

Міністерство освіти і науки України  
Національний гірничий університет

П.І. Пілов  
В.П. Франчук  
К.С. Заболотний  
О.В. Панченко

**КОНЦЕПЦІЯ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ  
У ВІРТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ SolidWorks**

Навчально-методичний посібник

Дніпропетровськ

НГУ

2009

УДК 374.14

ББК 32.81

Затверджено до видання вченою радою Національного гірничого університету (протокол № 6 від «28» жовтня 2008 р.)

**Рецензенти:**

*В.О. Салов, канд. техн. наук, проф. Національного гірничого університету, начальник навчально-методичного управління (м. Дніпропетровськ);*

*Є.С. Синицин, канд. техн. наук, проф. Міжнародної слов'янської академії наук, освіти, мистецтв і культури (м. Новосибірськ)*

**Пілов П.І., Франчук В.П., Заболотний К.С., Панченко О.В.**

Концепція підготовки інженерів у віртуальних технологіях SolidWorks: Навчально-методичний посібник. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 35 с.

Викладено досвід упровадження Концепції підготовки інженерів у віртуальних технологіях SolidWorks, в основі якої – поетапна візуалізація дисциплін інженерного циклу й безперервне навчання студентів у тривимірному світі інженерії спеціальності. Як доведено теоретично й практично, занурення у віртуальний світ інженерії – дійсно ефективний навчальний інструмент.

Призначено для викладачів інженерних наук, керівників вищих навчальних закладів, працівників управління освіти.

Іл. 15. Бібліогр.: 21 назв.

УДК 374.14

ББК 32.81

ISBN 978-966-650-125-3

© П.І. Пілов, В.П. Франчук, К.С. Заболотний,  
О.В. Панченко, 2009

© Національний гірничий університет, 2009

## *Замість передмови*

У поданій роботі викладено одну з найважливіших проблем сучасної освіти, досить актуальних під час навчання студентів інженерних спеціальностей. Як правильно відзначили автори, традиційні технології навчання інженерним дисциплінам не тільки не викликають інтересу у студентів, але навіть знижують мотивацію випускників шкіл вчитися в технічних вузах. Цей об'єктивний процес має дві причини: перша – молодих приваблює вища оплата праці економістів і юристів, а друга зумовлена більшими труднощами при оволодінні інженерними спеціальностями порівняно з гуманітарними.

Чи існує в сфері освіти стратегія на переорієнтацію цінностей у молоді? Так! – доводять автори роботи. Треба лише докорінно змінити технологію сприйняття навчальної інженерної інформації в процесі підготовки студентів. Переважна більшість традиційних систем навчання в школах і вузах не одне десятиріччя спрямовували навчальний процес на розвиток лівої (логічної) півкулі мозку учнів, адже прихильники вищеназваних систем не мали власного досвіду в тому, коли і яким чином включається права півкуля при сприйманні інформації.

І до чого ж блискуче, досягнувши повноти свого вияву, вирішила порушене питання тривимірна візуалізація інженерної інформації із застосуванням комп'ютерного моделювання! Це стало ще одним доказом про необхідність зміни, на думку авторів проекту, парадигми навчання. У цьому зв'язку проф. Юрін В.М. розробив «комп'ютерний інжиніринг» – оригінальну програму інженерної освіти, що передбачає використовувати єдиний навчальний інструмент у вигляді фахової CAD/CAM/CAE/ PDM-системи для всіх технічних дисциплін. Поставивши в центр уваги такий підхід, автори проекту вишли з новою технологією вивчення інженерних дисциплін на основі цілісної системи віртуальних образів (3D-моделей), створюваних з її допомогою.

Відповідно до концепції, викладеної в книгах Є. Синицина й О. Синициної «Таємниця творчості геніїв», «Система розвитку обдарованих дітей», психіка індивіда нараховує 18 чинників творчості, які слугують ін-

струментом розвитку інформаційно-сміслових структур, інакше кажучи, – інструментом примноження знань. До них належать натхнення, уява, задоволення, почуття краси та низка інших. Якщо вміст цих чинників у свідоме і несвідоме достатньо великі, то відбувається творче сприйняття інформації, міцне запам'ятовування. Коли навчальна інформація супроводжується підвищеним емоційним фоном, це забезпечує не лише високу мотивацію, а й залишає глибокий слід у тривалій пам'яті. Ефективність навчання студентів інженерних спеціальностей за допомогою запропонованої цілісної системи віртуальних образів можна пояснити так: автори цієї технології зуміли домогтися головного – вклади творчих чинників у свідомість дійсно виявилися суттєвими й насиченими. У зв'язку з цим картина навчання фантастично змінилася. Студенти вже відчують не відчуження від процесу навчання, а навпаки – воно стає радісним і захоплюючим.

Навіть короткий аналіз подачі інформації в цілісній системі віртуальних образів дає змогу побачити ще одну важливу і досить цікаву деталь навчання, що полягає в оптимальному – етап за етапом – включенні правої і лівої півкуль мозку в ході сприйняття образної та логічної інформації. Наприклад, при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Машинобудівне комп'ютерне креслення» спочатку подано цілісний об'єкт, причому в кольорі. Так у студентській свідомості починається перехід від тривимірних моделей до креслень. Уже на першому етапі – цілісному одночасному сприйнятті предмета, реалізується основний принцип гештальтпсихології, що зводиться до цілісного несвідомого «схоплювання» об'єкта. Саме з цього етапу, тобто із сприйняття тривимірного віртуального навчального об'єкта в цілісній системі віртуальних образів, у психічній системі студентів стимулюються високі вклади чинників творчості, особливо натхнення, уяви й спонтанності, почуття краси і новизни, позитивних емоцій – те ж цілісне охоплення ситуації.

На цьому першому етапі при сприйнятті інформаційного об'єкта у студента одразу включається в діяльність права (образна) півкуля мозку, одночасне сприйняття інформації відбувається завдяки роботі двох юнгівських

психічних функцій: почуття й відчуття. Вклад цих функцій вагоміший, аніж разом узятих мислення й інтуїції. Поєднання зазначених функцій забезпечує швидко асиміляцію свідомістю образної інформації. Тут же необхідно відзначити велику роль багатоколірної палітри віртуальних образів. Цілеспрямованими діями конструктора системи (3D-моделей) у свідомості створюється джерело синтезу інформаційно-сміслових і образно-колірних змістових структур. Цілком можливо, що синтез інформаційно-сміслових і образно-колірних змістових структур несвідомий і скоріше всього – інстинктивний.

На подальших етапах спостерігається поступова логічна деталізація досліджуваного об'єкта. Це вже – функція лівої півкулі мозку й логічного мислення. Спільні дії правої й лівої півкуль стимулюють мозок студента швидше засвоювати інформацію й одержувати задоволення від самого творчого процесу, що й відчують художники, письменники, поети, музиканти та вчені. Потенціал віртуальних образних технологій у навчанні безмежний і тому в них, особливо інженерних спеціальностей, – велике майбутнє. Автори проекту готують фундамент для нескінченної розмаїтості таких навчальних систем.

Незважаючи на незаперечні переваги процесу отримання знань завдяки викладеній технології, є ще одне й, можливо, – найвище достоїнство цілісної системи віртуальних образів у сфері викладання інженерних дисциплін (може, навіть самі автори системи й не підозрюють цього): у творчому процесі все вирішують вклади психічних чинників творчості. Лише у геніїв вклади цих чинників максимальні, тобто їх більше, ніж просто у таланта, і на порядок вище, ніж у звичайної людини. Безсумнівно, усі ці 18 чинників, які ми зведемо чинниками геніальності, дають інтенсивний стимул до подальшого розвитку при використанні тривимірної візуалізації образів у 3D-моделей. І з кожною лабораторною роботою, в якій використано 3D-моделі, студент звично прагне увійти у сферу, де відчувається високий рівень вкладів спонтанності, уяви, натхнення, почуття краси і т.д. А це і є найскладніший процес психосинтезу гуманістично орієнтованої особистості, формування якої абсо-

лютно недоступне традиційним системам навчання. У гуманістично орієнтованої особистості автономний психонейрофізіологічний функціональний комплекс переміщується на психічному просторі у сферу творчості й навіть зміщується до геніальності.

Автори проекту долають найважчу освітню проблему – традиційні технології навчання неспроможні ліквідувати «білі плями» інформаційних структур у свідомості студента після лекцій, лабораторних робіт, семінарів. З кожним курсом ці прогалини в знаннях і «білі плями» накопичуються до такої міри, що розчленовують навчальну інформацію на безглузді непов'язані змістом окремі частини, викликаючи байдужість до навчання. Цілісна ж система віртуальних образів мінімізує у свідомості студента прогалини в інформаційно-сміслових структурах. Тому примноження знань на кожному етапі навчання фактично оптимізовано.

У «Концепції підготовки інженерів у віртуальних технологіях SolidWorks» – великі перспективи: під пильною увагою і при сприянні сфери освіти її варто невідкладно впроваджувати в навчальну практику технічних вузів з безперечною користю для наших студентів.

*Євген Синицин,*

*кандидат технічних наук,*

*професор Міжнародної слов'янської академії наук,*

*освіти, мистецтв і культури (м. Новосибірськ)*

**Стан питання і постановка завдання.** У своїх зверненнях до органів влади та засобів масової інформації відомі вчені країни вельми занепокоєні катастрофічним зниженням престижу інженерної праці. І дійсно, працю інженера гідно не оцінюють, у пресі не популяризують, умови роботи й перспектива не надто привабливі. Отже, напрашується висновок: нинішня молодь не прагне в інженерію. Проблема молодих інженерних кадрів так само існує у великих промислово розвинених країнах, насамперед Європи та США, де більшість юнаків і дівчат також пориваються в юристи, фінансисти, економісти. Як йдеться у доповіді Єврокомісії, ще протягом наступних 20 років Європейський Союз відчуватиме потребу щонайменше у 20 мільйонах молодих освічених іммігрантів. Для залучення в країни ЄС висококваліфікованих мігрантів (інженерів, викладачів, фахівців у сфері інформаційних технологій) з усього світу Євросоюз навіть має намір видавати «сині картки», що збільшить масштаби «витоку мізків» з України [1].

