрунтованих проектних рішень, що дає змогу різко підвищити технічний рівень вітчизняних виробів на світовому ринку.

Учені мають значний науково-практичний досвід та значний доробок у даному напрямі:

1) для опису складних та надскладних механічних систем розроблено *узагальнений параметричний метод*, принципово новизною котрого є теоретико-множинний підхід до опису якісних та кількісних характеристик складних та надскладних механічних систем;

2) запропоновано принципово нову *технологію* досліджень складних механічних систем: замість розробки частинних математичних моделей або адаптації універсальних до розв'язання специфічних складних задач пропонується створення *метамodelей*, які складаються з двох частин – загальної та спеціалізованої;

3) на основі метамodelей запропоновано методи створення *метасистем* комп'ютерного моделювання на основі поєднання спеціалізованих авторських модулів, що враховують специфіку об'єкта досліджень, та універсальних систем комп'ютерного моделювання.

Підсумовуючи, можна запропонувати як найбільш ефективний шлях до розв'язання проблеми створення *державних унікальних центрів*, оснащених програмним забезпеченням, науковими розробками та кластерними системами „потрійного” призначення: наука-освіта-виробництво. В межах університету потрібна *мережа „центрів-лідерів”*, що потягнуть за собою рівень викладання дисциплін CAD/CAM/CAE.

**Конкретні пропозиції.** На розв'язання актуальної освітньо-наукової проблеми в НТУ „ХПІ” здійснюються наступні заходи.

1. Затверджено Концепцію викладання дисциплін циклу САПР в НТУ „ХПІ” з чітко окресленими пріоритетами з урахуванням інтересів університету, наукових закладів та підприємств України.

2. Розроблена університетська програма розвитку кластерних комп'ютерних технологій та GRID-технологій використання розподілених ресурсів, що дасть змогу, з одного боку, розвинути інфраструктуру, а з іншого, – здійснити вихід на міжнародні ресурси.

3. Започаткована система науково-навчальних центрів, що акумулюють наукове, програмне та апаратне забезпечення на найбільш критичних напрямках у вигляді *унікальних програмно-апаратних комп'ютеризованих комплексів*.

4. Проведено первинне оснащення науково-навчальних центрів університету програмно-апаратними засобами.

5. Визначено систему науково-навчальних центрів, за якими закріпити на 3–5 років відповідальність за науковий супровід, розвиток та впровадження інформаційно-комп'ютерних технологій у науку, освіту та виробництво.

6. Започатковано сумісно з ІГ „УПЕК”, РТС та Pro/Technologies пілотний проект науково-навчального центру на базі центру комп'ютерних методів моделювання фізико-механічних процесів у складних та надскладних механічних системах „Тензор” НТУ „ХПІ”.

7. Затверджено у 2010 р. концепцію впровадження нових інформаційних технологій у навчальний процес, наукові дослідження та у промисловість.

**Основним змістом навчальних дисциплін з напрямку САПР є:** опанування

теорії та методів моделювання конструкції, технології та науково-дослідницької інформації; формування навичок і вмінь з актуальних видів професійної діяльності інженера із застосуванням сучасних CAD/CAM/CAE/PDM-систем; знайомство студентів з основними методами та засобами комп'ютерного моделювання в САПР, основними системами CAD/CAM/CAE/PDM та поглиблене вивчення хоча б однієї інтегрованої САПР вищого рівня.

Робоча група представників 7 факультетів НТУ „ХПІ” у контексті вищезазначеного запропонувала інтегрований у навчальний процес університету підхід до перебудови викладання дисциплін з напрямку САПР (рис. 1, 2).



Рис. 1. Структура викладання дисциплін САПР

САПР			
I курс	II курс	III курс	IV курс
Основи теорії геометричного моделювання	Основи теорії моделювання за спеціальними дисциплінами із застосуванням CAD/CAM/CAE нижнього рівня	Методи моделювання за спеціальними дисциплінами із застосуванням CAD/CAM/CAE середнього рівня	Засоби моделювання за спеціальними дисциплінами із застосуванням CAD/CAM/CAE високого рівня. Кваліфікаційна робота із застосуванням САПР високого рівня
<b>(освітньо-кваліфікаційний рівень „бакалавр”)</b>			
V курс		VI курс	
Основи теорії та засоби моделювання спеціалізованих дисциплін із застосуванням інтегрованих САПР високого рівня		Поглиблене вивчення інтегрованої CAD/CAM/CAE/PDM-системи високого рівня. Дипломна робота із застосуванням інтегрованих САПР високого рівня	
<b>(освітньо-кваліфікаційний рівень „спеціаліст-магістр”)</b>			

Рис. 2. Структурно-логічна схема викладання дисциплін циклу САПР

**Концепція та заходи із впровадження систем автоматизованого проектування у навчальний та науково-дослідницький процес в НТУ „ХПІ”.** Системи автоматизованого проектування (САПР в широкому значенні терміну) на даний час в світі покликані вирішувати 2 найважливіші задачі:

– потужна інтенсифікація проектно-дослідницьких робіт зі створення нових проектів, а також технологічної підготовки виробництва нових виробів

за рахунок автоматизації і координованості всіх етапів;

– забезпечення зростання технічних характеристик нової продукції.

