

к. т. н., доцент **Білицька Н.В.**,
belitskaja@gmail.com, ORCID: 0000-0003-939-77

к. т. н., доцент **Гетьман О.Г.**,
lget@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9386-7919
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

СТВОРЕННЯ ТВЕРДОТІЛЬНОЇ МОДЕЛІ ВИРОБУ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ ПРОЕКТУВАННЯ – ЕФЕКТИВНА ПІДГОТОВКА СТУДЕНТА ДО НАСТУПНОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Геометричне моделювання у системі автоматизованого проектування «КОМПАС 3D» дозволяє створювати тривимірні моделі складних деталей, а також конструювати вироби. Конструювання виробів здійснюється за допомогою моделей деталей, складаних одиниць та стандартних виробів. Для стандартних виробів у системі розроблена велика бібліотека їх моделей. На основі моделей виробів система дозволяє одержувати у напівавтоматичному режимі необхідну конструкторську документацію: складальний кресленик, специфікацію та робочі кресленики деталей.

Ключові слова: геометричне моделювання; система автоматизованого проектування; тривимірне твердотільне моделювання; модель; ескіз; операція; спряження; елементарний об'єм; складальний кресленик; робочі кресленики деталей.

Постановка проблеми. Автоматизовані системи проектування [1] невпинно витісняють традиційні методи проектування, оскільки дозволяють виконати роботу швидше та якісніше. Тому в навчальному процесі потрібно приділяти особливу увагу їх вивченню.

Аналіз останніх результатів. При вивченні курсу комп'ютерної графіки студенти опановують методи плоского проектування та створення тривимірних моделей деталей [2-4]. Для побудови завершених просторових моделей складаних одиниць у навчальних робочих програмах недостатньо часу. Але для найбільш здібних та бажаючих навчатися студентів доцільно на заняттях у студентських гуртках з комп'ютерної графіки розглянути процеси розробки моделей складних деталей, застосування анімації [5], параметризації для тривимірних

моделей [6] та створення твердотільних моделей складаних одиниць. Тому необхідно розробити методику цих процесів, що набуває особливу актуальність в умовах дистанційного режиму навчання [7-9].

Постановка завдання. При твердотільному моделюванні під складанною одиницею мають на увазі тривимірну модель, яка об'єднує моделі деталей, інших складаних одиниць й стандартних виробів та містить інформацію про взаємне розташування цих компонентів та залежностей між параметрами їх елементів. Редагування складу складаної одиниці здійснюється додаванням нових компонентів чи видаленням існуючих. Проектування складаної одиниці може здійснюватися двома шляхами: проектування «знизу догори» або «згори вниз».

Якщо компоненти складаної одиниці ще не створені, то їх можна моделювати безпосередньо у моделі складаної одиниці. Це шлях – «згори вниз», але це досить складно виконати студенту. Якщо існують моделі усіх компонентів, то їх можна вставити у складану одиницю, вказуючи зв'язок між ними. Це шлях – «знизу догори». Ця методика теж має недоліки. Тому для створення твердотільної моделі складаної одиниці застосовувалась змішана методика, за якою для найбільш складних деталей розробляються їх моделі, а найбільш прості моделюються безпосередньо в процесі моделювання складаної одиниці.

Для створення твердотільної моделі складаної одиниці слід розробити моделі складних деталей, які входять до виробу, а потім з'єднати їх в окремому документі.

Для прикладу була обрана складанна одиниця «Кран пробковий муфтовий», яка складається з п'яти деталей, стандартної гайки та набивки. Необхідно створити тривимірні моделі деталей, їх робочі кресленики, тривимірну модель складаної одиниці, її складальний кресленик та специфікацію до нього.

Основна частина. Моделювання складаної одиниці здійснювалось в системі автоматизованого проектування «КОМПАС 3D». Для створення просторової моделі слід спочатку побудувати елементарні об'єми, які необхідно додавати один до одного, чи віднімати, згідно з конструкцією деталі. Для створення елементарного об'єму [2] на деякій площині викреслюють ескіз, який переміщують у просторі за будь-яким законом. При переміщенні створюється елементарний об'єм. У КОМПАСі передбачені операції витискування, обертання, по перерізам, кінематична операція та деякі допоміжні.

Найбільш складна деталь виробу, яка об'єднує усі інші - це корпус крана. Для створення моделі деталі застосовується документ «Деталь». Всього для розробки моделі корпусу було застосовано 8 операцій, серед яких операції витискування та обертання. Ливарні переходи створені додатковою операцією округлення. Симетричні бічні виступи у вигляді

фланцю створені операцією «дзеркальний масив» Модель корпусу та дерево її побудови приведені на рис. 1, а кресленик моделі - на рис 2.