Та, може, справа зовсім в іншому... Чому так відбувається? Ні для кого не секрет, що з перших же кроків студентського життя недавні школярі почали прямо-таки жахатися «сухих» технічних дисциплін. Стосовно зазначеного спеціалісти у сфері сучасної педагогіки і психології намагаються зазирнути в корінь цього непростого і тривожного явища. Наприклад, у роботі [2] наголошено, що при вивченні таких навчальних дисциплін, як математика, фізика, креслення, нарисна геометрія, теоретична механіка, опір матеріалів спостерігається несумісність усталеної логіки розгортання предметного змісту з віковою динамікою образного мислення учнів. Ця несумісність створює додаткові труднощі юним умам при засвоєнні знань, викликаючи розгубленість, зневіру у свої сили, пасивність, тривалі негативні емоції, пов'язані з втратою зацікавленості до осягнення інформації. У традиційних методах навчання перед студентами так стрімко мерехтить цілий потік абсолютно нових і не завжди зрозумілих абстрактних образів, що змушує їхній розум виставля-

ти захисний бар'єр, бо матеріал лекцій не торкається свідомості і не викликає відгуку. А тому спочатку вони втрачають потяг до конкретного предмета, а згодом – і до майбутнього фаху в цілому.

У педагогіки як науки – давня історія. За цей час стільки зроблено й відкрито, народилося чимало освітніх концепцій, методик, програм, написано тисячі й тисячі монографій, брошур, статей. Головна теза сучасної педагогіки: «...навчання необхідно будувати як процес творчості учнів» [3].

Ще великі говорили, що студент – не посудина, яку треба наповнити знаннями, а факел, який необхідно запалити. Але як запалити того, хто до дисциплін інженерного циклу залишається байдужим? І така позиція до деякої міри логічна, адже тут обсяг абстрактної інформації перевищує мізерну частку образної, що аж ніяк не стимулює розвиток внутрішніх психофізіологічних характеристик тих, кого навчають [2], а навпаки: лише віддаляє їх від інженерного поприща. Звичайно, слухаючи викладача, залюбленого у свою дисципліну і спроможного цікаво її подати, студенти, одержуючи знання найвищої проби, не тільки з інтересом, а часом із захватом ловлять кожне слово і в підсумку – легко й швидко засвоюють матеріал. На жаль, не так багато з-поміж нас тих, які б, окрім природного педагогічного хисту, ще мали достатньо мудрості та знань.

За даними когнітивної психології, близько 80 % інформації про навколишній світ ми одержуємо за допомогою зорового сприйняття. Кожні 10 років обсяг інформації зростає вдсятеро. А щоб ця інформація перетворилася на знання, необхідно проаналізувати гігантські масиви даних і при цьому – постійно вчитися. Постійно! Ось чому все більшої популярності у світі набувають різні системи 3D-візуалізації, віртуальної реальності (віртуального оточення). Так, "наукова візуалізація" як новий науковий напрям збагачує та удосконалює методи, розширює мережі та засоби розуміння вирішуваних проблем із залученням до аналізу інформації про здатність бачити і сприймати зображення. У процесі розвитку візуалізації як наукової дисципліни глибоко усвідомлено, що людина найкраще дійде суті досліджуваного явища,



коли зможе "заглибитися в його світ", тобто в простір моделі, і коли це "заглиблення" підсилюється можливістю безпосередньо маніпулювати об'єктами в просторі моделі [4].

На основі викладеного і було сформульовано концепцію віртуальної реальності (початок 90-х років минулого сторіччя) як високорозвиненої форми комп'ютерного моделювання в реальному масштабі часу, що давало користувачеві змогу поринати в штучний світ – імітацію навколишнього оточення з високим ступенем реалізму, із зворотними зв'язками у вигляді спеціальних сенсорних приладів. Невдовзі з'явилися (як вчасно!) великомасштабні установки віртуальної реальності, використовувані у різних галузях науки і техніки. Очікуване передбачення: повномасштабна віртуальна інженерія з урахуванням інтенсивного розвитку програмно-апаратних засобів автоматизованого проектування вже стане в найближчому майбутньому об'єктивною реальністю [5].

Усвідомлюючи необхідність радикальних перетворень у викладанні інженерних дисциплін, у зміні парадигми, проф. Юрін В.М. розробив у своїй фундаментальній праці [6] справжню програму інженерної освіти, назвавши її «комп'ютерним інжинірингом». Ця програма припускає використання єдиного інструмента – базової CAD/CAM/CAE/PDM-системи як наскрізного засобу навчання. Із впровадженням комп'ютерних технологій тривимірного моделювання професори Каманін Л.М., Якунін В.І., Горшков Г.Ф. (ВПА ім. М.Є. Жуковського) закликають до переосмислення застарілої методології, викладеної у давно сформованих програмах інженерних дисциплін [5].

Побудувати модель навчального процесу підготовки інженера на рівні сьогодення, коли при вивченні предметів інженерного циклу можна досягати раціонального співвідношення абстрактної й образної інформації з акцентом на розвиток особистості завдяки творчості, та ще й з емоційним впливом, максимально розкриваючи у студентів когнітивні й креативні якості, – **актуальне завдання** випускових кафедр наших вузів.

**Виклад результатів.** Ідеї професорів Юріна В.М., Каманіна Л.М., Якуніна В.І., Горшкова Г.Ф. набули свого подальшого розвитку в НГУ – На-

ціональному гірничому університеті (м. Дніпропетровськ), зокрема на кафедрі гірничих машин та інжинірингу (ГМІ). Саме у цьому колективі народилася й детально розроблена **концепція підготовки інженерів у віртуальних технологіях** (далі – **Концепція підготовки інженерів**), в основі якої – поетапна візуалізація дисциплін інженерного циклу і безперервне навчання студентів у тривимірному світі інженерії спеціальності [7, 8].

Візуалізація дисциплін інженерного циклу – це створення для сприймання цілісної системи віртуальних образів (3D-моделей), що і вражають уяву, і захоплюють, і розширюють горизонти. Недарма ж вона полонила наших вихованців, які пізнають, навчаючись, і навчаються, пізнаючи 3D-моделі деталей, машин, установок, технологічних процесів у віртуальному тривимірному світі інженерії, народженому на основі сучасної CAD/CAM/CAE/PDM-системи. І не дивно, що вони змінюються на очах, оскільки вже по-іншому сприймають навколишнє з безпосереднім спостереженням і переглядом зробленого, тобто предметно осмислюючи його і даючи свою оцінку. Тому багато чого стає для них обґрунтованим і логічним, точним і значним, а те, що колись було незрозумілим, – нині таким ясним! Чому? Та тому, що ці-ка-во! А цікавість, що породжує допитливість, – перший крок до розуміння і пізнання.

Студенти не просто образно вивчають інженерію, яка щоразу відкривається перед ними всіма своїми несподіванками і загадками, а й заглиблюються в її суть, установлюють двохасоціативний зв'язок між віртуальними образами й абстракціями. З року в рік, набуваючи досвіду й збагачуючись новими знаннями, вони починають самостійно творити і отримують від цього справжню насолоду.

У цьому – ще один доказ того, що на творчому й емоційному піднесенні, з максимальною часткою образного мислення [2] знання зростають набагато швидше, ніж коли їх просто нав'язувати. І не тільки знання зростають, а від усього баченого у віртуальних технологіях, почутого на лекціях і головне – від зробленого власними руками у молоді формується абсолютно нове осмислення інженерії як науки. Так наші лави поповнюють невинні фана-

тики, ентузіасти й однодумці, безмежно закохані у свою справу, якій вирішили присвятити життя. Тому на кафедрі ГМІ немало колишніх студентів.

**Концепція підготовки інженерів** наочно відображена на рис. 1. Коло в центрі символізує комп'ютерне середовище, тобто програмне забезпечення для реалізації віртуального світу інженерії спеціальності, з базою даних 3D-моделей деталей, механізмів, машин. Дисципліни інженерного профілю тут поділені за курсами навчання у секторах, а в сегментах розбиті на групи: 1) комп'ютерні технології вивчають; 2) застосовують до вивчення; 3) їхнє застосування планують або ж 4) взагалі не планують.

Поетапне введення **Концепції підготовки інженерів** передбачає:

- Обґрунтування, вибір і створення комп'ютерного середовища.
- Опанування комп'ютерних технологій викладачами і студентами.
- Перманентну візуалізацію дисциплін інженерного профілю з наповненням бази даних 3D-моделями.
- Вивчення дисциплін інженерного профілю у віртуальному середовищі.

*Вибір комп'ютерного середовища.* При виборі програмного продукту слід орієнтуватися на технічні можливості програмного комплексу, досвід його використання у виробництві, а також на те, щоб, опанувавши цей комплекс, випускники НГУ виявилися вкрай потрібними як фахівці у сфері сучасних прикладних інформаційних технологій.

Кафедра ГМІ готує майбутніх проектувальників гірничого обладнання. В основі проектування виробу – процес деталізації його форми в міру «визрівання» задуму проектувальника [9]. Раніше цей процес спирався на методи нарисної геометрії, тобто на той розділ геометрії, в якому просторові фігури вивчалися з використанням методу побудови їхніх зображень на площинах проєкцій. (Як з'ясувалося, студентам найбільш було важко саме уявити форму і положення у просторі проєктованого об'єкта, тобто скласти його уявний образ за плоскими кресленнями). З народженням систем геометричного моделювання з'явилися засоби маніпуляції безпосередньо формами тривимірної візуальної 3D-моделі проєктованого виробу, формовані в автоматичному ре-

жимі самою програмою, отже, плоскі креслення вже стають не частиною процесу проектування, а його кінцевим результатом. Відтоді наш студент і почав творити, імпровізувати, створюючи тривимірний образ виробу подібно до дитини, яка виліплює фігурку із пластиліну. Перехід від тривимірних моделей до креслень тепер відбувається у повній відповідності із законом теорії пізнання: від чуттєвого, образного сприйняття тривимірної віртуальної реальності – до ідеалізованої абстракції (креслення). Навчившись установлювати двохасоціативний зв'язок «модель – креслення», студент відкрив для себе зміст і значення двовимірних креслень.

У процесі проектування машин неминуче доводиться виконувати ті чи інші розрахунки (кінематичного й силового аналізу), визначати напружено-деформований стан машини та ін. Отже, без інтегрованої CAD/CAM/CAE/PDM-системи ніяк не обійтись!

