

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара

Ю. В. ТКАЧОВ, З. В. САЗАНШВИЛІ, А. В. ДАВИДОВА,
В. В. БЕЛКОВ, О. І. ХАЩИНА

**СУЧАСНІ АВТОМАТИЗОВАНІ
СИСТЕМИ
ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИРОБІВ НОВОЇ
ТЕХНІКИ**

*Ухвалено на вченій раді
як навчальний посібник*

Протокол № 8 від 30 січня 2020 р.

Дніпро
РВВ ДНУ
2020

УДК 621.9 (004.9)
С89

Рецензенти: д-р. техн. наук, проф. **В.В. Гнатушенко**
канд. техн. наук, доц. **С. В. Алексєєнко**

С89 Ткачов Ю. В. Сучасні автоматизовані системи для створення виробів нової техніки [Текст]: навч. посіб. / Ю. В. Ткачов, З. В. Сазанішвілі, А. В. Давидова, В. В. Беліков, О. І. Хащина— Д.: РВВ ДНУ, 2020. — 92 с.

Розглянуто інформаційні системи, призначені для створення нової техніки від побудови моделей до завершення життєвого циклу. Детально розглянуто конструкторське 3D моделювання у системі BricsCAD.

Видання призначено для методичного забезпечення дисципліни «Комплексний комп'ютерний інжиніринг із застосуванням CAE/CAD/PDM систем» (навчальний план підготовки магістрів за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, за освітньо-професійною програмою «Космічні інформаційні технології»).

Матеріалами навчального посібника можуть також послуговуватися студенти машинобудівних спеціальностей під час вивчення дисциплін, пов'язаних із системами автоматизованого проектування, а також аспіранти, інженери і науково-технічні працівники галузей машинобудування.

© Ткачов Ю. В., Сазанішвілі З. В., Давидова А. В.,
Беліков В. В., Хащина О. В. 2020

Передмова

Інформаційні технології докорінно змінили роботу проектувальників, конструкторів і технологів, а також процес організації і підготовки виробництва, у тому числі, саме виробництво. Комп'ютерні програми виконують значний обсяг рутинної роботи інженерів, тим самим, вивільняють час і сили для їх інженерної творчості.

Інженеру вже непотрібні навички креслення олівцем чи рейсфедером на листі ватману, закріпленому на кульмані. Професія кресляра також майже зникла. Натомість інженер має вміти користуватися сучасними комп'ютерними інструментами, розуміти їх сфери застосування, можливості і обмеження. Ці інструменти доволі складні, тому оволодіння ними потребує часу і зусиль, не набагато більше, ніж оволодіння кресленням на папері, але структура цих зусиль суттєво інша і потребує більшого напруження інтелекту.

Інструменти дедалі стають складнішими, набувають нових можливостей, з'являються взагалі нові інструменти. Тому інженеру, щоб залишатися конкурентоспроможним на ринку праці, треба бути готовим вчитися і перевчатися протягом професійної діяльності. Проте ускладнення комп'ютерних інструментів інженера супроводжується спрощенням їх опанування і використання. У перші десятиріччя існування електронних комп'ютерів, інженер, щоб застосовувати їх у своїй роботі, мав розуміти улаштування і роботу комп'ютера і його центрального процесора, володіти бодай одною мовою програмування і вміти програмувати. Наразі це непотрібно (хоча розуміння базових принципів програмування не завадить). Натиснувши одну кнопку, інженер активує функції, програмування яких зайняло б кілька тижнів або й місяців.

Інженерні комп'ютерні програми стають більш інтелектуальними. У багатьох ситуаціях вони намагаються «здогадатися» про подальші дії, які можуть знадобитися інженеру, і пропонують варіанти на вибір. А у певних випадках і самі виконують потрібні дії чи повторюють попередні дії інженера в аналогічних ситуаціях.

Отже, комп'ютери поступово перебирають на себе значну частину роботи інженера. Що ж залишається інженерам? Творчість! Так, інженерна творчість, генерація ідей, створення оригінальних рішень, їх опробування і вибір найкращих. Комп'ютери здатні допомогти в опробуванні рішень, можуть навіть указати на краще з них у тому чи іншому сенсі, проте натепер вони не можуть генерувати ідеї і формулювати критерії оптимальних рішень. Імовірно, що з часом і це стане можливим, але поки що у творчості люди поза конкуренцією з боку комп'ютерів.

У цьому посібнику ми не будемо говорити про інженерну творчість. Як і в митців, творчість – це риса індивідуальності, яка формується через розвинення особистості. Ми обмежимося ознайомленням з інструментами, якими на сьогодні фахівці можуть активно послуговуватися у своїй інженерній творчості. Більш конкретно ми зосередимося на інформаційних технологіях створення механічних конструкцій і машин, хоча побіжно згадаємо й інші галузі застосування таких технологій в інженерії, організації виробництва і комерційних аспектах інженерних розробок. А відтак детально розглянемо одну з систем автоматизованого проектування.

1. Комп'ютерний інжиніринг

1.1. Від ідеї до її втілення

Припустімо, ми маємо задум створити машину чи конструкцію для вирішення якоїсь проблеми. Спочатку треба придумати, як ця машина буде працювати, потім – з'ясувати, з яких деталей вона має складатися, які мають бути розміри цих деталей, з яких матеріалів їх слід виготовляти, чи будуть вони достатньо міцними (але не надто міцними і дорогими), як вони будуть стикуватися і взаємодіяти в машині, чи не будуть вони блокувати рух одна одній під час роботи машини, а крім того, треба осмислити, як складати деталі і як їх кріпити. Відтак треба зробити їх креслення, за кресленнями виготовити деталі, зібрати їх і випробувати машину. І нерідко може виявитися, що з

машиною щось вийшло не так, як мало би бути. Тоді слід повернутися до деталей, змінити їх розміри і форму або матеріал, з якого вони виготовлені, і знову повторити процес створення машини.

...Нарешті ми задовільнені машиною. А втім чи варто докладати стільки зусиль, щоб зробити тільки одну таку машину? Імовірно, таких машин потрібно декілька, або навіть дуже багато (не тільки для себе, але й на продаж). Отже треба обрати або розробити технологію виготовлення деталей, їх складання і налагоджування готової машини.

Подальші кроки – організація виробництва. Певне обладнання для виробництва вже є, деяке необхідно купити чи виготовити. До того ж треба навчити робітників, організувати закупівлю матеріалів для виготовлення машини та матеріалів для виробничого обладнання. Потрібні також постачальники, склади для матеріалів і готової продукції, канали збуту продукції. І все це має працювати злагоджено.

Нарешті, можна рахувати прибутки від продажу нашої дивної машини? Ні. Наразі нікого не здивуєш машиною, яка просто працює. Вона має бути потрібною, причому, не надто дорогою. Наша машина має бути економічно ефективною, тобто забезпечувати розв'язання поставленої задачі з мінімальними витратами. Адже хтось інший може створити таку ж машину, навіть дещо кращу і/або дешевшу за нашу, відтак наша машина виявиться нікому непотрібною, а ми просто змарнуємо час, зусилля і гроші.

1.2. Навіщо?

Це питання виходить за рамки нашої теми, але воно дуже важливе для будь-якого інженера, тому коротко зупинимося на ньому. Навіщо потрібно те, що ми створюємо і збираємося виробляти, кому саме це потрібно, і чи розуміють вони, що їм це потрібно? Без чіткої відповіді на ці питання годі й починати.

Річ може бути потрібною, якщо вона економить гроші, час, чи зусилля, або дає задоволення, розвагу, комфорт, затишок, чи допомагає розвиватися, поліпшує здоров'я або зменшує

страждання, наприклад, хворих, тобто задовольняє людські потреби. Одна справа, якщо люди мають певну потребу, але не розуміють, що мають її. Тоді їх можна поступово переконати. Інша справа, якщо потреби немає, а ми самі її вигадали і намагаємося переконати людей, що наша машина задовільнить неіснуючу потребу. Можливо, нам вдасться певний час тримати людей в омані, але це скоро мине. Годі й сподіватися, що у подальшому люди будуть нетерпляче очікувати наших нових розробок.

Якщо наш виріб буде дійсно здатний задовольняти певні реальні потреби, але при цьому буде надто дорогий, то мало хто з тих, у кого є такі потреби, зможе його купити. У багатьох випадках чим більший обсяг виробництва, тим дешевший кожний виріб. Але є обмеження, які не можна подолати. З одного боку, це мінімальні витрати на один виріб, які не можуть бути нульовими навіть за безкінечного обсягу, а з іншого – обсяг ринку, тобто кількість виробів, які споживачі можуть побажати придбати за певний період. Тому визначення з обсягом виробництва складає частину відповіді на питання «Навіщо?»

Звичайно, є маркетологи, які мають про все це думати, є економісти, які мають розрахувати економічну ефективність, але вони не інженери, а отже, не спроможні осмислити технічну можливість втілення ідеї в життя. Тому інженери можуть з ними порадитися, але не мають суцільно покладатися на їх бачення.

І вже на стадії задумки треба думати про те, що нашою машиною треба буде якось користуватися, керувати нею, а у людей є тільки дві руки, дві ноги й одна голова, і швидкість обробки інформації досить обмежена. А ще машину треба буде обслуговувати і ремонтувати, і це теж мають робити люди. Якщо зробити машину для людей з чотирма руками довжиною по два метри кожна, які згинаються у п'яти місцях, навряд чи хтось зможе користуватися нею.

1.3. CAE/CAD/CAM: як це робиться зараз

Ідею (поки що) треба генерувати самому. А далі багато що можна робити за допомогою комп'ютерів. Здебільшого першим

кроком буде побудова математичної моделі і перевірки на ній, які статичні і динамічні характеристики потрібні конструкції. Для цього можна використовувати засоби комп'ютерного моделювання і комп'ютерного інжинірингу – CAE (computer-aided engineering).

Коли основні параметри конструкції визначені, можна приступати до її створення, а саме, будувати їх тримірні (3D) об'ємні моделі, і з них скласти 3D модель конструкції. Для цього використовуються системи автоматизованого проектування (САПР), також відомі як CAD (computer-aided design). Ці системи можуть автоматично побудувати креслення по створеній 3D моделі, за якими можна буде виготовити деталі, але не слід з цим поспішати.

Натомість, побудовану 3D модель треба ввести у систему CAE і перевірити, чи вона працює так, як ми сподівалися. У цій системі можна побачити, як рухаються окремі деталі під час роботи механізму, яких навантажень вони зазнають, як деформуються під впливом цих навантажень, і чи ці деформації не заважатимуть роботі. Також можна побачити люфти і визначити їх величину, побачити місця небажаного тертя, яке призведе до передчасного зносу чи руйнування деталей. І ще можна визначити розподіл температур і місця небажаного нагріву, що теж дуже важливо, бо всі матеріали чутливі до температури і втрачають міцність при надмірному нагріві або охолодженні.

Моделювання також допомагає зрозуміти, які матеріали треба використовувати, щоб забезпечити потрібну міцність, пружність, поверхневу твердість, зносостійкість, жаростійкість, коефіцієнт теплового розширення і таке інше. Знов таки, якщо обирати найкращі з кращих матеріалів, конструкція виявиться надто дорогою, тому треба обирати матеріали, які не надто дорогі, або навіть найдешевші, але забезпечують працездатність і потрібну надійність і довговічність конструкції.

Під час такого моделювання зазвичай з'ясовується, що ми не дуже вдало побудували деталі. Тоді треба повернутися до CAD, змінити моделі деталей і модель складання, і повторити моделювання у CAE. Це ітеративний процес, і може знадобитися

повторити його кілька разів, перш ніж буде отриманий цілком задовільний результат.

Якщо конструкція дуже складна, краще спочатку відпрацювати її окремі вузли. При цьому треба подбати про інтерфейси – місця, якими ці вузли будуть з'єднуватися у цілу конструкцію. Складну конструкцію проектують багато людей, і кожен з них має розуміти що його вузол має потім бути зістикуваний з іншими вузлами. Тому про інтерфейси треба домовлятися заздалегідь, бо інакше потім не вдасться припасувати вузли один до одного. Треба також продумати способи з'єднання вузлів, бо з'єднання також можуть зазнавати значних навантажень і зруйнуються, якщо вони недостатньо міцні, або будуть надто дорогими, якщо вони надто міцні. З'єднання також можна перевірити у CAD, використовуючи операцію складання 3D моделі, а потім у CAE на міцність і надійність.

Коли отриманий бажаний результат після кількох ітерацій проектування і моделювання, можна приступати до виготовлення деталей і складання конструкції. Можна побудувати у CAD і надрукувати креслення деталей і складальне креслення та передати ці креслення технологам, які придумують, як можна виготовити ці деталі використовуючи наявне обладнання, чи визначать, яке додаткове обладнання треба закупити чи виготовити. А можна передати технологам 3D модель, побудовану у CAD, і вони використають її у системі CAM (computer-aided manufacturing) для розробки технологій вироблення деталей і їх складання. При виборі технологій треба брати до уваги обсяги виробництва, адже технології, придатні для одиничного чи дрібносерійного виробництва, зазвичай надто дорогі для крупносерійного чи масового виробництва.

Багато сучасних верстатів можуть виконувати обробку матеріалів і виготовлення деталей автоматично, під керуванням комп'ютеру, за програмою обробки. Це так зване числове програмне управління (ЧПУ), також відоме як CNC (computer numerical control). Сучасні системи CAM можуть створювати програми для таких верстатів, беручи за основу 3D модель потрібної деталі. Це робить ефективним використання верстатів з CNC для одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва.

Якщо верстат з CNC виконує обробку різанням, додатково системі треба описати модель заготовки, з якої має виготовлятися деталь. Якщо ж верстат працює на основі адитивних технологій, наприклад, 3D принтер, або верстат селективного лазерного плавлення (selective laser melting, SLM), або селективного лазерного спікання (selective laser sintering, SLS), йому непотрібна заготовка, а отже, і її модель, бо тривимірна деталь формується безпосередньо на робочому столі верстата пошарово.

Також, багато допоміжних операцій при виробництві деталей і операцій складання окремих вузлів і готових виробів зараз роботизовано. Кожного промислового робота треба запрограмувати, а ще забезпечити його взаємодію з іншими роботами, верстатами та іншим технологічним обладнанням. Для цього існують спеціальні системи програмування.

Поступово з'являються промислові роботи зі штучним інтелектом (AI – artificial intelligence). Програмування таких роботів суттєво відрізняється від простого опису кожного окремого руху, який робот має виконати по програмі, і більше схоже на навчання. Проте, для такого навчання також створюються спеціальні засоби створення «навчальних програм» для роботів.

2. Інформаційні технології поза інжинірингом

2.1. Виробництво

Нарешті ми спроекували прилад, переконалися, що він працює як треба, зробили всі необхідні креслення, розробили технологічні процеси для вироблення усіх деталей і їх складання, підготували програми для станків з CNC у разі потреби, розробили оснащення і виготовили його. Можна починати виробництво?

Ні. Виробництво ще треба спланувати й організувати.

Якщо ми вже визначилися з обсягом виробництва (а це треба робити раніше, бо від цього залежить вибір технологій), можна планувати місячні потреби у кількості матеріалів і видах заготовок для вироблення деталей, а також деталей і виробів, які

дешевше купувати готові, ніж виробляти самим. Також важливо визначитися з періодичністю закупок (яка залежить від розміру партій поставок, пропонуваних постачальниками).

Треба визначитися з обсягами складів для покупних матеріалів і деталей. Адже чим більше обсяг складських запасів, тим більше грошей буде «заморожене» у них, тим більше будуть фінансові витрати на їх утримання і тим більша буде собівартість продукції. При цьому треба брати до уваги не тільки обсяг нашого виробництва і обсяг і періодичність поставок, але і їх регулярність, тобто, можливі затримки постачання. Якщо постачання затрималося, а в нас недостатньо запасів на складі, виробництво доведеться зупинити, а це збитки і збільшення собівартості. Також треба визначитися з обсягами складів готової продукції з урахуванням того, у якій кількості, якими партіями і як часто її будуть купувати. Надто великі складські запаси готової продукції – це надто великі фінансові витрати, а надто малі – це ризик втратити довіру клієнтів і репутацію компанії як надійного постачальника.

Якісь деталі виробляються довше, якісь швидше. Якщо в нас недостатньо обладнання для виготовлення деталей, які потребують більше часу, інше обладнання може бути вимушено простоювати. Навіть якщо обладнання простоє, воно потребує певних витрат, що збільшує собівартість. А деяке обладнання, наприклад, таке, яке працює при дуже високих або низьких температурах, взагалі не має простоювати, бо може розвалитися, якщо його зупинити і дати йому охолонути чи нагрітися. Тому треба ретельно планувати використання обладнання та його кількість для вироблення кожної деталі.

Звичайно, треба також подбати про людський ресурс. Хтось має працювати на обладнанні, хтось має його налаштовувати і ремонтувати. І хтось має керувати цими людьми, ставити завдання, слідкувати, щоб вони виконувалися. Також треба визначити вимоги до кваліфікації працівників і розподілити їх так, щоб складніші операції виконували більш кваліфіковані працівники. У разі потреби необхідно подбати про їх навчання, а ще про техніку безпеки та умови праці, включаючи освітлення, комфортну температуру, побутові приміщення, їдальні, та інше, без чого працівники не зможуть працювати ефективно.

Всебічне охоплення виробничих і допоміжних процесів надають інформаційні системи **ERP** (Enterprise Resource Planning – планування ресурсів підприємства). Вони складаються з декількох підсистем, з якими працюють менеджери окремих напрямків організації виробництва, але ці підсистеми інтегровані у єдину систему, і дані, які генеруються в одній з підсистем, доступні також в інших.

До таких підсистем відносяться **SRM** (supplier relationship management – менеджмент взаємодії з постачальниками), **HRM** (human resource management – менеджмент людських ресурсів), та інші. Деякі з них ми розглянемо пізніше.

Системи CAD і CAM зазвичай не інтегруються в системи ERP, але певна інформація, згенерована ними може інтегруватися. Наприклад, інформація про розроблений пристрій і технологічні процеси його виготовлення містить дані про покупні деталі, вузли, матеріали, потрібні методи обробки, потрібну кваліфікацію працівників, час обробки кожної деталі, час складання, час випробування, та інше. Ця інформація дозволяє планувати закупки, періодичність поставок, обсяг складів, потребу у персоналі та його кваліфікації та інше, залежно від бажаного обсягу виробництва.

Виробництво породжує відходи, які можуть бути шкідливими для людей і довкілля, або просто накопичуватися на території підприємства. Від них треба позбавлятися, завдаючи мінімальної шкоди довкіллю. Певні види виробництва вимагають використання шкідливих речовин, чи проводяться у шкідливому середовищі. Або виробниче середовище має бути надзвичайно чистим. Тому може виникати потреба захищати робітників від виробничого середовища, чи навпаки, захищати виробниче середовище від виробників. Певні виробничі процеси можуть бути пов'язані з роботою на значній висоті, з вибухонебезпечними або легкозаймистими речовинами, високою електричною напругою, шкідливим випромінюванням, високою чи дуже низькою температурою, поряд з рухомими частинами механізмів, та інше – отже, треба дбати про безпеку працівників і довкілля, спеціальні засоби і заходи безпеки і навіть про можливу потребу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У багатьох випадках продукція має бути сертифікована, а її виробництво – ліцензоване, бо без цього жоден серйозний споживач не захоче мати з нею справи. Отже, треба відстежувати відповідність умовам ліцензування і сертифікації та поновлювати ліцензії і сертифікати з необхідною періодичністю. Все це потребує планування та менеджменту, і для цього є спеціальні інформаційні системи, які також доцільно інтегрувати в ERP.

2.2. Не тільки виробництво

Виробництво буде безглуздом, якщо не подбати про те, щоб виріб був не тільки корисний, але й сприймався як корисний його потенційними споживачами.

Вироби треба продавати. У залежності від складності та розмірів виробу, а також від потенційних споживачів та їх кількості, продаж може бути організований різними способами. В одних випадках продаж може бути через власну мережу магазинів чи через магазини чи торгівельні мережі інших компаній, в інших випадках зручніше продавати безпосередньо зі складу підприємства. А коли виріб дуже складний і дорогий, може буди доцільним виробляти його тільки при наявності попереднього замовлення.

Звичайно, треба подбати, щоб виріб був у наявності, адже якщо покупець вподобав наш виріб, прийшов до магазину, щоб купити його, а виробу там нема, він може купити аналогічний виріб іншого виробника. З іншого боку, тримати надто великі запаси виробів недоцільно, бо це є «заморожуванням» коштів у готовому товарі, що дуже неефективно.

Також необхідно приймати замовлення, планувати дати і обсяги відвантаження продукції, відстежувати грошові розрахунки з покупцями.

Різні інформаційні аспекти організації і управління продажом товарів реалізовані у підсистемі ERP, яка зветься **Sales** (продаж).

Якщо йдеться про досить складні і дорогі вироби, споживач хоче відчувати, що він не залишиться сам на сам зі своєю дорогою покупкою, якщо з нею щось буде не так. Тому

споживачам, разом із виробом треба запропонувати технічну консультаційну підтримку, технічне обслуговування, ремонт, а у випадку більш складних виробів – шеф-монтаж і навчання споживачів. Підприємство-виробник може створювати власні консультаційні центри, мережу пунктів технічного обслуговування, бригади монтажників і навчальні центри, чи залучати сторонні компанії для виконання цих видів робіт. Звичайно, цими центрами та мережами треба керувати, і треба забезпечити їх потрібними матеріалами, запасними частинами, інструментом, технічною документацією.

Кожне звернення споживачів до таких центрів і мереж – це зворотній зв'язок зі споживачами, цінна інформація, яку можна використати для поліпшення існуючого виробу, або розробки наступних моделей аналогічних виробів. Треба організувати збирання цієї інформації для подальшого аналізу.

Спеціальна підсистема ERP, а саме, **CRM** (Customer Relationship Management – менеджмент відносин з клієнтами) допомагає в організації керування сервісними та консультативними центрами, іншими структурами підтримки споживача, а також збирає і систематизує інформацію про зворотній зв'язок від споживачів і надає її для подальшого аналізу.