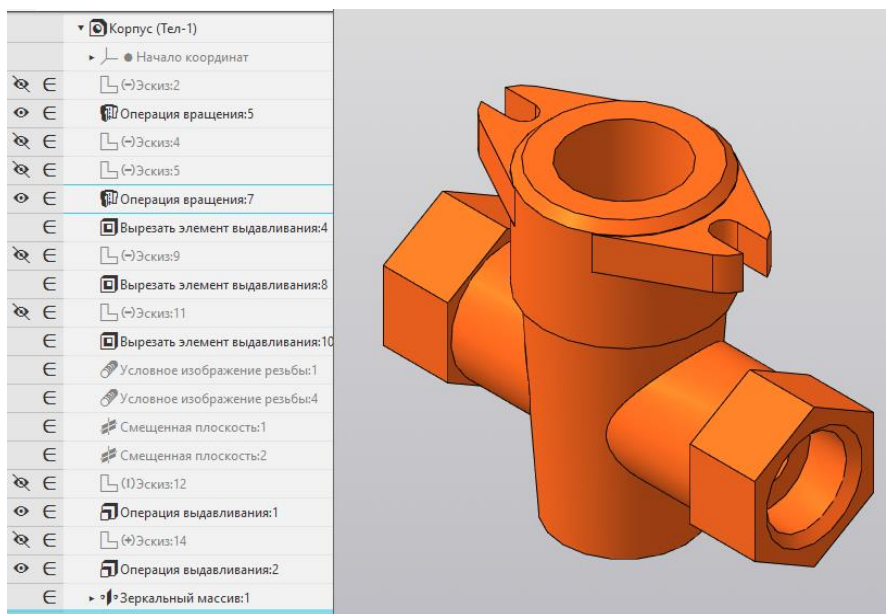


Рис.1. Модель корпусу крана та дерево її побудови

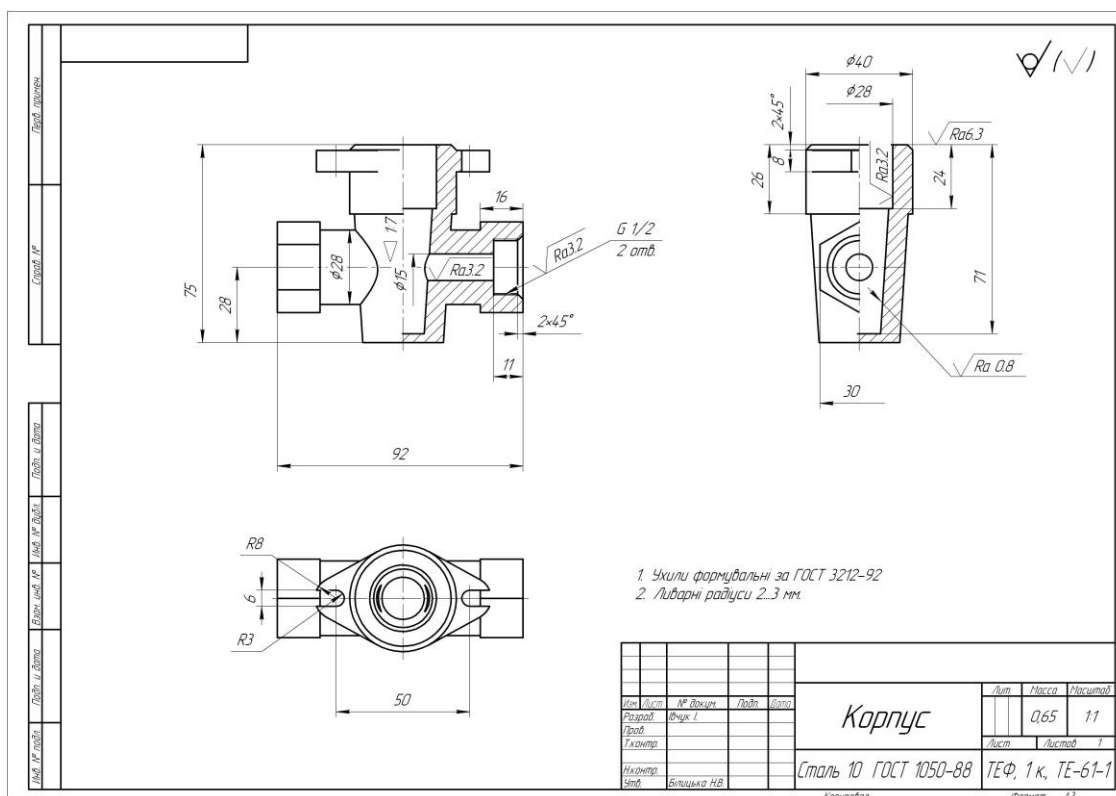


Рис.2. Робочий кресленик корпусу

Потік середовища, що тече скрізь кран, перекриває пробка. Для ефективної роботи виробу необхідно, щоб поверхня пробки точно збігається зі внутрішньою поверхнею корпусу. Тому ескіз твірної конічної частини пробки був скопійовано з відповідного ескізу корпусу.

Модель та дерево побудови пробки представлено на рис. 3.