Спираючись на досвід використання у виробництві передових досягнень машинобудівних підприємств, таких як ЗАТ «НКМЗ», ВАТ «Запоріжсталь» і «Мотор Січ», вибір кафедри припав (для комп'ютерного моделювання) на новітній програмний комплекс з великим майбутнім – SolidWorks Education Edition (SWEE) – розробку корпорації SolidWorks (США) [10]. Усі модулі навчального програмного комплексу SWEE (SolidWorks, COSMOSWorks, COSMOSMotion, COSMOSFloWorks, Toolbox, FeatureWorks, Animator, PhotoWorks, eDrawings Professional, 3D-Instant Website) відповідають ліцензіям, що надходять на промислові підприємства. Функціонуючи в інтегрованому режимі, такі модулі побудовані за принципом єдиної інформаційної моделі, завдяки чому на базі окремої кафедри (у цьому випадку – ГМІ) або ж університету в цілому можна створити віртуальний прообраз сучасного підприємства із застосуванням CALS-технологій. У числі трудових і наукових здобутків кафедри ГМІ – багатозначуща нагорода: мережева версія комплексу SWEE на 30 робочих місць у рамках програми сприяння вищій школі "SWR-Академія" за перемогу на конкурсі серед державних навчальних закладів, проведеному компанією SolidWorks Russia [11].

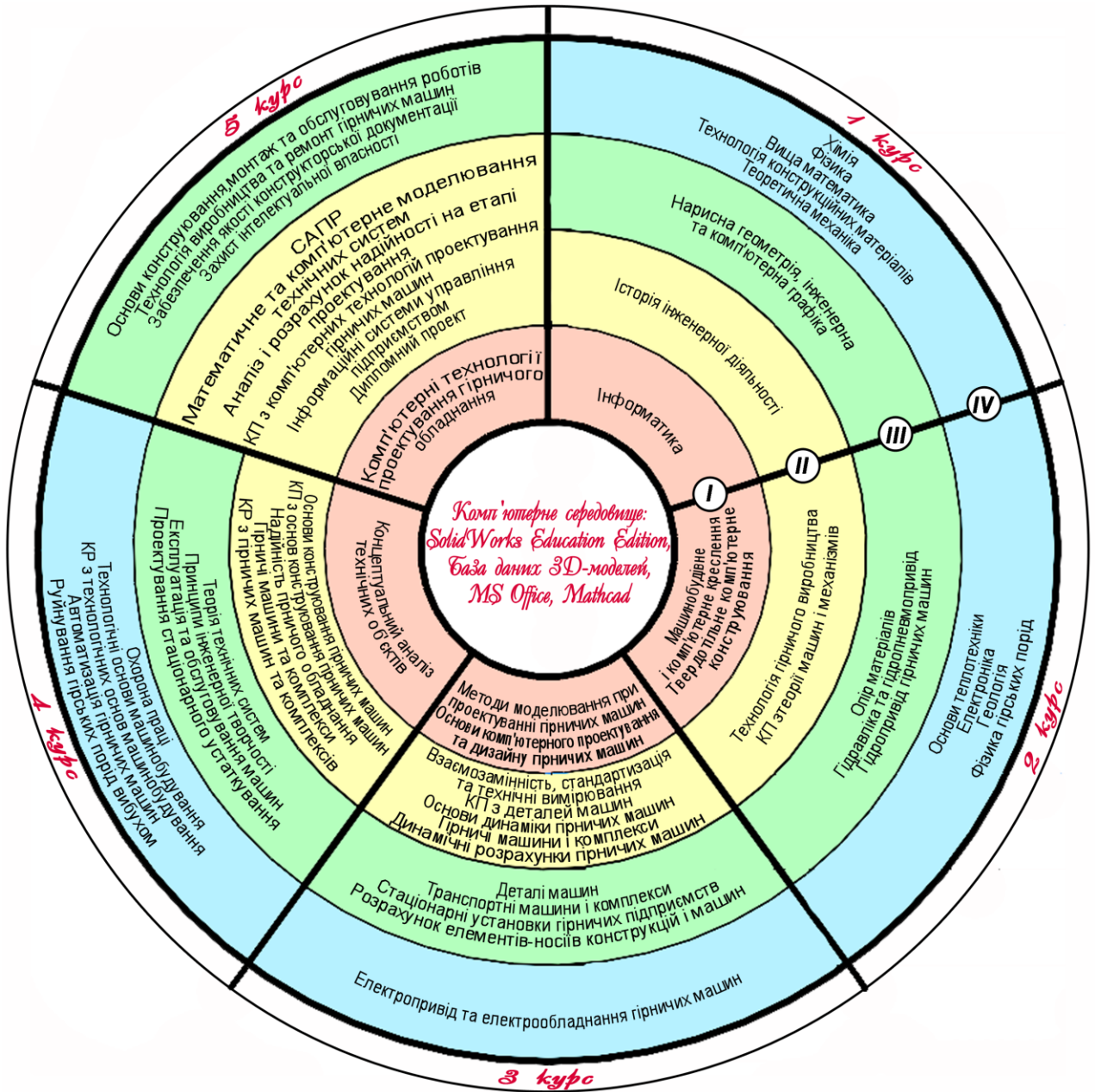


Рис. 1. Концептуальна модель підготовки інженерів у віртуальних технологіях

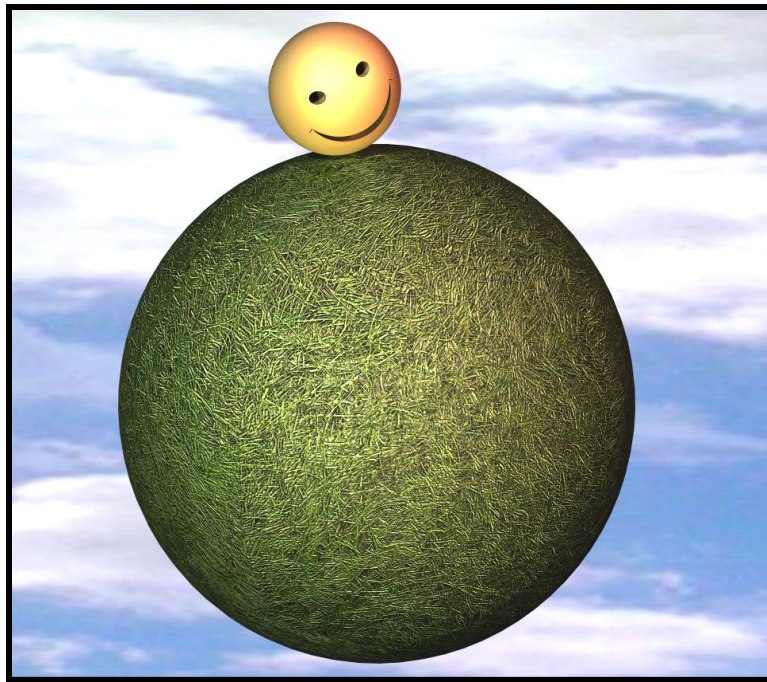


Рис. 2. Комп'ютерна модель іграшки «З посмішкою навколо Землі»