Облік – ще одна важлива складова організації бізнесу і ефективного управління ним. Він включає в себе облік матеріальних ресурсів (запаси виробничих матеріалів, інструментів, допоміжних матеріалів; незакінчені продукти у виробництві), і грошовий облік – ті ж матеріальні ресурси у грошовому вираженні, гроші на рахунках і у касі підприємства, розрахунки з клієнтами, постачальниками, робітниками, банківські позики та їх сплата, акціонерний капітал, та інше. І також обчислення і сплата податків, акцизів, мита та інших зборів і розрахунки з державою. Це реалізується інформаційними системами обліку (**Accounting**), інтеграція яких в ERP дозволяє використовувати інформацію, яка вже наявна в інших підсистемах.

Компанії необхідно спостерігати за змінами у галузі, у якій вона працює, а саме, за діями конкурентів. Але не тільки. Загальні тенденції ринку продукції компанії, як то збільшення чи

зменшення кількості потенційних споживачів і їх потреб, а також ринків постачання сировини та напівфабрикатів, енергоносіїв та комунальних послуг, послуг з переробки відходів та інших. Тенденції на таких ринках можуть відкривати нові можливості, або створювати нові загрози. І такі тенденції можуть бути викликані не тільки економічними причинами. Природні катаклізми чи політична ситуація може суттєво впливати на них. Якщо, наприклад, певна сировина є ключовою для виробництва, і країні одного з головних постачальників оголошені економічні санкції, чи економічна блокада з політичних причин, чи там почалися масові заворушення, це неодмінно вплине на вартість такої сировини і на вартість готової продукції. Інформаційні системи **BI** (business intelligence – комерційна розвідка) призначені для збирання і обробки такої інформації, а їх інтеграція в ERP допомагає у швидшому реагуванні керівництва компанії на відповідні зміни.

Життєвий цикл виробу – важлива концепція бізнесу. Він включає в себе всі етапи від задуму виробу до утилізації його останнього виробленого екземпляру. Тобто, майже все, що описано вище про виробництво, збут та зв'язок зі споживачами, відноситься до життєвого циклу. А ще до нього відноситься утилізація і переробка виробів, які відслужили своє, – це вимога часу, а в деяких країнах – і вимога законодавства. Планування і менеджмент життєвого циклу виробів реалізовані в інформаційних системах **PLM** (product lifecycle management), які також інтегруються у ERP.

3. BricsCAD – загальні відомості

3.1. Призначення BricsCAD і варіанти комплектації

BricsCAD – це одна із поширених систем автоматизованого проектування (САПР), призначена для створення конструкцій та їх елементів і деталей переважно у машинобудівній та будівельній галузях. Виробник системи – компанія Bricsys.

САПР BricsCAD має можливості дуже подібні до іншої популярної САПР – AutoCAD і сумісна з нею по форматам

файлів, але має певні відмінності в інтерфейсі користувача. Тому розробки, виконані в AutoCAD, майже завжди можна відкрити і редагувати у BricsCAD, і навпаки. Також люди, які вміють працювати в AutoCAD, можуть досить легко перейти на BricsCAD, хоча повний перелік відмінностей займає чимало сторінок.

САПР BricsCAD надається користувачу у базовій комплектації, у комплектації Pro, або у комплектації Platinum. Базова комплектація надає можливість створювати тільки креслення, комплектація Pro дозволяє будувати тримірні моделі, а потім креслення на їх основі. Комплектація Platinum є найбільш повною, вона дозволяє виконувати складання з використанням 3D залежностей та деформування поверхонь.

Окремо можна придбати компонент Sheet Metal, який дозволяє конструювати вироби з листового металу, компонент BIM (building information modeling) для проектування будинків, та деякі інші. Для роботи цих компонентів потрібна комплектація Platinum.

У системі BricsCAD можна проектувати годинникові механізми, побутові прилади, автомобілі, літаки, ракети, космічні кораблі, супертанкери, гідроелектростанції, мости, тунелі, заводи, навіть цілі міста. Будівлі можна прив'язувати до карти місцевості, на якій їх планується розташовувати.

У системі передбачена можливість експорту у файли популярних форматів для тривимірних моделей і імпорту з таких файлів, що надає можливість часткового обміну даними з іншими пакетами тривимірного моделювання та САПР.

3.2. Встановлення САПР BricsCAD на комп'ютер

Виробник системи пропонує або одразу придбати один з пакетів САПР (базовий, Pro, або Platinum), або встановити пробну версію терміном на 30 календарних днів, а потім придбати ключ активації для бажаного пакету чи відмовитися від системи.

Процедура встановлення доволі проста і не потребує детального пояснення. Достатньо скачати програму-встановлювач із сайту виробника, запустити її на комп'ютері і слідувати її інструкціям. Мова інтерфейсу САПР обирається при

встановленні із наявного списку, у якому є російська мова, але, за станом на початок 2020 року, немає української.

Вимоги до можливостей комп'ютера досить скромні – ця САПР може бути встановлена навіть на більшість домашніх комп'ютерів. Дуже великі проекти на домашньому комп'ютері виконати не вдасться через брак ресурсів, але для цілей освоєння навичок роботи у цьому САПР його буде достатньо.

Виробник пропонує безкоштовну академічну ліцензію навчальним закладам, а також їх викладачам і студентам. Для отримання такої ліцензії треба надати локальному дистриб'ютору доказ причетності до навчального процесу. Така ліцензія надається строком на один календарний рік, але при збереженні права на академічну ліцензію, її можна отримувати знову. За академічною ліцензією надається найбільш повна комплектація BricsCAD Platinum з пакетами Sheet Metal і BIM.

3.3. Перед початком роботи

Спочатку слід визначитися, який режим ви хочете використовувати – двомірне креслення, або тримірне моделювання. Здебільшого сучасний підхід такий, що створюється тримірна модель виробу, а потім будуються її креслення. BricsCAD сам вміє будувати креслення за тримірною моделлю, але на них потім треба буде нанести розміри і пояснювальні написи.

У процесі роботи можна переходити від двомірного до тримірного режиму і навпаки, так що це рішення не є остаточним, і його можна буде змінити при потребі.

Також треба визначитися, чи ви будете використовувати метричну систему одиниць вимірювань, чи вам потрібна традиційна американська система з розмірами у ярдах, футах, дюймах, лініях та пунктах. Якщо ви почали будувати креслення у традиційній системі, перехід до метричної системи може виявитися досить складним, тому з вибором системи одиниць вимірювання краще визначитися одразу і остаточно для усього проекту.

Система надає набір стилів, які можуть включати 2D (двомірне креслення), 3D (тримірне моделювання), Sheet Metal

(листовий метал), ВІМ (будівельне моделювання), і, у залежності від версії, можливі і інші стилі.

Також система надає шаблони, які є прототипами файлів креслень або моделей, з певними типовими налаштуваннями. Користувач також має можливість створювати і зберігати власні шаблони на основі будь-якого із стандартних шаблонів. Серед інших налаштувань, у шаблонах прописується система одиниць вимірювань.

3.4. Запуск BricsCAD

Вигляд вікна запуску залежить від версії BricsCAD. У 17-й версії це вікно виглядає як на рис. 1.

Внизу вікна можна обрати потрібний профіль, або прийняти той, який був обраний минулого разу при запуску BricsCAD. Якщо потрібного профілю немає, можна подивитися опцію «Другие профили...». Далі слід обрати створення нового креслення, відкривання одного з існуючих креслень, або відкривання одного з налаштованих шаблонів. Можна також обрати один з нещодавніх файлів, список яких надається, щоб продовжити роботу з ним.

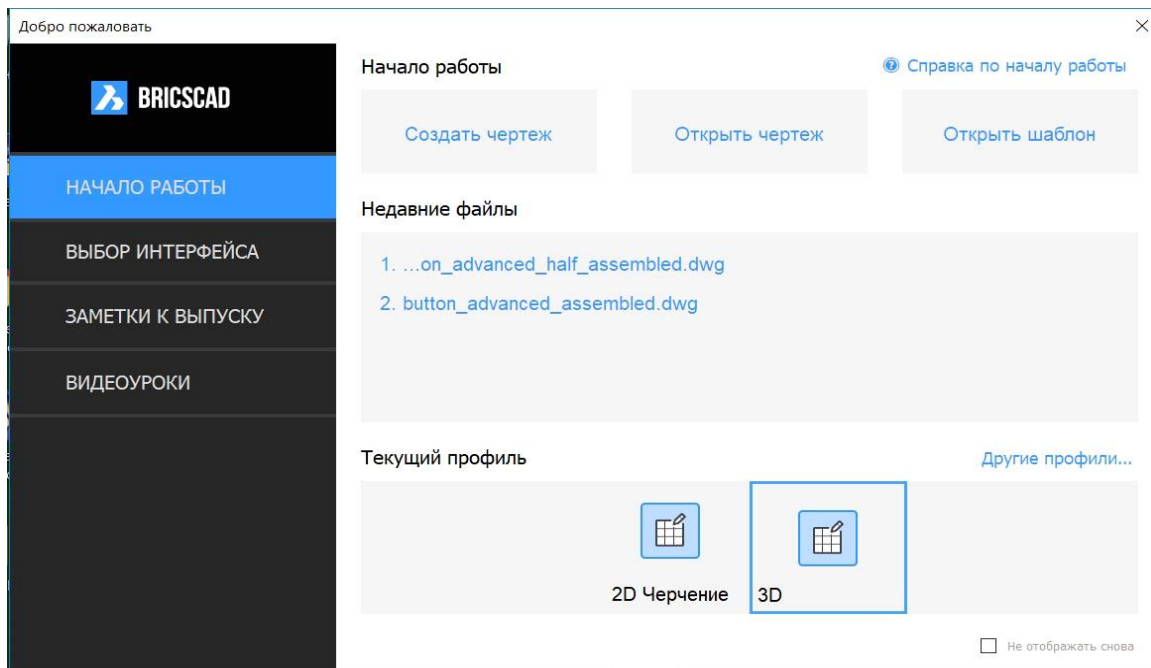


Рис. 1. Вікно запуску BricsCAD

Також зліва є пункт «Заметки к выпуску», де повідомляються основні особливості поточної версії, та перелічені відмінності від попередніх версій. У пункті «Видеоуроки» є набір навчаючих відео (вони не зберігаються на комп'ютері, для їх перегляду потрібен доступ до інтернету).

Хоча здебільшого використовується профіль 3D, ми почнемо з профілю 2D, тому що побудова тримірних моделей починається з побудови двомірних фігур, а їх простіше будувати у профілі 2D. Тому обираємо цей профіль і натискаємо «Создать чертёж». Незабаром відкривається вікно програми, вигляд якого залежить від обраного профілю та попередніх налаштувань. Приклад такого вікна – на рис. 2.

Вигляд вікна може суттєво відрізнятись у залежності від попередніх налаштувань і обраного профілю. Панелі інструментів і різні додаткові інформаційні панелі можуть бути ввімкненими або вимкненими. Наприклад, BricsCAD надає можливість користуватися стрічкою з найбільш вживаними командами, подібною до тієї, яка є у Microsoft Office починаючи з версії 2007 року. Але користувач BricsCAD може обирати, чи користуватися більш традиційним інтерфейсом з меню і панелями інструментів, чи користуватися стрічкою, чи використовувати і меню з панелями інструментів, і стрічку. На рис. 2 стрічка вимкнена, але її легко ввімкнути при потребі.

На рис. 3 показана тільки верхня частина вікна BricsCAD. На Рис. 3 показана при увімкненій стрічці. Окрім того, на цьому рисунку активований профіль 3D моделювання. Зверніть увагу на відмінність головного меню у цьому профілі – у ньому з'явився додатковий пункт – «Моделирование», який відсутній у профілі 2D креслення.

Також у профілі 3D моделювання з'явився індикатор поточного положення осей системи координат у просторі і змінився курсор.

Зверніть увагу також на маленьку панель інструментів у середині під головним меню. На рис. 2 у цій панелі написано «2D черчение», а на рис. 3 – «3D моделирование». Ця панель дозволяє перемикаати профілі у процесі роботи над кресленням.

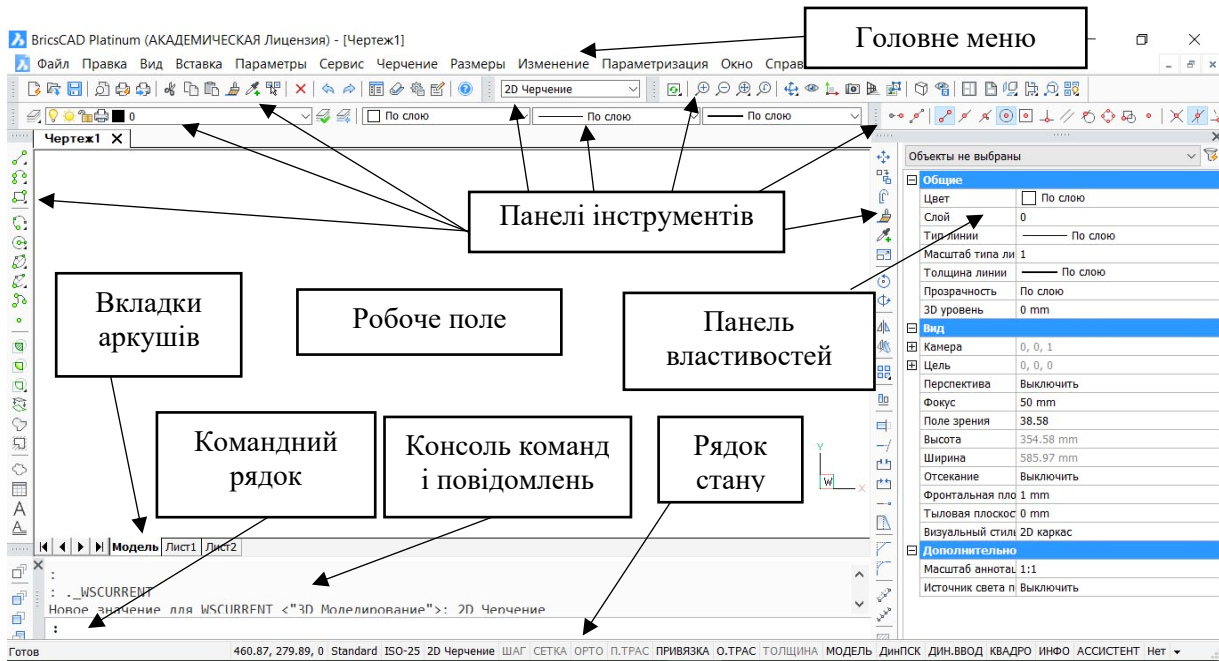


Рис. 2. Приклад вікна програми BricsCAD з вимкненою стрічкою

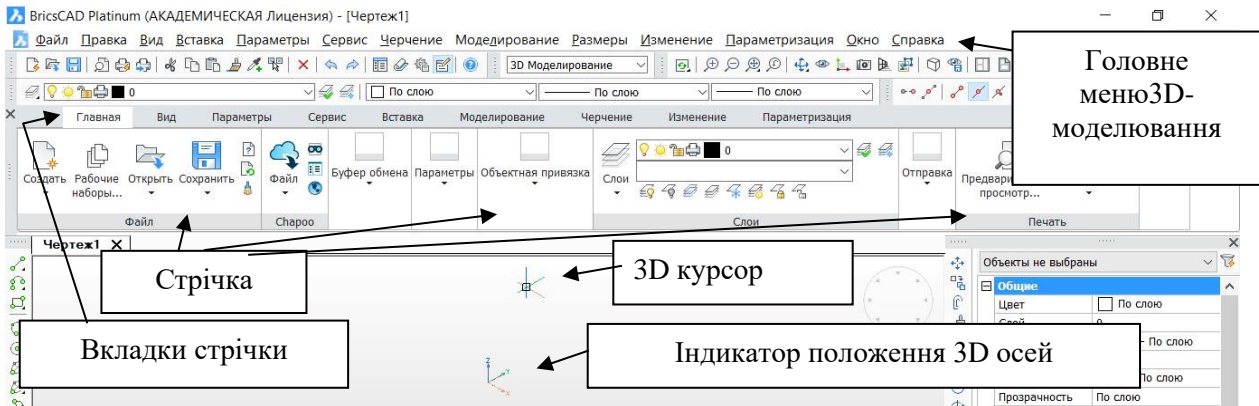


Рис. 3. Верхняя часть окна BricsCAD с ввключенной стрічкою

3.5. Вікно програми BricsCAD

3.5.1. Робоче поле

У робочому полі виконується креслення, моделювання, або складання. Робоче поле складається з кількох аркушів, які можна перемикаєти, використовуючи вкладки внизу робочого поля. Одна вкладка (головна) зветься «Модель». На ній можна створювати двомірні креслення або тримірні моделі. Решта вкладок є вкладками креслень. На них можна створювати креслення вже побудованих моделей, використовуючи спеціальні інструменти BricsCAD, а також можна креслити, використовуючи інструменти двомірного креслення.

Аркуші для креслень можна додавати та видаляти за бажанням. Для цього треба натиснути на одній з вкладок правою кнопкою мишки і обрати потрібну дію.

3.5.2. Головне меню

Вигляд головного меню залежить від обраного профілю. У пунктах меню знаходяться команди і групи команд для майже усіх операцій, які може виконувати BricsCAD. При потребі головне меню можна вимкнути, або ввімкнути (див. пункт 1.6).

3.5.3. Панелі інструментів

Панелі інструментів повторюють більшість груп команд головного меню. На одній панелі здебільшого знаходяться команди однієї групи. Панелей багато, їх можна вмикати і вимикати за потребою. Також їх можна перетягувати мишкою у зручне місце і змінювати їх форму. При наближенні до горизонтальних границь робочого поля, кнопки інструментів на панелі автоматично вистроюються в один рядок по горизонталі, а панель «прилипає» до краю, або до іншої панелі. При наближенні до вертикальних границь робочого поля відбувається теж саме, тільки кнопки інструментів вистроюються в один рядок по вертикалі.

3.5.4. Панель властивостей

Ця панель показує властивості поточного вибраного об'єкту. Якщо жоден об'єкт не вибраний, вона показує властивості креслення у цілому. Більшість властивостей можна змінювати безпосередньо на панелі властивостей, і ці зміни одразу відображаються на об'єкті. Цю панель також можна вимикати та вмикати за бажанням (див. пункт 1.6).

3.5.5. Командний рядок

Все, що може робити BricCAD, можна задати введенням команд з клавіатури у командному рядку. Навіть якщо не вводити команду, а обрати її, натиснувши кнопку на панелі інструментів чи на стрічці, чи обравши відповідний пункт меню, у командному рядку з'явиться відповідна команда. Також у цьому рядку відображаються підказки щодо можливих параметрів команди і інформація про помилки при виконанні команди. Якщо почати вводити команду, BricCAD підказує команди, які починаються зі вже введених літер. Командний рядок можна вмикати і вимикати за бажанням (див. пункт 1.6).

3.5.6. Консоль команд і повідомлень

Після введення команди, вона, її параметри і повідомлення про хід виконання команди або помилки, пов'язані з нею, з'являються на консолі. Праворуч на консолі є полоса прокрутки, яка дозволяє продивитися останні виконані команди. Розмір консолі можна збільшувати або зменшувати, потягнувши мишкою її верхній край вгору або вниз.

Консоль вмикається та вимикається разом з командним рядком.


3.5.7. Стрічка

Стрічка (у російськомовному BricCAD – Лента) показана на рис. 3. Вона дублює найбільш вживані команди. Нею можуть користуватися ті, хто звик до стрічки у Microsoft Office. Стрічка має декілька вкладок, на яких згруповані команди за їх призначенням. Стрічку можна ввімкнути або вимкнути.

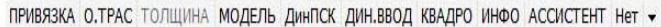
3.5.8. Рядок стану

Рядок стану (рис. 4) відображає стан основних режимів програми (вимкнений чи ввімкнений) і дозволяє вмикати чи вимикати певні режими. Також у цьому рядку відображаються поточні координати курсору у тримірному робочому просторі програми.

Поки розглянемо тільки деякі параметри рядку стану.



460.87, 279.89, 0 Standard ISO-25 2D Черчение ШАГ СЕТКА ОРТО П.ТРАС ПРИВ'ЯЗКА О.ТРАС ТОЛЦ



ПРИВ'ЯЗКА О.ТРАС ТОЛЩИНА МОДЕЛЬ ДИПСК ДИН.ВВОД КВАДРО ИНФО АССИСТЕНТ Нет

Рис. 4. Рядок стану

Для зручності огляду, розбитий на дві частини. Зверху – початок (ліва частина рядка стану), справа – кінець (права частина рядка стану).

Цифри з лівого краю рядку – це поточні координати курсора у системі координат BricsCAD у міліметрах або інших обраних одиницях. Праворуч відображений поточний стандарт креслення (ISO-25), а далі – поточний профіль (на рисунку це «2D Черчение»).

Параметри – «ШАГ» і «СЕТКА» пов'язані з сіткою, яку можна ввімкнути для полегшення навігації на робочому полі при кресленні. На рисунку слово «СЕТКА» бліде, і це означає, що сітка вимкнена. Для вмикання чи вимикання сітки треба натиснути на це слово мишкою.

Бліде слово «ШАГ» показує, що зараз вимкнений режим крокової прив'язки. Його також можна вмикати і вимикати, натискаючи на це слово мишкою. Коли крокова прив'язка ввімкнена, при кресленні графічних елементів курсор переміщується кроками від вузла до вузла сітки, що полегшує отримання графічних елементів бажаного розміру і у бажаному місці. Крок сітки можна налаштовувати відповідно до потреби, окремо по двом координатам (пункт 1.7).

Параметр «ОРТО». Якщо його ввімкнути, при кресленні графічних елементів курсор буде переміщуватися тільки

паралельно одній з осей координат. Наприклад, буде викреслюватися горизонтальна лінія, якщо вести курсор під кутом 20° чи 30° до горизонтальної осі, а якщо кут буде більше 45° , буде викреслюватися вертикальна лінія.