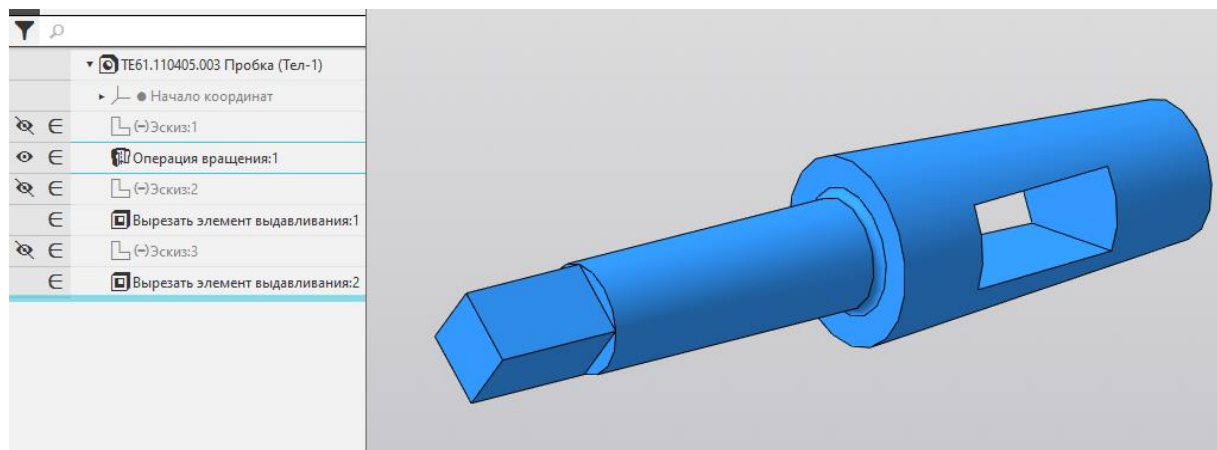


Рис.3. Модель пробки та дерево її побудови

Щоб кришка та корпус мали однакову форму поверхні сопряження, для її створення аналогічно був скопійований ескіз верхньої частини корпусу, в який потім внесені зміни (рис. 4).

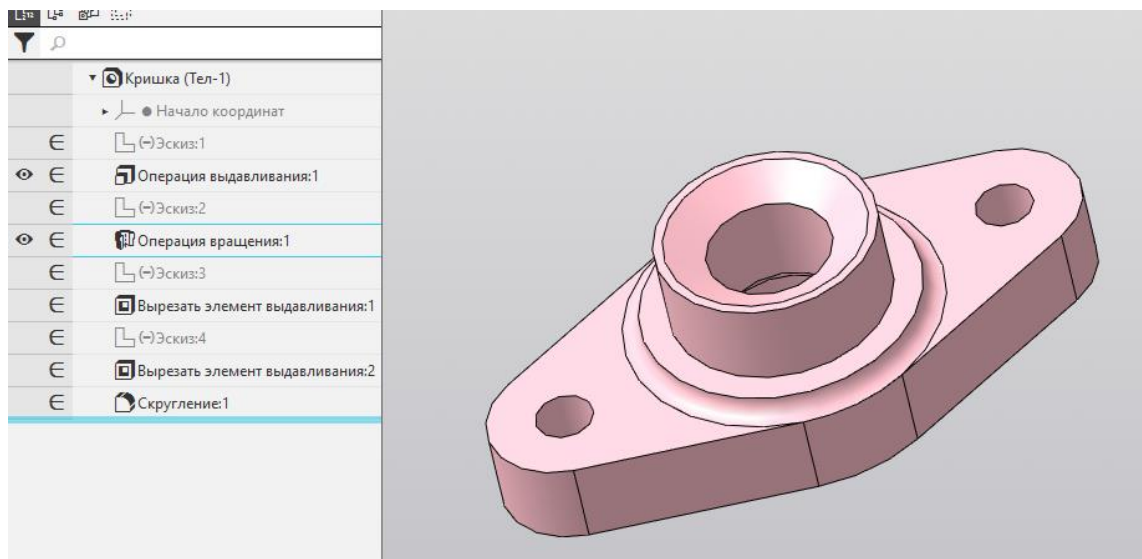


Рис. 4. Модель кришки та дерево її побудови

Аналогічно були створені моделі інших деталей: піднабивного кільця та нестандартного гвинта. Стандартний виріб – гайка буде вставлятися в модель складальної одиниці з бібліотеки 3D. А найпростіша

деталь – прокладка та матеріал – набивка будуть моделюватися безпосередньо при розробці моделі виробу.

Для розробки просторової моделі виробу застосовується документ «Сборка», в який спочатку вставили модель корпусу, яка була зафіксована відносно системи координат (рис. 5).