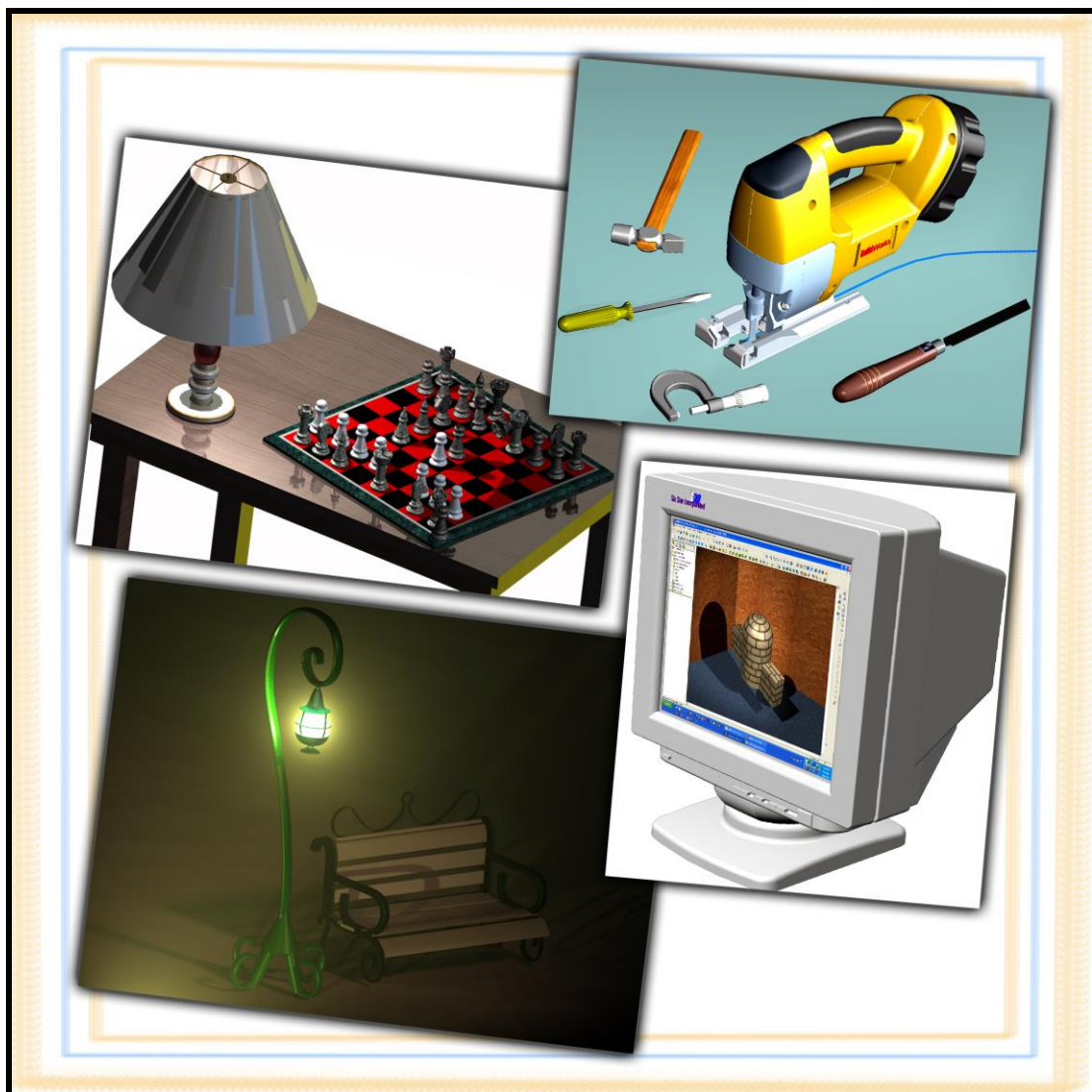


Рис. 3. Комп'ютерні моделі студентів-першокурсників

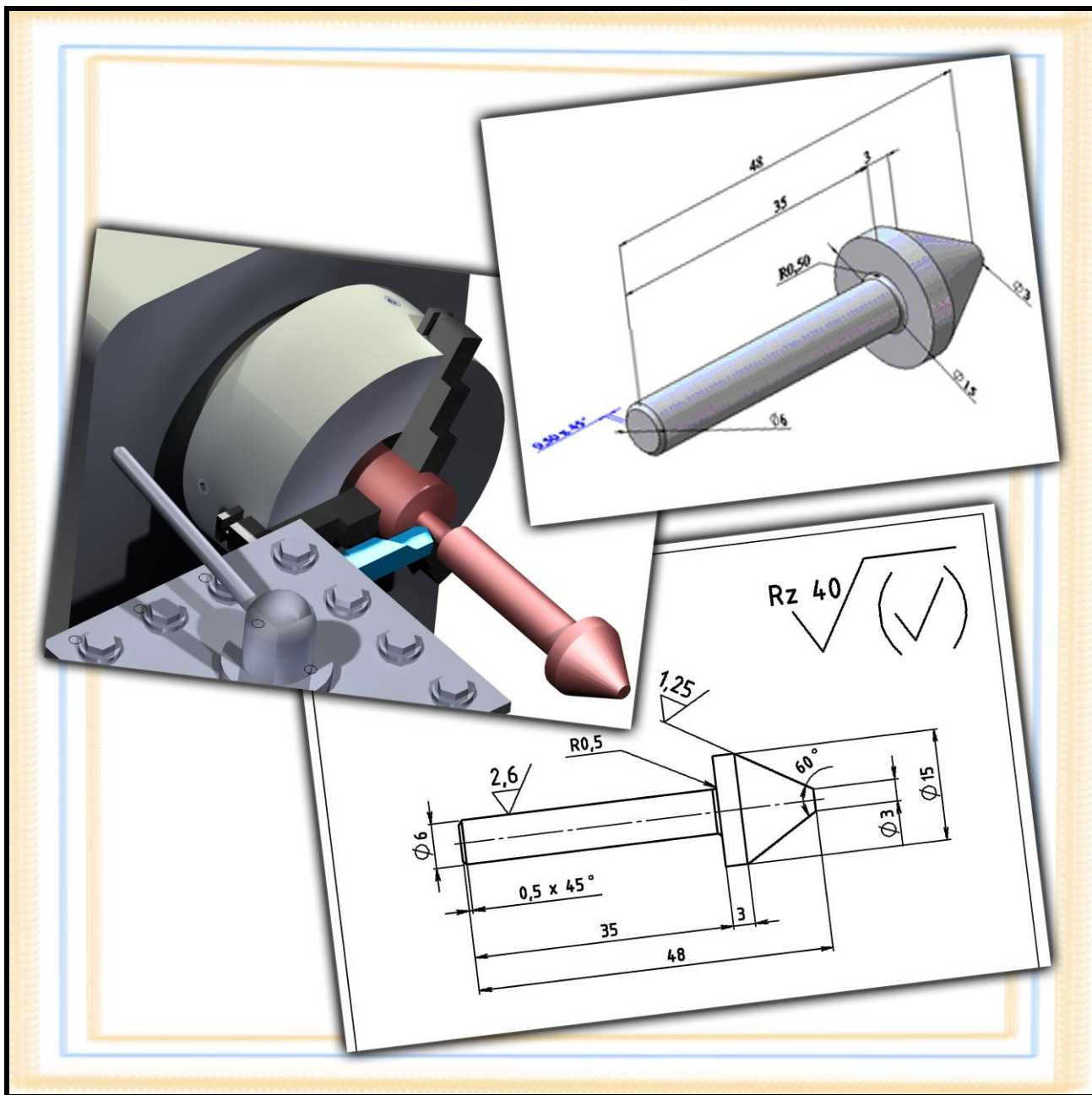


Рис. 4. Фрагменти виконання лабораторних робіт з дисципліни  
«Машинобудівне комп'ютерне креслення»

