

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

ТЕКСТИ (конспект лекцій) з дисципліни

"Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування"

для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"

("Колісні та гусеничні транспортні засоби"),
усіх форм навчання

Частина 5 - змістовий модуль 2.

Створення деталей, складань і креслень.

Методи поверхневого моделювання.

Використання розрахункових модулів

2019

ТЕКСТИ (конспект лекцій) з дисципліни "Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування" для студентів спеціальності 133 "Талузеве машинобудування" ("Колісні та гусеничні транспортні засоби") усіх форм навчання. Частина 5 - змістовий модуль 2. Створення деталей, складань і креслень. Методи поверхневого моделювання. Використання розрахункових модулів / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : НУ "Запорізька політехніка", 2019. 102 с.

Укладачі: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;
О.В. Дударенко, доцент, канд.техн.наук;
А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук;
А.В. Щербина, доцент, канд.техн.наук

Рецензенти: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук;
С.М. Турпак, професор, д-р.техн.наук

Відповідальний за випуск: А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри "Автомобілі"
Протокол № 2
від « 2 » грудня 2019.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 84
від « 12 » грудня 2019.

ЗМІСТ**Частина 5**

Вступ	376
Тематичний план лекційних занять	378
Лекція № 12. Робота з ливарними формами.....	381
Лекція № 13. Оформлення креслень	425
Рекомендована література.....	469
Базова.....	469
Допоміжна.....	469
Інформаційні ресурси.....	474

ВСТУП

Сьогодні визначальними факторами успіху в промисловому виробництві є зменшення часу виходу продукції на ринок, підвищення якості, зниження її вартості. Практична реалізація цих вимог вимагає модернізації проектно-технологічних і виробничих процесів. Проектування є не що інше, як перетворення вихідного опису об'єкта, сформульованого в технічному завданні, в остаточний опис. Остаточний опис являє собою комплект технічної документації, необхідний для виробництва необхідного об'єкта в заданих виробничих умовах. Таким чином, проектування - це перетворення вихідного опису об'єкта в остаточний опис, тобто процес перетворення інформації.

Для перетворення інформації давно почали застосовувати обчислювальну техніку. Найбільш потужним засобом перетворення інформації при проектуванні технічних об'єктів є системи автоматизованого проектування (САПР). Їхня інтеграція в єдину багатофункціональну систему, що охоплює всі цикли життя промислового виробу, дозволяє суттєво скоротити час перетворення інформації, відповідної до кожного циклу. До теперішнього часу системи САПР застосовували в машинобудуванні, базуються на самих складних програмно-методичних комплексах і потужних технічних засобах.

Даний лекційний курс присвячений питанням впровадження в навчальний процес САПР Solidworks, оскільки протягом останніх десяти років саме ця система впевнено присутня серед найбільш затребуваних САПР у машинобудуванні. Сфера його застосування безупинно розширюється за рахунок суміжних галузей: приладобудування, будівництва, розробки товарів побутового призначення.

Головна причина такої популярності Solidworks - розвинена базова функціональність у сукупності із простим і зручним інтерфейсом, простотою конфігурування, прийнятною ціною й невисокими вимогами до апаратної частини комп'ютерів. Solidworks безупинно розбудовується, причому рух відбувається й за рахунок розвитку наявних можливостей, і через розширення кола розв'язуваних завдань: власне моделювання й проектування, оформлення документації, керування проектами, опису технологічних процесів, підготовки керуючих програм для устаткування із програмним керуванням тощо.

Про актуальність застосування в навчальному процесі саме САПР Solidworks, говорить наявність у ній інтегрованих розрахункових

вих модулів сімейства Simulation: власне Simulation (раніше - CosmosWorks); Flow Simulation (раніше - CosmosFlowworks) і Solidworks Motion (раніше CosmosMotion) - які дозволяють виконувати складні розрахунки й аналіз проєктованих систем на всіх етапах створення автомобіля. А застосування 3D-моделювання вже на початковому етапі проєктування, при проведенні проєктно-конструкторських і дослідницьких робіт, має незаперечні переваги перед плоским моделюванням (2D). Саме сприйняття інформації із тривимірного простору не тільки більш точне, але й значно полегшує розуміння студентом сутності проєктної роботи.

У даному курсі лекцій також розглянуті основні можливості сучасних систем проєктування й виконання розрахунків, застосовуваних у машинобудуванні. Описані методи роботи в Solidworks у плані проєктування деталей, виконання складань і креслень.

У лекційному курсі спочатку розглянуте проєктування простих об'єктів, потім елементів складальних одиниць, на закінчення показані принципи створення складних поверхонь в Solidworks, якими є поверхні кузова автомобіля, а також можливість використання розрахункових модулів Solidworks для дослідження аеродинаміки автомобіля.

Завершальним етапом освоєння даного курсу є виконання курсової роботи, що дає студентові можливість самостійно застосувати отримані знання й навички при вирішенні конкретного проєктного завдання по реальній тематиці.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

Загальний об'єм курсу становить 30 годин і складається з двох змістових модулів. Даний конспект лекцій дисципліни "Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування" складається з двох частин, і розроблений відповідно до:

Робоча програма з дисципліни "Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування" для студентів за напрямом підготовки 6.050503 – "Машинобудування", спеціальністю 133 - Галузеве машинобудування (Колісні та гусеничні транспортні засоби), усіх форм навчання. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 25 с.

Нижче наведено назву змістового модуля дисципліни "Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування", найменування тем лекційних занять в модулі і вказано кількість годин аудиторних занять, для студентів денної форми навчання, окремо для кожної лекції.

Для кожної теми лекції вказано перелік питань які треба розглянути під час даної лекції. Слід враховувати те, що в даному конспекті лекцій приведено лише стислий огляд питань кожної лекції. Крім того навчальним планом дисципліни передбачено активну самостійну роботу студентів за вказаними темами курсу.

Вкінці кожної лекції наведено перелік питань для самоперевірки. Для самостійної роботи студенту слід користуватися рекомендованою літературою для вивчення дисципліни, перелік якої наведено в кінці даного конспекту лекцій, а також використовувати розроблені методичні вказівки:

Методичні вказівки з вивчення дисципліни "Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування" та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" ("Колісні та гусеничні транспортні засоби"), усіх форм навчання / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : НУ "Запорізька політехніка", 2019. 62 с.

Змістовий модуль 2. Створення деталей, складань і креслень. Методи поверхневого моделювання. Використання розрахункових модулів.

Тема 8. Робота з конфігураціями деталей (2 год.)

Основні відомості про конфігурацію деталей. Створення нової конфігурації. Редагування конфігурацій. Створення конфігурацій: вручну, за допомогою таблиці параметрів та за допомогою діалогового вікна.

Тема 9. Створення деталей з листового матеріалу (2 год.)

Основні способи побудови деталей з листового матеріалу. Створення деталей з листового матеріалу. Перетворення твердого тіла в деталь із листового матеріалу. Конструювання деталі із твердого тіла й перетворення в деталь із листового матеріалу.

Тема 10.Робота зі зварними конструкціями (2 год.)

Основні принципи створення зварних конструкцій. Створення зварної конструкції із тривимірного ескізу. Створення власних профілів. Створення зварної конструкції за допомогою багатотільної деталі.

Тема 11.Створення складань деталей (2 год.)

Основні принципи створення складань. Побудова складання "знизу-нагору". Побудова складання "зверху-униз".

Тема 12.Робота з ливарними формами (2 год.)

Основні принципи створення ливарних форм. Оформлення порожнини ливарної форми. Проста ливарна форма. Оформлення ливарної форми зі складним розніманням. Проектування ливарної форми.

Тема 13.Оформлення креслень (2 год.)

Основні принципи оформлення креслень в Solidworks. Створення додаткових видів. Додавання приміток. Налаштування розмірних ліній. Налаштування відображення тексту розміру. Оформлення скла-

дального креслення. Оформлення специфікації.

Тема 14. Розробка зовнішніх форм кузова автомобіля (2 год.)

Підготовка вихідних матеріалів і створення видових ескізів проєктованого автомобіля. Проєктування елементів моделі кузова автомобіля методом поверхневого моделювання. Проєктування коліс автомобіля методами твердотільного моделювання. «Сборка» моделі кузов-колеса-дорога.

Тема 15. Аеродинамічні дослідження моделі кузова автомобіля (2 год.)

Введення вихідних даних, налаштування розрахункових програм і послідовність аеродинамічних розрахунків. Аналіз графічних результатів дослідження отриманої 3D-моделі. Розрахунки коефіцієнта аеродинамічного опору. Дослідження впливу елементів дизайну автомобіля на величину коефіцієнта аеродинамічного опору.

ЛЕКЦІЯ № 12. РОБОТА З ЛИВАРНИМИ ФОРМАМИ

План лекції. Основні принципи створення ливарних форм. Оформлення порожнини ливарної форми. Проста ливарна форма. Оформлення ливарної форми зі складним розніманням. Проектування ливарної форми.

Література: [1] - [3], [6], [10], [15].

В SolidWorks є можливість використання інструментів роботи з ливарними формами, і не тільки для створення деталей, але й у наступних випадках:

- для створення двох половинок ливарної форми з вирізом порожнини під ливарну деталь;
- для створення штампа з поверхнею штампувальної деталі;
- для створення в деталі порожнини складної форми, коли цю порожнину складно одержати простим або поверненим вирізом, а також їх комбінацією.