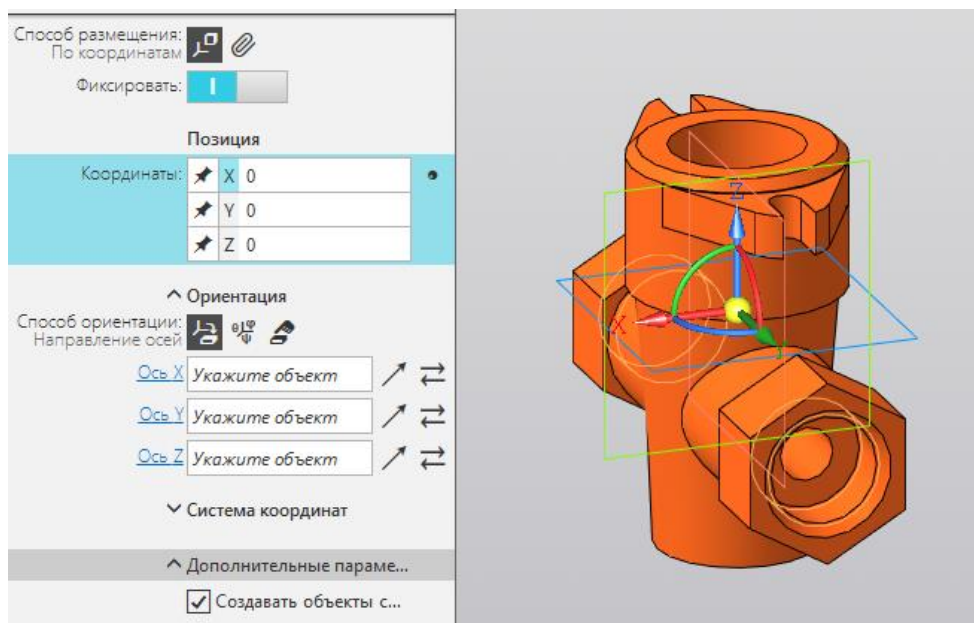


Рис. 5. Встановлення моделі корпусу в модель складаної одиниці

Потім, по черзі в порядку складання виробу, встановлюються інші деталі за допомогою спряжень. Спряження – це зв'язок між компонентами виробу.

На рис. 6 показані корпусна деталь та пробка, яку необхідно встановити в корпус. Для цього використовуються команди спряження. Спочатку встановлюється співвісність циліндричних поверхонь корпусу та пробки, потім збіжність їх конічних поверхонь, а наприкінці, щоб відкрити кран, кут 45° між гранню хвостовика пробки та передньою гранню бокової частини корпусу.

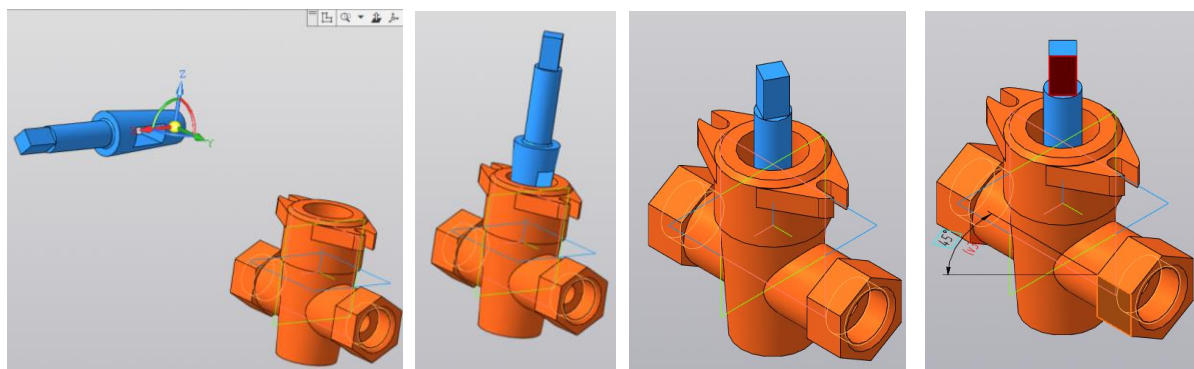


Рис. 6. Послідовне встановлення спряжень між пробкою та корпусом

Аналогічно встановлюється кільце та кришка. Щоб запобігти витіканню середовища між кришкою та корпусом додається прокладка. Тому при встановленні кришки застосовується спряження «на відстані», яке дорівнює товщині прокладки 4мм.

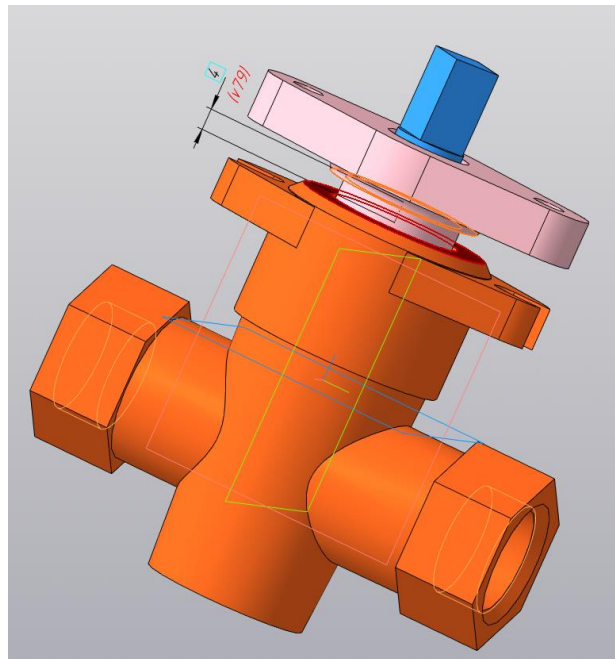


Рис.7. Встановлення кришки в корпус за допомогою спряження «на відстані»

Прокладка моделюється безпосередньо в цьому ж документі за допомогою функції «локальна деталь» рис. 8.