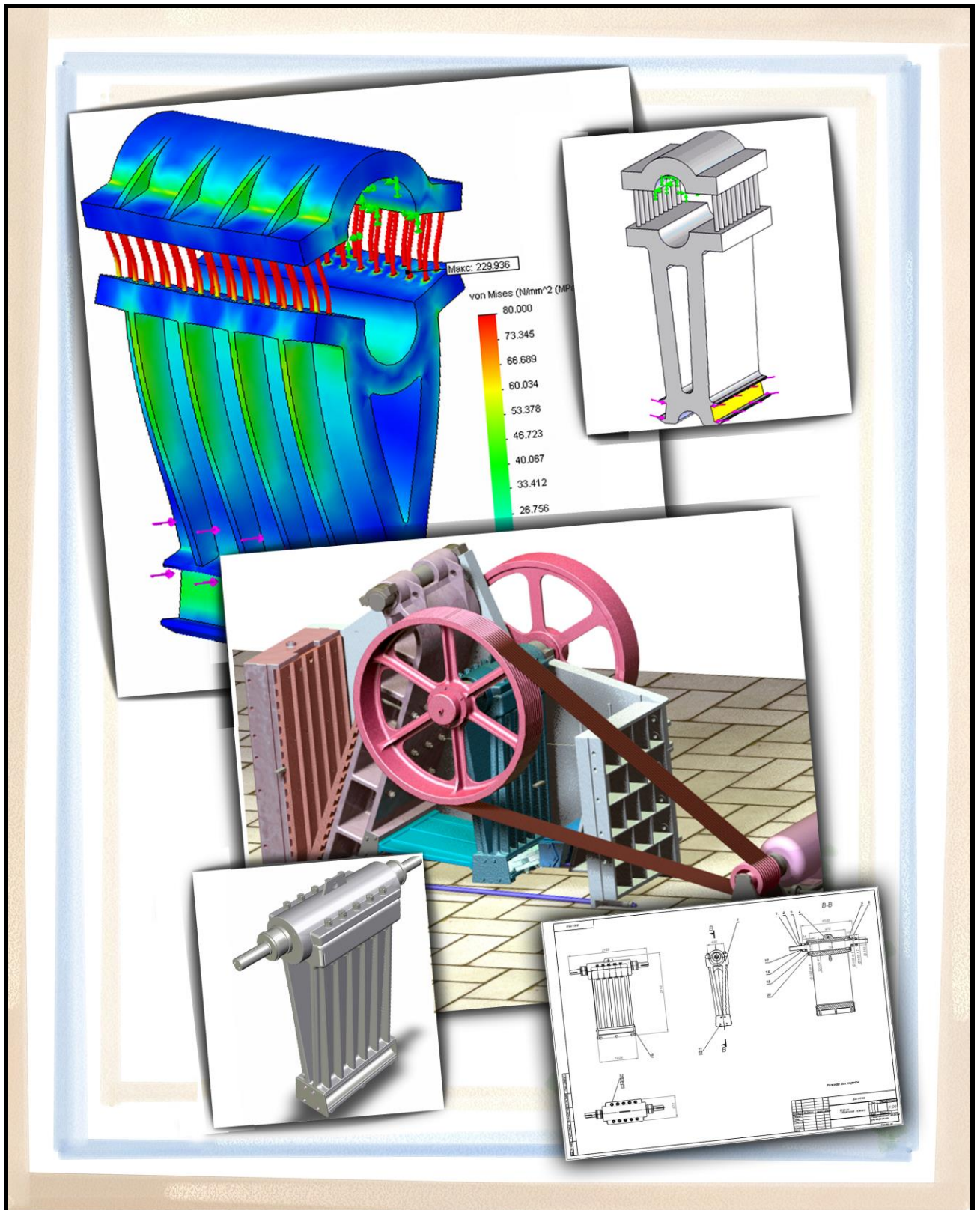


Рис. 5. Комп'ютерні моделі щоккової дробарки



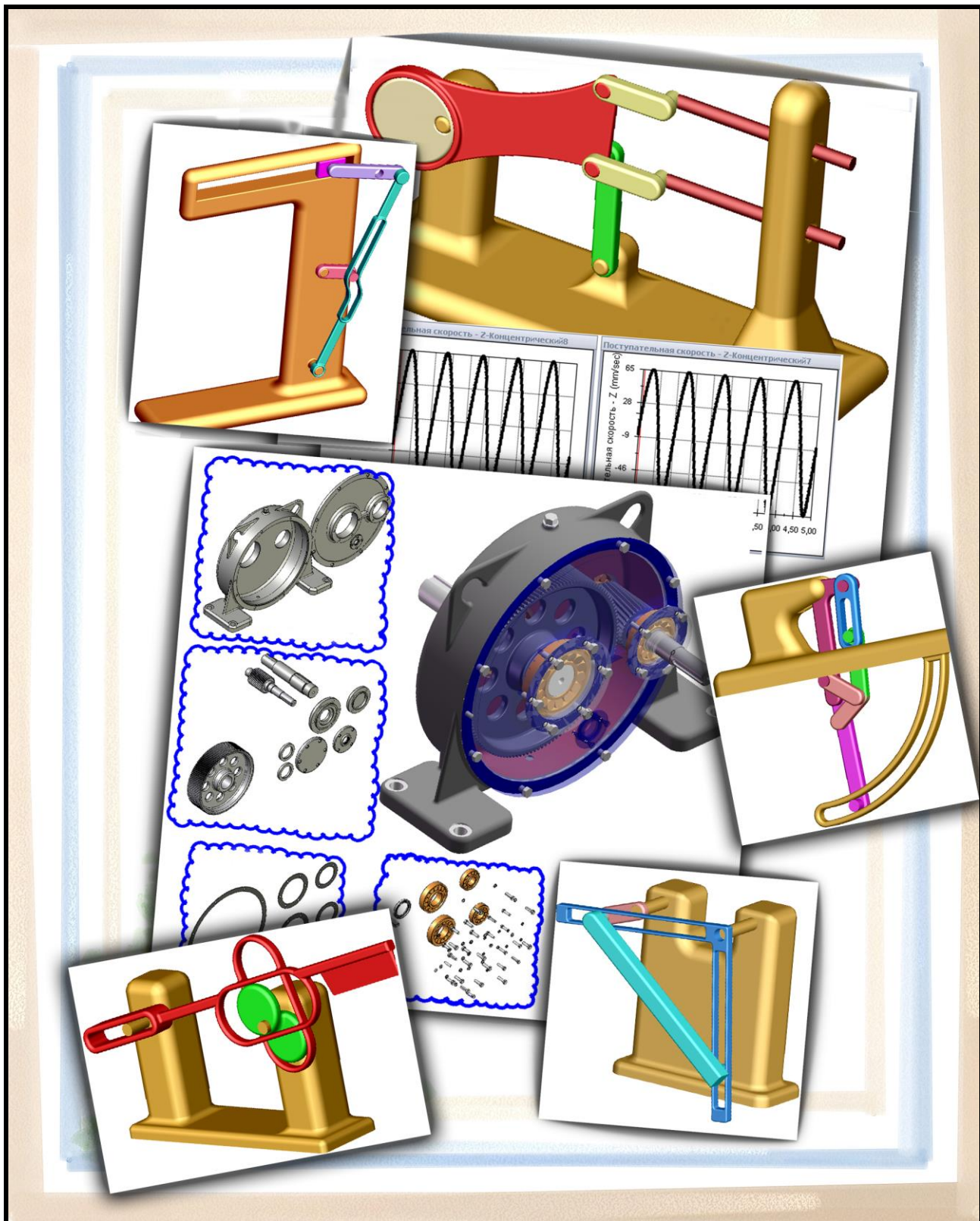


Рис. 6. Приклады 3D-моделей різних механізмів з бази даних кафедри гірничих машин та інжинірингу

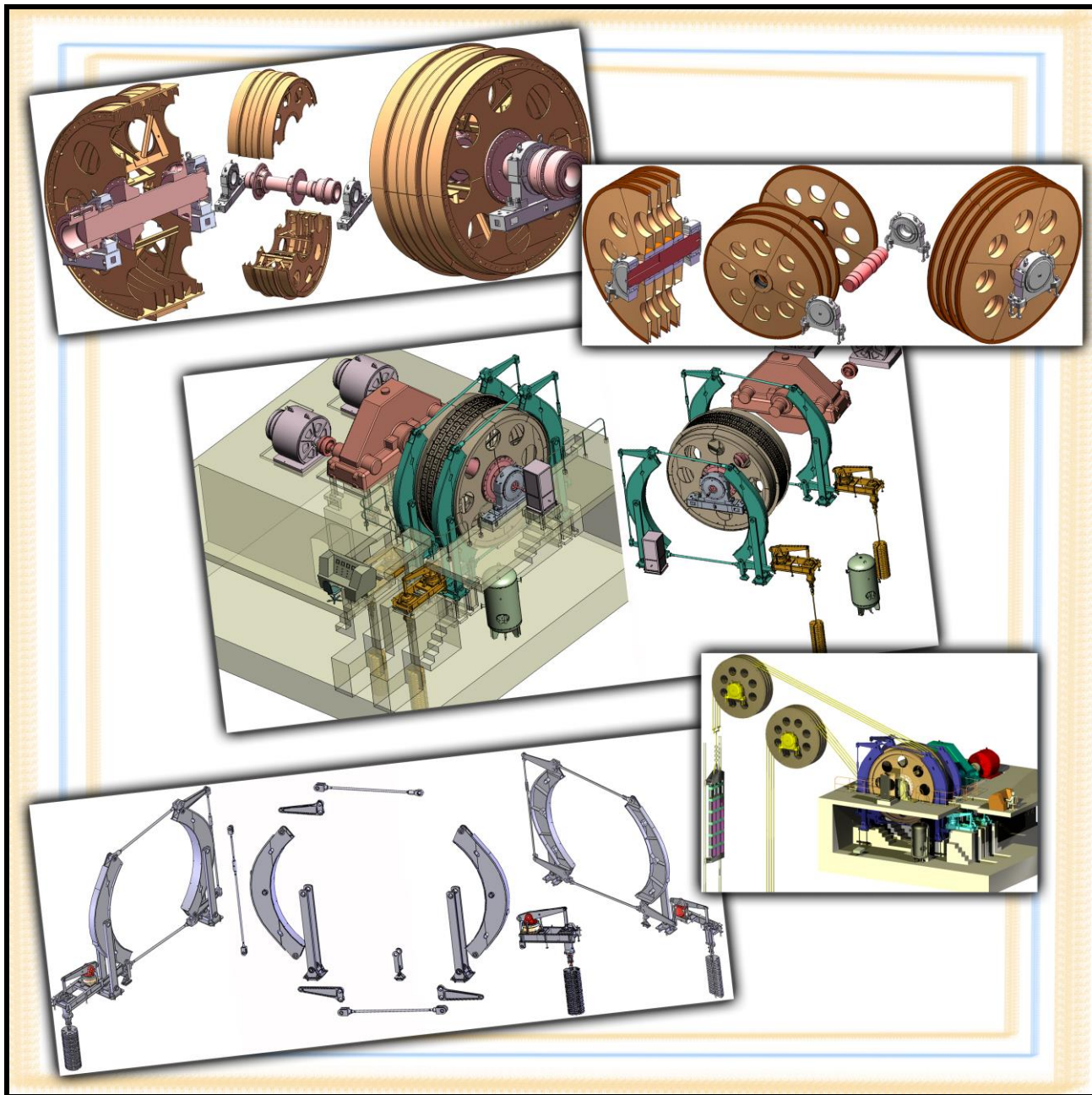


Рис. 7. Приклади 3D-моделей багатоканатної підйомальної машини МПМН 5х4 з бази даних кафедри гірничих машин та інжинірингу

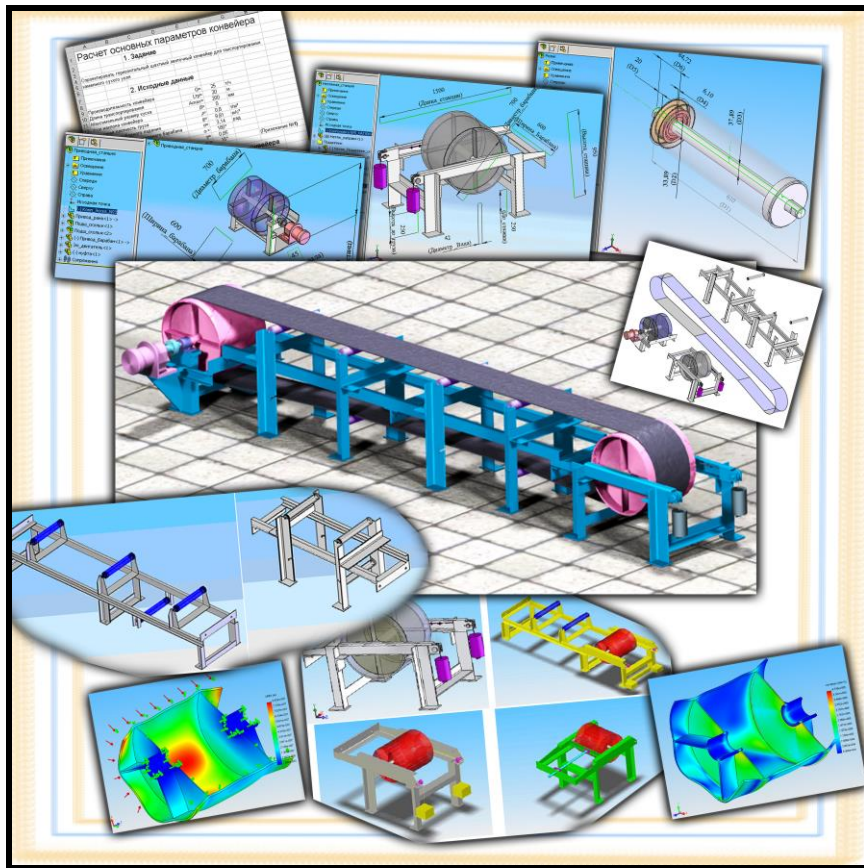


Рис. 8. Комп'ютерні моделі, використувані при вивченні горизонтального стрічкового конвеєра у віртуальному середовищі