Основні принципи створення ливарних форм.

За допомогою інструментів для створення ливарних форм в SolidWorks можна вирішувати наступні категорії завдань:

- **процедурні** - створити ливарну форму або відобразити модель;
- **діагностичні** - у моделі виділяються області із проблемами, які можуть перешкоджати відділенню серцевини й порожнини;
- **виправлення** - виправляються дефекти, наприклад розриви поверхні, виявлені за допомогою діагностичних інструментів.
- **адміністративні** - керування моделями, що полегшує передачу інформації між проектувальниками, інженерами, виробниками й менеджерами.

У загальному випадку при проектуванні ливарних форм необхідно виконати наступний комплекс операцій.

1. Створення тривимірної моделі проектованої деталі, тобто тієї деталі, з якої необхідно надалі створити ливарну форму або порожнину.

2. Створення тривимірної моделі основи ливарної форми, тобто деталі, яка буде містити порожнину для проектованої ливарної деталі

або мати форму штампувальної деталі.

3. Створення проміжного складання, у якому буде відбуватися відносне розміщення проектованої деталі й основи ливарної форми.

4. Створення похідних деталей компонента, тобто тих деталей, які будуть половинами ливарної форми після розрізу основи. Причому кожна половина ливарної форми може зберігатися як окрема деталь, для якої надалі можна зробити робочі креслення.

Усі перераховані процедури можна виконати за допомогою набору інтегрованих інструментів створення ливарної форми. Завершивши модель, можна скористатися цими інструментами для аналізу й виправлення недоліків моделей. Інструменти ливарної форми охоплюють усі процеси, від вихідного аналізу до створення поділу інструментів. Результатом поділу інструментів буде багатотільна деталь, що містить окремі тіла деталі яка відливається, серцевину, порожнину та інші додаткові тіла, наприклад, базові сторони. Зміни деталі що відливається, автоматично відображаються в тілах інструментів.

До основних команд інструментальної панелі **«Інструменти для литейной форми»** відносяться наступні:

- **«Уклон»**, загострює обрані грані під заданим кутом до нейтральної площини або базової лінії рознімання. Ця ж команда за допомогою інструмента **Draftxpert** перевіряє грані моделі на наявність достатнього ухилу, щоб переконатися, що деталь витягнуть належним чином з інструмента, а також установлює поглинені області, які не допускають виштовхування деталі;
- **«Линии разъема»**, яка має дві функції: перевіряє наявність ухилу на моделі, виходячи із зазначеного кута; створює лінію рознімання, з якої формується поверхня рознімання. Інструмент **«Линии разъема»** дозволяє вибрати крайку й використовувати систему **«Распространить»** для всіх крайок;
- **«Линия разъема»**, проектує ескіз на криву або плоску грані, а також створює кілька окремих граней;
- **«Отсекающие поверхности»**, створює перемички на поверхні для того, щоб закрити наскрізні отвори в деталі яка відливається;
- **«Поверхности разъема»**, витягає лінію рознімання й служить для відділення порожнини від серцевини. Поверхню рознімання можна також використовувати для того, щоб ство-

- рити заблоковану поверхню;
- **«Разделение инструментов»**, створює тіла серцевини й порожнини шляхом вставки елементів поділу інструментів;
- **«Серцевина»**, витягає серцевину з існуючого поділу інструментів;
- **«Масштаб»**, здійснює масштабування моделі по обраному коефіцієнту;
- **«Переместить грань»**, переміщає грані твердотільного елемента;
- **«Полость»**, вставляє порожнину в базову деталь;
- **«Плоская поверхность»**, створює плоску поверхню за допомогою ескізу або набору крайок;
- **«Линейчатая поверхность»**, додає ухил для поверхонь на імпортованих моделях. Також використовується для створення заблокованої поверхні;
- **«Вставить папки литейной формы»**, додає папки поверхонь тел.

Якщо на екрані відсутня панель інструментів ливарної форми із кнопками команд, слід відобразити їх, виконавши команду **«Інструменти | Налаштування»**, і на вкладці **«Панель инструментов»** установити прапорець **«Інструменти для литейной формы»**. Натисніть кнопку **ОК**, і панель інструментів відобразиться на екрані.

Якщо за замовчуванням у цій панелі відсутні які-небудь кнопки, то ви можете додати їх: вибрати команду **«Інструменти | Налаштування»**, знайти на вкладці **«Команди»** в категорії **«Інструменти для литейной формы»** й перетягнути мишею відповідний до відсутньої команди значок на панель **«Інструменти для литейной формы»**. Після всіх маніпуляцій натисніть кнопку **ОК**.

Оформлення порожнини ливарної форми.

Покажемо на прикладі створення багатотільної деталі оформлення складної порожнини. У цьому випадку можна обійтися без створення проміжного складання. Тут дотримуються наступної послідовності дій: створюється багатотільна деталь або проводиться поділ однієї твердотільної деталі на багатотільну, а потім проводиться вирахування однієї деталі з іншої, у результаті чого формується порожнина. Як приклад створення складної порожнини створимо деталь **«Ліхтарик»**.

Створення багатотільної деталі.

Запустіть SolidWorks у режимі малювання ескізів і на площині «Спереди» за допомогою команди - «Многоугольник» панелі інструментів «Ескиз» побудуйте шестикутник, показаний на рис. 12.1. Добийтеся повного його визначення за допомогою команд - «Добавить взаимосвязь» і - «Автоматическое нанесение размеров» панелі інструментів «Размеры/ взаимосвязи». Тепер закінчіть роботу з даним ескизом. Помістіть курсор у графічну область побудови, натисніть на колесо миші й поверніть площину з намальованим ескизом у просторі.

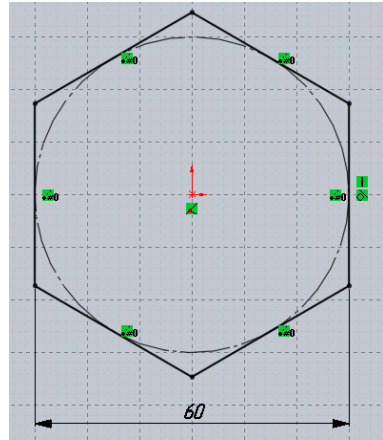


Рисунок 12.1 - Ескіз шестикутника

Після цього в дереві конструювання клацніть мишею по площині «Спереди». Площина відобразиться елементами блакитного кольору - лініями із круглими точками. Деталь «Ліхтарик» побудуємо з використанням додаткових площин.

Щоб додати площину, паралельну вихідній площині «Спереди», підведіть курсор до площини (при цьому поруч із курсором повинен з'явитися значок перехрестя), натисніть клавішу <Ctrl> і захопіть мишею вихідну площину, переміщаючи її вліво по екрану. У діалоговому вікні «Плоскость» що з'явилося, встановіть значення параметра «Расстояние смещения» рівним 60 мм (рис. 12.2). Натисніть кнопку **ОК** для побудови нової площини. Аналогічним образом додайте ще одну площину із правої сторони вихідної площини на відстані 60 мм. Тепер, використовуючи отримані площини як площини для побудови ескизу, намалуйте на кожній з них окружність діаметром 50 мм. У підсумку у вас повинні вийти три ескизи, як на рис. 12.3.

Зверніть увагу на те, що ескизи можна малювати не тільки тоді, коли площина ескизу паралельна площини екрана, але й тоді, коли вона повернена в просторі. Тепер можна сформувати деталь по отриманих перетинах. Для цього скористаємося командою - «Бобышка/основание по сечениям» в інструментальній панелі «Элементы».

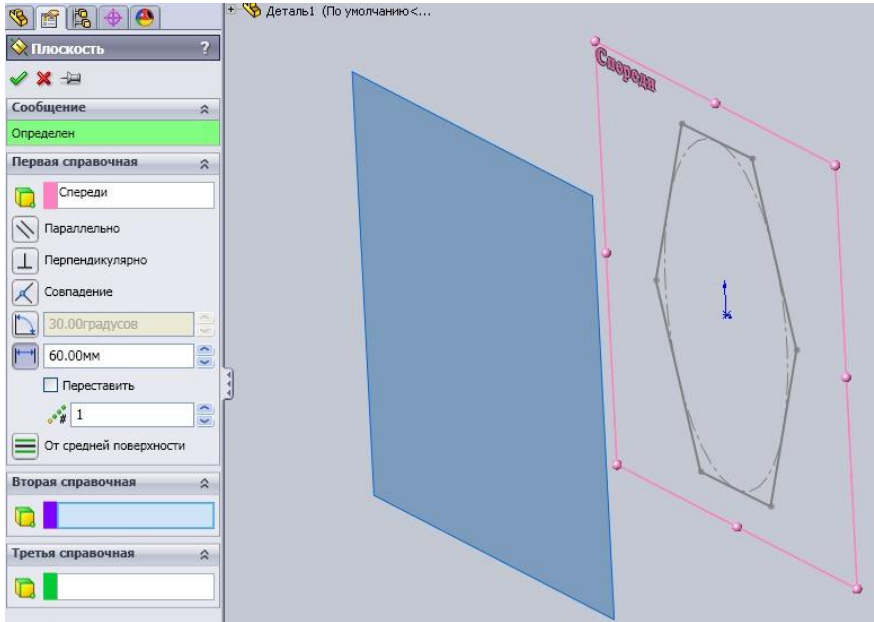


Рисунок 12.2 - Створення паралельної площини

Ця команда дозволяє додавати матеріал між профілями для одержання твердотільного елемента. У вікні «По сеченням» менеджера властивостей клацніть мишею в полі «Профіли», а потім послідовно вкажіть побудовані профілі в наступній послідовності: перша окружність - шестикутник - друга окружність. У вас повинна вийти фігура, показана на рис. 12.4.