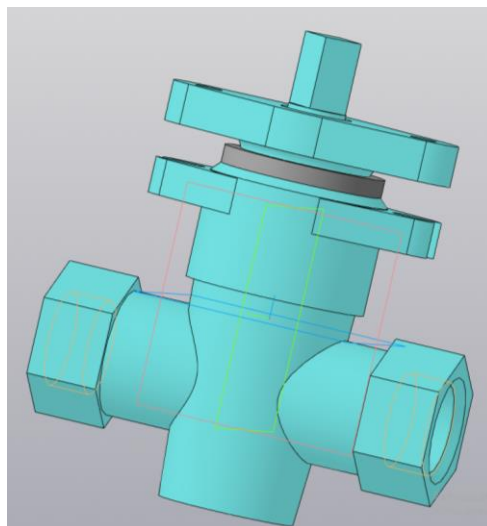


Рис.8. Конструювання прокладки

Щоб щільно заповнити проміжок між кришкою та кільцем, набивка конструюється також одразу у документі «Сборка». Щоб її показати, був виконаний виріз передньої правої частини моделі (рис. 9).

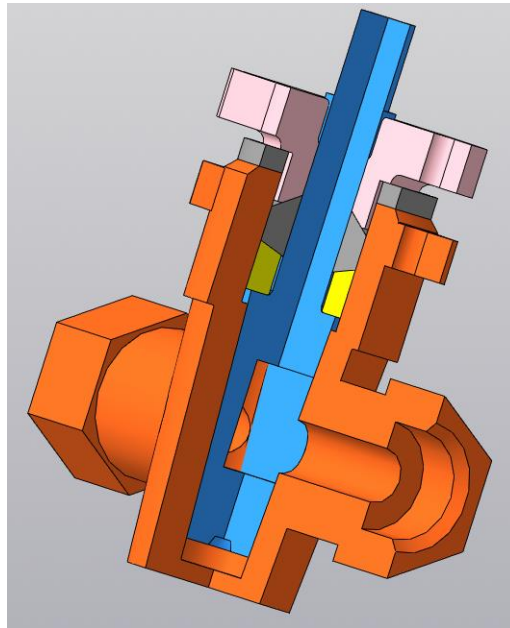


Рис.9. Конструювання набивки

Далі встановлюється нестандартний гвинт. Для гайки застосовується бібліотека стандартних виробів (рис.10), де за обраними параметрами модель гайки копіюється у виріб.

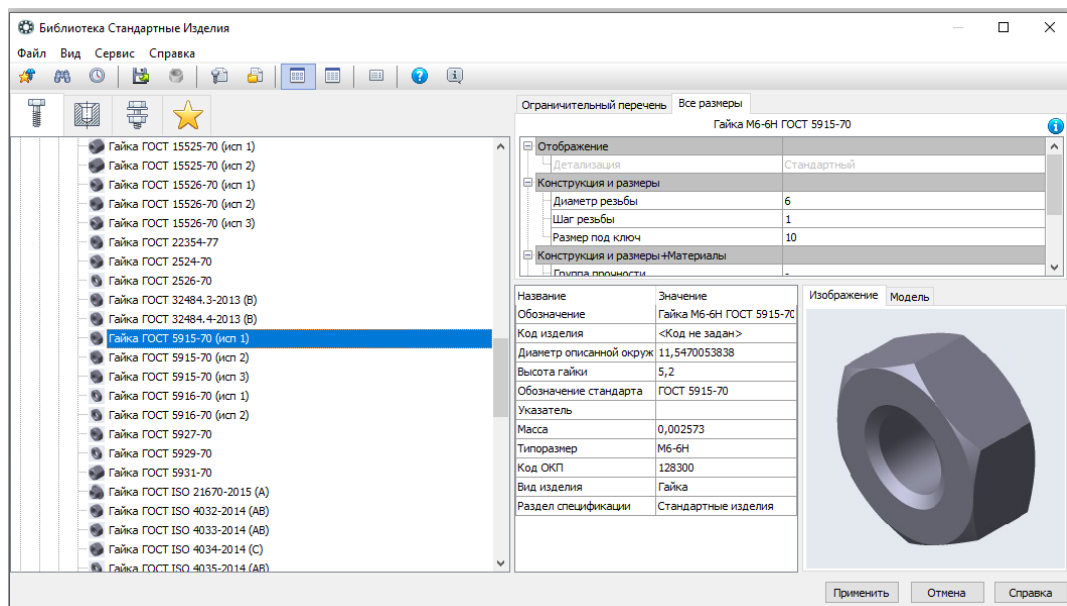


Рис.10. Бібліотека стандартних виробів

При вставці стандартних виробів система дозволяє одночасно створювати об'єкти специфікації (рис. 11).

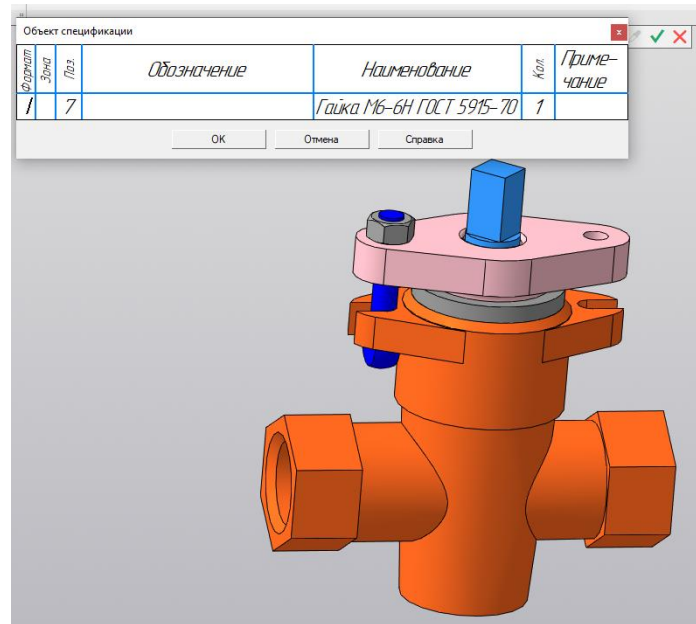


Рис.11. Створення об'єкта специфікації

Кріплення з другого боку створюється за допомогою функції «дзеркане відображення».