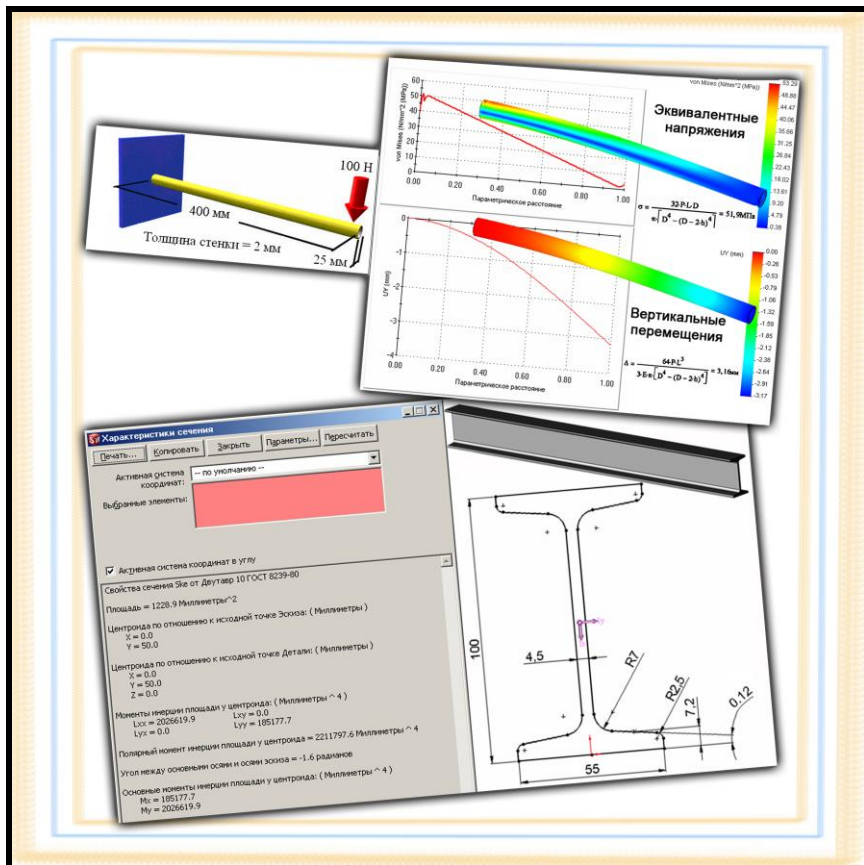
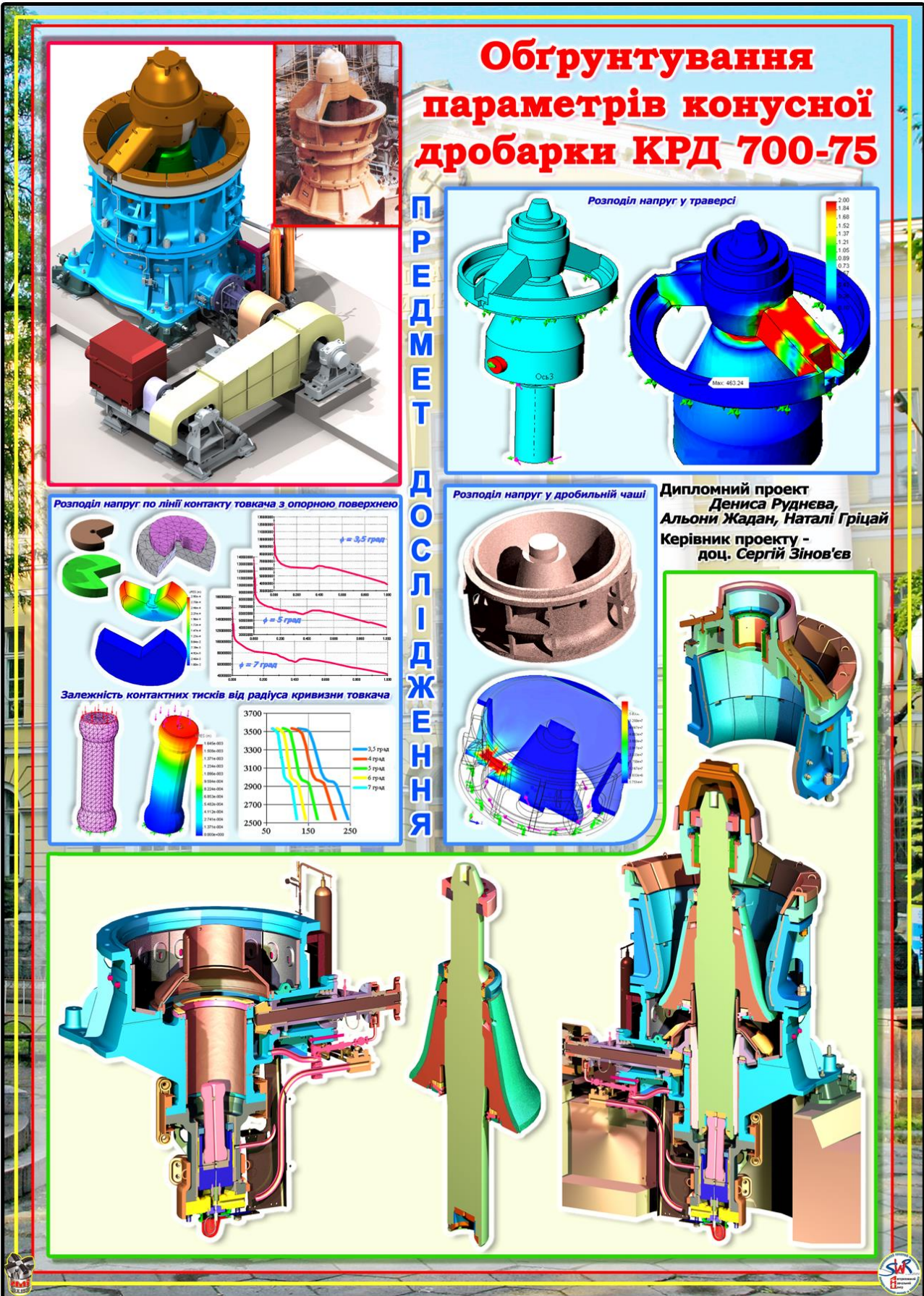


Рис. 9. Візуалізоване сприйняття дисципліни «Опір матеріалів»

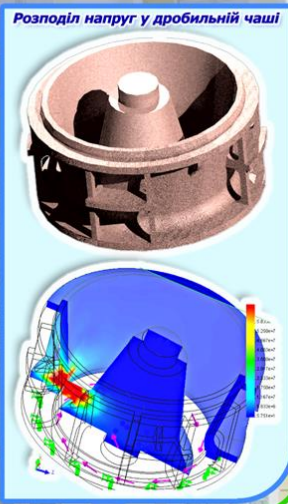
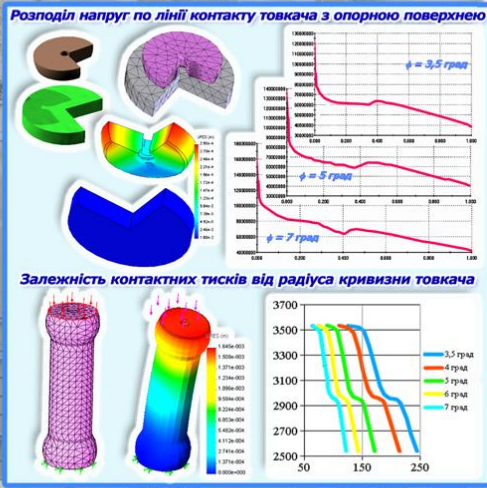
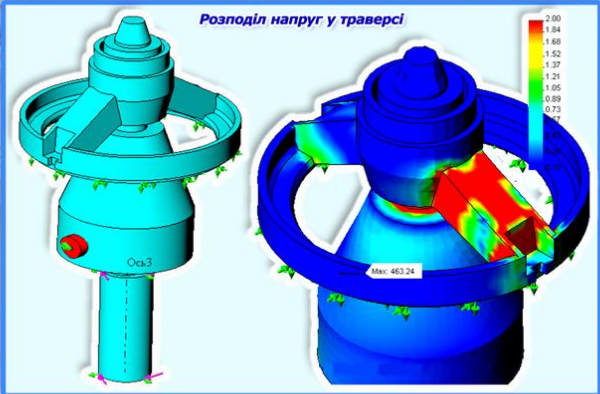
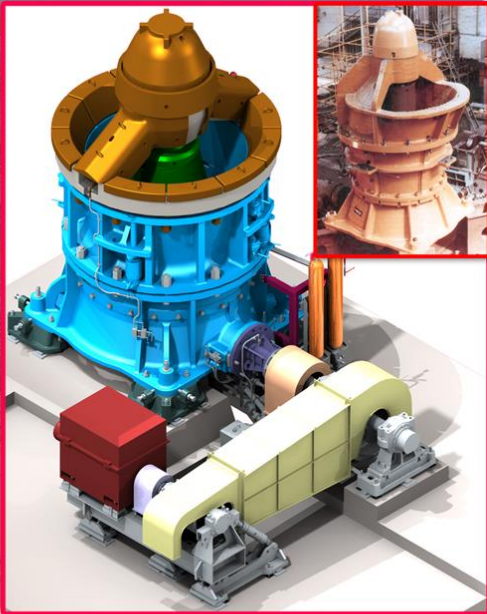


Рис. 10. Студенти-механіки кафедри гірничих машин та інжинірингу демонструють свої проекти



# Обґрунтування параметрів конусної дробарки КРД 700-75

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ



Дипломний проект  
Денис Руднева,  
Альони Жадан, Наталі Гріцай  
Керівник проекту -  
доц. Сергій Зінов'єв

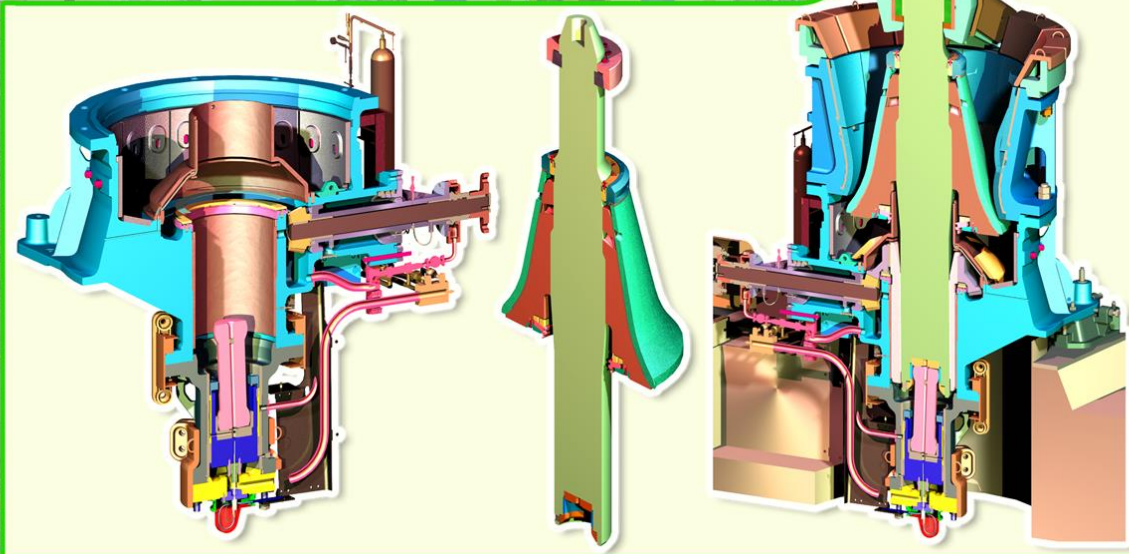


Рис. 11. Колаж на основі результатів комплексного диплома випускників кафедри гірничих машин та інжинірингу



Рис. 12. Колаж науково-дослідних робіт випускників кафедри гірничих машин та інжинірингу



Рис. 13. На фото: випуск гірничих інженерів-механіків 2006 / 2007 навчального року. В їхніх руках - сертифікати SolidWorks Specialis



Рис. 14. Проект SolidWorks для навчальних закладів України презентує Joe Wilkie (SolidWorks Corporation, США). Фрагменти з IV міжнародної науково-методичної конференції «Інноваційні технології SolidWorks у вищій освіті, науці та промисловості» (19 – 21 березня 2008 р.)