Пропускаємо один параметр. Наступний параметр – «ПРИВ'ЯЗКА». Якщо цей параметр ввімкнений (як на рисунку), BricsCAD буде допомагати прив'язувати нові об'єкти до певних точок вже існуючих об'єктів. Такими частинами, наприклад, можуть бути початок, кінець, або середина існуючого відтинку, центр кола або прямокутника, та інше. Новий об'єкт можна прив'язати до однієї з таких точок. Є окрема панель інструментів для ввімкнення потрібних і вимкнення непотрібних прив'язок.

Решту параметрів ми поки що не будемо розглядати.

3.6. Вмикання та вимикання елементів вікна програми

Для вмикання або вимикання панелей інструментів, інших панелей, головного меню, командного рядка та рядка стану треба натиснути правою кнопкою миші на будь-якій з панелей інструментів або на пустому місці біля однієї з них. При цьому відкриється список основних панелей та елементів управління (рис. 5). Натискаючи на назви елементів і панелей мишкою, можна вмикати та вимикати їх. Ввімкнені елементи відмічені галочкою.

Якщо у цьому списку навести курсор на слово «BRICSCAD», справа відкриється список панелей інструментів (рис. 6). Цей список доволі великий, щоб знайти потрібну панель, його можна прокручувати вниз або вгору.

3.7. Параметри

BricsCAD використовує параметри для процесу креслення та відображення результатів. Наприклад, сітка може відображатися, або не відображатися. Її стан (ввімкнена або вимкнена) – це параметр. Прив'язка до об'єктів ввімкнена або вимкнена, товщина ліній на кресленні, крок сітки, величина стрілок розмірних ліній, величина шрифту для значень розмірів –

все це параметри, які можна задати за власною потребою. Також ці параметри можна змінювати у ході створення креслення.

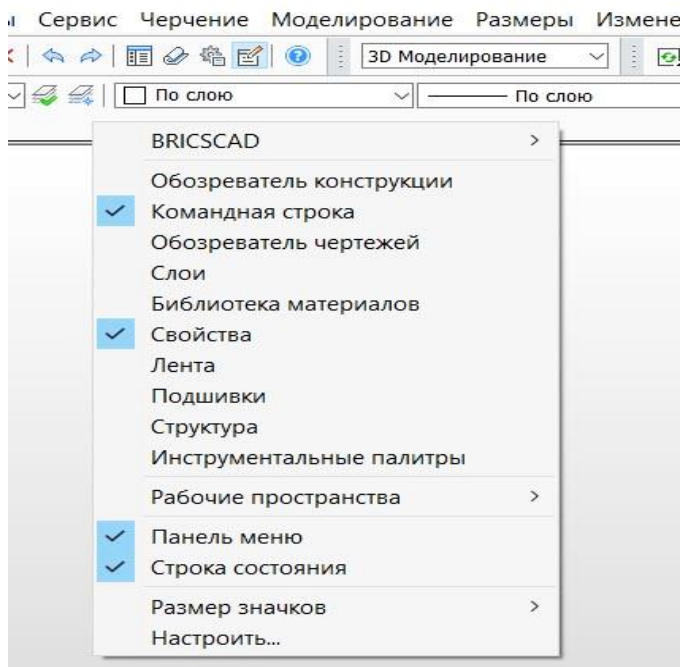


Рис. 5. Вікно вмикання і вимикання елементів вікна програми

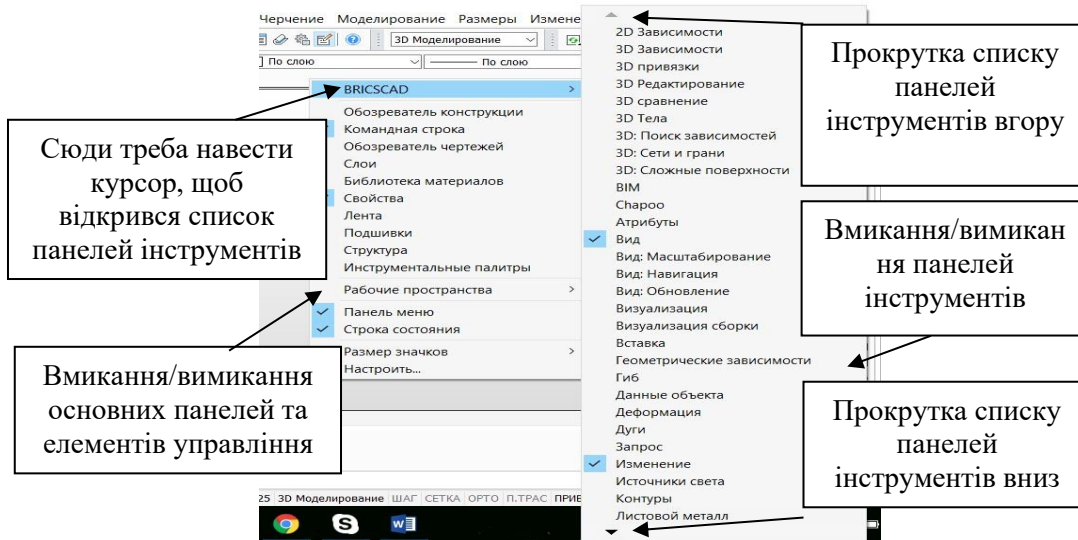


Рис. 6. вмикання і вимикання меню, інформаційних панелей, панелей інструментів та інших елементів управління

Коли ви запускаєте BricsCAD, усі параметри вже встановлені у певні значення, але ці значення можуть не підходити для креслення, яке ви збираєтеся робити, і їх може знадобитися змінити. Коли ви відкриваєте існуюче креслення, встановлюються параметри, які були налаштовані на момент його останнього збереження у файлі.

У головному меню є пункт «Параметры». На рис. 7 показані підпункти цього пункту меню.

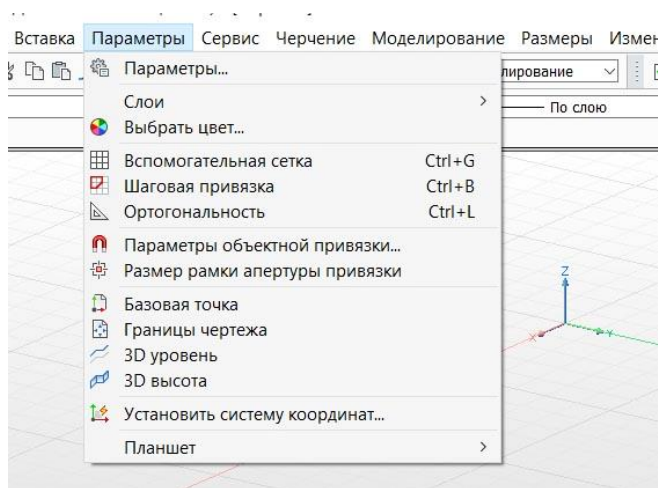


Рис. 7. Підпункти меню «Параметры»

Деякі з параметрів зроблені окремими підпунктами цього меню, решта (більшість) знаходиться у пункті «Параметры...». Якщо натиснути мишкою на цьому підпункті, відкривається вікно налаштування параметрів (рис. 8).

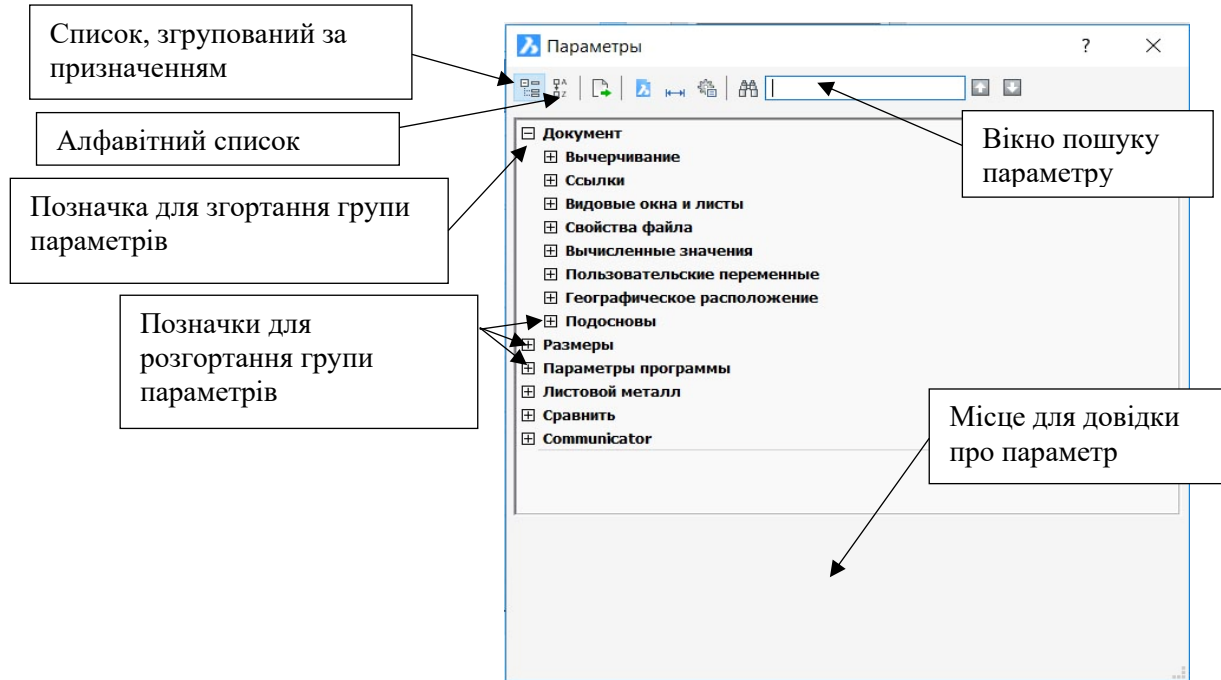


Рис. 8. Вікно налаштування параметрів

Використовуючи кнопки зліва угорі вікна, можна переглядати згрупований або алфавітний список параметрів. Алфавітний більше підходить для пошуку параметру, назву, або хоча б перше слово назви якого ви пам'ятаєте. Згрупований елемент списку можна розгорнути, натиснувши на квадратик зі знаком «+» ліворуч від потрібного елемента. Розгрупований елемент можна згорнути (згрупувати), натиснувши на квадратик зі знаком «-» ліворуч від потрібного елемента.

Параметрів дуже багато, тому ми не будемо розглядати їх усі одразу. Розглянемо поки тільки параметри, які нам потрібні для простого креслення двомірних об'єктів – «Шаг сетки» і «Основная сетка» (рис. 9), і ще «Шаг привязки».

Надалі ми будемо посилатися на параметри, вказуючи ланцюжок з назв груп і підгруп, у яких певний параметр знаходиться. Наприклад, посилання на параметр «Основная сетка» виглядає так: «Параметры – Документ – Вычерчивание – Координаты – Шаговая привязка/Сетка – Основная сетка». Це означає, що щоб дістатися до параметру «Основная сетка», треба відкрити вікно налаштування параметрів, розгорнути групу «Документ», розгорнути групу «Вычерчивание», розгорнути групу «Координаты», розгорнути групу «Шаговая привязка/Сетка», і вже там шукати потрібний параметр «Основная сетка».

Якщо з попереднього тексту буде зрозуміло, про яку групу чи підгрупу параметрів йдеться, ми також можемо використовувати скорочений ланцюжок. Наприклад, якщо йдеться про підгрупу «Координаты», ми можемо вказати, як дістатися до параметра «Основная сетка» таким чином: «Шаговая привязка/Сетка – Основная сетка». Налаштування параметру «Шаг сетки» встановлює відстань між вузлами допоміжної сітки, окремо по горизонталі і вертикалі. Якщо на початку роботи обрана метрична система, то ця відстань задається у міліметрах. Її величина обирається з урахуванням креслення, яке треба робити. Якщо у ньому є дрібні об'єкти або їх елементи, краще обирати дрібніший крок.

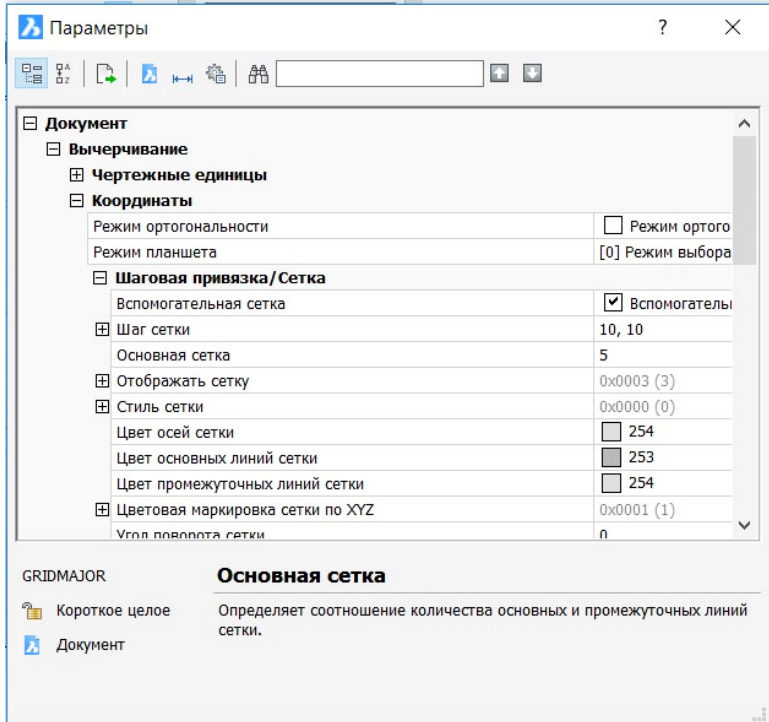


Рис. 9. Параметры кроковой прив'язки

Крок сітки можна встановити безпосередньо у параметрі «Шаг сетки», записавши крок по осі X і по осі Y через кому. Якщо треба, щоб крок був з долями міліметрів, дробова частина кроку записується через точку. Наприклад, якщо написати «0,5,2,5» у цьому параметрі, буде встановлений крок 0,5 мм по осі X і крок 2,5 мм по осі Y .

Можна також розгорнути цей параметр і окремо встановити величину кроку по одній с осей.

Основна сітка налаштовується параметром «Основная сетка», який знаходиться після параметру «Шаг сетки». Він визначає, через скільки ліній сітки BricsCAD має відображати

лінії так званої основної сітки. Здебільшого, лінії основної сітки темніші, ніж лінії проміжної сітки. Цей параметр має бути цілим числом. За замовчуванням він дорівнює 5 (тобто, лінії основної сітки відображаються через кожні п'ять ліній проміжної сітки), але його можна змінити для потреби. Ця сітка потрібна виключно для зручності креслення. На рис. 6 можна побачити лінії основної і проміжної сітки.

Окремо встановлюється **крок прив'язки** до сітки: «Параметры – Документ – Вычерчивание – Координаты – Шаговая привязка/Сетка – Шаг привязки». Цей параметр можна встановлювати окремо по двох осях, або записати значення кроку одразу для двох осей через кому. Дробова частина десяткової дробі відокремлюється від цілої частини крапкою. Зазвичай, крок прив'язки встановлюють таким же, як крок сітки, але при потребі їх можна встановити різними, наприклад, може бути зручним, щоб крок сітки був 1 мм, а крок прив'язки 0,5 мм, або 0,25 мм.

Параметр «Вспомогательная сетка» дозволяє вмикати чи вимикати відображення сітки. Якщо у квадратику навпроти назви цього параметру поставити галочку, сітка буде ввімкнена.

Деякі з параметрів можна змінювати у рядку стану (пункт 1.5.8). Наприклад, натискуючи мишкою на слові «СЕТКА» у рядку стану, можна змінювати параметр «Вспомогательная сетка», не відкриваючи вікно налаштування параметрів.

При друкуванні креслення або його експорту у файл формату pdf, сітка не відображається, незалежно від того, ввімкнена вона чи вимкнена.

3.8. Навігація при виконанні креслення

При кресленні часто виникає потреба змішувати креслення відносно робочого поля, наближати або віддаляти його, а у режимі 3D моделювання, також обертати його, щоб оглянути з різних боків. Це зручніше робити, використовуючи мишку з колесом, яке також можна натискати донизу. Якщо потрібної мишки немає, це можна робити, використовуючи спеціальні команди (наприклад, якщо використовується ноутбук із сенсорною панеллю (тачпадом), або мишка не має колеса), але це доволі незручно.

3.8.1. Панорамування (пересування креслення у робочому полі)

Натисніть колесо миші донизу і, утримуючи його натиснутим, пересувайте мишку у потрібному напрямку. При цьому буде пересуватися креслення у робочому полі.

Якщо немає мишки з колесом, можна використовувати команду панорамування у головному меню: «Вид – Навігація – Панорамирование». При виборі цього пункту меню курсор змінюється на зображення долоні. Після цього, для переміщення креслення треба натиснути ліву кнопку мишки чи тачпада, та переміщувати мишку (чи вести палець по тачпаду) у потрібному напрямку. Для виходу з режиму панорамування треба натиснути клавішу Esc або Enter на клавіатурі, після чого відновлюється звичайне зображення курсора.

3.8.2. Масштабування (наближення та віддалення креслення)

Часто виникає потреба наблизити (збільшити) креслення, щоб краще бачити його окрему деталь, чи віддалити (зменшити) його, щоб побачити модель у цілому.

Для наближення (збільшення) зображення обертайте колесо мишки від себе (уперед). Для віддалення (зменшення) зображення обертайте колесо мишки до себе (назад). Наближення і віддалення відбувається відносно точки, у якій знаходиться курсор.

Якщо немає мишки з колесом, можна використовувати команду масштабування у головному меню: «Вид – Навігація – Масштабирование». При виборі цього пункту меню курсор змінюється на зображення лупи. Для масштабування треба натиснути ліву кнопку мишки або сенсорної панелі (тачпаду) та пересувати курсор мишкою або тачпадом по екрану вгору для збільшення, або вниз для зменшення. Для виходу з режиму панорамування треба натиснути клавішу Esc або Enter на клавіатурі.

Зверніть увагу, що якщо ввімкнена сітка, вона також збільшується чи зменшується, і при певних величинах зменшення (віддалення), поточна основна сітка становиться проміжною із

кроком клітин більше, ніж заданий у налаштуваннях, і з'являється нова основна сітка. Так само, при збільшенні, поточна проміжна сітка стає основною, і з'являється нова проміжна сітка. Але коли крок зображеної на екрані сітки стає рівним параметру «Шаг сетки», подальше збільшення зображення не призводить до появи нової проміжної сітки, навіть якщо клітина проміжної сітки стає такою великою, що не вміщується у робочому полі.

3.8.3. Обертання

Обертання здебільшого застосовується для огляду тривимірної моделі з різних боків, але також може застосовуватися для огляду взаємного розташування плоских об'єктів у просторі.

Для обертання треба натиснути і тримати клавішу Shift, а потім натиснути і тримати колесо мишки. Клавішу Shift після натиснення колеса мишки можна відпустити. Далі рухайте мишку горизонтально для обертання відносно вертикальної осі екрану, або вертикально для обертання відносно горизонтальної осі екрану. Можна також рухати мишку під будь-яким кутом до горизонталі – BricsCAD буде розкладати рух мишки на горизонтальну і вертикальну складові і виконувати обертання відносно двох осей пропорційно до складових швидкості руху мишки. Після відпускання колеса, режим обертання вимикається. Це так зване обмежене обертання.

Якщо немає мишки, таке обертання можна виконати, використовуючи команду обмеженого обертання у головному меню: «Вид – Навігація – Ограниченное вращение». Для обертання треба натиснути ліву кнопку мишки або тачпаду та пересувати курсор мишкою або тачпадом по екрану горизонтально чи вертикально. Для виходу з режиму обмеженого обертання треба натиснути клавішу Esc або Enter на клавіатурі.

Команди дають ще чотири варіанти обертання – вільне («Свободное вращение»), відносно горизонтальної осі («Вращение вокруг X»), відносно вертикальної осі («Вращение вокруг Y») і відносно осі, перпендикулярної до площини екрану («Вращение вокруг Z»). Вільне обертання дозволяє обертати об'єкти креслення відносно трьох осей. Для обертання відносно

горизонтальної осі треба рухати мишку приблизно вертикально, відносно вертикальної осі – приблизно горизонтально, відносно осі, перпендикулярної площині екрану – робити кругові рухи мишкою за або проти годинникової стрілки.

3.8.4. Навігація за допомогою панелі інструментів

Вищезгадані команди є також на панелі інструментів «Вид» (рис. 10).

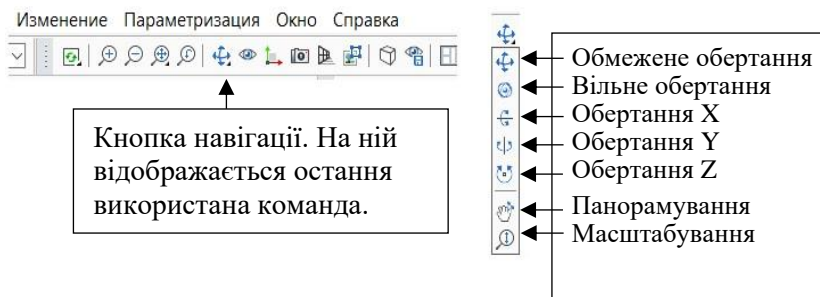


Рис. 10. Панель інструментів «Вид»

Кнопка навігації може мати різний вигляд, в залежності від того, яка остання команда навігації була використана. Якщо натиснути на цю кнопку коротко, буде повторена ця команда. Якщо натиснути і тримати, з'явиться додаткова панель, показана праворуч, з усіма командами навігації. Не відпускаючи кнопку мишки, треба навести курсор на потрібну команду, і тільки після цього відпустити кнопку мишки.