Відповідно, як основні світові тенденції систем класу CAD/CAM/CAE/PDM (САПР) можна відзначити: інтеграцію систем CAD/CAM/CAE/PDM „усередині класу”, тобто об'єднання функцій геометричного моделювання, досліджень фізико-механічних процесів і оптимізації параметрів, виготовлення, управління проектом і баз даних в одній системі; інтеграція систем CAD/CAM/CAE/PDM у загальні інформаційні потоки систем MRP, ERP; автоматизація всіх *основних сторін* життя підприємства і всіх *основних етапів* процесу „проекування – виготовлення”; використання систем CAD/CAM/CAE/PDM як професійного засобу спілкування розробників різних фірм і різних спеціальностей; розділення ринку між декількома основними світовими лідерами і деяке зближення функціональних можливостей їх флагманських продуктів.

Вітчизняний ринок в тенденції прагне відобразити світові напрями розвитку. Проте гальмом є різноплатформеність рішень. Крім того, на ситуацію давить масштабний чинник: ресурси вітчизняних підприємств абсолютно недостатні не те що для тотального впровадження САПР, але і для більш-менш комплексного їх застосування.

Проте цей процес (широкого поширення САПР) неминучий з точки зору перспективи найближчих років, що можна бачити, наприклад, на прикладі концерну УПЕК [<http://upec.ua/>], який здійснює комплексний проект із впровадження систем CAD/CAM/CAE/PDM на своїх підприємствах. При цьому перевага віддається побудові інтегральної системи розробки виробів (PDS). PDS є комплексом, призначення якого – повний електронний опис виробу, організація спільної розробки, управління інженерною діяльністю, інформаційне забезпечення всіх компонентів електронної інфраструктури підприємства. Для підприємств УПЕК системами-лідерами є Pro/ENGINEER Wildfire і WindChill. Ці підприємства зацікавлені: у навчанні студентів (конструкторів, дослідників і технологів) за індивідуальними навчальними програмами для кадрового забезпечення випускниками НТУ „ХПІ”; у перенавчанні співробітників; у впровадженні в навчальні плани систем САПР, в першу чергу Pro/ENGINEER Wildfire і Windchill.

У той же час в університетах України давно і широким фронтом упроваджуються найрізноманітніші продукти. Наприклад, в університетах Києва це продукти фірм PTC, SW Corp., АСКОН. В університетах Дніпропетровська – це SolidWorks тощо. В Харкові – Компас, ADEM, AutoCAD, UNIGRAPHICS, CADD5, GEMMA-3D, ANSYS, CATIA.

В НТУ „ХПІ” різні кафедри по-різному підійшли до викладання САПР. Багато кафедр побудували навчальні курси на системах Компас, AUTOCAD, SolidWorks, DelCAM. На жаль, за рідким винятком, в навчальному процесі використовуються застарілі ліцензійні версії програмних продуктів.

Системний підхід до проблеми був запропонований і частково реалізо-

ваний на кафедрі ТММ і САПР, в центрі „Тензор”. Центр комп’ютерних методів проектування, дослідження і виготовлення машинобудівних конструкцій „Тензор” створений за наказом ректора. Основні його цілі:

1) підготовка і перепідготовка фахівців з інформаційних технологій проектування;

2) проведення наукових досліджень по оптимальному проектуванню елементів машинобудівних конструкцій на основі глибокого аналізу фізико-механічних процесів;

3) ліцензійне забезпечення вітчизняних розробок за напрямом CAD/CAM/CAE/PDM: у центрі розгорнуті ліцензійні версії систем Pro/ENGINEER, SolidWorks, ANSYS, Pro/Mechanica, Inventor, WinMachine, КОМПАС, LSDYNA-3D, Windchill, Siemens PLM;

4) формування потужного, ударного „кулака” вчених (професорів, викладачів, наукових співробітників, аспірантів, інженерів) для вирішення актуальних, важливих і масштабних завдань в оперативному і над-оперативному режимі;