Рис. 15. Сталося! Ось він – Договір! У кадрах – момент урочистої церемонії укладання Договору про співробітництво між НГУ і SolidWorks Corporation (США). Під документом ставлять підписи: від НГУ – ректор Геннадій Півняк, від SolidWorks Corporation – Joe Wilkie (Education Business Manager, Europe)



Коротко схарактеризуємо склад і призначення модулів програмного комплексу SWEE.

- Модуль SolidWorks – потужна система автоматизованого проектування, інженерного аналізу і підготовки до виготовлення виробів будь-якої складності й призначення, ядро інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу, включаючи двобічний обмін даними з іншими Windows-додатками. У SolidWorks – дуже зручний, інтуїтивно зрозумілий різнобарвний інтерфейс, що дає можливість «творити» віртуальні моделі без особливих зусиль. Символічний випадок: під час проведення профорієнтаційної роботи серед бажаючих вступити до університету одній абітурієнтці, що засумнівалася в правильному виборі спеціальності «Гірничі машини», запропонували побудувати комп'ютерну модель іграшки (рис. 2) засобами SolidWorks. Учорашня школярка, яка за 10 хвилин виконала тривимірну модель під керівництвом викладача, не змогла стримати хвилювання й радості: «У мене вийшло!..». Отже, для неї проблему майбутнього було вирішено, а в нас з'явилася ще одна споріднена душа!

- Модулі COSMOSWorks, COSMOSMotion, COSMOSFloWorks – сучасний інструмент інженерного комп'ютерного аналізу складних нелінійних багатопараметричних об'єктів, вивчати які традиційними методами класичної математичної фізики непросто, а то й взагалі неможливо. Тепер студенти-механіки, аспіранти і докторанти кафедри ГМІ, які далеко не професіонали-математики й програмісти, при дослідженні гірничих машин зможуть користуватися методами обчислювальної механіки – різновидами комп'ютерного моделювання. І при дослідженнях молодим ученим більше не знадобиться розробляти складні математичні моделі, обчислювальні алгоритми й пакети прикладних програм. Їхнє завдання в іншому – навчитися розумно застосовувати модулі інженерного аналізу, грамотно планувати обчислювальний експеримент, інтерполювати й аналізувати результати.

- Призначення решти модулів: Toolbox – бібліотека стандартних виробів; FeatureWorks – розпізнавання імпортованої геометрії; 3D-Instant Website – створення інтерактивних 3D-моделей для розміщення в мережі Інтернет; eDrawings Professional – перегляд і узгодження документів; PhotoWorks – створення фотореалістичних растрових зображень за 3D-моделями з урахуванням текстур і освітлення; Animator – створення мультиплікації на основі 3D-моделей.

*Опанування комп'ютерних технологій. Перший курс* – входження у віртуальний тривимірний світ інженерії. На вивчення інформатики виділяється 189 год, що для першокурсників становить 8 % навчального часу (189 год; 8 %), передбаченого на оволодіння інженерними дисциплінами. В інтерактивних навчальних посібниках студенти ознайомлюються з основами моделювання у SolidWorks і, набуваючи у процесі навчання досвіду, виконують моделі й креслення простих машинобудівних виробів з акцентом на майбутнє – створення витончених тривимірних моделей. Впливаючи на емоції, усе це спонукає до моделювання як до оригінального мистецтва, викликаючи живий негасимий інтерес. Такі моделі – на рис. 3: інструментів, комп'ютерної техніки, ландшафтного дизайну, предметів побуту. Крім SolidWorks, у курсі «Інформатика» вивчають комп'ютерні технології MS Office, математичний пакет Mathcad та ін.

**Другий курс.** Знання всіх тонкощів дисципліни «Машинобудівне комп'ютерне креслення» (81 год; 3,3 %) дає студентам, з одного боку, можливість поглиблено опанувати комп'ютерні технології, а з другого – сприяє налагодженню в їхній свідомості тісного зв'язку між уявленням (образом) про проєктований виріб, технологією його виготовлення й кресленням.

Машинобудівні креслення – засіб передачі технічної думки конструктора, де міститься інформація про умови експлуатації й виготовлення виробу. А оскільки машинобудівне креслення викладається на перших курсах, коли технологія машинобудування ще не читалася, виконувати такі креслення досить складно. Адже правильно проставити розміри, чітко встановити гранич-

ні відхилення, вид термообробки, значення параметрів шорсткості поверхонь – усе це вимагає знання основ машинобудування. Отже, зазначене креслення слід викладати, спираючись на основи машинобудування [12, 13]. І щоб це зробити наочно, образно й доступно для студента, – потрібна саме вона, візуалізація. Наприклад: при отриманні завдання виконати креслення східчастого вала вільного кування студентам пропонують комп'ютерні моделі кувального преса, типових поковок, креслень готового виробу з поковками (рис. 4). Зрозумівши принцип роботи кувального преса, порівнявши комп'ютерні моделі й креслення готового виробу, а також його поковки, студенти переходять до осмислення понять «напуск», «припуск», вникають у правила оформлення креслень і тільки після цього розпочинають виконувати індивідуальне завдання. Аналогічно опановують технологію виготовлення й правила оформлення креслень виробів, отриманих на токарних (рис. 4), стругальних, фрезерних, свердлильних верстатах, та інші типові операції.

У курсі «Твердотільне комп'ютерне конструювання» (135 год, 5,7 %) вивчають технології параметричного конструювання, що дають змогу (при потребі) легко змінювати форму моделі, унаслідок чого користувач швидко одержує альтернативні конструкції [14].

**Третій курс.** Дисципліни «Основи комп'ютерного проектування і дизайну гірничих машин» (324 год; 13,6 %) та «Методи моделювання при проектуванні гірничого обладнання» (297 год; 12,4 %) опановують паралельно протягом усього курсу.

Мета дисципліни «Основи комп'ютерного проектування і дизайну гірничих машин» – оволодіти теорією, набути стійких навичок й умінь у використанні комп'ютерних технологій при проектуванні гірничих машин, включаючи геометричне моделювання, комп'ютерний аналіз, розробку технічної документації та створення презентаційних матеріалів на прикладі виконання проекту шокової дробарки з простим рухом шоки [15]. Вивчаються наведені далі комп'ютерні технології програмного комплексу SWEE: при початковому ознайомленні з конструкціями деталей, вузлів і дробарки в цілому – їхні ком-

п'ютерні моделі у форматі програми eDrawings Professional; при геометричному моделюванні, створенні проектно-конструкторської документації, презентаційних матеріалів – технології програми SolidWorks; під час міцнісного аналізу, оптимізації деталей – технології програми COSMOSWorks; при осмисленні та проектуванні стандартних виробів – технології програми Toolbox; при створенні фотореалістичних зображень дробарки – технології програми PhotoWorks.

Протягом двох семестрів (дев'ять лабораторних робіт) студенти проектують під керівництвом викладача щокону дробарку в нижчевикладеній послідовності. Насамперед знайомляться з відомими конструкціями та принципами їх роботи, після чого виконують аналіз і синтез механізму (для свого варіанта), обґрунтовують параметри й моделюють конструкцію всіх вузлів і деталей, особлива увага – комп'ютерному аналізу напружено-деформованого стану вузлів дробарки, далі оптимізують вузли, розробляють технічну документацію нерухомої та рухомої щік, шатуна, упорного вузла, боковин станини, приводу і насамкінець готують презентаційні матеріали. На рис. 5 – комп'ютерні моделі з виконаних лабораторних робіт.

Неоціненна роль дисципліни «Методи моделювання при проектуванні гірничого обладнання» у глибокому вивченні спеціалізованих додатків для проектування типових елементів конструкцій і моделювання динамічних систем у середовищі SolidWorks. На прикладі розробки механічної передачі [16, 17] студентів ознайомлюють із технологіями COSMOSWorks, COSMOSMotion, SolidWorks API – інструментом для створення нових додатків автоматизованої побудови машин.

До процесу вивчення дисциплін «Концептуальний аналіз технічних об'єктів» (135 год; 6 %) і «Комп'ютерні технології проектування гірничого обладнання» (135 год; 6 %) увійшли комп'ютерні технології, що з'явилися тільки в нових версіях комплексу SWEE. Їхнє освоєння відбувається під час виконання студентом індивідуального проекту (на лабораторних заняттях).

*Перманентне переведення дисциплін інженерного профілю на віртуальні технології, наповнення бази даних 3D-моделями.* Переведення на віртуальні технології має на увазі створення комплексної бази даних комп'ютерних моделей. Базу даних кафедри ГМІ розширюють за рахунок виконаних домашніх завдань, лабораторних робіт, курсових і дипломних проектів на основі комплексу SWEE у межах дисциплін «Концептуальний аналіз технічних об'єктів», «Комп'ютерне проектування гірничого обладнання», «Гірничі машини і комплекси», САПР та ін. Нові моделі вміщують у базу даних віртуального середовища після відповідної переробки, після чого за допомогою отриманого матеріалу формують як цикл лабораторних робіт, так і лекційний курс. При засвоєнні дисциплін інженерного профілю студенти мають можливість користуватися відповідними моделями у форматі програми eDrawings Professional. Приклади із цієї серії наведені на рис. 6, 7.

*Вивчення дисциплін інженерного профілю у віртуальному середовищі.* У роботі [19] проілюстровано процес навчання у віртуальному середовищі на прикладі дисципліни «Проектування транспортних машин і комплексів».

Об'єкт опанування – горизонтальний стрічковий конвеєр (рис. 8). Студенти користуються параметричною комп'ютерною моделлю цього конвеєра з кількома керуючими параметрами. Під час виконання лабораторних робіт вони оволодівають його конструкцією, а також розраховують параметри, проектують параметричну твердотільну модель за новими значеннями, виготовляють робочі креслення свого варіанта.

Якщо навчальний час, відведений на вивчення інженерних дисциплін, узяти 100 %-вим, то у віртуальних технологіях на кафедрі ГМІ він нині становить, %: 9 – на першому курсі, 7 – на другому, 25 – на третьому, 28 – на четвертому і 45 – на п'ятому.