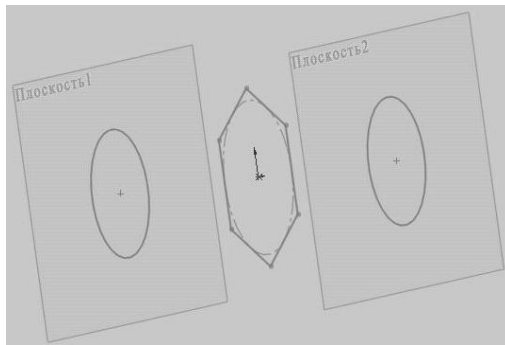


Рисунок 12.3 - Три площини з побудованими ескізами

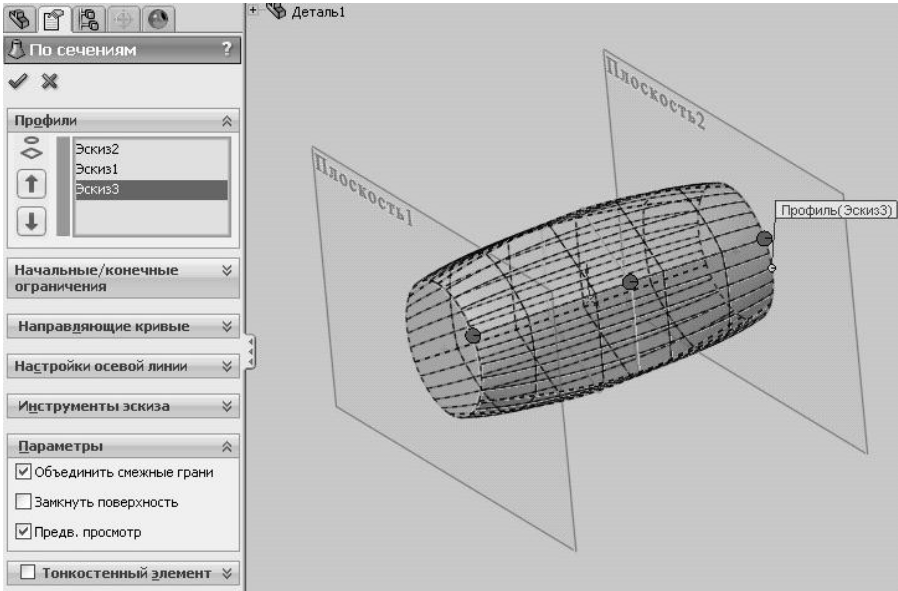


Рисунок 12.4 - Процесс створення деталі по перетинах

Натисніть кнопку **ОК** - і ви одержите готову деталь. Щоб сховати додані площини, клацніть правою кнопкою миші в дереві конструювання по елементу «Плоскость1» і в контекстному меню, що з'явилася, виберіть кнопку «Скрыть». Аналогічну операцію проробіть із елементом «Плоскость2».

Збережіть деталь під іменем «Ліхтарик.sldprt».

Створення порожнини складної форми.

Тепер уявіть собі, що нам потрібно виготовити порожнину, форма якої відповідає деталі Ліхтарик. Продовжимо подальші побудови багатотільної деталі. Для цього знову ввійдіть у режим малювання ескизу на площині «Спереди» й намалуйте ескіз квадрата, показаний на рис. 12.5.

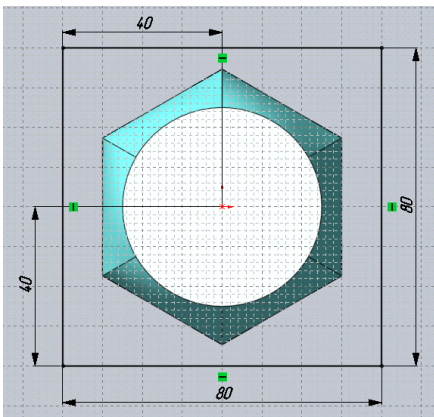


Рисунок 12.5 - Ескіз квадрата

Закінчить малювання ескізу й зробить витягування елемента в обидва боки за допомогою команди - **«Витянутая бобышка/основание»** на відстань 60 мм. Обов'язково зніміть прапорець **«Результат слияния»**. Якщо цього не зробити, то деталь виявиться одно-тільною у результаті злиття. По рис. 12.7 проконтролюйте коректність ваших побудов. Якщо все зроблено правильно, натисніть кнопку **ОК**. У результаті побудований паралелепіпед поглинув нашу деталь «Ліхтарик». Але, проте, побудови містять два твердих тіла. Про це свідчить папка **«Твердые тела»** в дереві конструювання. У дужках зазначена кількість твердих тіл (рис. 12.6).

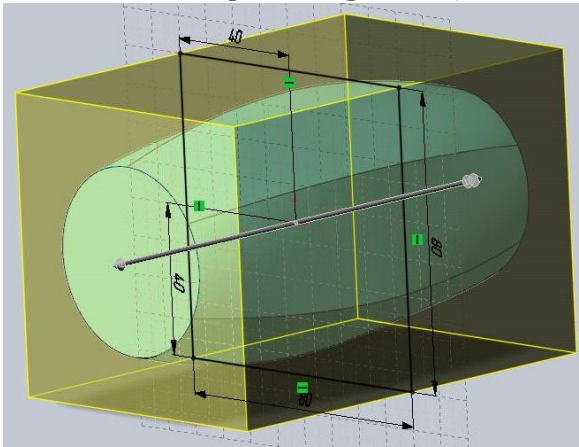


Рисунок 12.7 - Витягування елемента

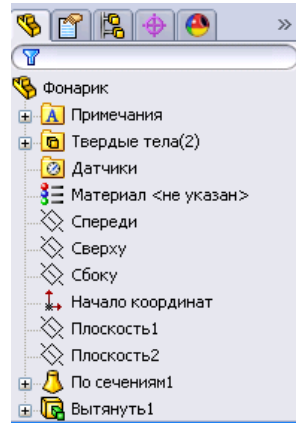


Рисунок 12.6 - Папка «Твердые тела»

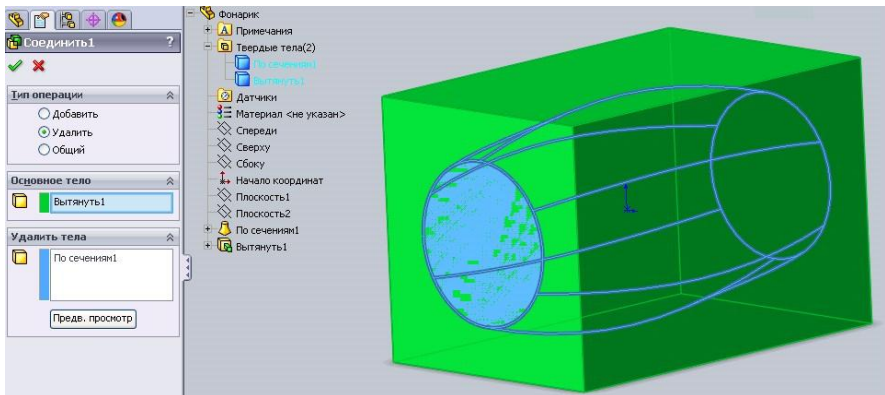


Рисунок 12.8 - Створення порожнини усередині паралелепіпеда

Тепер залишилося виконати порожнину усередині паралелепіпеда. Для цього викличте команду - **«Скомбинировать тела»** на панелі інструментів **«Элементы»**. У полі **«Тип операции»** встановіть прапорець **«Удалить»**. Відкриється додаткове поле **«Основное тело»**, для якого вкажіть зовнішню деталь, а для поля **«Удалить тела»** вкажіть внутрішню деталь. Якщо це важко зробити на деталі, то розкрийте дерево конструювання в графічній області побудови, відкрийте папку **«Твердые тела»** й послідовно виберіть пункти **«Вытянутый1»** і **«По сечениям1»**. Натисніть кнопку **«Предв. просмотр»** і проконтролюйте результат операції (рис. 12.8). Якщо все зроблено правильно, то натисніть кнопку **ОК**, і ви одержите складну порожнину усередині паралелепіпеда (рис. 12.9). Збережіть деталь, використовуючи команду **«Файл| Сохранить как»**, під іменем **«Основа для лихтарика.sldprt»**.