3.9. Відміна операції

Для відміни операцій креслення або навігації треба натиснути комбінацію клавіш Ctrl+z. Можна натискати її кілька разів, відмінюючи попередні операції у зворотній послідовності.

4. Креслення двовимірних об'єктів

Хоча основний підхід до використання BricsCAD полягає у побудові 3D-моделей з наступним автоматичним формуванням

їх креслярських видів, все одно, все починається з креслення 2D-фігур, які потім перетворюються на об'ємні моделі шляхом створення або видалення об'ємів.

4.1. Початок роботи

Запускаємо BricsCAD, обираємо профіль «2D Черчение», натискаємо «Создать чертеж». У рядку стану (пункт 1.5.8) вмикаємо «ШАГ» і «СЕТКА». У налаштуваннях параметрів (пункт 1.7) перевіряємо налаштування кроку сітки і кроку прив'язки, встановлюємо їх у 10 міліметрів по обох координатах, якщо їх встановлені величини відрізняються від цих значень. При виконанні реальних креслень, ці величини треба обирати відповідно до потреб креслення. На кресленні годинникового механізму можуть знадобитися кроки по 0,1 мм, або менше, а на кресленні залізниці чи автодороги кілька сотень кілометрів завдовжки, навіть кроки по 1000 мм можуть бути занадто дрібними.

4.2. Інструменти для креслення

Інструменти для креслення простих геометричних фігур знаходяться у пункті «Черчение» головного меню, а також на панелі інструментів «Черчение», яка зазвичай розташована вертикально уздовж лівої границі вікна BricsCAD, але може бути переміщена в інше місце за бажанням користувача, і на відповідній вкладці стрічки, якщо стрічка ввімкнена. На рис. 11 наведені пункт «Черчение» головного меню і панель інструментів «Черчение».

Зверніть увагу на маленькі чорні трикутники знизу і праворуч на деяких значках на панелі інструментів. Такий самий трикутник є у кнопки навігації, яка розглянута у пункті 1.8.4. Він означає, що у кнопці знаходиться кілька інструментів, які можна побачити, якщо натиснути на кнопку мишкою і тримати її приблизно півсекунди, після чого можна обрати потрібний інструмент із групи інструментів, яка відкриється. У цьому місці відображається символ (іконка) останнього використаного інструменту, тому вигляд окремих кнопок панелі інструментів може змінюватися під час роботи.

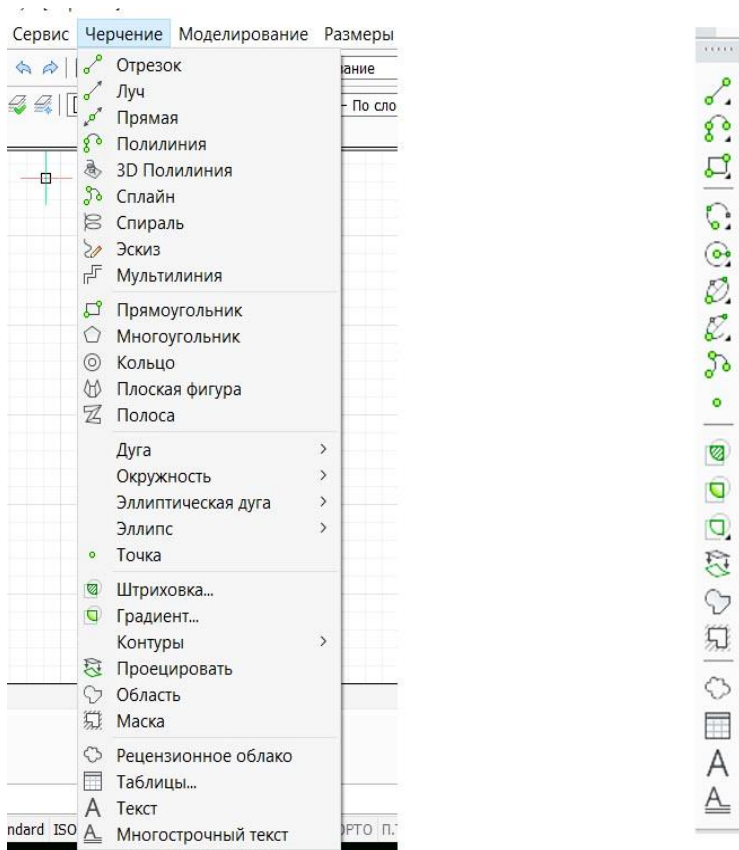



Рис. 11. Инструменты кресления у меню (ліворуч) та на панелі (праворуч)

4.3. Відтинки прямих

Обираємо інструмент «Отрезки»  на панелі інструментів, на стрічці, або у меню «Черчение». Для цього наводимо на нього курсор і коротко натискаємо кнопку мишки.

Після цього курсор починає переміщуватися у робочому полі не довільно, а стрибками, відповідно до заданого кроку прив'язки, якщо крокова прив'язка ввімкнена.

До речі, при наведенні курсора на інструмент, поруч з'являється підказка з назвою інструмента, що дуже зручно, якщо ще не пам'ятаєш, як виглядають іконки на кнопках інструментів.

4.3.1. Креслимо відтинки прямих

Переводимо курсор у потрібну точку, коротко натискаємо на ній мишкою. Це буде точка початку відтинку. Ведемо курсор у потрібну кінцеву точку, коротко натискаємо на ній мишкою. Відтинок готовий. Але креслення відтинків не завершено. Можна повести курсор далі, до іншої точки, і накреслити новий відтинок, початок якого співпадає з кінцем попереднього відтинка. І так далі. Так можна накреслити ланцюжок відтинків і зробити його розімкнутим, або замкнутим, як показано на рис. 12. Для завершення креслення відтинків треба натиснути клавішу Enter або Esc.

4.3.2. Введення довжини і кута нахилу вручну

На рис. 12, а) і б), видні значення поточної довжини і кута нахилу відтинка. Довжина у метричній системі відображається у міліметрах, а кут нахилу – у градусах. Кут нахилу відлічується від горизонтального напрямку вправо від початкової точки відтинку проти годинникової стрілки, якщо кінцева точка вище початкової, або по часовій стрілці, якщо кінцева точка нижче початкової.

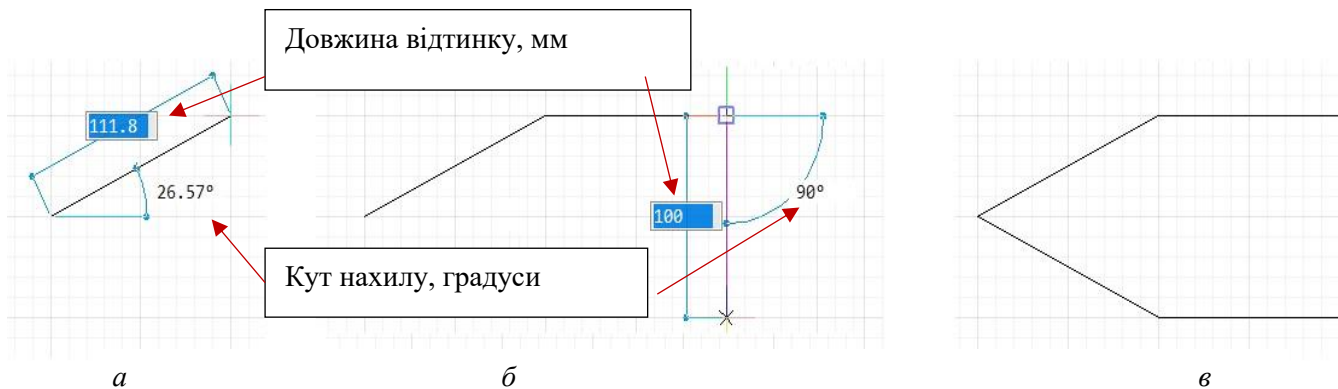


Рис. 12 – Креслення відтинків

a – перший відтинок; *б* – ланцюжок із трьох відтинків;

в – замкнений ланцюжок із п'яти окремих відтинків після завершення креслення відтинків натисканням клавіші Enter або Esc.

Ці величини можна ввести вручну. Для цього починаємо креслити відтинок, а потім вводимо з клавіатури потрібну довжину. Після цього натискаємо клавішу Tab для переходу до кута нахилу і вводимо його. Натискаємо клавішу Enter – і відтинок із заданою довжиною і кутом нахилу готовий. Зауважте, що у цьому випадку треба натискати саме Enter, тому що при натисканні Esc відтинок просто зникне (це буде відміна операції креслення відтинків).

Слід пам'ятати, що при цьому кінцева точка може знаходитися будь-де, не обов'язково в одному з вузлів сітки, навіть при ввімкненій кроковій прив'язці.

Якщо ввести довжину і перейти клавішою Tab до введення кута нахилу, але не вводити його, довжина відтинку стає зафіксованою, і його можна обертати мишкою на всі боки, при цьому його довжина не буде змінюватися. Якщо замість введення довжини, одразу натиснути Tab і ввести кут, а потім знову натиснути Tab, буде зафіксований кут, а довжину можна буде змінювати мишкою. При цьому, кут може змінитися тільки на 180° , якщо потягти кінець відтинка у протилежному напрямку від його початкової точки.

4.3.3. Горизонтальні та вертикальні відтинки

При кресленні ланцюжку відтинків, вже із другого відтинку ланцюжку, BricsCAD показує спеціальні лінії – червону, якщо ви креслите відтинок паралельно осі X, і зелену, якщо ви креслите відтинок паралельно осі Y.

Інколи буває складно дотримуватися горизонтального чи вертикального напрямку креслення відтинку. Так буває при вимкненій кроковій прив'язці, або коли лінія набагато довша, ніж величина крокової прив'язки. Щоб не збитися і накреслити саме горизонтальний або вертикальний відтинок, треба натиснути і утримувати клавішу Shift. При цьому відтинок буде горизонтальним, навіть якщо вести мишку лише приблизно горизонтально, і буде вертикальним, якщо вести мишку лише приблизно вертикально.

Ще один спосіб. Якщо вам потрібні тільки горизонтальні і вертикальні відтинки, можна ввімкнути режим «ОРТО» у рядку стану (пункт 1.5.8), і тоді не треба натискати і утримувати клавішу Shift – усі відтинки будуть або горизонтальними, або вертикальними, навіть якщо вести мишку дуже приблизно горизонтально чи вертикально.

4.3.4. Креслення відтинків через командний рядок

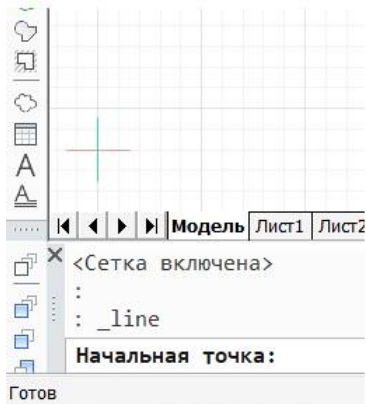
Зверніть увагу на командний рядок (пункт 1.5.5) після вибору інструмента «Отрезки» і після вибору початкової точки відтинку (рис. 13).

Також замість вибору команди «Отрезки» на панелі інструментів чи у пункті «Черчение» головного меню, можна ввести з клавіатури у командному рядку команду «_line». Усі команди, які можна активувати, використовуючи панелі інструментів, пункти головного меню або стрічку, можна також ввести вручну у командному рядку. І є ще команди, яких немає у меню, на панелях чи стрічці, але їх можна ввести у командному рядку.

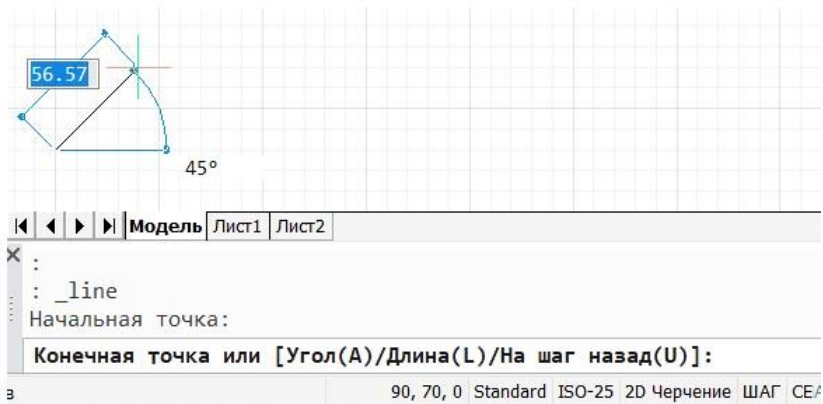
Багато команд мають додаткові варіанти їх виконання, які відображаються у командному рядку у вигляді підказки. Також там з'являються повідомлення про помилки при виконанні команд. Тому при кресленні корисно поглядати на командний рядок.

Останні команди, їх параметри та повідомлення про помилки можна продивитися на консолі команд і повідомлень (рис. 2, пункт 1.5.6), прокручуючи їх половою прокрутки у правій частині консолі.

При вводі координат точок відтинків у командному рядку, їх треба записувати через кому – спочатку координата X , а потім координата Y . Якщо у координатах є дробові частини обраної одиниці виміру, вони вводиться після крапки. Після введення обох координат треба натиснути кнопку Enter. Наприклад: 125.4, 220.05 Enter.



а



б

Рис. 13. Командний рядок при кресленні відтинків

а – після вибору команди «Отрезки», BricsCAD пропонує ввести у командному рядку координати початкової точки; *б* – після вибору початкової точки, BricsCAD пропонує ввести у командному рядку координати кінцевої точки, або кут нахилу, або довжину відтинка, або повернутися до попереднього кроку і ввести інші початкові координати.

4.4. Графічні об'єкти і їх вибір

Будь-який окремий елемент креслення – відтинок, квадрат, коло і так далі – є об'єктом, і його можна вибрати. Це ж відноситься і до тривимірних об'єктів, але у них можна вибирати також їх окремі елементи – грані, поверхні та ребра. Вибраний об'єкт можна видалити кнопкою Delete, можна перетягти на інше місце, можна змінити його розміри. Можна одночасно вибрати кілька об'єктів і також робити з ними різні операції, які не будуть впливати на невибрані об'єкти. Також при виборі об'єкту його властивості відображаються на панелі властивостей (рис. 2, пункт 1.5.4). Багато з цих властивостей можна змінювати просто вводячи нові дані або обираючи один з наявних варіантів із списку у відповідному рядку панелі властивостей.

Вибрані об'єкти помічаються маркерами вибору. Кількість цих маркерів залежить від об'єкту. Наприклад, у вибраного відтинка таких маркерів три – два по його кінцях і один посередині, а у кола їх п'ять – один у центрі і чотири на самому колі. Також вибрані двовірні об'єкти відображаються штриховою лінією. Приклади вибору об'єктів наведені на рис. 14.

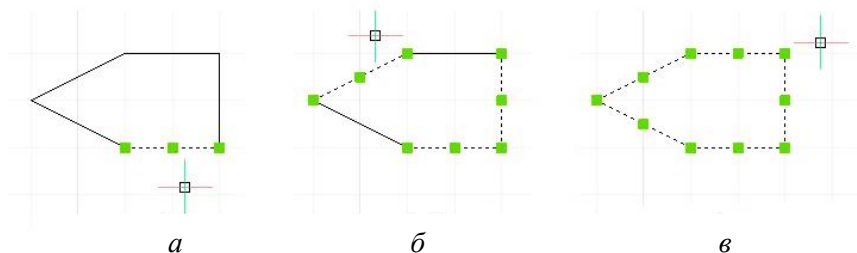


Рис. 14. Вибір графічних об'єктів (відтинків)

a – вибраний один відтинок; *б* – вибрані три відтинки, два з яких є суміжними; *в* – вибрані п'ять відтинків.

Щоб зняти вибір з усіх вибраних об'єктів, треба натиснути клавішу Esc. Можна також зняти вибір швидко натиснувши кнопку мишки двічі на пустому місці креслення.

4.4.1. Вибір об'єкту курсором

Для вибору об'єкту курсором треба навести курсор на об'єкт і натиснути кнопку мишки. При наведенні курсору на об'єкт він потрапляє у фокус. BricsCAD показує, що двомірний об'єкт потрапив у фокус, відображаючи його штриховою лінією. Тривимірні об'єкти у фокусі відображаються синім кольором. Коли креслення рясне, у фокус можуть потрапляти одразу кілька об'єктів, або об'єкт поблизу від того, який ви хочете вибрати, тому дивіться уважно, щоб фокус був на потрібному об'єкті.

Для вибору наступного об'єкту треба повторити цю операцію. Раніше вибрані об'єкти при цьому залишаються вибраними, так що можна вибрати кілька потрібних об'єктів.

Щоб зняти вибір з одного об'єкту, треба навести курсор на цей об'єкт (але не на маркер вибору), натиснути і тримати клавішу Shift і натиснути коротко кнопку мишки. Так можна робити з усіма об'єктами, які були вибрані помилково, або з об'єктами, вибір яких був потрібний для однієї операції, але непотрібний для наступної, щоб не зняти вибір з усіх об'єктів одразу.

Щоб зняти вибір з усіх об'єктів, треба натиснути клавішу Esc або швидко двічі клацнути мишкою на вільному місці креслення.

4.4.2. Вибір об'єктів прямокутником вибору

Для вибору об'єктів прямокутником треба підвести курсор до потрібних об'єктів так, щоб він був ліворуч або праворуч від цих об'єктів, а також вище чи нижче за них. Далі треба коротко натиснути кнопку мишки і почати вести курсор, утворюючи прямокутник вибору. Для закінчення вибору слід знову коротко натиснути кнопку мишки.

Приклади вибору об'єктів курсором показані на рис. 15.

Є два різних режими вибору. При одному мишку треба пересувати зліва направо, і тоді прямокутник вибору буде синім. У цьому режимі виберуться тільки ті об'єкти, які повністю будуть охоплені прямокутником вибору на момент повторного натискання кнопки мишки.

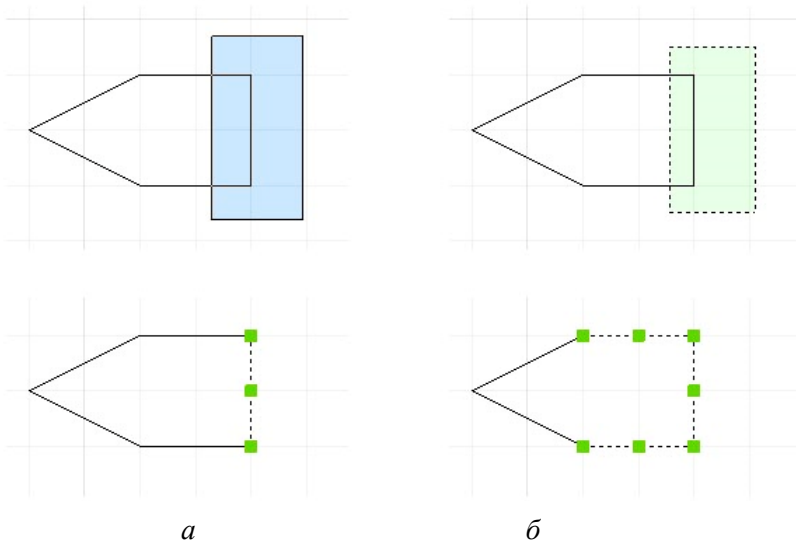


Рис. 15. Вибір об'єктів прямокутником вибору.

Зверху показані варіанти прямокутників вибору об'єктів, а знизу – результати вибору: *a* – вибір зліва направо: вибрався тільки один відтінок, який повністю потрапив у синій прямокутник вибору; *б* – вибір справа наліво: вибралися усі три відтинки, які повністю чи частково потрапили у зелений прямокутник вибору.

При другому режимі мишку треба пересувати справа наліво, і тоді прямокутник вибору буде зеленим. У цьому режимі виберуться усі об'єкти, які повністю або хоча б частково будуть охоплені прямокутником вибору.

Для обох цих режимів немає різниці, чи курсор буде переміщуватися зверху вниз, чи знизу вверху. Вирішальним для режиму є переміщення справа наліво, чи зліва направо.


4.4.3. Дії з вибраними об'єктами

Усі вибрані об'єкти можна видалити з креслення просто натиснувши клавішу Delete. Якщо об'єкти знищилися помилково, їх можна відновити, відмінивши видалення комбінацією клавіш Ctrl+Z.

Вибраний об'єкт або групу таких об'єктів можна «взяти» мишкою і перетягти на інше місце. Для цього треба навести курсор на контур будь-якого з вибраних об'єктів (але не на маркер вибору), натиснути і утримувати кнопку мишки і перетягти об'єкти у потрібне місце. Потім відпустити кнопку мишки.

Якщо «взяти» мишкою маркер вибраного відтинка і потягти його мишкою, можна змінити довжину та кут нахилу відтинку, при цьому протилежний кінець відтинка залишиться у попередньому місці. Якщо взяти мишкою маркер на колі, можна змінювати радіус кола. Якщо взяти мишкою маркер посередині однієї з сторін прямокутника, можна перетворити його на паралелограм – сторону з цим маркером можна буде вільно переміщувати, при цьому її довжина залишатиметься незмінною, і вона буде паралельною протилежній стороні. А якщо взяти мишкою маркер у куту прямокутника, можна перемістити на нове місце тільки цей кут, при цьому решта кутів не буде рухатися. З вибраними об'єктами різних типів можна робити і інші різні операції. Деякі з таких операцій ми розглянемо пізніше.

4.5. Полілінії

Команду для креслення полілінії можна активувати на панелі інструментів (іконка ) , підпунктом «Полилиния» у пункті «Черчение» головного меню, на стрічці, або командою «_pline» у командному рядку. Креслення полілінії подібне до креслення ланцюжку з кількох відтинків, у яких кінець одного відтинка співпадає з початком іншого. Так само, як і у випадку відтинків, можна вказувати наступну точку, наводячи на неї курсор і коротко натискаючи кнопку мишки, чи вводити довжину і нахил наступного сегменту полілінії, чи вводити координати точки кінця нового сегменту, а завершити побудову полілінії можна натисканням клавіші Enter або Esc.