На рис. 12 показано створена модель виробу, її дерево побудови та разнесенний режим.

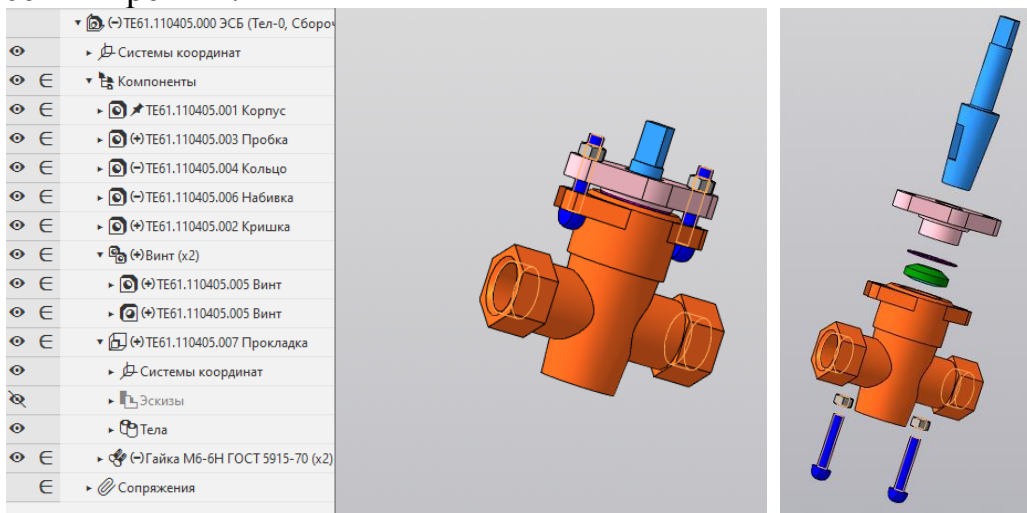


Рис. 12. Тривимірна модель складаної одиниці, дерево її побудови та режим рознесення

На основі цієї моделі напівавтоматичне отримано складальний кресленик (рис. 13). Зображення виробу з'являються автоматично при вставці стандартних зображень в кресленик. Системою КОМПАС

передбачено автоматичне створення місцевих розрізів на основі моделі складанної одиниці. На кресленнику показані фронтальний та профільний розрізи у з'єднанні з відповідними видами, для пробки, гвинтів та гайки застосовані режими «нерозрізані». Нанесені необхідні розміри. Виконано позначення номерів позицій, які генеруються системою в порядку зростання.

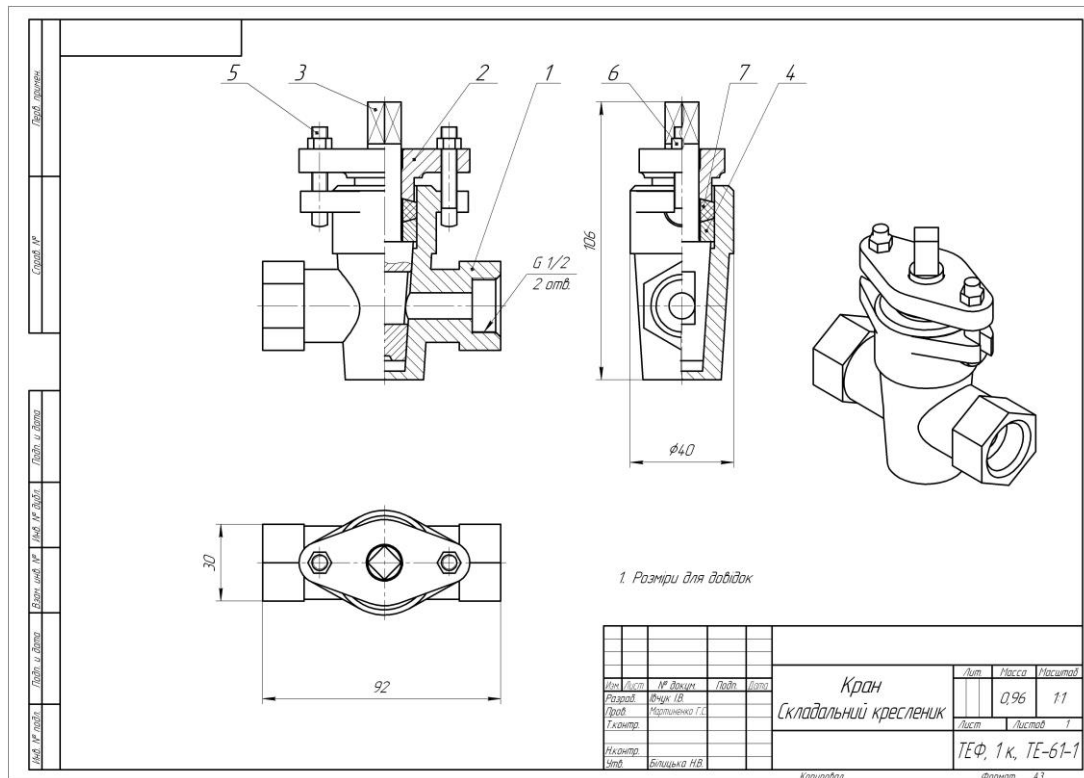


Рис.13. Складальний кресленник виробу «Кран»

Для більшої наочності складальний кресленник був доповнений аксонометричним зображенням складанної одиниці.