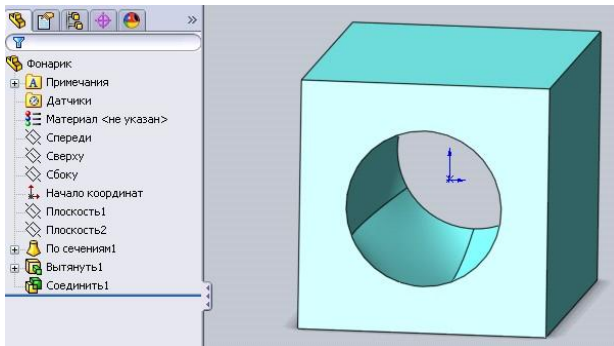


Рисунок 12.9 - Створено складну порожнину усередині паралелепіпеда

Створення ливарних напівформ.

Для того щоб створити напівформи отриманої деталі з порожниною усередині, досить просто розрізати деталь навпіл. Це можна зробити за допомогою команди - **«Вытянутый вырез»** на панелі інструментів **«Элементы»**. Спочатку на боковій поверхні паралелепіпеда створіть ескіз і намалуйте лінію уздовж тіла так, як показано на рис. 12.10.

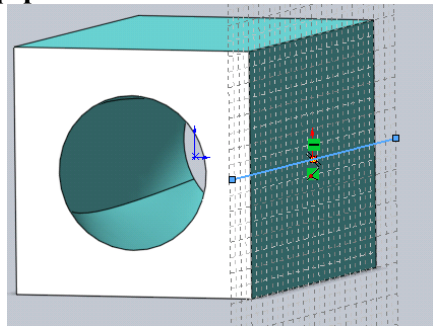


Рисунок 12.10 - Ескіз на боковині

Тепер викличте команду - «**Вытянутый вырез**» в інструментальній панелі «**Элементы**» та у якості профілю виберіть намальовану лінію. На вкладці «**Направление1**» у полі «**Граничное условие**» установіть параметр «**Насквозь**» (рис. 12.11). Після цього натисніть кнопку **ОК** і одержите одну з половинок ливарної форми (рис. 12.12).

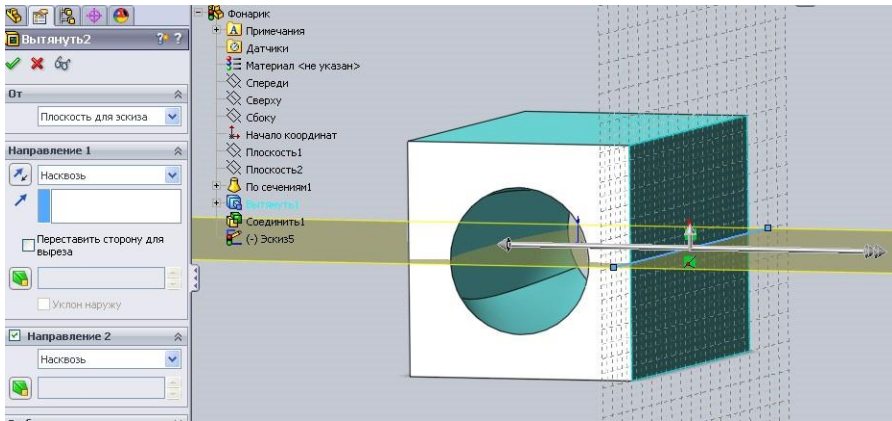


Рисунок 12.11 - Процесс разрезания детали

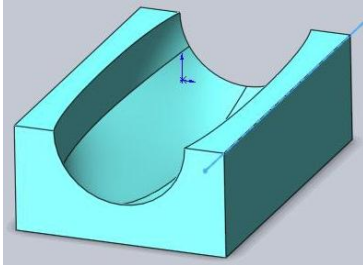


Рисунок 12.12 - Напівформа1

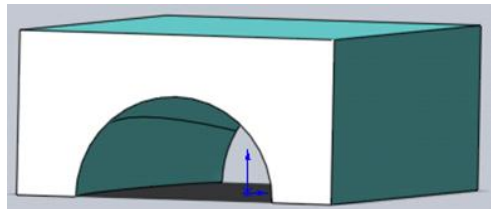


Рисунок 12.13 - Напівформа2

Збережіть цю деталь, використовуючи команду «**Файл | Сохранить как**», під іменем «Напівформа1 для ліхтарика.sldprt». Для одержання другої напівформи клацніть правою кнопкою миші в дереві конструювання по пункту «**Вытянуть2**». У контекстному меню, що з'явилася, виберіть кнопку - «**Редактировать определение**». У менеджері властивостей відкриється вікно «**Вытянуть2**», у якому необхідно змінити тільки один параметр: установити або зняти (залежно від ситуації) прапорець «**Переставить сторону для выреза**». Після цього

натисніть кнопку **ОК** і ви одержите другу половинку ливарної форми (рис. 12.13). Для завершення цього прикладу скористайтесь командою **«Файл | Сохранить как»** і збережіть другу напівформу під іменем **«Напівформа2 для ліхтарика.sldprt»**.

Проста ливарна форма.

Тепер ми можемо перейти до розгляду побудови простої ливарної форми за допомогою створення проміжного складання на прикладі деталі Циліндр. Для цього створимо вихідні дві окремі твердотільні деталі (рис. 12.14). Першу деталь, циліндр діаметром 100 мм і довжиною 100 мм, збережіть у файл **«Циліндр.sldprt»** (деталь, яку потрібно відлити, або деталь, за формою якої потрібно зробити порожнину).

Другу деталь, куб з довжиною ребра 120 мм, збережіть у файл **«Основа для циліндра.sldprt»** (деталь, з якої потрібно зробити ливарну форму, або деталь, у якій потрібно зробити порожнину).

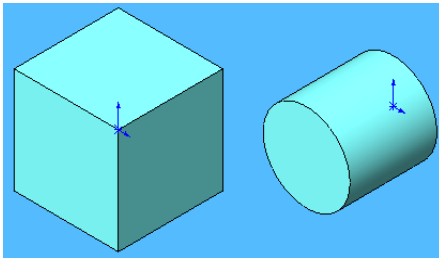


Рисунок 12.14 - Твердотільні деталі

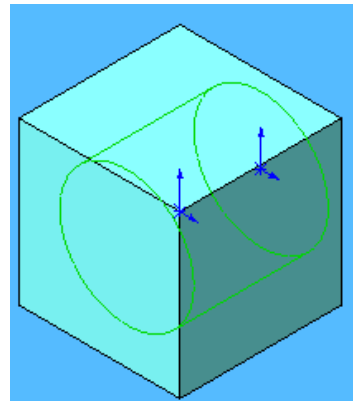


Рисунок 12.15 - Циліндр в кубі

Тепер створіть складання і додайте спочатку деталь **«Основа для циліндра.sldprt»**, а потім деталь **«Циліндр.sldprt»**. Перемістіть циліндр усередину куба приблизно так, як показано на рис. 12.15. Для переміщення деталі скористайтесь кнопкою - **«Переместить компонент»** в інструментальній панелі **«Сборка»**. Щоб зручніше було орієнтуватися в переміщенні однієї деталі усередині іншої деталі, її можна зробити напівпрозорою. Для цього наведіть покажчик миші на основу в графічній області або в дереві конструювання й натисніть праву кнопку миші. З'явиться контекстне меню, що випадає, у якому виберіть кнопку - **«Изменить прозрачность»**. У результаті у вас повинен вийти напівпрозорий куб, у якому розміщується циліндр (рис. 12.16).

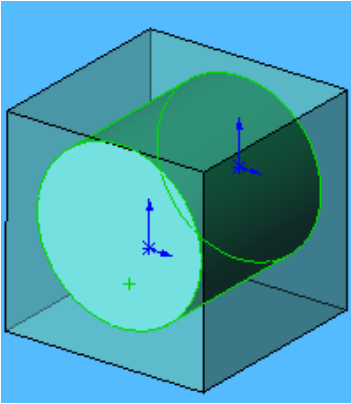


Рисунок 12.16 - Куб у якому розміщається циліндр

Для більш точного центрування скористайтесь командою - **«Условия сопряжения»** панелі інструментів **«Сборка»**. За допомогою даної команди добийтеся, щоб відстані між плоскими гранями циліндра й куба становили по 10 мм, а вісь циліндра проходила через центр граней куба. Збережіть складання під іменем **«Основа для циліндра.sldasm»**. Виділіть деталь Куб, клацнувши мишею по деталі в складанні або в дереві конструювання по елементу **«Основание для цилиндра»**. Потім на панелі інструментів **«Сборка»** натисніть кнопку - **«Редактировать деталь»**.

Ця команда здійснює перемикання між режимом редагування деталі або вузла й головного складання. Дану команду можна також викликати, клацнувши правою кнопкою миші по елементу **«Основание для цилиндра»** в дереві конструювання і в контекстному меню, що з'явилося вибравши кнопку - **«Редактировать деталь»**. Тепер на панелі інструментів **«Инструменты для литейной формы»** натисніть кнопку - **«Полость»**. Ця команда дозволяє вставити порожнину в базову деталь. У діалоговому вікні, що з'явилося, **«Полость»** в поле **«Компоненты проекта»** з дерева конструювання додайте деталь Циліндр так, як показано на рис. 12.7. Натисніть кнопку **ОК**.