Важливою відмінністю полілінії від креслення ланцюжка відтинків є те, що уся полілінія, замкнена чи незамкнена, є одним об'єктом, і вибирається як один об'єкт.

Ще одна важлива особливість – додаткові варіанти дій у підказці в командному рядку. Наприклад, за підказкою можна перейти до креслення дуг, а потім повернутися до креслення відтинків, і зробити полілінію, у якій частина сегментів буде прямими, а частина – дугами, і при цьому вона все одно буде одним об'єктом.

На панелі інструментів на місці іконки полілінії можуть бути і інші іконки. Якщо натиснути мишкою на цій іконці і тримати її приблизно півсекунди, з'являться всі кнопки, закріплені за цим місцем на панелі – «3D полилиния», «Спираль», «Контур» і «Эскиз».

Зверніть також увагу на те, що при виконанні команди «Полилиния» у правому верхньому кутку робочого поля з'являється вікно підказок з різними опціями цієї команди, такими ж, які з'являються у командному рядку. Так що замість того, щоб обирати ці опції у командному рядку, вводючи їх з клавіатури, можна обрати потрібну опцію у цьому вікні підказок, натиснувши на ній мишкою. Таке вікно підказок з'являється при виконанні багатьох команд, які мають різні опції.

4.6. Прямокутники і багатокутники


Для креслення прямокутника використовується команда  на панелі інструментів, чи у головному меню, чи на стрічці. Також можна ввести команду «_rectang» у командному рядку. Натискаючи мишкою в потрібній точці, задаємо один кут прямокутника, потім ведемо курсор до точки, у якій має бути протилежний кут прямокутника, і натискаємо на ній мишкою – прямокутник готовий і команда креслення прямокутників завершена. Щоб накреслити ще один прямокутник треба знову активувати команду одним з вище згаданих способів.

Також можна вводити розміри прямокутника вручну, переключаючись клавішою Tab між вводом довжини горизонтальної і вертикальної сторони прямокутника.

Опції у командному рядку або у вікні підказок дозволяють зробити фаски або закруглення кутів прямокутника, або зробити його квадратом, або підняти його над площиною XY, тощо. Треба пам'ятати, що після вводу цих опцій, вони будуть застосовуватися до всіх інших прямокутників доти, доки ви їх не зміните, обравши ту ж саму опцію і вказавши нове значення параметру для неї. Наприклад, якщо ви задали закруглення кутів з радіусом 10 мм, а потім вам потрібно креслити прямокутники без закруглення, треба задати радіус закруглення 0 або ввести літеру O (латинську) для скасування режиму закруглення.

Якщо натиснути і утримувати кнопку з позначкою прямокутника, з'являються інші опції. Серед них є три варіанти побудови багатокутників (кількість кутів можна задавати в опціях команди), побудова плоскої фігури з довільним контуром і довільною кількістю кутів, побудова полоси і побудова кільця.

4.7. Дуга

Для креслення дуги використовується один з інструментів «Дуги». Таких інструментів багато, але при запуску BricsCAD зазвичай на панелі інструментів зображений варіант . Щоб побачити решту варіантів, треба натиснути цю кнопку мишкою і тримати приблизно 0,5 секунди.

Щоб побудувати дугу окружності, треба задати три точки, або дві точки і якусь додаткову умову, або навіть особливу умову і одну точку. На іконках варіантів побудови дуги прийняті такі позначення: кружечок із зеленим контуром означає точку, яка задається першою, зелений квадратик означає другу точку, і чорний квадратик означає третю точку. Також у позначеннях можуть бути прямі лінії, які можуть означати дотичну, хорду, кут, або радіус. Усі варіанти іконок наведені на рис. 16. Ми розглянемо тільки частину з них.



Рис. 16. Варіанти креслення дуги

На значку зліва усі три точки дуги, які треба задати, мають знаходитися на самій дузі. Цей варіант треба обирати у випадку,

коли вам відомі крайні точки дуги і хоча б одна проміжна точка. Інколи така проміжна точка очевидна, але в інших випадках її треба обчислювати з високою точністю, а потім вказати з такою ж високою точністю, інакше форма дуги може виявитися не такою, як ви бажали.


На наступному значку спочатку треба задати центр дуги, а потім початкову і кінцеву точки. Це зручно, коли відомий центр. Ще два варіанти з відомим центром такі: 1) спочатку вказується початкова точка, потім центр, і нарешті, кінцева точка дуги; 2) вказуються початкова і кінцева точка, і вже потім центр. Обирати треба варіант, зручніший у конкретній ситуації.

Далі йде варіант, у якому задається особлива умова – дуга має бути дотичною до лінії, яка була побудована перед цим, і починатися з кінцевої точки цієї лінії. Коли ви обираєте цей варіант, дуга одразу з'являється, і вона виходить із кінцевої точки останньої накресленої лінії. Залишається тільки задати кінцеву точку.

Спробувавши вищеописані способи креслення дуг, ви зможете самостійно зрозуміти решту, так що ми їх не будемо розглядати.

Звичайно, кожен варіант команди має певні опції, які можна обирати у командному рядку або вікні підказок, і також у багатьох випадках можна вводити певні числові значення, як то відстані та кути, для отримання бажаної дуги.

4.8. Окружність

Для креслення окружності використовується один з інструментів «Окружність». При запуску BricsCAD зазвичай на панелі інструментів зображений варіант . Цей варіант дозволяє побудувати коло, задавши його центр і радіус. Треба обрати точку центра і коротко натиснути на ній мишкою, потім вести курсор у будь-якому напрямку і ще раз коротко натиснути мишку на бажаній точці. Відстань між центром і другою обраною точкою і буде радіусом. Також величину бажаного радіусу можна ввести вручну.

Щоб побачити решту варіантів, треба натиснути цю кнопку мишкою і тримати приблизно 0,5 секунди. Серед них є

варіанти задання центру і діаметру, задання двох діаметрально протилежних точок на окружності і задання будь-яких трьох точок на окружності.

Ще один варіант – побудова кола, дотичного до двох заданих ліній (які можуть бути як прямими, так і кривими). У цьому варіанті треба на двох різних об'єктах вказати дві точки, до яких ця окружність має бути дотичною. BricsCAD покаже її радіус – якщо він підходить, треба натиснути клавішу Enter, і BricsCAD побудує коло, дотичне у двох точках до двох заданих ліній, якщо це буде можливо. А якщо це виявиться неможливим – повідомить про помилку на консолі команд і повідомлень над командним рядком.

4.9. Інші інструменти креслення

Інструмент «Еліпсы» дозволяє креслити еліпси одним з чотирьох способів. Також є окрема група інструментів для креслення еліптичних дуг.

Інструмент «Сплайн» дозволяє з'єднувати плавною кривою обрані точки.

Інструмент «Точка» дозволяє поставити точку у бажаному місці креслення, або натиснувши на цьому місці мишкою, або задавши дві координати точки у командному рядку. Далі цю точку можна буде використовувати для прив'язки при кресленні інших об'єктів.

Окрема група інструментів дозволяє штрихувати контури, залити їх градієнтним переходом кольорів, сформувати контури об'єкту, зробити проекцію об'єкта, зробити маску для закриття частини креслення.

Ще одна група призначена для оформлення креслення. У ній є інструмент для малювання «хмаринки», у якій можна розмістити текст або графічні елементи, символізуючи, наприклад, що вони знаходяться «десь там, у невизначеному місці». Окремими інструментами можна додати таблицю (наприклад, для переліку позначок, деталей складального креслення і таке інше, додати потрібний напис, або текст з одного чи кількох абзаців.


Ми не будемо детально розглядати ці інструменти у цьому тексті.

5. Команди операцій з двомірними об'єктами

Більшість операцій, які можна робити з двомірними об'єктами, знаходяться у пункті «Изменение» головного меню. Також вони є на панелі інструментів «Изменение», яка зазвичай розташована вертикально у правій стороні робочого поля, ліворуч від панелі властивостей. І також вони є на відповідній вкладці стрічки. Деякі з операцій можна також виконувати без використання відповідних інструментів. Розглянемо основні операції.

5.1. Переміщення

Вибраний об'єкт або кілька вибраних об'єктів можна перемістити в інше місце, як описано у пункті 2.4.3.


Можна також скористатися командою  («Переместить»). Об'єкти, які треба перемістити, можна вибрати спочатку, до запуску цієї команди. Або можна спочатку запустити команду, і вже потім вибрати потрібні об'єкти. При кожному виборі, на консолі над командним рядком буде відображатися кількість вибраних об'єктів. Для завершення вибору треба натиснути клавішу Enter.

Для переміщення треба вказати базову точку (коротко натиснути на ній мишкою), а потім тягти лінію до кінцевої точки переміщення і коротко натиснути мишкою на ній. Об'єкт чи кілька об'єктів одразу будуть переміщені паралельно лінії від базової до кінцевої точки на відстань між цими точками.

Переміщення командою може бути зручніше за перетаскування курсором, коли треба забезпечити, щоб при переміщенні певна точка фігури опинилася у певному місці. Таку точку фігури (наприклад, центр окружності, або певний кут прямокутника) можна задати в якості базової, а потім вказати потрібну точку для переміщення.


5.2. Копіювання

Можна копіювати об'єкти, використовуючи клавіши Ctrl+C, Ctrl+V. Спочатку треба вибрати об'єкт, або кілька об'єктів, і натиснути Ctrl+C. Потім натиснути Ctrl+V, при цьому з'являться копії об'єктів, які будуть прив'язані до курсора таким чином, що вони будуть вище і правіше за курсор. Треба перевести курсор з об'єктами у потрібну точку і коротко натиснути кнопку мишки. Операцію вставки скопійованих об'єктів можна повторити потрібну кількість разів.

Часто для копіювання зручніше використовувати команду «Копировать» . Об'єкти для копіювання можна вибрати до, чи після запуску команди. Якщо вибирати об'єкти після запуску команди, для завершення вибору треба натиснути Enter. Після цього треба обрати базову точку, а потім точку зміщення відносно базової, і натиснути на ній мишкою. Якщо треба, копіювання можна продовжити, задаючи кожного разу нову точку зміщення. Щоб завершити копіювання, треба натиснути клавішу Enter.

5.3. Подібність

Подібність дозволяє створювати збільшену або зменшену копію фігури або лінії. У випадку замкненої фігури, подібна фігура може створюватися всередині чи зовні первинної фігури. Є кілька варіантів використання цієї команди, але ми розглянемо тільки один.

1. Вибираємо фігуру, до якої треба побудувати подібну фігуру;
2. Активуємо команду «Подобие» .
3. У командному рядку вводимо потрібну відстань подібності у міліметрах. Або, якщо там вже задана потрібна відстань, підтверджуємо її, натискаючи Enter.
4. Рухаємо курсор всередину або назовні фігури, коли бачимо, що подібна фігура з'явилася у потрібному місці, коротко натискаємо кнопку мишки.

На цьому команда не завершена, її можна продовжити виконувати з тим самим об'єктом, чи з будь-яким іншим.

Для завершення команди треба натиснути Enter. Приклади виконання команди подібності показані на рис. 17.

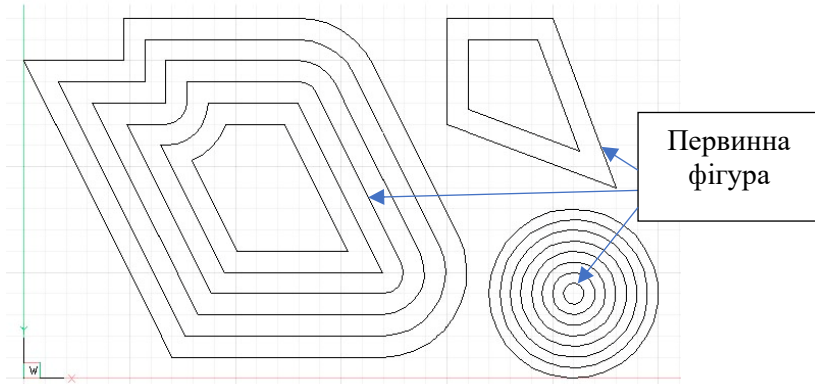



Рис. 17. Приклади виконання команди подібності для різних фігур

Зверніть увагу на те, що відбувається із закругленнями фігури ліворуч. Одне закруглення зникає при створюванні подібних фігур назовні, а друге зникає при створенні їх усередині. Закруглення зникають, коли їх радіус стає рівним нулю при побудові подібності.

Тобто, це не справжня математична подібність, яка англійською мовою зветься *similarity*. Назва операції, яка тут описана, англійською мовою – *offset* (зміщення у цьому контексті), і її можна активувати у командному рядку командою `_offset`.

5.4. Масштабування


Команда «Масштабувати»  дозволяє створювати збільшену або зменшену копію первинного об'єкта або кількох об'єктів. Для виконання масштабування треба вибрати потрібні об'єкти, запустити команду, вказати базову точку масштабування (відносно цієї точки буде побудований новий об'єкт або кілька об'єктів). Після цього у командному рядку з'явиться запит масштабу з індикацією поточного масштабу. Якщо поточний

масштаб підходить, треба натиснути Enter, якщо ні – ввести потрібний масштаб і натиснути Enter. При цьому з'явиться масштабований об'єкт, а вихідний об'єкт зникне.

Якщо треба зберегти вихідний об'єкт, перед вказанням масштабу треба ввести у командній строчці латинську літеру «с» (слідкуйте за підказками у командній строчці – там з'являється ця підказка), а вже потім задавати масштаб. При цьому з'явиться новий об'єкт у потрібному масштабі, а первинний об'єкт залишиться на місці.

Не забувайте, що при введенні дробових чисел, дробову частину слід відділяти точкою (наприклад, 2.5 або 0.25).

5.5. Поворот у площині

Команда «Повернути в плоскості»  дозволяє повернути об'єкт, або кілька об'єктів, на потрібний кут відносно вказаної точки, або зробити повернуту копію первинного об'єкту.

Виберіть потрібні об'єкти і запустіть команду. Або запустіть команду, потім виберіть об'єкти і натисніть Enter. Вкажіть базову точку. Слідкуйте за підказками у командному рядку. Якщо потрібна копія, введіть латинську літеру «С». Введіть потрібний кут, або прийміть запропонований кут, натисніть Enter.

Якщо курсор прив'язується до якогось елементу об'єкту замість потрібної точки, можна тимчасово вимкнути об'єктну прив'язку (слово «ПРИВ'ЯЗКА» у рядку стану – пункт 1.5.8).

Кут повороту відлічується проти годинникової стрілки. Для повороту за годинниковою стрілкою введіть від'ємне значення кута, або 360° мінус потрібний кут.

На рис. 18 наведений приклад повертання з копіюванням.

На цьому рисунку спочатку був накреслений один еліпс. Потім він був повернутий з копіюванням на 30° . Далі виконаний поворот з копіюванням двох еліпсів на 60° , потім чотирьох на 120° , і ще раз чотирьох на 120° , тобто, виконано 4 повороти, а не 11. У багатьох випадках, BricsCAD дозволяє отримати однаковий результат різними способами, і не всі ці способи однаково ефективні.

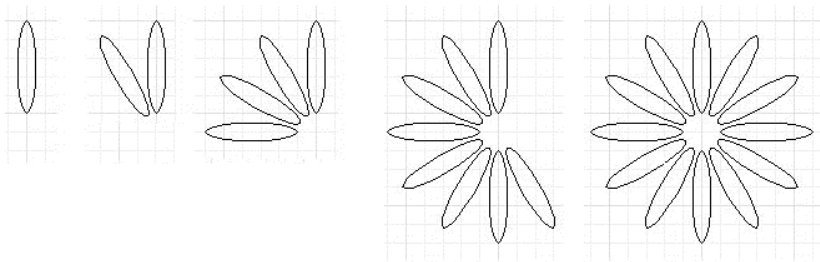



Рис. 18. Приклад поворотів з копіюванням

Для всіх поворотів вибиралася однакова базова точка – на одну клітинку сітки нижче за перший еліпс.


5.6. Дзеркальне відображення

Команда «Отразити в плоскості»  дозволяє отримати симетричне зображення об'єкту, або кількох об'єктів, відносно вказаної осі симетрії, залишивши тільки відображення, чи відображення і первинні об'єкти.

Виберіть потрібні об'єкти і запустіть команду. Або запустіть команду, потім виберіть об'єкти і натисніть Enter. Вкажіть дві точки на осі симетрії, відносно якої треба отримати відображення. Дивіться на підказки, після цього BricsCAD запропонує видалити первинні об'єкти, чи не видаляти їх. Введіть Y, щоб видалити їх, або N, щоб залишити.

Приклади дзеркального відображення надані на рис. 19.

5.7. З'єднання ланцюжка ліній у полілінію

Команда «Соединить»  з'єднує ланцюжок відтинків прямих, дуг, полілінії та сплайнів, у єдину полілінію. Ланцюжок може бути замкненим або незамкненим, його окремі елементи можуть перетинати інші елементи. важливо, щоб він був безперервним, тобто, кінець одного відтинка прямої або кривої співпадав з початком іншого, за винятком відтинків на краях незамкненого ланцюжка. Замкнені об'єкти, які не є полілініями

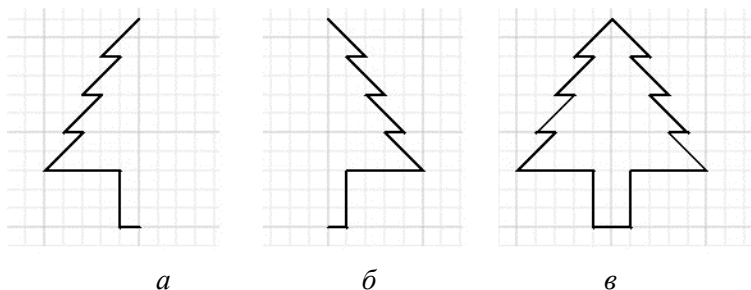


Рис. 19. Приклади дзеркального відображення
a – первинний об’єкт (полілінія); *б* – відображення без збереження первинного об’єкта відносно вертикальної лінії, яка проходить через кінцеві точки первинної полілінії; *в* – відображення із збереженням первинного об’єкта відносно тієї ж вертикальної лінії.


(прямокутник, коло і таке інше) не можуть бути з’єднані у полілінію з ланцюжком відтинків.

Для з’єднання відтинків у полілінію треба вибрати їх і активувати команду, або спочатку активувати команду, а потім вибрати потрібні об’єкти і натиснути Enter. Після цього на консолі команд і повідомлень з’явиться повідомлення про результат, а саме, чи з’єднання відбулося, чи було відмінено через те, що з’єднання вибраних об’єктів неможливе.

З’єднання об’єктів у полілінію буває потрібно, щоб у подальшому кресленні було простіше робити операції з одним об’єктом, а не з кількома окремими об’єктами. Також з’єднання у полілінію часто потрібно для наступного виконання тривимірного моделювання.

З’єднання також можна активувати введенням команди `_join` у командному рядку.

5.8. Розчленування полілінії на окремі відтинки


Команда «Розчлени» (`_explode`)  дозволяє розчленити полілінію на окремі відтинки. При цьому відтинки залишаються на тому ж місці, де вони були у полілінії.

Для розчленування треба вибрати потрібні полілінії (одну чи кілька) і активувати команду, чи спочатку активувати команду, а потім вибрати полілінії і натиснути `Enter`.

Команда не виконується для окремих відтинків, кіл та еліпсів, але нею можна розчленувати квадрати, багатокутники та інші замкнені чи незамкнені об'єкти, які складаються з двох чи більше відтинків прямих чи дуг.

5.9. Фаски

Фаска – це скіс кута, у якому сходяться два відтинки прямих (або дві поверхні у тривимірних об'єктах). Фаска може бути зроблена з різними кутами скосу, і може бути задана відступом по одній з ліній чи поверхонь до кута, який скошується, і кутом скосу, або відстанню від цього кута по обом лініям чи поверхням.

Для виконання фаски використовується команда «Фаска» (`_chamfer`) . Зараз розглянемо тільки фаску двовимірних ліній. За одно виконання команди можна зробити фаску тільки на одному куті. Відтинки, які утворюють кут, можуть бути об'єднаними у полілінію, або бути окремими об'єктами. У першому випадку, утворена фаска стає ще одним відтинком тієї ж полілінії, а у випадку окремих об'єктів, вона стає окремим об'єктом – відтинком прямої.

Команда має багато модифікацій, тут ми розглянемо тільки дві.

Запускаємо команду, не вибираючи об'єкти попередньо.

BricsCAD пам'ятає попередні налаштування фаски (їх можна побачити у командному рядку), якщо вони підходять, тоді використовуємо перший варіант.

Варіант 1 – Натискаємо мишку на першому відтинку з тих, між якими має бути зроблена фаска, а потім на другому відтинку. Фаска готова. Налаштування для першого і другого

відтинків можуть бути однаковими, чи різними. Якщо вони різні, важливий порядок вказання відтинків.

Якщо поточні налаштування фаски не підходять, використовуємо варіант 2а або 2б.

Варіант 2а – фаска, задана відстанями від кута з'єднання відтинків. Після запуску команди обираємо налаштування фаски двом відстанями від кута. Для цього у командному рядку вводимо літеру D і натискаємо Enter, або у вікні підказки натискаємо мишкою варіант «Расстояние (D)». За підказкою у командному рядку вводимо бажану відстань фаски від кута для першого відтинку, потім для другого. Натискаємо мишкою на першому відтинку, потім на другому. Фаска готова.


Варіант 2б – фаска, задана кутом фаски і відстанню від кута з'єднання на одному з відтинків. Після запуску команди обираємо налаштування фаски кутом. Для цього у командному рядку вводимо літеру A і натискаємо Enter, або у вікні підказки натискаємо мишкою варіант «Угол (A)». За підказкою у командному рядку вводимо бажану відстань фаски від кута для одного з відтинків (він буде першим), потім кут фаски відносно цього відтинка. Натискаємо мишкою на першому відтинку, потім на другому. Фаска готова.

Якщо треба зробити фаску з однаковими параметрами на декількох кутах, можна скористатися опцією «Несколько (M)».