У документі «Сборка» є можливість накопичувати інформацію про складені компоненти виробу для наступного застосування їх при напівавтоматичному складанні документу специфікації. Для цього виділяють в дереві моделі деталь та заносять її дані в окремому вікні підпорядкованого режиму специфікації, а потім до файлу моделі складанної одиниці підключають файл специфікації. Вся зібрана інформація про компоненти автоматично передається у специфікацію.

Таким чином, у системі «КОМПАС» існує можливість проектування виробів у неперервному процесі від його складових до готових приладів, з одержанням необхідної документації у напівавтоматичному режимі.

Висновки та перспективи. Детально розроблена методика моделювання складаних одиниць дозволяє охопити найширше коло

здібних студентів. В умовах дистанційного режиму навчання проводити індивідуальну роботу досить складно, але необхідно. Проведення такої роботи зі студентами значно розширює їх можливості в проектуванні, виконанні технічної документації, розвиває здібності до творчого пошуку та готує до майбутньої інженерної діяльності.

Література

1. Інформаційні технології-2. Автоматизація розробки конструкторської документації в системі КОМПАС-3D. / Білицька Н.В., Гетьман О.Г., Ветохін В.І., Злобіна В.С. [Електронний ресурс] Навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету для всіх форм навчання. Київ: "КПІ", 2012. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/18145>.
2. Канський О.М., Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Про питання тривимірного моделювання у системі КОМПАС-3D. / *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн та об'єкти інтелектуальної власності»*. Київ: ДІА, 2014. Випуск 3. С. 107-110.
3. І.В Івчук, Н.В. Білицька, Г.С. Мартиненко Застосування системи «КОМПАС» для створення твердотільної моделі складальної одиниці / *Матеріали 6-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених»*. Київ: ДІА, 2017. Вип.6. С. 290-294.
4. Мартиненко Г.С., Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Моделювання та розрахунок зубчастих зачеплень у системі КОМПАС. / *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2019. Вип. 96. С. 58-63.
5. Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Штиль О.В. Можливості анімації в системі КОМПАС для розвитку просторового мислення студентів. / *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 98. С. 22- 28. DOI: 10.32347/0131-579x.2020.98.
6. Білицька Н.В., Гетьман О.Г., Ляхор Д.О., Стефанович А.В. Деякі питання параметризації у системі КОМПАС-3D / *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ : КНУБА, 2021. Вип. 100. С. 47-57. DOI: 10.32347/0131-579x.2021.100
7. Білицька Н.В., Гетьман О.Г. До питання організації процесу навчання студентів нарисній геометрії та технічному кресленню в умовах дистанційного режиму освіти. / *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ : КНУБА, 2020. Вип. 99. С. 22-28. DOI: 10.32347/0131-579x.2020.99.
8. Ботвіновська С.І., Ніколаєнко Т.П., Григорчук В.І., Бондаренко Р.С. Вдосконалення графічної підготовки студентів-першокурсників дизайнерських спеціальностей. *Прикладна геометрія та інженерна*

графіка. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 97. С. 3-15. doi.org/10.32347/0131-579x.2020.97.3-15. URL : http://ageg.knuba.edu.ua/article/view/195056/pdf_2.

9. Ботвіновська С.І., Золотова А.В., Ковальов С.М. Використання 3D моделювання для підготовки абітурієнтів архітектурного факультету / Матеріали міжнародної науково практичної конференції «Наука, техніка і технології: глобальні тенденції, проблеми та рішення», 25-26 вересня 2020 року Чеський технічний університет, м. Прага, Чеська республіка. Publishing House «Baltija Publishing», 2020. С. 107-111. <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/64/1255/2856-1?inline=1>. DOI: 10.30525/978-9934-588-79-2-2.2.