У результаті пророблених операцій ми одержали деталь **«Куб»** з порожниною, що має форму деталі **«Циліндр»**. У такий спосіб можна одержувати порожнини в деталях будь-якої складності. При цьому змінилася вихідна деталь, що входить у складання. Перейдіть у вікно з основою для циліндра, і ви побачите, що в дереві конструювання з'явився пункт **«Полость1»** (рис. 12.18). Збережіть складання, нажавши кнопку **«Сохранить»**. Після створення складання деталі з порожниною можна перейти до створення похідного компонента деталі в контексті складання. Це необхідно для того, щоб при створенні двох половинок ливарної форми не зачіпалася вихідна деталь. У нашому випадку цією деталлю є куб (**«Основа для цилиндра.sldprt»**). Для цього в наявному складанні зробіть активною деталь Куб, клацнувши мишею по деталі на екрані складання або в дереві конструювання.

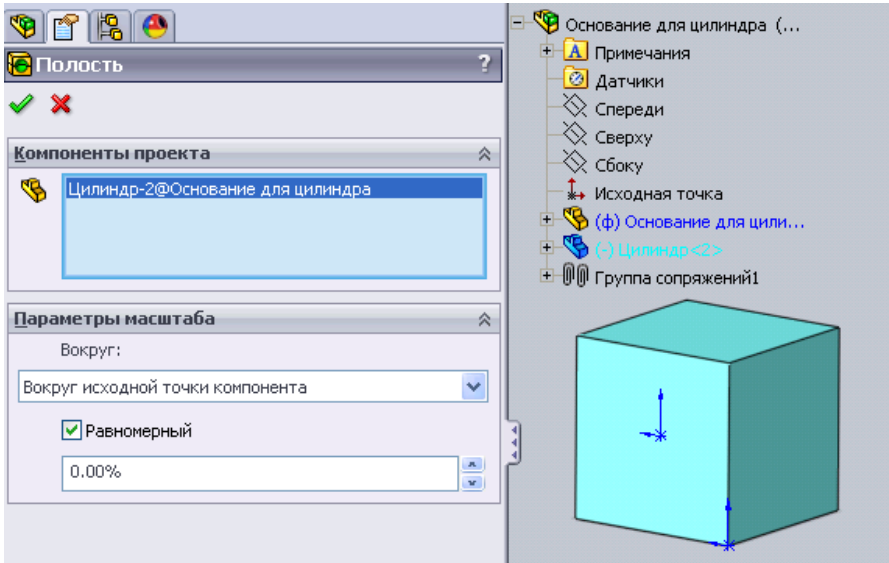


Рисунок 12.17 - Створення порожнини

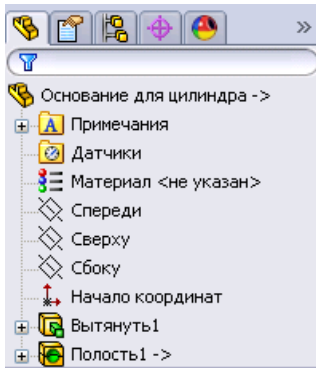


Рисунок 12.18 - Дерево конструирования

Далі виберіть команду «**Файл | Деталь производного компонента**». У результаті даних дій у новому вікні повинна з'явитися деталь Куб. Вона має повний асоціативний зв'язок з деталлю в складанні, і це видно по дереву конструювання (рис. 12.19). Тепер на передній грані нової деталі похідного компонента за допомогою інструментів ескізу побудуйте лінію приблизно так, як показано на рис. 12.20. У цьому випадку лінію необов'язково проводити строго через вісь циліндра.

Тому що зараз ми поки не торкаємося питань, пов'язаних з добуванням відлітої деталі з форми, а лише покажемо, як можна просто розрізати деталь і одержати дві половини однієї ливарної форми. Після побудови передбачуваної лінії рознімання можна розрізати нашу деталь на дві половини.

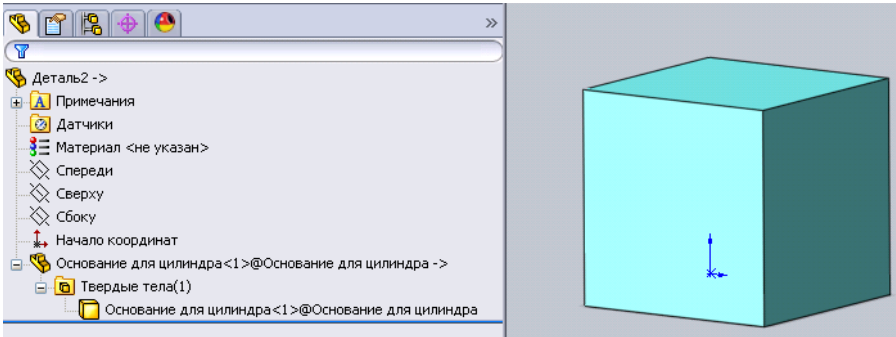


Рисунок 12.19 - Деталь «Куб»

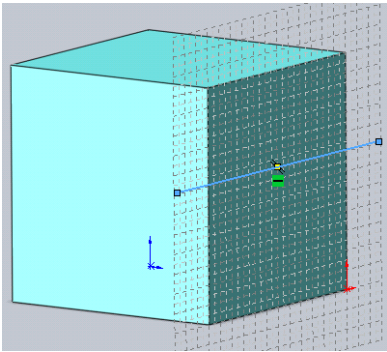


Рисунок 12.20 - Побудова лінії на передній грані

Лінія рознімання не обов'язково повинна бути прямою і розташовуватися строго перпендикулярно напрямку рознімання.

У якості лінії рознімання можна використовувати лінію під кутом до напрямку рознімання, ламану лінію або навіть сплайн. Далі перейдемо до створення розрізу деталі.

Виділіть лінію розрізу й натисніть на панелі інструментів «Елементи» кнопку - «**Вытянутый вырез**». В діалоговому вікні «**Вытянуть**», що з'явилося в менеджері властивостей

перевірте, що виріз буде здійснюватися через усю деталь (рис. 12.21), і натисніть кнопку **ОК**. У результаті ви одержите одну з половинок (нижню) ливарної форми так, як показано на рис. 12.22. Збережіть отриману деталь під іменем «**Основа для цилиндра_1.sldprt**».

Для одержання другої (верхньої) половини форми клацніть правою кнопкою миші в дереві конструювання на елементі «**Вытянуты1**» і в контекстному меню що з'явилося виберіть кнопку - «**Редактировать определение**». У менеджері властивостей у діалоговому вікні «**Вытянуты1**», що знову з'явилося, на вкладці «**Направление1**» установіть прапорець «**Переставить сторону для выреза**». Натисніть кнопку **ОК**, і ви одержите другу половину ливарної форми, яка в цьому випадку аналогічна першій, тому що циліндр є симетричною де-

таллю щодо своєї осі. Для збереження цієї половини в окремому файлі виконайте команду «**Файл | Сохранить как**» і задайте ім'я файлу «Основа для циліндра_2.sldprt».

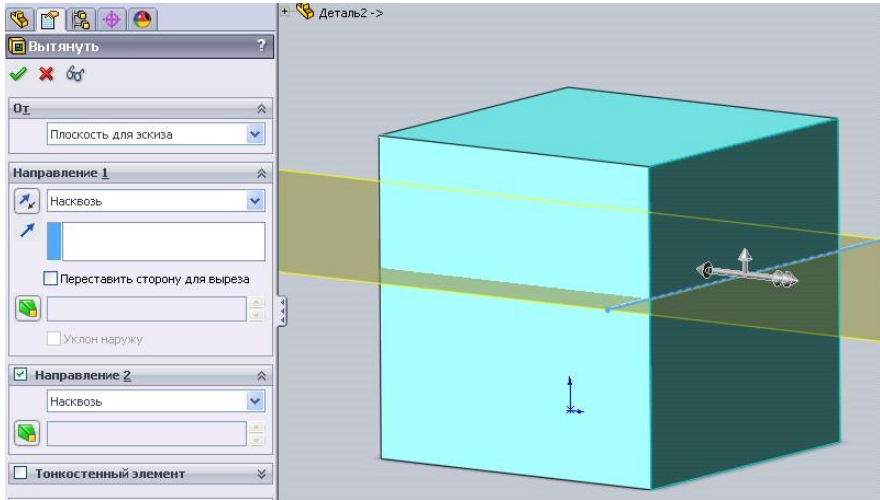


Рисунок 12.21 - Розрізання деталі

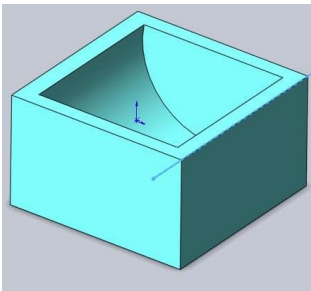


Рисунок 12.22 - Нижня половина ливарної форми

У результаті ми одержали наступні тривимірні моделі: модель деталі, яку необхідно відлити або створити з неї порожнину в іншій деталі; модель основи, з якої необхідно зробити ливарну форму, або деталі, у якій необхідно зробити порожнину; моделі двох половинок ливарної форми.

Ще раз нагадаємо, що розглянутим методом можна виготовляти в деталях порожнини різної складності, які важко одержати шляхом витягнутого й поверненого

вирізу, а також при складній конфігурації внутрішніх поверхонь. У цьому випадку простіше виготовити модель порожнини й здійснити виріз цієї порожнини в іншій деталі за допомогою панелі «**Инструменты для литейной формы**».