Приклади фасок наведені на рис. 20.

5.10. Закруглення

Закруглення задається для кута, який утворений двома відтинками прямих ліній або двома поверхнями тривимірного об'єкту.

Для закруглення кута використовується команда «Скруглить» (`_fillet`) . Зараз розглянемо тільки закруглення двовимірних ліній. За одно виконання команди робиться закруглення тільки на одному куті. Відтинки, які утворюють кут, можуть бути об'єднаними у полілінію, або бути окремими об'єктами. У першому випадку, утворене закруглення стає ще

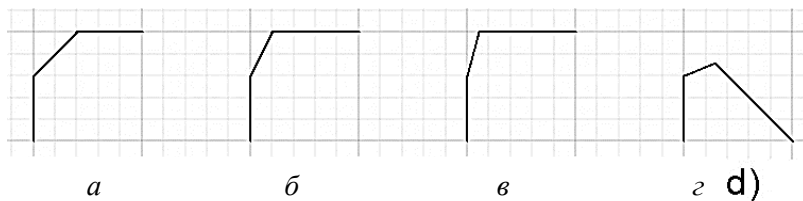


Рис. 20. Приклади фаски

a – фаска з однаковими відстанями від кута, по 20 мм; *б* – фаска з різними відстанями, 20 і 10 мм (або з відстанню 20 мм по вертикальному відтинку і кутом 30° відносно нього); *в* – фаска з відстанню по вертикальному відтинку 20 мм і з кутом 15° відносно нього; *г* – фаска гострого кута, з однаковими відстанями від кута, по 20 мм.

одним відтинком тієї ж полілінії, а у другому – окремим об'єктом – дугою.

Команда має багато модифікацій, тут ми розглянемо тільки дві.

Запускаємо команду, не вибираючи об'єкти попередньо.

BricsCAD пам'ятає попереднє налаштування закруглення (його можна побачити у командному рядку), якщо вони підходять, тоді використовуємо **перший варіант**:

Натискаємо мишкою на першому відтинку з тих, між якими має бути зроблене закруглення, а потім на другому відтинку. Закруглення готове.

Якщо поточні налаштування закруглення не підходять, використовуємо **другий варіант**: У командному рядку вводимо R і натискаємо Enter, або у вікні підказок натискаємо мишкою на пункт «Радіус (R)». Вводимо потрібний радіус закруглення, натискаємо Enter. Натискаємо мишку на першому відтинку з тих, між якими має бути зроблене закруглення, а потім на другому відтинку. Закруглення готове.

Якщо треба закруглити декілька кутів з однаковим радіусом закруглення, можна скористатися опцією «Несколько (M)».

Приклади закруглень наведені на рис. 21.

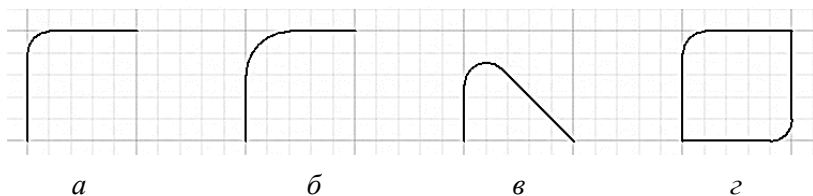


Рис. 21. Приклади закруглень

a – закруглення з радіусом 10 мм; *б* – закруглення з радіусом 20 мм; *в* – закруглення гострого кута з радіусом 10 мм; *г* – закруглення з радіусом 10 мм двох протилежних кутів квадрата.

5.11. Масиви

Команда «Массивы» (`_array`) працює по-різному у різних версіях BricsCAD. Суттєві зміни у її роботі і управлінні нею відбулися при переході з версії 2016 року, на версію 2017 року, а потім на версію 2018 року, і можливо, вона й надалі буде розвиватися і змінюватися. Тому ми не будемо описувати детально як нею користуватися. Опишемо тільки її призначення і основні можливості.

Масиви у BricsCAD – це групи копій одного й того ж об’єкта (або одразу кількох об’єктів). Вони можуть бути прямокутними чи полярними (круговими), а у більш пізніх версіях – також уздовж заданої лінії і тримірними. Первинний об’єкт є першим елементом такого масиву.

Прямокутні масиви складаються зі строк і стовбців, між якими можна задати потрібні відстані. Для побудови масиву треба визначитися з кількістю стовбців та строк і відстанями між стовбцями та строками. Масив зазвичай будується вправо і вверх від первинного елемента.

Полярний масив будується відносно заданої базової точки, навкруги якої обертається первинний об’єкт при побудові його копій. Можна задати або кут між копіями і кількість елементів масиву (включаючи первинний об’єкт) – тоді кут

заповнення визначиться автоматично, або кут заповнення і кількість елементів – тоді кут між елементами визначиться автоматично, або кут між елементами і кількість елементів – тоді кут заповнення визначиться автоматично. Побудова відбувається проти годинникової стрілки. Також можна задати кількість рядів і відстань між ними. Додаткові ряди будуть побудовані на більшій відстані від базової точки, ніж відстань первинного об'єкту від неї.

У більш нових версіях кількість рядків та стовбців, інтервали між ними, кути у полярному масиві задаються вже після побудови масиву, а у старіших версіях – у спеціальному вікні у процесі побудови.

У версіях BricsCAD до 2016 року включно усі елементи побудованого масиву були окремими об'єктами. Починаючи з версії 2017 року, масив у цілому є особливим об'єктом – асоціативним масивом, а його елементи неможна вибирати як об'єкти. Його можна розірвати на окремі об'єкти командою «Расчленить» (пункт 3.8). Багато з операцій не можна виконувати з асоціативними масивами, тому їх треба розчленувати перед виконанням таких операцій.

Приклади масивів показані на рис. 22.

5.12. Об'єктні прив'язки

Об'єктні прив'язки не є окремими операціями, вони допомагають позиціонувати курсор при кресленні нових об'єктів відносно раніше накреслених об'єктів та їх елементів. Об'єктні прив'язки можна вмикати чи вимикати при потребі у рядку стану, натискаючи мишкою слово «ПРИВ'ЯЗКА».

Панель інструментів об'єктних прив'язок і найбільш вживані прив'язки показані на рис. 23.

Прив'язка до крайньої точки дозволяє прив'язати новий об'єкт до крайньої точки відтинку або кутової точки фігури. Прив'язка до середньої точки дозволяє прив'язуватися до середини відтинку. Призначення ще двох прив'язок зрозуміло з їх назви.

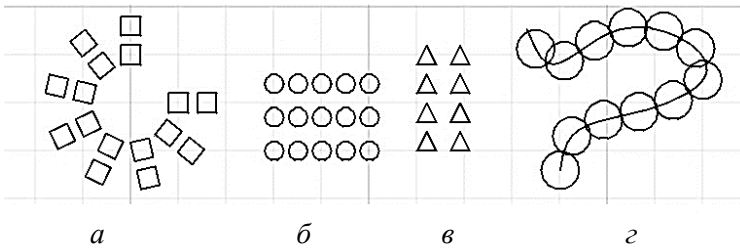


Рис. 22. Приклади масивів

a – полярний масив квадратів з двома рядками, кут заповнення 270 градусів, кількість елементів – 8; *б* – прямокутний масив кіл з трьома рядками і чотирма стовбцями; *в* – прямокутний масив з трикутників з чотирма рядками і двома стовбцями; *г* – масив кіл, побудований уздовж лінії (часто такі лінії будують як допоміжні, і видаляють після побудови масиву).

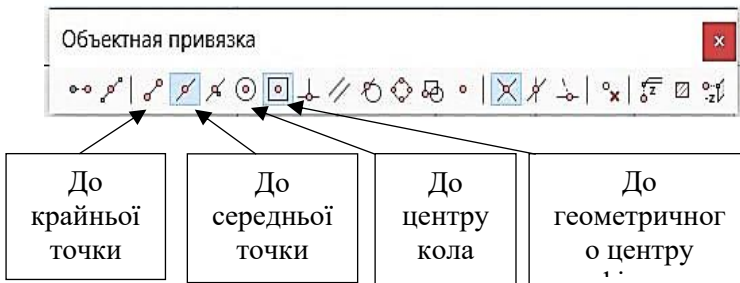


Рис. 23 – інструменти об'єктної прив'язки

BricsCAD має певний алгоритм, який намагається вгадати, які прив'язки можуть знадобитися при створенні того чи іншого нового об'єкту. Але він інколи «не вгадує», і може знадобитися увімкнути прив'язки, які є вимкненими, або вимкнути непотрібні прив'язки. Певні прив'язки вмикаються тільки з певними об'єктами, і їх неможливо увімкнути чи вимкнути примусово. Якщо об'єктні прив'язки заважають прив'язатися до потрібного

вузла сітки, можна взагалі їх вимкнути у рядку стану, а потім ввімкнути при потребі.


6. 3D моделювання

Основний спосіб використання сучасних машинобудівельних САПР для конструювання механічних деталей – це 3D моделювання. Запускаємо BricsCAD, обираємо профіль «3D», створюємо нове креслення і починаємо. Можна також створити креслення у профілі «2D черчение», а потім переключитися у робочий простір «3D модель», використовуючи панель інструментів «Рабочие пространства». При включенні простору 3D моделювання у головному меню з'являється пункт «Моделирование». Моделювання проводиться на вкладці «Модель» робочого поля.

Побудова тримірної моделі починається зі створення двомірного об'єкта чи кількох таких об'єктів, які потім перетворюються на тримірні об'єкти інструментами 3D моделювання. За допомогою цих інструментів створюється об'єм, видаляється об'єм, додається об'єм, збільшується або зменшується об'єм. Також можуть виконуватися додаткові операції переміщення, копіювання, об'єднання кількох суміжних об'ємів в один, повороти об'ємів у просторі та інші.

На плоскому екрані можна бачити лише проекцію 3D моделі на площину екрану. Тому при моделюванні доводиться часто повертати модель у просторі, щоб зрозуміти взаємне розташування її частин.

6.1. Видавлювання

У багатьох випадках, створення об'єму починається з видавлювання – команда «Выдавливание» . Є дві команди видавлювання у пункті «Моделирование», одна у підпункті «3D Тела» (_extrude – так ця команда зветься у BricsCAD, і так ми будемо називати її надалі), і друга у підпункті «Прямое моделирование» (_dmExtrude – так ми будемо називати її надалі). Обидві створюють об'єм, який у поперечному перетині співпадає з геометричною фігурою, яка видавлюється. Ці команди різняться

своїми опціями. Команда у підпункті 3D тіл тільки створює об'єм, але надає можливість модифікувати видавлювання. Команда у підпункті прямого моделювання дозволяє також видаляти (віднімати) об'єм.

Для їх застосування треба виділити замкнений контур (або кілька таких контурів) і активувати команду. Або спочатку активувати команду, а потім вибрати контур чи кілька контурів і натиснути Enter.

Команда `_extrude` («3D Тела – Выдавливание») запропонує кілька опцій, а саме, вказати на яку відстань треба видавити об'єм, чи треба при видавлюванні змінювати площу перетину (робити «загострення»), і чи треба видавлювати по заданому путі. Після вводу потрібних параметрів відбувається видавлювання. Але ця команда не може видаляти об'єм, і вона не показує створення об'єму як процес, вона одразу показує результат.

Команда `_dmExtrude` («Прямое моделирование – Выдавливание») одразу візуалізує процес створення об'єму, і ним можна керувати, просто переміщуючи курсор. Але також можна ввести відстань і кут загострення вручну. Ця команда інтелектуальна. BricsCAD намагається здогадатися, чи ви хочете створити об'єм, чи видалити (відняти) його. Але інколи його здогадка буває помилковою. У цьому випадку можна вказати у командному рядку, що треба створити об'єм (ввести латинську літеру «C» і натиснути Enter), чи що його треба видалити (ввести латинську літеру «S» і натиснути Enter).

На рисунках 24, 25 і 26 показані приклади видавлювання за допомогою цих команд.

Приклади на рисунках 24 *a* і *б* можна отримати будь-якою з команд видавлювання. При використанні команди `_extrude` треба ввести додатне значення висоти для видавлювання над площиною, або від'ємне значення висоти для видавлювання під площиною. При використанні команди `_dmExtrude` напрямок видавлювання вказуємо переміщенням курсору вгору або вниз, а висоту видавлювання вводимо як додатне число.

На рис. 24 з показаний процес видавлювання командою `_dmExtrude`. Напря́м обраний ввєрх, поруч з індикаторами процесу видавлювання є поля для вводу відстані видавлювання та кута загострення. Для переми́кання між цими полями треба натискати клавішу `Tab`.

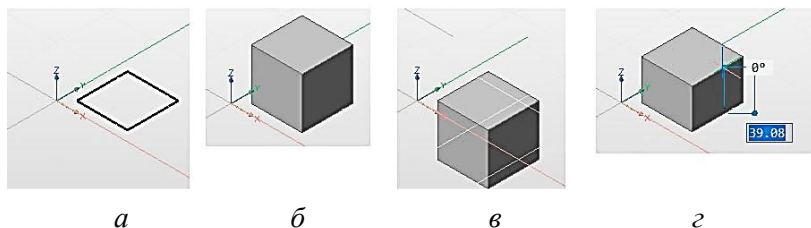


Рис. 24. Видавлювання замкненої плоскої фігури
a – первинна замкнена фігура – квадрат 50×50 мм; *б* – квадрат видавлений на 50 мм над площиною *XY*; *в* – квадрат видавлений на 50 мм під площиною *XY*; *г* – процес видавлювання інструментом `_dmExtrude`.

Усі приклади наведені на рис. 25 можна створювати як командою `_extrude`, так і командою `_dmExtrude`. Для видавлювання по пєті (напря́му) спочатку треба цей напря́м створити. У прикладі на рис. 25 *в* напря́м заданий відтинком з

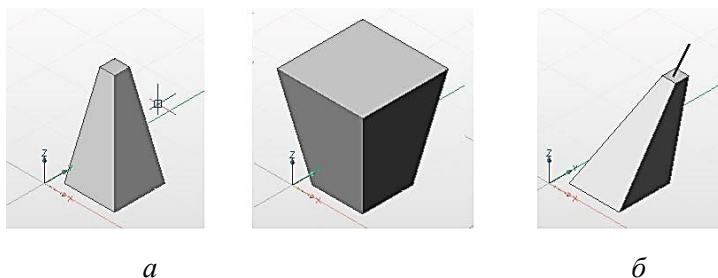


Рис. 25. Видавлювання з загостренням
a – висота 100 мм, загострення 10°; *б* – висота 100 мм, загострення 10°; *в* – видавлювання на висоту 100 мм з загостренням 10° по траєкторії, заданій відтинком.

координатами початкової точки 35, 35, 0 і координатами кінцевої точки 70, 70, 120. Частина цього відтинку видна над утвореною об'ємною фігурою. У пункті 2.3.4 описано, як створювати відтинки через командний рядок, але там описано введення тільки двох координат для початкової і кінцевої точок. Так само можна ввести три координати, що й було зроблено у цьому прикладі.

Створення об'єктів, які непотрібні на кресленні, але полегшують його побудову – поширений прийом при роботі з BricsCAD. Після створення потрібних об'єктів, такі допоміжні об'єкти треба видалити.

Щоб об'єм видаляти (віднімати), його спочатку треба створити. На рис. 26 б об'єм створений у вигляді циліндру радіусом 50 мм і висотою 30 мм. На рис. 26 в частина цього об'єму видалена шляхом видавлювання з відніманням, але відстань цього видавлювання менша за висоту циліндру, тому у циліндрі утворилося циліндричне заглиблення. На рис. 26 г видавлювання з відніманням було більше, ніж на висоту циліндру, тому утворився наскрізний отвір у циліндрі.

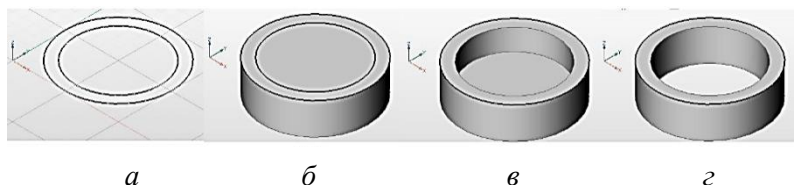


Рис. 26. Видавлювання з відніманням об'єму

a – два концентричні кола у площині XU , зовнішнє радіусом 50 мм і внутрішнє радіусом 40 мм; *б* – зовнішнє коло видавлене вниз, під площину XU , на відстань 30 мм; *в* – внутрішнє коло видавлене вниз на відстань 25 мм із відніманням об'єму; *г* – внутрішнє коло видавлене вниз на відстань більше 30 мм із відніманням об'єму.

6.2. Вигляд об'ємних фігур

Якщо починати моделювання одразу у профілі 3D, вигляд фігур буде зазвичай таким, який є на рисунках 24, 25 і 26. Якщо починати моделювання у профілі 2D, а потім перейти у простір 3D моделювання, об'ємні фігури будуть зазвичай зображені каркасом.

Обирати бажаний вигляд об'ємних фігур можна у пункті «Вид» головного меню, у підпункті «Візуалізація». Там багато варіантів, поки що розглянемо тільки два.

Варіант «Вид – Візуалізація – Моделирование» дозволяє бачити об'ємні тіла як непрозорі об'ємні тіла сірого кольору. Варіант «Вид – Візуалізація – 2D Каркас» представляє об'ємні тіла у вигляді прозорої порожнечі, обмеженої лінійними контурами. Приклади цих двох режимів візуалізації наведені на рис. 27.

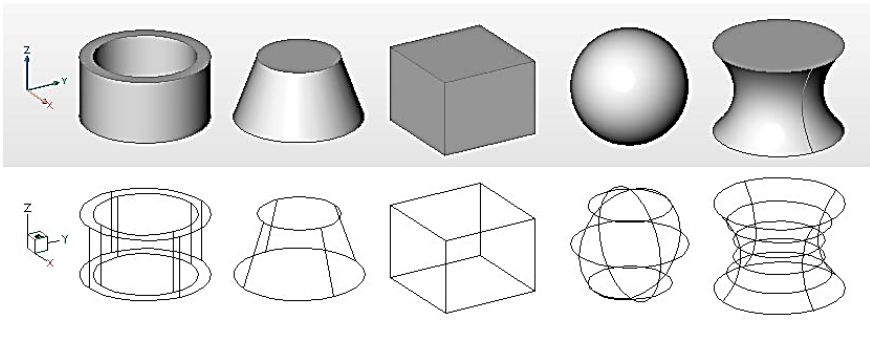


Рис. 27. Приклади візуалізації об'ємних об'єктів у режимі моделювання (верхній рядок) і у режимі каркасу (нижній рядок)

На панелі властивостей (пункт 1.5.4 і рис. 2) зліва від робочого поля можна обирати матеріал і колір тримірного об'єкта, а також встановлювати рівень його прозорості. Щоб властивості потрібного об'єкта з'явилися на цій панелі, треба вибрати цей об'єкт. Якщо вибрати кілька об'єктів, можна встановлювати їх властивості одночасно, але певні властивості в них можуть різнитися.

Рекомендація щодо встановлення кольору. Щоб кольори були яскравими і насиченими, треба також встановити властивість «Матеріал» у значення `_DYN_DIM_3D`, вибравши його зі списку наявних матеріалів у цій властивості. На рис. 28 показані приклади об'єктів з різними кольорами і прозорістю.

До речі, для побудови цієї деталі використані інструменти креслення прямокутника і кола, закруглення і видавлювання з додаванням та відніманням об'єму.

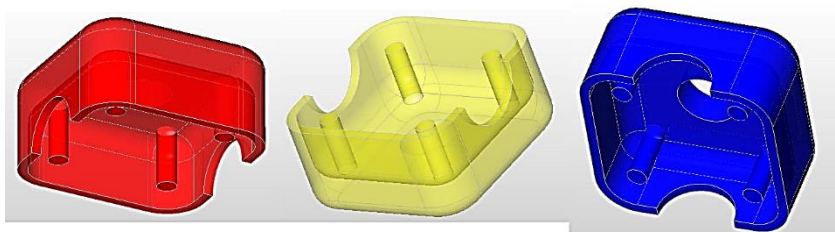


Рис. 28. Один і той же об'єкт з різними кольорами і різною прозорістю

6.3. Динамічні системи координат

Динамічна система координат автоматично створюється на поверхні тримірного об'єкту. Вона є окремим випадком так званої системи координат користувача (пользовательская система координат, ПСК). Ми не будемо розглядати усі випадки і способи використання ПСК, обмежимося тільки динамічною ПСК.

При створенні креслення, з ним зв'язується глобальна система координат з трьома осями. Але побудова плоских об'єктів здебільшого відбувається тільки у площині XU , або паралельно ній. Також, якщо ввімкнена сітка, вона відображається у тій же самій площині.

Якщо нам треба побудувати двомірний об'єкт на грані тримірного об'єкту, нам потрібна система координат, пов'язана з цією гранню. BricsCAD автоматично будує таку систему координат, якщо ввімкнений параметр «ДинПСК» у рядку стану.

І якщо також ввімкнений параметр «СЕТКА» у тому ж рядку, BricsCAD покаже сітку динамічної системи, яку він створює. Це відбувається, якщо вибрати будь-яку з команд креслення двовірної фігури і навести курсор на будь-яку грань. Приклади динамічних систем координат показані на рис. 29.

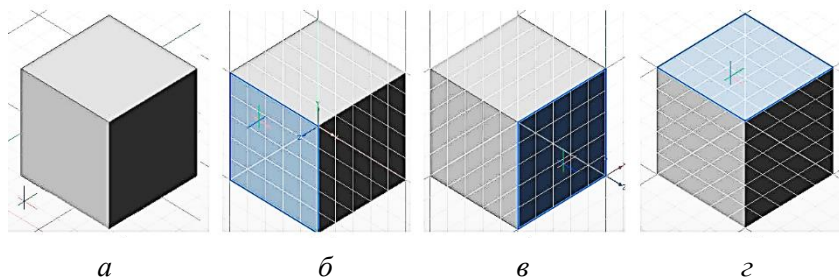



Рис. 29. Приклади динамічних систем координат

a – динамічна система не створена, тому що курсор не наведений на жодну грань; динамічна система створена на: *б* – лівій грані, *в* – правій грані, *г* – верхній грані.