5) створення потужних обчислювальних ресурсів для дослідження складних і надскладних систем. У центрі розгорнутий комплекс двохпроцесорних комп’ютерних станцій на базі процесорів Intel Pentium, Xeon, Opteron з об’ємом оперативної пам’яті 2-8 Гб і дисковим простором 300 Гб – 1 Тб кожна. Створений 16-вузловий комп’ютерний кластер „Політехнік-125” з об’ємом оперативної пам’яті 128 Гб, дисковим робочим простором 5,4 Тб. Можливе розв’язання таких складних задач, які фізично просто „не по зубах” рядовим комп’ютерам;

б) розроблена технологія узагальненого параметричного опису елементів складних і надскладних механічних систем, що складає наукову базу створюваних спеціалізованих інтегрованих систем автоматизованого проектування, дослідження і виготовлення;

7) у центрі проводиться об’єктивне тестування систем САПР як з точки зору порівняльного аналізу можливостей, переваг і недоліків цих систем, так і з точки зору впровадження у навчальний процес;

8) центр має величезний досвід успішного виконання декількох десятків науково-дослідних проектів за замовленнями міністерств, підприємств і міжнародних організацій.

Приклади успішних проектів: за замовленням ХТЗ проводились дослідження корпусних елементів багатоцільових тягачів МТ-ЛБ, елементів систем охолодження ДВЗ; для ДП „Завод ім. Малишева” розраховувалися елементи трансмісії, литних форм для виготовлення складнопрофільних фрагментів радіаторів; в рамках гранту №1064 Науково-технологічного центру в Україні досліджувалися густоперфоровані пластини і оболонки, елементи технологічного забезпечення, елементи індивідуального захисту, плити з Т-подібними пазами, прес-форми, ендопротези; за замовленням ВАТ „ГСКТИ” проведені дослідження зварних рам вітрових корпусів енергоустановок; для заводу „Світло шахтаря” досліджені елементи шахтних конвеєрів.

Таким чином, на даний час створені всі передумови для широкого впрова-

дження систем САПР в навчальний і науково-дослідний процес в НТУ „ХПІ”.

**Основні принципи впровадження САПР в навчальний і науково-дослідний процеси в НТУ „ХПІ”.** В НТУ „ХПІ” (з урахуванням досвіду впровадження САПР в інших університетах України, а також ґрунтуючись на досвіді кафедр і центрів університету і на потребах потенційних споживачів випускників) сам процес впровадження має свої особливості. Виходячи з аналізу ситуації (див. вище), основні принципи впровадження САПР в навчальний і науково-дослідний процеси в НТУ „ХПІ” наступні.

1. Негайний перехід до системної перебудови викладання дисциплін САПР в університеті, оскільки, незважаючи на значні досягнення за окремими напрямками, в цілому університет істотно відстає від деяких вітчизняних університетів та від запитів працевластувачів.

2. Легалізація програмних продуктів, тобто перехід до ліцензійного софту або вільно поширюваного.

3. Комплексність підходу з точки зору обхвату якомога ширшого спектру програмних продуктів, що викладаються студентам, і їх відповідності специфіці майбутньої роботи фахівців.

4. Виділення декількох програмних продуктів і фірм-виробників, яким віддаватиметься перевага у навчальних курсах за вибором університету. Інші програмні продукти викладаються у навчальних курсах за вибором студента.

5. Концентрація зусиль на перших етапах впровадження САПР на найбільш пріоритетних напрямках: на створенні зразкового навчального і навчально-дослідницького класів для впровадження САПР; на забезпеченні навчального процесу ліцензійними версіями систем-лідерів; на підготовці сертифікованих викладачів САПР; на розробці методичного матеріалу.

6. Поетапність процесу: після 1-го етапу (2009-2010 рр.), протягом якого був здійснений пілотний проект по впровадженню САПР, сама концепція була уточнена і скоректована із залученням широкого кола викладачів, вчених і студентів; в ході 2-го етапу (2010 р.) був створений перспективний план заходів факультетів і кафедр для ширшого впровадження САПР; на 3-м етапі (2011 – 2012 рр.) проводиться перехід на нову організацію викладання САПР в НТУ „ХПІ”.

7. Партнерство з фірмами-працевластувачами, фірмами-виробниками програмного забезпечення і фірмами-дистрибуторами з метою виявлення потреб і спектру систем САПР, а також для малооплатного або безкоштовного оснащення університету ліцензійними САПР.

**Основні заходи щодо впровадження САПР у навчальний процес.** Відповідно до рішень нарад робочої групи по розробці концепції впровадження систем автоматизованого проектування в навчальний і науково-дослідницький процес в НТУ „ХПІ” даний процес здійснюється в декілька підетапів в ході наступних заходів.