Оформлення ливарної форми зі складним розніманням.

Далі ми розглянемо команди, необхідні при проектуванні лива-

рних форм, з урахуванням їх розбирання на складові й вилучення відливої деталі з форми. Оформлення ливарних форм зі складним розніманням розглянемо на прикладі проектування контейнера.

При проектуванні взаємозалежних деталей, таких як модель порожнини й дві половини ливарної форми, зручно розташовувати тіла й поверхні моделей у спеціальних папках, передбачених в SolidWorks при проектуванні ливарних форм. Відкрийте нове вікно проектування деталі, вибравши команду **«Файл | Новый | Деталь»** і нажавши кнопку **ОК**.

Якщо на екрані є інструментальна панель **«Инструменты для литейной формы»**, то в цій панелі повинна бути активною кнопка - **«Вставить папки литейной формы»**. Ці папки призначені для систематизації твердих тіл, які будуть брати участь у процесі проектування ливарних форм. Натисніть на цю кнопку.

Тепер при використанні різних інструментів ливарної форми програма автоматично створить зазначені далі папки й додасть до них відповідні поверхні:

- **«Тела поверхности полости»** - при створенні лінії рознімання. Якщо поверхні, що відтинають, не потрібні, то програма вносить у папку одне тіло поверхні порожнини. Якщо потрібні поверхні, що відтинають, то папка залишається порожньою;
- **«Тела поверхности сердцевины»** - при створенні лінії рознімання. Якщо поверхні, що відтинають, не потрібні, то програма вносить у папку одне тіло поверхні серцевини. Якщо потрібні поверхні, що відтинають, то папка залишається порожньою;
- **«Тела поверхности разъема»** - при створенні поверхні рознімання. Якщо вибрати параметр **«Сшить»** в менеджері властивостей, то в папку додається одна поверхня, в іншому випадку - в папку додається кілька окремих поверхонь.

Побудова тіла порожнини.

Давайте тепер спроекуємо деталь, яка буде моделлю для побудови порожнини. Відкрийте для редагування площину **«Спереди»** й побудуйте ескіз по розмірах, показаних на рис. 12.23. Потім вийдіть із ескізу й зробіть його витягування на відстань 40 мм.

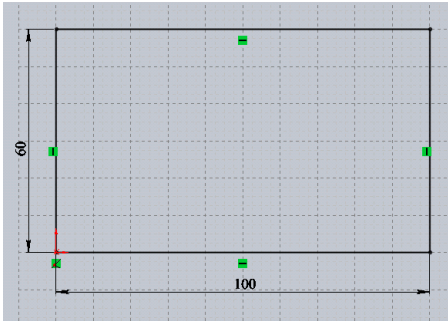


Рисунок 12.23 - Ескіз деталі

Таким чином, ми одержали заготовку для нашого контейнера. Збережіть отриману деталь під іменем «Контейнер.sldprt».

Оскільки контейнер є пустотілою деталлю, нам необхідно вирізати із центру серцевину. Можна, звичайно, скористатися командою витягнутого вирізу, але тоді ми втратимо серцевину як деталь. Тому скористаємося іншим прийомом.

На панелі інструментів «Інструменти для литейной форми» є кнопка - «Серцевина». Ця команда дозволяє вилучати серцевину з існуючого поділу інструментів. Натисніть на неї. У якості площини побудови виберіть передню грань нашої заготовки й побудуйте ескіз із розмірами, зазначеними на рис. 12.24.

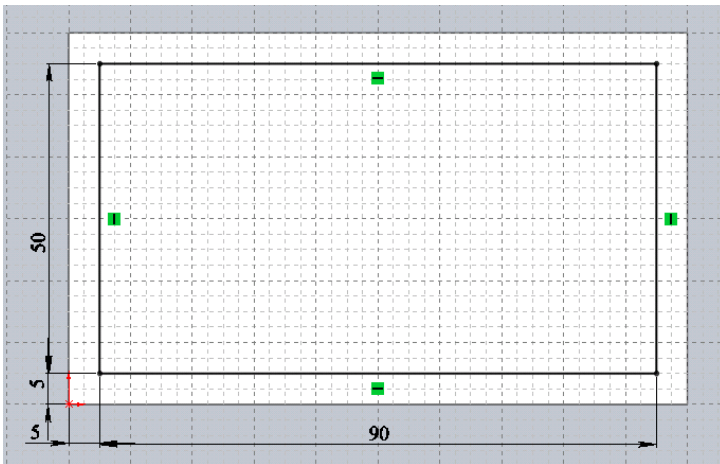


Рисунок 12.24 - Ескіз на передній грані заготовки

Тепер вийдіть із режиму редагування ескізу й у діалоговому вікні «Серцевина» встановіть параметри так, як на рис. 12.25. Установіть параметр - «Включить/Выключить уклон» у режим «Включить» й уведіть значення 5° . Це необхідно зробити для того, щоб за-

безпечити витлучення серцевини з відлітої деталі.

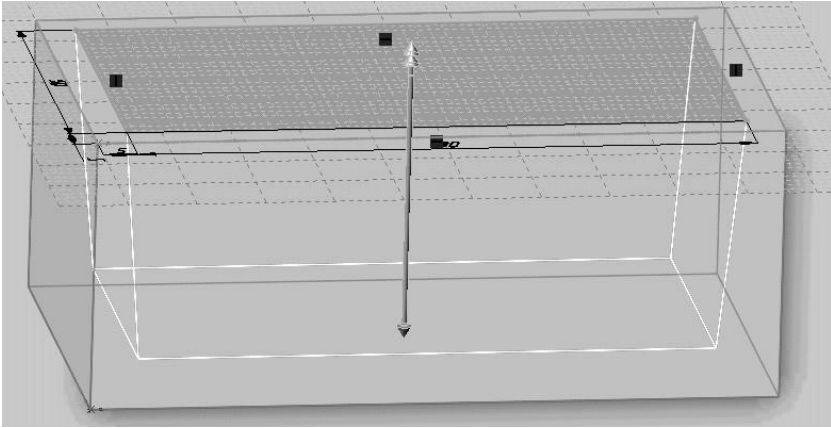


Рисунок 12.25 - Процес створення серцевини

Значення величини ухилу є проєктувальним і може мінятися залежно від ливарного матеріалу. Не забудьте встановити прапорець **«Торцевая пробка»**, щоб відітнути днище контейнера. Перевірте, щоб не стояв прапорець **«Уклон наружу»**. Після виставляння всіх параметрів натисніть кнопку **ОК**. Зовні нічого, начебто б, не змінилося, крім появи у дереві конструювання нового елемента **«Серцевина1»**. Але насправді наша заготовка тепер формально розділена. Тепер розділимо заготовку не формально, а фактично на два твердих тіла.

Для цього скористаємося на панелі **«Инструменты для литейной формы»** кнопкою - **«Разделить»**. В області побудови точками з винесеннями будуть зазначено два тверді тіла, яким необхідно дати імена й зберегти їх в окремих файлах. Клацнувши мишею по вікну **«Инструменты для отсечения»**, активізуйте його. Потім укажіть мишею верхню грань на деталі **<Грань1>**, щоб ім'я грані з'явилося у вікні. Після цього натисніть кнопку **«Разрезать деталь»**.

На вкладці **«Результат»** можна задати ім'я файлу й установити статус деталі: сховати або відобразити тіло деталі. Для збереження, двічі клацніть поле із заголовком **«Файл»** і введіть для об'єкта **«Тело 1»** (зовнішнє тіло) ім'я файлу **«Модель контейнера.sldprt»**, а для об'єкта **«Тело 2»** (внутрішнє тіло) - **«Серцевина.sldprt»**. Перевірте по рис. 12.26, чи правильно ви все зробили.

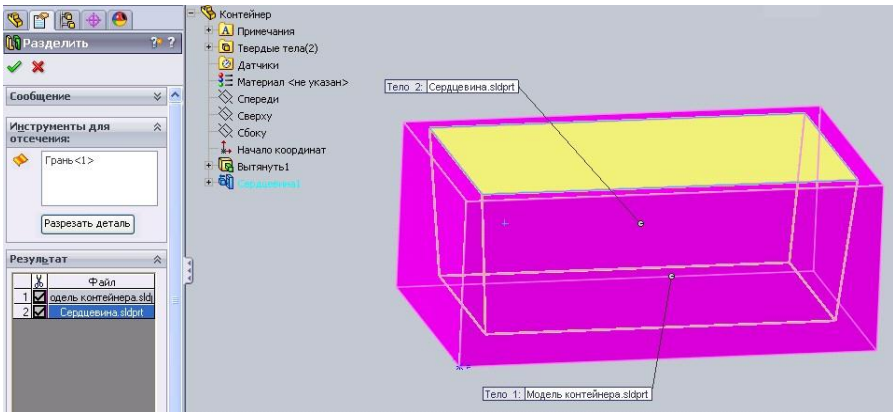


Рисунок 12.26 - Поділ деталей

Після збереження зніміть прапорець із деталі «Модель контейнера.sldprt» під ножицями й установіть в «Абсорбировать вырезанные тела». У результаті серцевина буде схована. Натисніть кнопку **ОК**. Якщо ви все зробили правильно, повинен вийти контейнер без серцевини. Крім того, окремо у файлі збережена серцевина контейнера, яка надалі буде нам потрібна для формування ливарної форми.