На викривленій поверхні (наприклад, бокова грань циліндра або поверхня сфери) також створюються динамічні системи координат як площина, дотична до поверхні у точці, на яку вказує курсор. Але при найменшому переміщенні курсора зміщується також і система координат. Тому у більшості випадків їх використання не забезпечує достатню точність місця нового графічного об'єкту.

6.4. Команда переміщення граней

Команда «Моделирование – Прямое моделирование – Выдавить/вытянуть» (`_dmpushpull`)  дозволяє перемішувати грані вже існуючого об'ємного об'єкту, збільшуючи чи зменшуючи його об'єм.

Для її використання треба вибрати грань, або кілька граней, і запустити команду. Вибрані грані виділяються синім

кольором по контуру. Або спочатку запустити команду, а потім вибрати потрібні грані. Далі переміщенням курсора вказуємо напрямок переміщення граней – для збільшення чи зменшення об'єму. Кілька граней можна обрати на одному об'єкті, чи на кількох об'єктах – команда переміщує всі обрані грані на однакову відстань. При виборі протилежних граней (наприклад, торців паралелепіпеду або циліндру), вони переміщуються у протилежних напрямках.

Потрібну відстань переміщення граней можна задати приблизно мишкою або точно ввести у командному рядку чи в індикаторі переміщення.

Є певні особливості виконання цієї команди з поверхнями різних геометричних тіл. Наприклад, задана відстань для плоскої грані позначає її зміщення від початкового положення у напрямку, заданому курсором. Ця ж відстань у випадку бокової поверхні циліндру або сфери задає новий радіус циліндру або сфери, а не зміщення відносно існуючого радіусу.

Ця команда не працює з двомірними контурами.

На рис. 30 наведені приклади виконання команди переміщення граней.

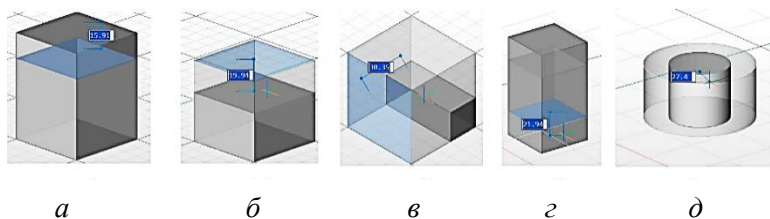



Рис. 30. Переміщення граней

a, б – переміщення однієї грані; *в* – переміщення двох суміжних граней; *г* – переміщення двох протилежних граней; *д* – переміщення бокової грані циліндру.

6.5. Тіла обертання

Команда «Вращение»  призначена для побудови фігур обертання на основі заданої первинної лінії, осі обертання і кута повороту.

Є дві такі команди. Одна – «Моделирование – 3D тела – Вращение» (`_revolve`), і друга – «Моделирование – Прямое моделирование – Вращение» (`_dmRevolve`). Вони відрізняються тим, що команда `_revolve` одразу будує тіло обертання по введеним параметрам, а команда `_dmRevolve` візуалізує процес створення такого тіла і дозволяє змінювати кут обертання переміщенням курсору (але кут можна також ввести вручну).

Можна спочатку вибрати плоску фігуру, з якої треба побудувати тіло обертання, а потім запустити команду, чи навпаки, спочатку запустити команду, а потім обрати фігуру і натиснути `Enter`. Далі треба слідкувати за підказками у командному рядку – обрати вісь обертання, вказати кут обертання, або скористатися іншими опціями. Здебільшого, вісь обертання задають двома точками. Щоб обрати цей режим, треба ввести `2P` (латинська літера) і натиснути `Enter`, після чого вказати дві точки на потрібній осі.

Приклади побудови фігур обертання показані на рис. 31.

Важливо:

1. Об'єм утворюється при обертанні замкнених плоских фігур. Обертання незамкнених плоских фігур не утворює об'єму, а створює поверхню у тримірному просторі. Навіть якщо ця поверхня буде замкненою з усіх боків, вона буде порожньою всередині, тобто, не буде тілом і не матиме об'єму, і з нею не виконуються операції, які призначені для тримірних тіл.

2. Якщо при обертанні плоскої фігури вона перетинає саму себе, `BricsCAD` не виконує обертання і повідомляє про помилку.

3. Обертання незамкнених ліній виконує тільки команда обертання, яка знаходиться у пункті «3D Тела». Команда обертання у пункті прямого моделювання не працює з незамкненими лініями.

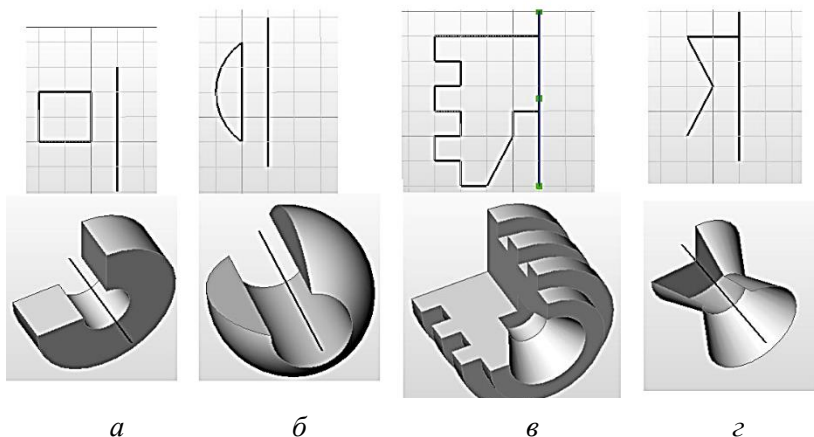


Рис. 31. Операція обертання

У верхньому рядку показані двомірні об'єкти і вертикальний відтинок, який використовувався як вісь обертання, у нижньому рядку показані результати обертання відповідних об'єктів на 270° – *а*, *б* і *в* – тіла обертання і *г* – поверхня, утворена обертанням незамкненої лінії.

6.6. Фаска ребр тримірних об'єктів

Фаски ребр можна робити командою фаски, описаною у пункті 3.9, але є певні особливості її виконання. Найпростіша (і найчастіше вживана) послідовність дій:

1. Запустіть команду фаски.
2. Вкажіть мишкою одне з ребр, на якому потрібна фаска.
3. У командному рядку введіть відстань фаски від ребра на першій поверхні, а потім на другій (або просто натисніть Enter, якщо підходять запропоновані відстані).

4. У командному рядку з'явиться запрошення вказати грань, яка буде першою. Ця грань також буде вибрана (виділена синім контуром) на об'єкті. Натисніть Enter щоб підтвердити, або введіть N, і тоді можна буде вказати інша грань. Коли потрібна грань буде вибрана, натисніть Enter.

5. Вкажіть ребро, або кілька ребр на вибраній грані (можна вказувати тільки ребра вибраної грані, бо вона перша, а грань по інший бік від ребра буде другою). Коли всі ребра вказані, натисніть Enter. Створиться фаска. Якщо у вибраної грані багато ребр, замість вказування кожного з них можна ввести опцію «контур» у командному рядку (літера L і Enter) і вказати тільки одне з ребр, а решта буде вибрана автоматично.

Окрім цього, є спеціальна команда фаски ребр: «Моделирование – Прямое моделирование – Фаска». Після запуску цієї команди спочатку треба вказати мишкою усі ребра, не обов'язково на одній грані. Коли ребра вказані, натисніть Enter. Після цього починається візуалізація побудови фаски, і можна буде мишкою регулювати його відстань від грані, або ввести потрібну відстань у командному рядку і натиснути Enter. У цій команді задається тільки одна відстань, відповідно, фаски будуть під кутом 45° , і тому неважливо, яка з граней буде першою, а значить, можна задавати ребра між будь-якими гранями в одній команді, якщо розмір фаски для них має бути однаковим.

Приклади фасок показані на рис. 32 зверху.

6.7. Закруглення ребр тримірних об'єктів

Закруглення ребр можна робити командою закруглення, описаною у пункті 3.10, але є певні особливості її виконання. Найпростіша (і найчастіше вживана) послідовність дій:

1. Запустіть команду закруглення.

2. Вкажіть мишкою ребро, яке треба закруглити. Воно виділиться синім кольором.

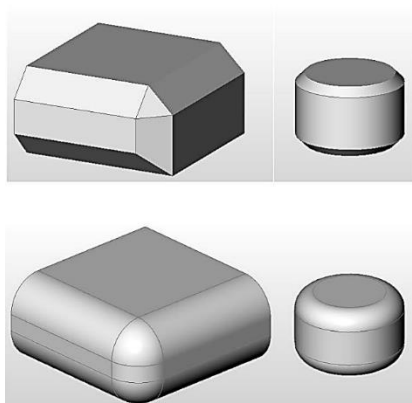


Рис. 32. Приклади фасок (зверху) і закруглень (знизу) на ребрах тримірних об'єктів

3. У командному рядку з'явиться запит про радіус закруглення. Треба підтвердити запропонований радіус, натиснувши Enter, або ввести інше значення радіусу і натиснути Enter.

4. У командному рядку з'явиться запрошення вказати ребро чи кілька ребр. Якщо треба закруглити тільки одне ребро, яке вже виділене, просто натисніть Enter. Якщо треба закруглити кілька ребр, натисніть мишкою на кожному з них. При цьому можна обертати модель мишкою, щоб дістатися ребр, які знаходяться на задньому плані, або користуватися тим, що при цій операції BricsCAD показує скриті ребра. Можна також збільшувати (наближати) чи зменшувати (віддаляти) модель та переміщувати її у робочому полі для більш зручного виділення. Коли всі ребра, які треба закруглити з однаковим радіусом, виділені, натисніть Enter.

Окрім цього, є спеціальна команда закруглення ребр: «Моделирование – Прямое моделирование – Скругление». Після запуску цієї команди спочатку треба вказати мишкою усі ребра. Коли ребра вказані, натисніть Enter. Після цього починається візуалізація закруглення, і можна буде мишкою регулювати його радіус, або ввести потрібний радіус у командному рядку і натиснути Enter.

Приклади закруглень показані на рис. 32 знизу.

6.8. Інші інструменти створення об'єму і поверхонь

У головному меню, у пункті «Моделирование – 3D Тела» є інструменти для побудови типових геометричних тіл. Їх самостійне опанування не буде складним після освоєння інструментів, описаних раніше у цьому розділі.

Окремо, у пункті «Моделирование – 3D Поверхности» є набір інструментів для побудови поверхонь у тримірному просторі. Цю групу ми також не будемо розглядати окремо, нагадаємо тільки, що поверхні не є тілами, і з ними не виконуються певні операції, призначені для тіл.

6.9. Операції з тримірними об'єктами

Більшість операцій, описаних у розділі 3, виконуються також з тримірними об'єктами, але можуть мати певну специфіку, як вже описані фаски і закруглення. Коротко розглянемо інші відмінності.

Об'єднання. Операція з'єднання ланцюжка ліній у полілінію (пункт 3.7) працює тільки з лініями, і непридатна для тримірних об'єктів. Для об'єднання тримірних об'єктів, треба використовувати операцію «Моделирование – 3D Редактирование – Объединение». Щоб об'єднати об'єкти, які мають суміжні грані, треба вибрати усі такі об'єкти і виконати команду об'єднання. Якщо виявиться, що об'єкти, які ви вибрали, насправді вже об'єднані в один об'єкт, команда повідомить про помилку. Об'єднати можна навіть об'єкти, які не мають суміжних граней, а знаходяться на відстані один від одного. Об'єднані тіла BricsCAD розглядає як суцільне тіло, навіть якщо є пустий простір між його частинами.

Операція **розчленування** (пункт 3.8), знищує об'єм тримірного об'єкта і розділяє його на окремі грані, кожна з яких є поверхнею без об'єму. Після цього, з цими гранями можна робити різні операції окремо. Динамічні системи координат не створюються на таких поверхнях. Ця операція корисна з масивами.

Можна будувати **масиви** тримірних тіл (пункт 3.11), при цьому можна задати кілька рівнів. У версіях, починаючи з 2017 р., при цьому створюється асоційований масив, який можна розділити операцією розчленування. При цьому кожний об'єкт масиву стає незалежним тримірним тілом (не перетворюється на порожню поверхню). У більш ранніх версіях масив може мати тільки один рівень. У пізніших версіях можна будувати масиви за старою версією (із діалоговим вікном), якщо ввести у командному рядку команду ARRAYCLASSIC.

Операція **переміщення** (пункт 3.1) працює однаково з 2D і 3D об'єктами, але є особливості переміщення у тримірному просторі. Те, що на екрані може виглядати як коротке переміщення по двом координатам, може виявитися переміщенням по трьом координатам на досить значну відстань.

Щоб побачити, який справді виявився результат переміщення, використовуйте обертання (пункт 1.8.1). Аналогічні складнощі з'являються при **копіюванні** (пункт 3.2) тримірних об'єктів. Тому рекомендується переміщувати і копіювати об'єкти тільки вздовж координатних осей тримірного простору. Для цього при переміщенні чи копіюванні натисніть і тримайте клавішу Shift і пересувайте курсор приблизно у напрямку однієї з осей, орієнтуючись по зображенню положення осей, яке присутнє внизу робочого поля зліва чи справа. При утриманні натиснутої клавіші Shift, BricsCAD буде показувати підказку у вигляді лінії переміщення, паралельної одній з осей.

Операція **повороту** у площині, описана у пункті 3.5, працює також з тримірними об'єктами. Є також операція повороту у просторі, яка дозволяє виконувати поворот відносно осі, яка не лежить у площині XY.

6.10. Інструмент «Лофт» – поєднання різних перетинів в один об'єм

Назва цього інструменту походить від англійського слова loft, яке означає горище будинка або кімнату на горищі, а також велике приміщення поєднує зони різного призначення, але воно є суцільним об'ємом, не поділеним стінами чи перегородками.

Цей інструмент дозволяє створювати один об'єм з кількома суттєво різними перетинами, забезпечуючи плавний перехід від одного перетину до іншого. Знаходиться він у головному меню: «Моделирование – 3D Тела – Лофт».

Щоб скористатися цим інструментом, спочатку треба накреслити перетини, які мають бути поєднані. Вони мають бути розташовані не в одній площині, а кожен у своїй, і ці площини можуть знаходитися під різними кутами одна до одної.

Перетини можуть бути задані плоскими двомірними фігурами або плоскими гранями тримірних тіл.

Побудуємо квадрат, п'ятикутник, коло і трикутник на площині XY і розмістимо їх на різних рівнях по осі Z, як показано на рис. 33. Квадрат залишаємо у площині XY, а решту фігур вибираємо по черзі і на панелі властивостей (пункт 1.5.4) змінюємо їх положення над площиною XY. У одних об'єктів є

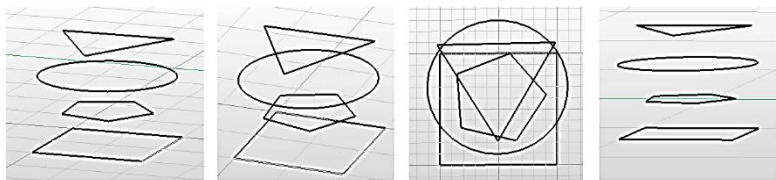


Рис. 33. Чотири плоских фігури у просторі під різними кутами зору

окремий параметр «3D рівень» (у нашому випадку, це квадрат, п'ятикутник і трикутник), у інших об'єктів у властивостях немає параметру 3D рівня, але є три координати центру, і ми досягаємо того ж результату, змінюючи параметр «Z» (у нашому випадку, це коло).

Запускаємо команду «Лофт», вказуємо мишкою першу фігуру (наприклад, квадрат), потім другу і так далі. Коли всі фігури вказані, натискаємо Enter. Команда пропонує ще кілька опцій, у тому числі, побудувати лофт по направляючій. Нам це поки непотрібно, тому просто ще раз натискаємо Enter. Отриманий об'ємний об'єкт показаний на рис. 34.

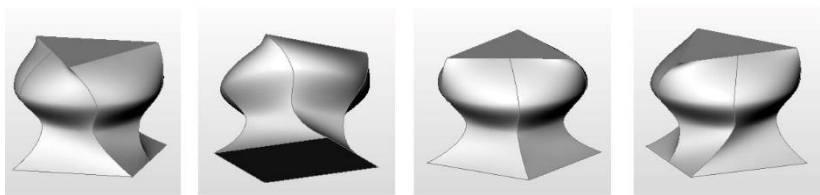


Рис. 34. Об'ємне тіло з чотирма перетинами, заданими плоскими фігурами на рисунку 33, побудоване командою «Лофт»

7. Прості приклади моделювання

У цьому розділі ми розглянемо послідовність побудови кількох простих 3D моделей з використанням вже розглянутих

операцій. Інколи нам можуть знадобитися операції, які потрібні досить зрідка, ми їх коротко розглянемо, коли у них буде виникати потреба.

Обов'язково спробуйте самостійно повторити запропоновані моделі. Розміри на кресленнях дані орієнтовні, не обов'язково їх суворо дотримуватися, але треба намагатися, щоб загальний вигляд моделей, які ви побудуєте, був схожий на вигляд запропонованих прикладів.

Як будувати креслення побудованих тримірних моделей, ми розглянемо в окремому розділі.

7.1. Бирка для ключа

Побудуємо модель бирки для ключа. На запропонованій моделі позначено, що ця бирка призначена для ключа від аудиторії № 47 у корпусі 13. Звичайно, ви можете зробити на ній інший напис, але не робіть його надто довгим, бо з довгим написом буде складно працювати. У принципі, таку бирку можна буде пізніше надрукувати на 3D принтері після додаткових перетворень, але ми не будемо розглядати їх тут. Вигляд бирки і її основні розміри наведені на рис. 35.

Товщина бирки має бути 3 мм, заглиблення для тексту – 1 мм, виступ тексту над заглибленням – 1 мм. Закруглення по зовнішнім краям бирки і отвору має бути з радіусом 0,5 мм. Закруглення по краям заглиблення і на тексті робити не треба.

Крок 1. Створюємо нове креслення з профілем 3D. Налаштовуємо крок сітки і крок прив'язки по 1 мм по обох координатах, використовуючи налаштування параметрів (пункт 1.7). Для цього заходимо у пункт «Параметры» головного меню, вибираємо підпункт «Параметры», відкриваємо «Документ – Вычерчивание – Координаты – Шаговая привязка/Сетка», знаходимо «Шаг сетки» і вписуємо потрібні значення, потім знаходимо «Шаг привязки» і також вписуємо потрібні значення. Закриваємо вікно налаштування параметрів.

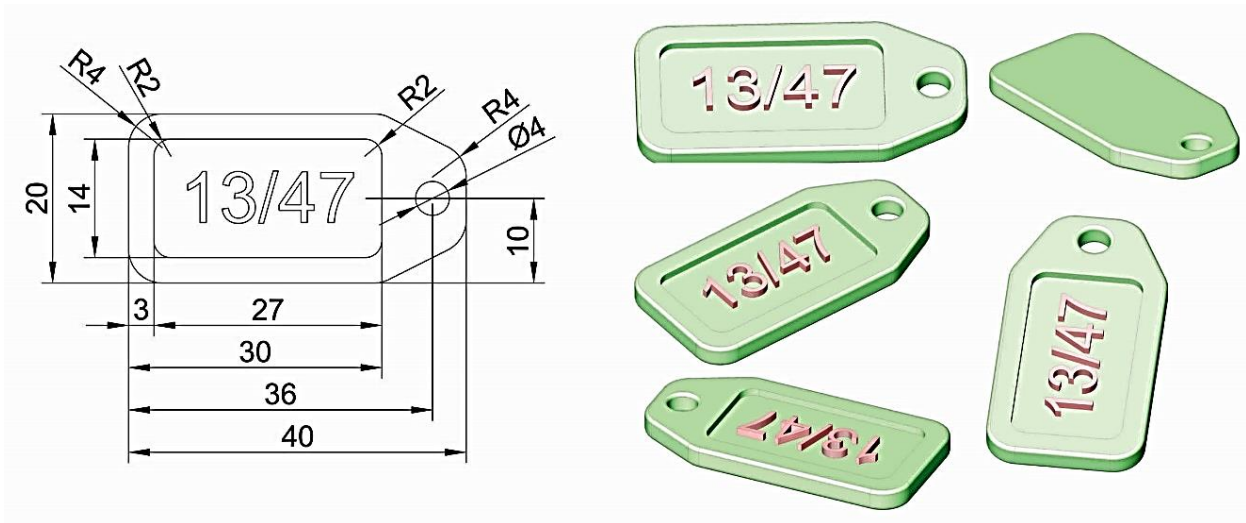


Рис. 35. Бирка для ключа, основні розміри і зовнішній вигляд під різними кутами зору

Крок 2. Креслимо полілінію зовнішнього контуру бирки, як описано у пункті 2.5. Всередині неї креслимо прямокутник (пункт 2.6) для заглиблення і коло для отвору (пункт 2.8). Результат показаний на рис. 36.

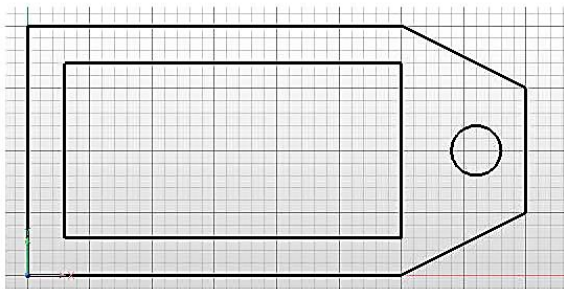


Рис. 36. Конттури бирки, заглиблення і отвору у бирці

Закруглюємо кути полілінії і прямокутника, як описано у пункті 3.10. Додаємо текст (пункт 2.9). Результат показаний на рис. 37.