1. Організація навчально-дослідного класу (НДК), оснащеного відповідними програмно-апаратними засобами, для інсталяції систем Pro/ENGINEER, Siemens PLM і інших.

2. Організація навчальних класів (НК) для студентських груп, що вивчають сучасні системи CAD/CAM/CAE.

3. Формування пропозицій концерну УПЕК по створенню і оснащенню навчально-дослідницького центру (НДЦ) для підготовки студентів з поглибленим володінням Pro/ENGINEER та ін. САПР за індивідуальними навчальними програмами, а також для виконання спільних наукових досліджень із застосуванням CAD/CAM/CAE систем.

4. Розробка сучасних методичних матеріалів для забезпечення навчального процесу в області освоєння CAD/CAM/CAE систем, в першу чергу Pro/ENGINEER.

5. Проведення спільних з УПЕК робочих нарад по організації роботи по впровадженню САПР в навчальний процес.

6. Первинне навчання викладачів НТУ „ХПІ” сучасним методикам і версіям Pro/ENGINEER.

7. Проведення спільних з УПЕК науково-методичних семінарів з питань впровадження САПР у навчальний і науково-дослідницький процеси.

8. Дооснащення навчально-дослідницького класу для спільних робіт з УПЕК та іншими організаціями, підприємствами, НДІ (навчальний процес і наукові дослідження).

9. Розробка проекту вдосконаленої концепції викладання САПР в НТУ „ХПІ”.

10. Проведення обговорень на засіданнях робочої групи проекту концепції викладання САПР в НТУ „ХПІ”.

11. Розробка організаційних заходів щодо забезпечення впровадження САПР в навчальний і науково-дослідницький процеси в НТУ „ХПІ” і цільову програму університету „САПР в науці, освіті і виробництві”.

12. Розгляд на засіданнях методичної і вченої рад університету питання про концепцію впровадження САПР в навчальний і науково-дослідницький процеси в НТУ „ХПІ” (здійснено у лютому 2010 р.).

**Основні етапи впровадження.** Впровадження САПР в навчальний процес здійснюється в 3 етапи.

1. Осінь 2009р. – пілотний проект по впровадженню САПР. Реалізовано силами кафедри ТММ і САПР, ЦНІТ за сприянням концерну УПЕК.

*Основні завдання:*

– створення апаратної бази – навчально-дослідницького класу (НДК на каф. ТММ і САПР);

– інсталяція ліцензійного програмного забезпечення (Pro/ENGINEER та інший необхідний софт) на навчальних і навчально-дослідницьких місцях;

– налагодження створеного програмно-апаратного комплексу для роботи в режимі подвійного завантаження: 1-й варіант – навчальний і навчально-дослідницький класи; 2-й варіант – кластерні системи;

– освоєння і доопрацювання методичного матеріалу – лекцій, лабораторних, практичних і курсових робіт;

– первинне навчання і сертифікація викладачів;

– відпрацювання схем співробітництва з підприємствами-партнерами на

прикладі концерну УПЕК;

– концентрація і аналіз досвіду для обговорення на семінарах, методичній і вченій раді університету вдосконаленого варіанту концепції впровадження САПР в університеті.

2. Весна 2010 р. – роботи по впровадженню САПР на всіх зацікавлених кафедрах НТУ „ХПІ”. Реалізовується силами всіх кафедр, ЦНІТ за сприянням концерну УПЕК і інших підприємств-партнерів.

*Основні завдання:*

– організація центрального НК та серії НК на кафедрах та факультетах;

– вдосконалення програмно-апаратної бази;

– інсталяція ліцензійного програмного забезпечення широкого спектру на навчальних і навчально-дослідницьких місцях;

– освоєння і доопрацювання методичного матеріалу – лекцій, лабораторних, практичних і курсових робіт;

– відпрацювання схем співпраці з підприємствами-партнерами;

– концентрація і аналіз досвіду для впровадження САПР в університеті на 3-му етапі;

– розробка цільової програми університету „САПР в науці, освіті і виробництві”.

3. Осінь 2010 – 2012рр. – роботи по широкому впровадженню САПР на всіх зацікавлених кафедрах НТУ „ХПІ”. Реалізовується силами всіх кафедр, НДЦ, ЦНІТ за сприянням підприємств-партнерів.