Найближчим часом кафедра ГМІ планує:

✓ скоротити розділ з нарисної геометрії в навчальному плані дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» до шести годин і при вивченні моделювання кривих поверхонь користуватися засобами

SolidWorks, як рекомендують фахівці кафедри інженерної графіки ВПА ім. М.Є. Жуковського [20]. Правила оформлення машинобудівних креслень із застосуванням фізичних або тривимірних моделей SolidWorks засвоювати в інших розділах зазначеної дисципліни;

- ✓ перевести дисципліни «Теорія механізмів і машин», «Деталі машин» на 100 %-ве використання 3D-моделей;

- ✓ візуалізувати дисципліни «Опір матеріалів» (рис. 9) і «Теоретична механіка», що зробить їх простішими, зрозумілішими, доступнішими кожному студентові;

- ✓ продовжити переведення інженерних дисциплін, що читаються на кафедрі ГМІ, на 100 %-ве використання 3D-моделей.

### **Висновки, рекомендації, досягнення:**

1. Практична педагогіка і сучасна психологія акцентують нашу увагу на такому: при вивченні інженерного циклу спостерігається несумісність усталеної логіки розгортання предметного змісту з віковою динамікою образного мислення недавніх школярів. У традиційних методах навчання потік нових абстрактних образів змушує свідомість студента ставити між почутим і сприйнятим розумом своєрідний захисний бар'єр, оскільки з матеріалу лекції не все зрозуміло. Тому спочатку втрачається інтерес до конкретного предмета, а згодом – і до спеціальності.

2. Метою вивчення інженерних дисциплін мають бути не абстракції, використовувані при описі, а **образи** для їх розуміння, зосередження на суті. Завдяки сучасним інтегрованим системам геометричного моделювання й аналізу, таким як SolidWorks Education Edition, можна не тільки легко створювати віртуальні образи машин, механізмів, установок, технологічних процесів, а й досліджувати їхню поведінку за допомогою сучасних інструментів інженерного комп'ютерного аналізу – віртуальний світ інженерії спеціальності безмежний!

3. **Концепція підготовки інженерів** – подальший розвиток ідей проф. Юріна В.М. (МАТІ), припускає поетапну візуалізацію дисциплін інже-

нерного циклу, створення системи віртуальних образів для їх сприйняття і безперервне навчання студентів у тривимірному світі інженерії спеціальності з використанням базової CAD/CAM/CAE/PDM-системи. Як доведено теоретично і практично, занурення у віртуальний світ інженерії – дійсно ефективний навчальний інструмент. Вивчення всього обсягу інженерії відбувається у повній відповідності із законом теорії пізнання: від чуттєвого, образного сприйняття тривимірної віртуальної реальності – до ідеалізованої абстракції (креслень, фізичних величин, визначень, формул, рівнянь). Тільки-но студенти навчаються творчо встановлювати двохасоціативний зв'язок між віртуальними образами й абстракціями, як перед ними відкриваються зміст і призначення цих абстракцій. Збагачуючись новітніми знаннями, вони вже мислять по-сучасному, з радістю виявляючи в собі нові якості: упевненість у власних силах, активність, позитивні емоції, інтерес до сприйняття інформації, розуміння ролі інженерних дисциплін.

4. **Концепцію підготовки інженерів** багаторазово випробувано, оскільки кафедра ГМІ поетапно її впроваджує у навчальний процес з 2004 р., а результат цього впровадження – сотні великих і малих студентських проєктів, що наповнюють базу даних комп'ютерними моделями й розширюють можливості віртуального середовища (рис. 10 – 12). Лише в 2006 / 2007 навчальному році відбувся випуск гірничих інженерів-механіків (близько 60), які отримали сертифікати SolidWorks Specialist (рис. 13), чим підтверджено кваліфікацію інженера у галузі комп'ютерних технологій SolidWorks. У щорічному конкурсі проєктів SWR-AWARD (м. Москва), виконаних з використанням САПР SolidWorks передовими промисловими підприємствами й вузами України, Росії, знову відзначився Національний гірничий: праці співробітників кафедри ГМІ посіли перші місця в номінаціях «Методична робота» (2005) і «Науково-дослідна робота» (2006). **Концепцію підготовки інженерів** апробовано на щорічних міжнародних науково-методичних конференціях «Інноваційні технології SolidWorks у вищій освіті, науці та промисловості» (рис. 14), які відбулися у НГУ з 2005 р., X ювілейному Всеросійському фо-

румі SolidWorks (м. Москва, 2008), VI міжнародній науково-практичній конференції «Машинобудування – джерело ефективності ГМК» (м. Дніпропетровськ, 2008). З урахуванням позитивного досвіду НГУ і зокрема кафедри ГМІ Міністерство освіти і науки України рекомендує вітчизняним вищим навчальним закладам використовувати новітній програмний комплекс SolidWorks Education Edition при вивченні дисциплін передінженерної, інженерної, дизайнерської підготовки й креслення. Кафедра ГМІ одержала статус: Авторизованого провайдера CSWA, Авторизованого навчального центру SolidWorks Russia [21], Навчального центру з технологій CAD/CAM/CAE/PDM і CALS (останній створений відповідно до наказу міністра освіти і науки України № 135 від 27.02.2006). Більшість викладачів кафедри сертифіковані як фахівці компанією SolidWorks Corporation (за програмою CSWA) і компанією SolidWorks Russia. Згідно з Договором про співробітництво між Національним гірничим університетом і SolidWorks Corporation (США), укладеним 20 березня ц.р. (рис. 15) Навчальний центр за технологіями CAD/CAM/CAE/PDM і CALS затверджено у статусі Навчального та методичного центру інноваційних технологій SolidWorks у вузах, середніх школах і на підприємствах України.



## Список літератури

1. Европа завлекает нужных мигрантов «синей картой» // [http://www.svobodanews.ru/Article/2007/10/24/2007\\_1024174227540.html](http://www.svobodanews.ru/Article/2007/10/24/2007_1024174227540.html).
2. Возрастные и индивидуальные особенности образного мышления учащихся / Под ред. И.С. Якиманской. – М.: Педагогика, 1989. – 223 с.
3. Евгений Сеницын. Теория творчества. Структурный анализ мышления. Теория интегрированного обучения // [http://www.s-genius.ru/pedagogika/teoria\\_tvorchestva.htm](http://www.s-genius.ru/pedagogika/teoria_tvorchestva.htm).
4. Продукты и решения на базе технологии виртуальной реальности // Virtual Environment Group // <http://www.ve-group.ru/>.
5. Каманин Л.Н. Об одном педагогическом эксперименте в преподавании начертательной геометрии и инженерной графики. <http://www.astronaut.ru/bookcase/article/ar134.htm>".
6. Юрин В.Н. Компьютерный инжиниринг и инженерное образование. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 152 с.
7. Особенности подготовки специалистов на основе профессиональных САПР – SolidWorks // Материалы науч.-практич. семинара. – Д., 2005. – 13 с. // [http://www.solidworks.ru/downloads/news/Seminar\\_Dnepropetrovsk.pdf](http://www.solidworks.ru/downloads/news/Seminar_Dnepropetrovsk.pdf).
8. Методика использования пакета SolidWorks Education в процессе подготовки инженеров-механиков / А.Л. Жупиев, Т.В. Безпалько, С.Н. Зиновьев // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2005. – № 11. – С. 26 – 31.
9. Кунву Ли. Основы САПР CAD/CAM/CAE. – С.Пб.: Питер, 2004. –560 с.
10. Состав и назначение программного комплекса учебного процесса SolidWorks Education Edition // Компания SolidWorks Russia. // <http://www.solidworks.ru/swr-academy/>.
11. Первые пять вузов получили гранты SolidWorks Russia и прошли обучение // Компания SolidWorks Russia // [http://www.solidworks.ru/print.php?sfor=news/news\\_archive/2004/2004\\_10/](http://www.solidworks.ru/print.php?sfor=news/news_archive/2004/2004_10/).

12. Кузьменко В.И., Ройтман И.А. Основы машиностроения в черчении. – М.: Просвещение, 1977. – 207 с.
13. Михайленко В.Е., Ванин В.В., Ковалев С.Н. Инженерная и компьютерная графика: Учебник для студентов высших учебных заведений. – К.: Каравелла, 2004. – 336 с.
14. Дударева Н.Ю., Загайко С.А. SolidWorks-2007. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2007. – 1328 с.
15. Методика проведения лабораторных работ по курсу «Основы компьютерного проектирования горного оборудования» на примере щековой дробилки / К.С. Заболотный, А.А. Титов, А.Л. Жупиев // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2005. – № 11. – С. 18 – 22.
16. Методика обучения инженеров-механиков конечноэлементному анализу / К.С. Заболотный, М.В. Полушина, А.Л. Жупиев, С.Н. Зиновьев, Т.В. Безпалько // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2005. – № 11. – С. 34 – 39.
17. Методика подготовки инженеров-механиков по специализации «Информационные технологии проектирования» специальности «Горное оборудование» / В.П. Франчук, К.С. Заболотный, Е.И. Терещенко и др. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2005. – № 11. – С. 46 – 58.
18. Алямовский А.А. SolidWorks-2007. Компьютерное моделирование в инженерной практике. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2007. – 1040 с.
19. Методика обучения конструированию на основе 3D-моделей / В.П. Франчук, К.С. Заболотный, А.Л. Жупиев, С.Н. Зиновьев // Науч. тр. МАТИ. – 2007. – Вып. 12(84). – С. 342 – 350.
20. Каманин Л.Н. Моделирование кривых поверхностей: Экранное пособие по начертательной геометрии и инженерной графике // [http://www.astronaut.ru/bookcase/books/kamanin\\_ln/kamanin.htm](http://www.astronaut.ru/bookcase/books/kamanin_ln/kamanin.htm).
21. Список Авторизованных учебных центров (АУЦ) России и Украины // Компания SolidWorks Russia // [http://www.solidworks.ru/swr-academy/AUC\\_spisok/](http://www.solidworks.ru/swr-academy/AUC_spisok/).

Навчальне видання

**Пілов** Петро Іванович

**Франчук** Всеволод Петрович

**Заболотний** Костянтин Сергійович

**Панченко** Олена Володимирівна

**КОНЦЕПЦІЯ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ  
У ВІРТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ SolidWorks**

Навчально-методичний посібник

Редактор С.С. Графська

Підписано до друку 16.02.2009. Формат 30×42/4.

Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,0.

Обл.-вид. арк. 2,0. Тираж 300 прим. Зам. № 190.

Підготовлено до друку та видруковано  
у Національному гірничому університеті

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19