References

1. Informatsiini tekhnolohii-2. Avtomatyzatsiia rozrobky konstruktorskoii dokumentatsii v systemi COMPAS-3D. / Bilytska N.V., Hetman O.H., Vetokhin V.I., Zlobina V.S. [Elektronnyi resurs] Navchalnyi posibnyk dlia studentiv teploenerhetychnoho fakultetu dlia vsikh form navchannia. Kyiv : "KPI", 2012. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/18145>.
2. Kansky O., Bitskovka N., Hetman O. On the issue of three-dimensional simulation in the COMPAS-3D system. / Materials of the III International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Applied Geometry, Design and Intellectual Property". Kiev: Action, 2014. No. 3. P. 107-110.
3. Ivchuk I., Bitsky N., Martynenko G. Application of the Compass system to create a solid-state model of the assembly unit / Materials of the 6th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Applied Geometry, Design, Intellectual Property Objects and Innovative Activities of Students and Young Scientists". Kiev: Action, 2017. Vol.6. P. 290-294.
4. A. Martynenko, N. Bilytska, A. Hetman Simulation and calculation of geared clutches in the system "COMPAS" / The Interdepartmental Collection of Works "Applied Geometry and Graphics". Kyiv, KNUCA, 2019. No. 96. P. 58-63.
5. Bilytska N., Hetman A., Shtil O. Possibilities of animation in system COMPAS for development of spatial thought of students / The Interdepartmental Collection of Works "Applied Geometry and Graphics". Kyiv, KNUCA, 2020. No. 99. P. 22-28. DOI: 10.32347/0131-579x.2020.98.
6. Bilytska N., Hetman A., Lyahor D., Stefanovych A. Some parameterization issues in the COMPAS-3D system / The Interdepartmental Collection of Works "Applied Geometry and Graphics". Kyiv, KNUCA, 2021. No. 100. P. 47-57. DOI: 10.32347/0131-579x.2021.100.
7. Bilytska N., Hetman A. On a question of organization of the students training process of drawing geometry and drawing in remote mode / The

Interdepartmental Collection of Works "Applied Geometry and Graphics". Kyiv, KNUCA, 2020. No. 99. P. 22-28. DOI: 10.32347/0131-579x.2020.99.

8. Botvinovska S., Nicolaenko T., Grigirchuk V., Bondarenko R. Improvement of graphic training of first year students of design specialties The Interdepartmental Collection of Works "Applied Geometry and Graphics". Kyiv, KNUCA, 2020. No. 97. P. 3-15. doi.org/10.32347/0131-579x.2020.97.3-15. URL : http://ageg.knuba.edu.ua/article/view/195056/pdf_2.

9. Botvinovska S., Zolotova A., Kovalov S. Using 3D modeling for the preparation of an entrant profit faculty / Materials of the International Scientific Practical Conference "Science, Technology: Global Trends, Problems and Solutions", September 25-26, 2020 Czech Technical University, Prague, Czech Republic. Publishing House «BALTIJA PUBLISHING», 2020. P. 107-111. <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/64/1255/2856-1?inline=1>. DOI: 10.30525/978-9934-588-79-2-2.2.

к. т. н., доцент **Белицкая Н.В.**,

belitskaja@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1939-1577

к. т. н., доцент **Гетьман А.Г.**,

lget@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9386-7919

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

СОЗДАНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ – ЭФФЕКТИВНАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТА К БУДУЩЕЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Геометрическое моделирование в системе автоматизированного проектирования "КОМПАС 3D" позволяет создавать трехмерные модели сложных деталей, а также конструировать изделия. Конструирование изделий осуществляется с помощью моделей деталей, сборочных единиц и стандартных изделий. Для стандартных изделий в системе разработана обширная библиотека их моделей. На основе моделей изделий система позволяет получать в полуавтоматическом режиме необходимую конструкторскую документацию: сборочный чертеж, спецификацию и рабочие чертежи деталей.

В системе «КОМПАС» существует возможность проектирования изделий различной сложности в непрерывном процессе: от компонентов изделия к готовым устройствам. При этом существует возможность получения необходимой документации в полуавтоматическом режиме. Детально разработанная нами методика моделирования сложных составных изделий позволяет охватить широкий диапазон студентов, способных самостоятельно конструировать различные изделия.

В режиме дистанционного обучения индивидуальная работа преподавателя со студентом является не простой, но необходимой задачей. Проведение такой работы со студентами значительно расширяет их возможности в проектировании, выполнении технической документации, развивает способности студентов к креативному поиску и готовит к будущей инженерной деятельности.

Ключевые слова: геометрическое моделирование; система автоматизированного проектирования; трехмерное твердотельное моделирование; модель; эскиз; операция; сопряжение; элементарный объем; сборочный чертеж; рабочие чертежи деталей.

Ph. D., assoc. prof. **Nadia Bilytska**,
belitskaja@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1939-1577
Ph. D., assoc. prof. **Aleksandra Hetman**,
lget@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9386-7919
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

CREATION OF A SOLID PRODUCT MODEL IN AN AUTOMATED DESIGN SYSTEM - EFFECTIVE PREPARATION OF THE STUDENT FOR FUTURE ENGINEERING ACTIVITIES

Geometric modeling in the computer-aided design system "KOMPAS 3D" allows you to create three-dimensional models of complex parts, as well as design products. The design of products is carried out using models of parts, assembly units and standard products. An extensive library of their models has been developed for standard products in the system. Based on product models, the system allows you to receive in a semi-automatic mode the necessary design documentation: assembly drawing, specification and working drawings of parts.

In the COMPASS system, it is possible to design products of various complexity in a continuous process: from product components to finished devices. In this case, it is possible to obtain the necessary documentation in semi-automatic mode. Our detailed methodology for modeling complex composite products allows us to cover a wide range of students who are able to independently design various products.

In the distance learning mode, individual work of the teacher with the student is not a simple but necessary task. Conducting such work with students significantly expands their capabilities in designing, performing technical documentation, develops students' abilities for creative search and prepares for future engineering activities.

Key words: geometric modeling; computer-aided design system; three-dimensional solid modeling; model; sketch; operation; conjugation; elementary volume; assembly drawing; working drawings of parts.