Аналіз ухилів.

Для того щоб відлита деталь могла бути вилучена з форми, необхідно надавати граням деталі, що розташовуються уздовж напрямку добування, ливарні ухили. Інакше кажучи, до виштовхування моделі висувають наступні вимоги:

- усі грані повинні відхилитися від лінії рознімання, яка відокремлює серцевину від площини;
- специфікації проекту повинні включати мінімальний кут ухилу для перевірки;
- поверхні внутрішньої сторони деталі повинні мати позитивний ухил;
- поверхні базової сторони деталі повинні мати негативний ухил;
- значення кута ухилу всіх поверхонь повинне бути більше мінімального значення, зазначеного в специфікаціях проекту;
- поверхні перетинання повинні бути відсутні.

Аналіз ухилу за допомогою команди «Аналіз уклону».

Для аналізу ливарних ухилів в SolidWorks є інструмент - «Аналіз уклону». Отже давайте проаналізуємо нашу деталь «Контейнер» з погляду вилучення з форми. Для запуску команди пройдіть шлях «Вид | Отображение | Анализ уклона». Відразу в менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно «Анализ уклона», у якому потрібно задати параметри для аналізу. Оскільки ливарна форма складається із двох половин, що переміщуються при добуванні деталі в різних напрямках, то при аналізі поверхонь необхідно стежити за відповідними гранями деталі. Давайте для початку простежимо можливість вилучення половини форми із серцевиною зсередини контейнера.

На вкладці «Настройки анализа» активізуйте поле «**Направление натяжения**» й укажіть на контейнері грань, що є дном цього контейнера (Грань<1>). «Угол уклона» - 5. Перевірте, чи спрямована стрілка в грані нагору. Якщо стрілка спрямована вниз, натисніть кнопку - «**Реверс направления**». Коли всі параметри задані, установіть прапорець «**Определение грани**» (рис. 12.27).

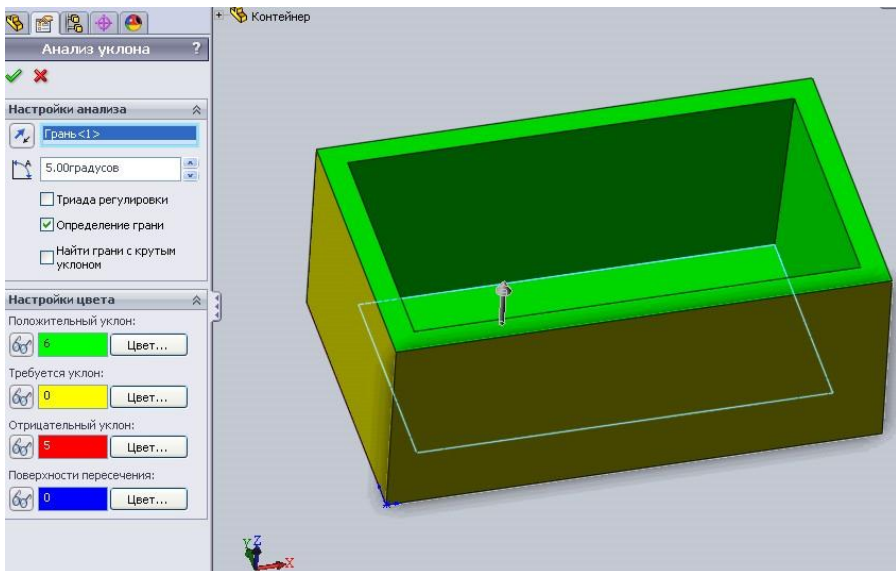


Рисунок 12.27 - Налаштування аналізу ухилу

Внутрішні грані й дно контейнера повинні підсвітитися зеленим

кольором (установленим за замовчуванням). Це говорить про те, що ухили встановлені правильно, і проблем з вилученням деталі з форми із серцевиною бути не повинно. Тут і далі вказується розцвічення граней, що позначає різні варіанти ухилів, прийняті за замовчуванням.

У принципі, користувач сам може призначити зручне для себе розцвічення граней. Для цього потрібно лише натиснути кнопку й вибрати варіант що сподобався. Нажавши кнопку - **«Отобразить/скрыть»**, можна сховати й знову відобразити грані з відповідними ухилами.

Тепер проаналізуємо вилучення контейнера із другої форми. Для цього перевірніть деталь, активізуйте поле **«Направление натяжения»** й натисніть клавішу **<Delete>** для видалення старої грані. Після цього клацніть мишею по дну контейнера, але із зовнішньої сторони. У вікні з'явиться елемент **Грань<2>**. Стрілка натягу повинна бути спрямована нагору, по напрямку вилучення форми. Оскільки параметри залишилися тими ж, то програма відразу покаже результат (рис. 12.28).

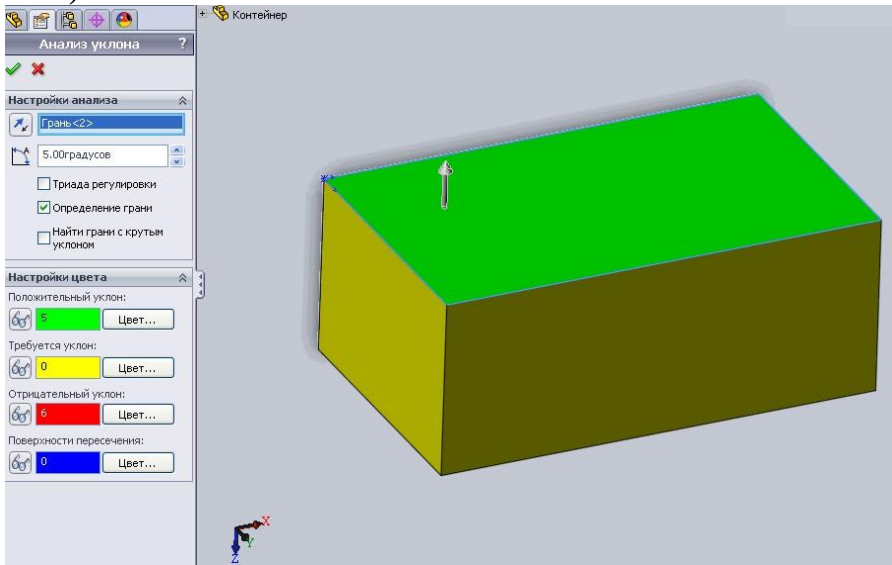


Рисунок 12.28 - Аналіз вилучення деталі з форми

Цього разу бічні грані контейнера офарбилися в жовто-зелений колір, що говорить про те, що для цих граней потрібно встановити ухил. Величина ухилу залежить від застосовуваного матеріалу. Після

аналізу натисніть кнопку **ОК**. Програма збереже кольори граней з додаванням легенди й вказівкою кількості граней у нижній правій ділянці графічної зони (рис. 12.29). Щоб скасувати роззвічення граней, ще раз пройдіть шлях «Вид | Отображение | Анализ уклона».

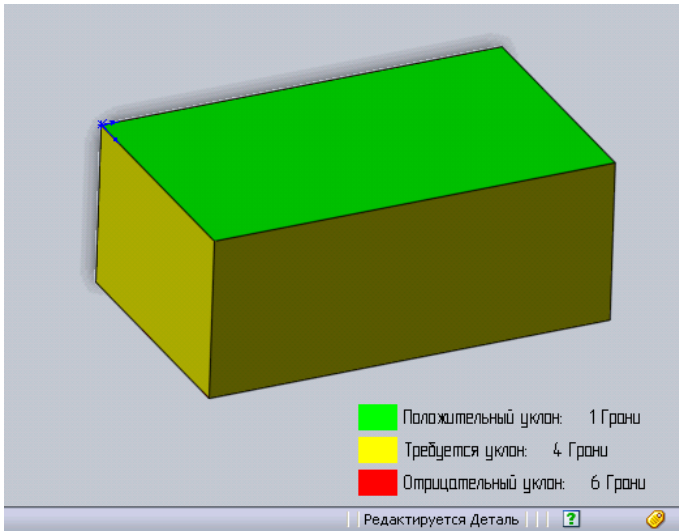


Рисунок 12.29 - Вибір кольорів граней з додаванням легенди

Аналіз ухилів за допомогою інструмента **Draftxpert**.

Для полегшення аналізу ливарних ухилів та їх завдання, в SolidWorks служить інструмент **Draftxpert**. Давайте проаналізуємо нашу деталь Контейнер з погляду вилучення з форми за допомогою цього інструмента. Натисніть на панелі інструментів «**Інструменти для литейной формы**» кнопку - «**Уклон**». Відразу з'явиться діалогове вікно «**Уклон**», у якому не тільки можна задати параметри ухилу, але й провести аналіз інструментом **Draftxpert**. Оскільки ливарна форма складається із двох половин, що переміщуються при добуванні деталі в різних напрямках, то при аналізі поверхонь необхідно стежити за відповідними гранями деталі. Проаналізуємо можливість вилучення половини форми із серцевиною зсередини контейнера.