*Основні завдання:*

– вдосконалення програмно-апаратної бази;

– інсталяція ліцензійного програмного забезпечення широкого спектру на навчальних і навчально-дослідницьких місцях;

– освоєння і доопрацювання методичного матеріалу – лекцій, лабораторних, практичних і курсових робіт;

– концентрація і аналіз відгуку підприємств-працівців на рівень і спрямованість підготовки фахівців в НТУ „ХПІ” з точки зору ступеня володіння ними сучасними САПР.

**Організаційне забезпечення.** Для організаційного забезпечення 1-го етапу впровадження САПР в НТУ „ХПІ” передбачено:

1. Матеріальне забезпечення мінімально необхідного ремонту приміщень і оснащення їх засобами зв'язку, сигналізації, кондиціонування, енергозабезпечення.

2. Забезпечення інженерно-технічним і навчально-допоміжним персоналом.

3. Виділення почасового фонду для заохочення додаткового навантаження викладачів.

4. Матеріальне заохочення (преміювання) кращих викладачів, що освоїли найскладніші САПР для читання навчальних курсів, і студентів, що добилися успіхів в їх освоєнні.

5. Забезпечення відряджень в університети України і ближнього зарубі-

жжя для набуття досвіду в організації процесу впровадження САПР.

6. Підписка на тематичні періодичні видання.

7. Забезпечення оргтехнікою і носіями даних.

8. Виділення окремої сторінки на сайті університету з матеріалами по впровадженню САПР.

**Висновки.** Описаний у статті комплекс заходів втілюється у життя в ході виконання програми інтенсифікації впровадження САПР у навчальний та науково-дослідницький процес в НТУ „ХПІ”. Розроблена в університеті відповідна „Концепція викладання дисциплін спрямування САПР”, схвалена Вченою радою, успішно виконується. Підготовлено кілька десятків викладачів. У 2010-2011 рр. пройшли три літні школи із систем Pro/ENGINEER та Inventor, підготовлено майже 30 викладачів. Практично усі студенти машинобудівних спеціальностей оволодівають САПР різного рівня. Підготовлене методичне забезпечення. Студенти і аспіранти приймають участь у різних конкурсах та олімпіадах. Так, студент Д. Мухін у 2011 р. зайняв друге місце на Всеукраїнській олімпіаді з САПР.

Розгорнутий потужний комп’ютерний кластер. Цим самим перед науковцями НТУ „ХПІ” відкриваються широкі можливості проведення наукових досліджень, освоєння інформаційних технологій, впровадження в навчальний процес сучасних продуктів та виконання замовлень вітчизняних та зарубіжних фірм. При цьому потрібно відзначити, що в університеті сконцентровано широкий спектр навчальних ліцензій програмних продуктів передових світових фірм.

Даний кластер буде подвійного призначення, причому як навчальний комплекс за вартістю робочих місць – недорогий за рішенням, оскільки до одного системного блоку приєднується кілька робочих місць.

Росте співробітництво вчених НТУ „ХПІ” та промислових підприємств України, зокрема, з групою УПЕК. Здійснено кілька спільних проєктів, у ході яких продемонстровані переваги САПР як інструменту інженерних та наукових досліджень.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що у ході практичної діяльності підтверджується ефективність залучення дисциплін циклу САПР до підготовки інженерних кадрів на сучасному етапі.

**Список літератури:** 1. *Ткачук М.А.* До 125-річчя НТУ „ХПІ”. Університет, кафедра, студент: хартія наукового прагматизму / М.А. Ткачук // Вісник НТУ „ХПІ”. Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – 2010. – №19. – С. 3-11. 2. *Ткачук М.А.* До 125-річчя НТУ „ХПІ”. Розвиток теоретичних основ синтезу геометрії та моделювання втомної міцності нових зубчастих зачеплень в університеті / М.А. Ткачук, О.В. Устиненко, Р.В. Протасов, М.М. Ткачук // Вісник НТУ „ХПІ”. Тем. вип.: Проблеми механічного привода. – 2010. – №26. – С. 3-8. 3. *Ткачук М.А.* До 125-річчя НТУ „ХПІ”. Кафедра ТММ і САПР: формування та розвиток науково-освітнього простору / М.А. Ткачук // Вестник НТУ „ХПІ”. Тем. вип.: Транспортное машиностроение. – 2010. – №39. – С. 153-171. 4. *Ткачук Н.А.* Современное машиностроение и САПР: реальные тенденции и перспективы / Н.А. Ткачук, А.Д. Чепурной // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып.: Машиноведение и САПР. – 2011. – №22. – С. 3-11. 5. <http://www.kpi.kharkiv.edu/tmm-sapr/html/tensor.html>. 6. <http://www.kpi.kharkiv.edu/tmm-sapr/>. 7. <http://tmm-sapr.org>.

*Поступила в редколлегию 11.01.12*