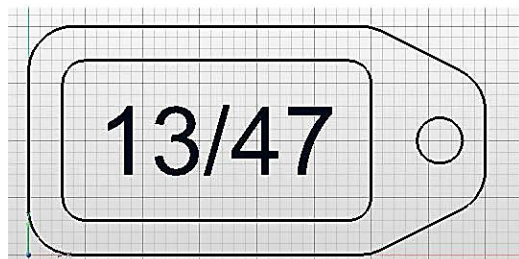


Рис. 37. Конттури бирки з закругленнями і нанесеним текстом

При створенні тексту слідкуємо за підказками у командному рядку, і коли буде запропоновано вказати розмір

тексту, вказуємо 6 або 7 мм. Для запропонованого тексту і запропонованих розмірів бирки такий розмір тексту підходить, а якщо обрати інший текст чи інші розміри бирки, розмір тексту треба буде підібрати. Потім текст треба перетягнути мишкою так, щоб він був приблизно посередині прямокутника.

Нагадаємо, що текст створюється як один об'єкт, і з ним неможливі операції утворення об'єму. А нам потрібно зробити об'ємний текст. Тому текст треба розчленити. Але команда розчленування, описана у пункті 3.8, не працює з текстом. Натомість, використовуємо спеціальну команду, яку треба ввести вручну у командному рядку. Вибираємо текст і вводим команду ТХТЕХР у командному рядку. При цьому літери перетворюються на окремі відтинки ліній, які також непридатні для створення об'єму. З них можна створити поверхні, але нам це непотрібно. Тому текст після розчленування треба з'єднати у полілінії (пункт 3.7). Кожна цифра має утворити замкнену полілінію. А якщо у цифрі також є контури (як у цифрах 4, 6, 8, 9, 0), їх внутрішні контури також мають утворити замкнені полілінії. Вибираємо увесь текст прямокутником вправо (пункт 2.4.2) і виконуємо команду з'єднання (пункт 3.7). У результаті матимемо зовнішні і внутрішні контури цифр, як показано на рис. 33 зліва.

Крок 3. Видавлюємо контур бирки вниз, під площину XY, на 3 мм. При цьому контури заглиблення, отвору і тексту залишаються на поверхні отриманого тримірного об'єкту, як показано на рис. 38 а. Далі видавлюємо із відніманням об'єму коло (контур отвору) наскрізь, і контур заглиблення на 1 мм вниз. Для видавлювання застосовуємо будь-яку з двох команд видавлювання, описаних у пункті 4.1. Результат показаний на рис. 38 б.

Зверніть увагу, що після цих операцій контур тексту залишається «висіти у повітрі» над поверхнею заглиблення, на рівні верхньої поверхні бирки. У цьому легко переконатися, якщо покрутити модель у різні боки.

Крок 4. Вибираємо зовнішні контури тексту. Дивимося уважно, щоб не були вибрані внутрішні контури літер і цифр, а також бирка чи її окремі поверхні. Наприклад, можна вибрати весь текст прямокутником вибору вправо (пункт 2.4.2), а потім

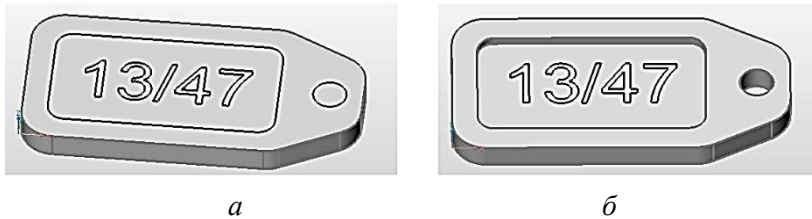


Рис. 38. Видавлювання двомірних елементів бирки
a – видавлений зовнішній контур бирки; *б* – видавлені контур отвору (наскрізь) і контур заглибленні (на 1 мм вниз).

зняти вибір з внутрішніх контурів курсором при натиснутій клавіші Shift, як описано у пункті 2.4.1. У запропонованому тексті «13/47» тільки цифра «4» має внутрішній контур (у деяких шрифтах його немає, але він може бути в інших цифрах і буквах тексту, якщо ви самі оберете текст для напису на бирці.

Видавлюємо вибрані зовнішні контури тексту вниз з утворенням об'єму на глибину 1 мм (тобто, до верхньої грані заглиблення). Внутрішні контури букв і цифр залишаються на поверхні видавлених символів. Результат показаний на рис. 39 *a*.

Після цього вибираємо внутрішні контури букв і цифр (це краще зробити мишкою, як описано у пункті 2.4.1) і видавлюємо їх вниз з відніманням об'єму. Результат показаний на рис. 39 *б*.

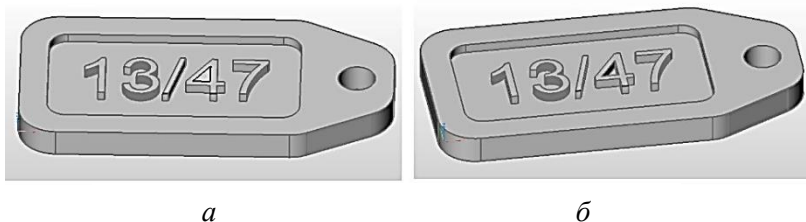


Рис. 39 – Видавлений текст
a – видавлені зовнішні контури тексту з додаванням об'єму; *б* – видавлений внутрішній контур цифри «4» з відніманням об'єму.

Крок 5. Робимо закруглення зовнішніх ребр бирки і країв отвору (пункт 4.7). Уважно: дуги на закругленнях контуру бирки, які були виконані на другому кроці, при видавленні перетворилися на окремі ребра. Їх також треба вибрати при вказуванні ребр для закруглення. Результат показаний на рис. 40.

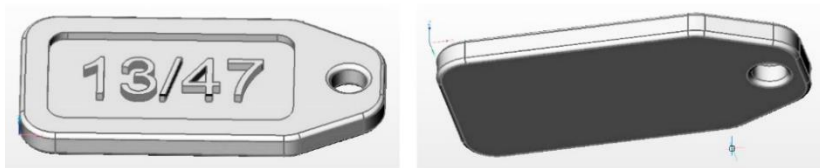


Рис. 40. Бирка із закругленими ребрами, види з різними поворотами моделі

Крок 6. Додаємо кольори. Для цього спочатку обираємо основне тіло бирки, і встановлюємо зелений колір (або інший за вашим бажанням) на панелі властивостей, описаній у пункті 1.5.4. Результат операції показаний на рис. 41 а).

Потім обираємо текст і задаємо йому який-небудь інший колір. Детальніше про встановлення кольорів написано у пункті 4.2. Результат операції показаний на рис. 41 б).

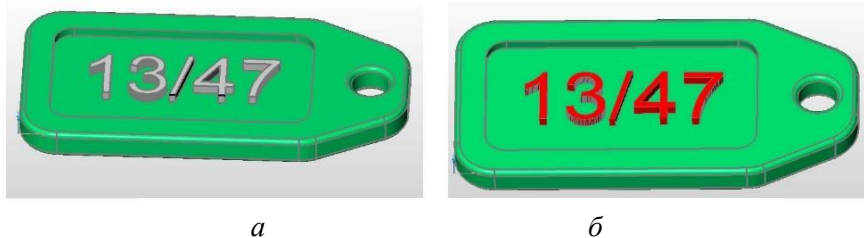


Рис. 41. Додавання кольорів

а – змінена властивість кольору бирки; *б* – змінена властивість кольору об'єктів тексту.

Зауважте, що основа бирки і текст є окремими об'єктами, причому, у тексті кожен символ є окремим об'єктом, тому є

можливість вибрати окремо бирку і текст на ній. При бажанні можна об'єднати текст із биркою в один тримірний об'єкт, як описано у пункті 4.9.

3D модель бирки для ключа готова. Збережіть файл креслення.

Зауважте, що один і той же результат можна отримати різними способами. Наприклад, можна накреслити полілінію зовнішнього контуру, закруглити її кути і одразу видавити вверх, а не вниз. Потім на верхній поверхні накреслити прямокутник контуру заглиблення і закруглити його кути, накреслити текст і коло для отвору, розчленувати текст і об'єднати його контури у полілінії. А подальша послідовність може бути такою, як описана вище.

7.2. Фланець

Фланці призначені для жорсткого, але роз'ємного, з'єднання труб та валів. Вони різняться за конструкціями та розміром, в залежності від призначення. Існують стандарти на фланці різного призначення, тобто, здебільшого, їх не треба проектувати, але креслити інколи треба. Ми побудуємо модель фланця, представлену на рис. 42.

Розміри вказані орієнтовно. На даному етапі головне – опанування прийомами тримірного моделювання, тому можете призначати свої розміри. Головне, щоб модель була схожою з запропонованою і складалася з тих же елементів.

Для побудови цієї моделі зручно налаштувати крок прив'язки до сітки 5 мм чи 1 мм.

Послідовність побудови моделі:

1. Креслимо два концентричних кола, одне радіусом 50 мм для шайби фланця, друге радіусом 30 мм для втулки фланця, креслимо одне коло радіусом 5 мм на відстані 40 мм від концентричних кіл;

2. Робимо сім копій цього кола, використовуючи полярний масив (пункт 3.11), або поворот у площині з копіюванням (пункт 3.5). Якщо використовуємо інструмент масиву у версії 2017 р. або новіший, отриманий масив розчленуємо на окремі кола;

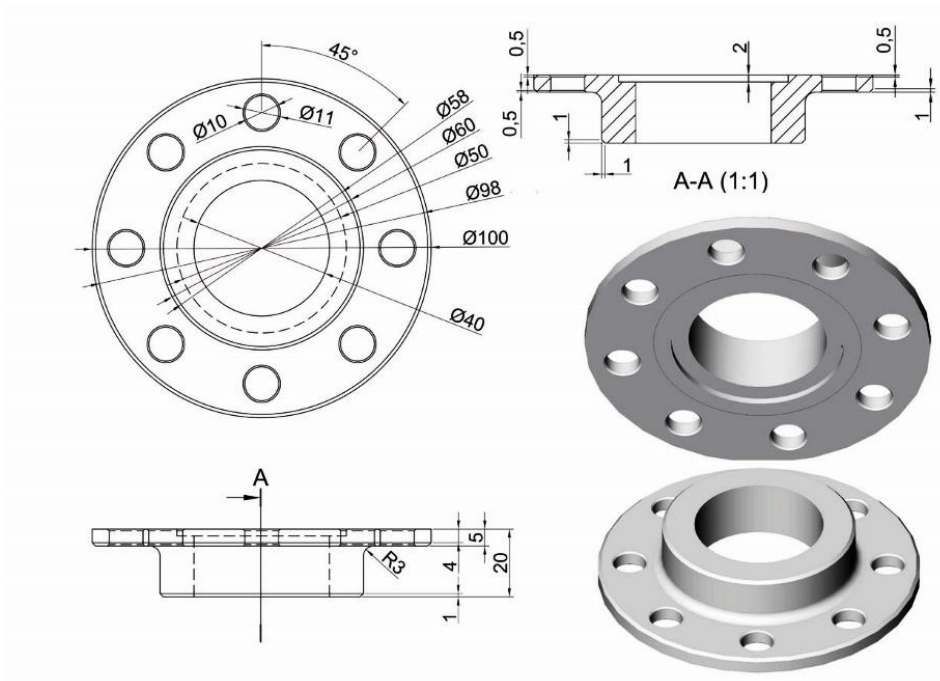


Рис. 42. Модель фланца

3. Видавлюємо коло радіусом 50 мм вниз на 5 мм і радіусом 30 мм – вверх на 15 мм;

4. Вибираємо усі 8 кіл радіусом 5 мм і видавлюємо їх вниз з відніманням об'єму на будь-яку відстань більше, ніж 5 мм для утворення отворів;

5. Об'єднуємо шайбу і втулку фланцю в одне тіло (пункт 4.9);

6. Перевертаємо фланець так, щоб бачити торець шайби. На торці шайби креслимо коло радіусом 20 мм і коло радіусом 25 мм, використовуючи динамічну систему координат (пункт 3.4) і прив'язку до центру кола (пункт 3.12);

7. Видавлюємо з відніманням об'єму коло радіусом 20 мм через увесь фланець, отримуємо отвір для надівання фланця на трубу чи вал, видавлюємо з відніманням об'єму коло радіусом 25 мм на глибину 2 мм у шайбі фланцю (це заглиблення для герметизуючої прокладки);

8. Робимо закруглення радіусом 3 мм на ребрі між втулкою і шайбою. Якщо вони не об'єднані в одне тіло, операція виконається некоректно;

9. Робимо фаски на верхніх ребрах шайби и втулки по 1 мм і на отворах кріплення зі сторони втулки по 0,5 мм.

Вигляд моделі після виконання кожного з кроків показаний на рис. 43.

Звичайно, це не єдиний можливий спосіб побудови моделі фланця. Можна, наприклад, спочатку накреслити полілінію половини розтину фланцю, зробити на ній потрібні закруглення і фаски, перетворити її на тіло обертання, а потім на поверхні шайби накреслити отвори для кріплення, видавити їх і зробити фаски. Але такий путь складніший, бо на ньому виникають складнощі з точною побудовою полілінії, а потім з побудовою кіл для видавлювання отворів для кріплення.

8. Що ще треба знати про BricsCAD

Обмежений обсяг посібника не дає змогу розповісти навіть про головне, тому ми надали самі початкові відомості про 3D моделювання. А тут просто назвемо деякі можливості BricsCAD, які конче необхідні конструктору.

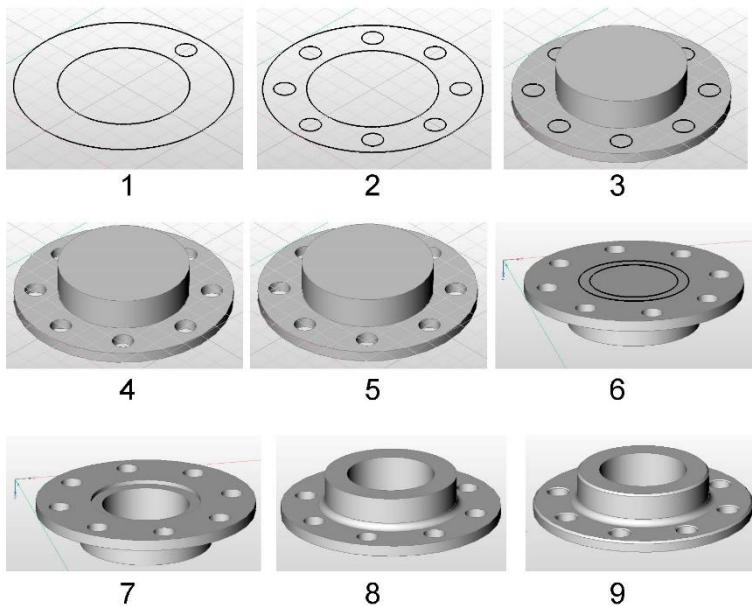


Рис. 43. Кроки побудови 3D моделі фланця

Дуже корисні прийоми роботи у BricsCAD пов'язані з використанням шарів. Шар – це контейнер, який може містити один чи кілька графічних об'єктів. Шари можна вмикати чи вимикати (тоді об'єкти, які на них знаходяться, з'являються чи зникають), їх можна редагувати окремо від інших шарів і можна блокувати редагування, щоб не зробити помилкових змін у повністю готовому шарі. Поняття шару з'явилося у двомірній графіці, а потім було поширено на тримірну графіку, де шар можна розглядати як тримірний контейнер об'єктів, і такі контейнери можуть перекривати один одне у просторі. Шари можна використовувати для розміщення елементів, корисних при побудові моделі, але не потрібних у готовій моделі. Наприклад, на них можна побудувати допоміжні об'єкти, які можна

використовувати для прив'язки ПСК при побудові основних об'єктів.

Коли тримірна модель побудована, BricsCAD дозволяє побудувати її креслення, а потім нанести на креслення потрібні розміри. Креслення будуються на окремих робочих листах.

Коли побудовані моделі усіх деталей, з них можна скласти вузол або цілий виріб. Для цього у BricsCAD є 3D залежності, які дозволяють розташувати окремі деталі у потрібному положенні відносно одна одної. 3D залежності можна також використовувати для побудови складних деталей, будуючи їх окремо і об'єднуючи в одну деталь з використанням 3D залежностей.

BricsCAD надає можливість експорту моделей та креслень у форматах, сумісних з іншими інжиніринговими інформаційними системами та імпорту моделей, побудованих в інших форматах.

У повній версії BricsCAD є комплект інструментів Sheet Metal, призначений для побудови складних поверхонь. Потім цим поверхням можна надати об'єм, додавши товщину поверхні. Цей інструмент корисний для побудови деталей з листових матеріалів, таких як захисні корпуси приладів і механізмів, кузова автомобілів, тощо.

BricsCAD продовжує розвиватися і додавати нові можливості. Наприклад, у версії 2019 року доданий комплект інструментів Point Cloud, який дозволяє будувати модель з окремих точок, пов'язуючи з кожною точкою певний об'єм та властивості, такі, як щільність, маса, міцність, пружність, та інші. Це дозволяє моделювати розподіл механічних навантажень чи температур у деталі чи виробі і визначати критичні місця.

Для колективів проектувальників буде корисною можливість роботи у «хмарі» зі зберіганням даних на серверах розробника і доступом до них тільки тим, кому потрібно і дозволено мати доступ.

Список рекомендованої літератури

Сайт компанії Bricsys, розробника BricCAD.
<https://www.bricsys.com>

Відеоуроки по роботі з BricCAD від розробника (англійською мовою).
<https://help.bricsys.com/hc/en-us/sections/360001580814-Tutorials>

Довідкова система BricCAD. Доступна при встановленні програми BricCAD на комп'ютері.

Зміст

Передмова.....	3
1 Комп'ютерний інжиніринг.....	4
1.1 Від ідеї до її втілення.....	4
1.2 Навіщо?.....	5
1.3 САЕ/CAD/CAM: як це робиться зараз.....	6
2 Інформаційні технології поза інжинірингом.....	9
2.1 Виробництво.....	9
2.2 Не тільки виробництво.....	12
3 BricCAD – загальні відомості.....	14
3.1 Призначення BricCAD і варіанти комплектації.....	14
3.2 Встановлення САПР BricCAD на комп'ютер.....	15
3.3 Перед початком роботи.....	16
3.4 Запуск BricCAD.....	17
3.5 Вікно програми BricCAD.....	22
3.5.1 Робоче поле.....	22
3.5.2 Головне меню.....	22
3.5.3 Панелі інструментів.....	22
3.5.4 Панель властивостей.....	23
3.5.5 Командний рядок.....	23
3.5.6 Консоль команд і повідомлень.....	23
3.5.7 Стрічка.....	23
3.5.8 Рядок стану.....	24

3.6	Вмикання та вимикання елементів вікна програми	25
3.7	Параметри	25
3.8	Навігація при виконанні креслення	32
3.8.1	Панорамування (пересування креслення у робочому полі)	33
3.8.2	Масштабування (наближення та віддалення креслення)	33
3.8.3	Обертання	34
3.8.4	Навігація за допомогою панелі інструментів	35
3.9	Відміна операції	35
4	Креслення двовимірних об'єктів	35
4.1	Початок роботи	36
4.2	Інструменти для креслення	36
4.3	Відтинки прямих	37
4.3.1	Креслимо відтинки прямих	38
4.3.2	Введення довжини і кута нахилу вручну	38
4.3.3	Горизонтальні та вертикальні відтинки	40
4.3.4	Креслення відтинків через командний рядок	41
4.4	Графічні об'єкти і їх вибір	43
4.4.1	Вибір об'єкту курсором	44
4.4.2	Вибір об'єктів прямокутником вибору	44
4.4.3	Дії з вибраними об'єктами	46
4.5	Полілінії	46
4.6	Прямокутники і багатокутники	47
4.7	Дуга	48
4.8	Окружність	49
4.9	Інші інструменти креслення	50
5	Команди операцій з двомірними об'єктами	51
5.1	Переміщення	51
5.2	Копіювання	52
5.3	Подібність	52
5.4	Масштабування	53
5.5	Поворот у площині	54
5.6	Дзеркальне відображення	55
5.7	З'єднання ланцюжка ліній у полілінію	55
5.8	Розчленування полілінії на окремі відтинки	57
5.9	Фаски	57
5.10	Закруглення	58

5.11	Масиви	60
5.12	Об'єктні прив'язки.....	61
6	3D моделювання.....	63
6.1	Видавлювання	63
6.2	Вигляд об'ємних фігур	67
6.3	Динамічні системи координат	68
6.4	Команда переміщення граней	69
6.5	Тіла обертання.....	71
6.6	Фаска ребр тримірних об'єктів.....	72
6.7	Закруглення ребр тримірних об'єктів	73
6.8	Інші інструменти створення об'єму і поверхонь	74
6.9	Операції з тримірними об'єктами	75
6.10	Інструмент «Лофт» – поєднання різних перетинів в один об'єм.....	76
7	Прості приклади моделювання.....	77
7.1	Бирка для ключа.....	78
7.2	Фланець.....	84
8	Що ще треба знати про BricsCAD.....	86
	Список рекомендованої літератури.....	89

Навчальне видання

Юрій Валентинович Ткачов
Зоя Віталіївна Сазанішвілі
Анжеліка Володимірівна Давидова
Володимир Вікторович Беліков
Олександр Іванович Хащина

**СУЧАСНІ АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ
ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИРОБІВ НОВОЇ ТЕХНІКИ**

Навчальний посібник

Техредактор Т.І. Севост'янова

Підписано до друку 31.08.2020 р. Формат 60x84/16 Папір друкарський.
Друк плоский. Ум. друк. арк. 5,0 Ум. фарбовідб. 5,0. Обл.-вид. арк. 5,1.
Тираж 20 пр. Зам. №

РВВ ДНУ, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010.

ПП «Ліра ЛТД», вул. Наукова, 5, м. Дніпро, 49107

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру серія ДК № 6042 від
26.02.2018 р.