У вікні **Draftxpert** перейдіть на вкладку «**Добавить**» й клацніть мишею в полі «**Нейтральная плоскость**» розділу «**Элементы под уклон**». Потім клацніть мишею на контейнері грань, що є дном цього

контейнера (**Грань<1>**). «Угол уклона» установіть 5. Перевірте, чи спрямована сіра стрілка (що вказує напрямок виштовхування) в одного з кутів грані нагору. Якщо стрілка спрямована вниз, натисніть кнопку - «**Реверс направления**». Коли всі параметри встановлені, установіть прапорець «**Авто-краска**» в розділі «**Анализ уклона**» (рис. 12.30).

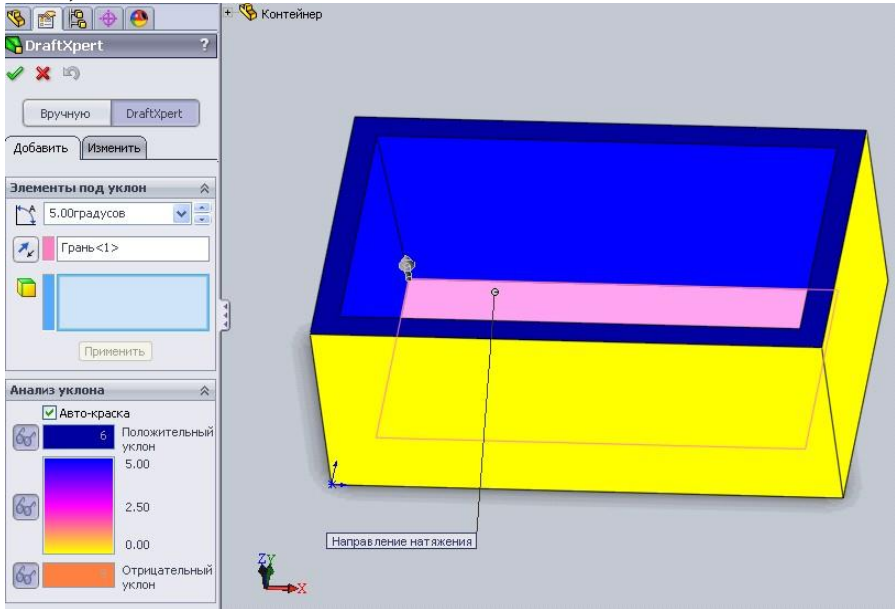


Рисунок 12.30 - Анализ ухливі за допомогою інструмента Draftxpert

Внутрішні грані контейнера повинні підсвітитися синім кольором (установленим за замовчуванням). Це говорить про те, що ухили встановлені правильно й проблем з вилученням деталі з форми із серцевиною бути не повинно. Зовнішні грані підсвітуються жовтим кольором, це вказує що ухил граней дорівнює 0° . Числа в кольорових вікнах розділу «**Анализ уклона**» означають кількість граней, що задовольняють заданій умові ухилу.

Тепер проаналізуємо вилучення контейнера із другої форми. Для цього переверніть деталь, активізуйте поле «**Нейтральная плоскость**» й натисніть клавішу <Delete> для видалення старої грані. Після цього клацніть мишею по дну контейнера, але із зовнішньої сторо-

ни. У вікні з'явиться елемент **Грань<6>**. Стрілка натягу повинна бути по напрямку вилучення форми. Оскільки параметри залишилися тими ж і прапорець **«Авто-краска»** не знімався, то просто проаналізуйте ухили граней (рис. 12.31).

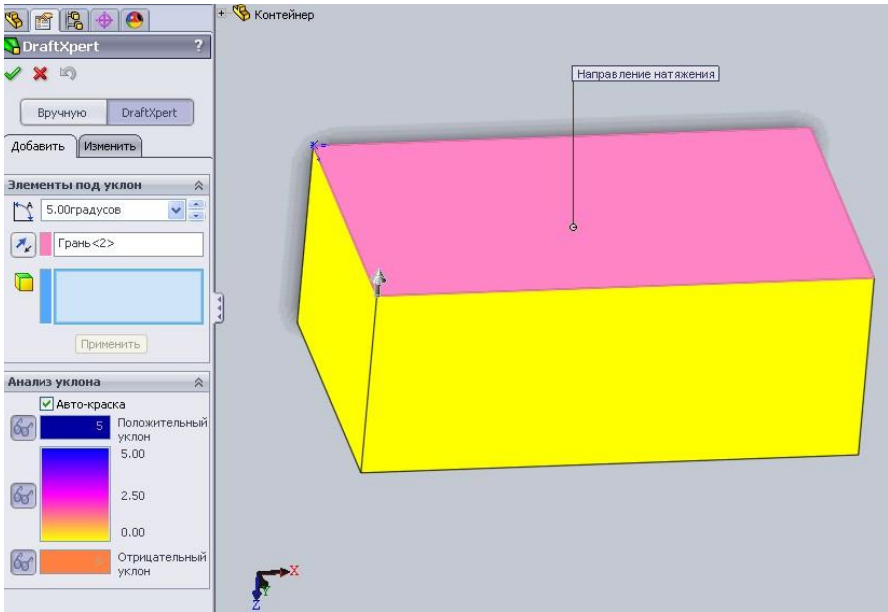


Рисунок 12.31 - Аналізуємо вилучення контейнера із другої форми

Цього разу бічні грані контейнера офарбилися в жовтий колір, що говорить про те, що для цих граней потрібно встановити ухил. Величина ухилу залежить від застосовуваного матеріалу. Після аналізу можна натиснути кнопку **ОК** у менеджері властивостей для завершення команди, але якщо потрібно задати граням ухил, то завершувати команду немає необхідності.

Завдання ухилу.

Тепер давайте для граней, яким потрібен ухил, призначимо ливарні ухили. Якщо ви встигнули завершити попередню команду, то знову натисніть кнопку - **«Уклон»** на панелі інструментів **«Инструменты для литейной формы»**. З'явиться діалогове вікно **«Уклон»**. Перейдіть на вкладку **«Вручную»**. Виберіть у списку **«Тип уклона»**

значення «**Нейтральная плоскость**» і в якості площини вкажіть верхню грань борту контейнера (**Грань<1>**). Поруч із гранню з'явиться стрілка, що вказує напрямок натягу - униз. Потім клацніть мишею у вікні «**Грани под уклон**» і виберіть бічні грані контейнера (їх усього чотири). Імена граней повинні відобразитися у вікні. Інші параметри встановіть так, як показано на рис. 12.32.

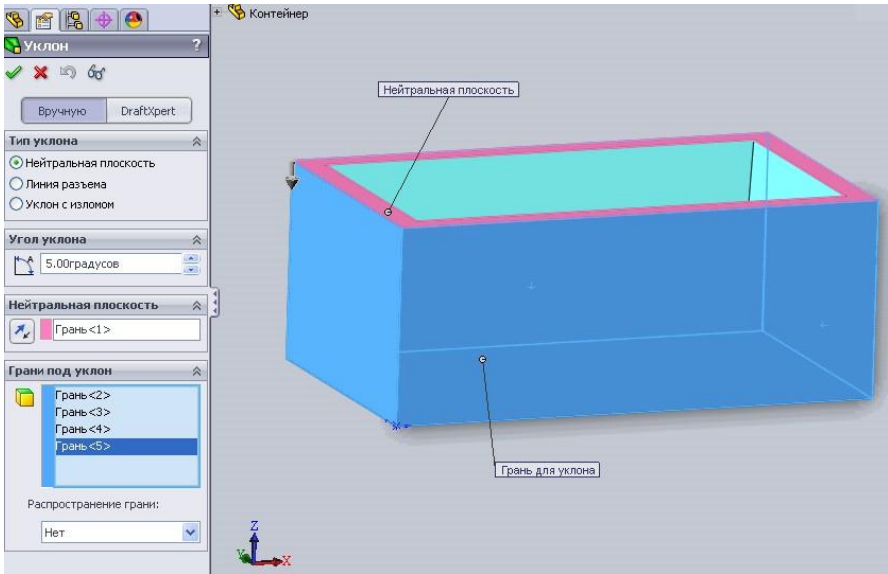


Рисунок 12.32 - Призначення ливарних ухилів

Далі натисніть кнопку **ОК**. У результаті грані контейнера набудуть ухил, а в дереві конструювання з'явиться відповідний елемент. Тепер за допомогою інструмента **Draftxpert** можете самостійно провести аналіз вилучення деталі з форми.

Визначення виточення.

Далі ми розглянемо ще один інструмент проектування - «**Анализ выточки**» для пошуку в моделі поглинених областей, які не можна витягти з ливарної форми. Ці області звичайно переміщуються перпендикулярно напрямку розділених сегментів серцевини й порожнини. Отже інструмент - «**Анализ выточки**» застосовується тільки для визначення елементів твердих тел. Визначення елементів поверхонь не виконується.

Давайте проведемо визначення виточення для нашого контейнера. Для цього запустіть команду, пройшовши шлях «Вид | Отображение | Анализ выточки» (рис. 12.33). У якості напрямку для натягу виберіть дно контейнера (Грань<1>). Внутрішні грані при цьому стануть блакитними, а зовнішні - синіми. Це говорить про те, що дана деталь може бути вільно вилучена з форми в обох напрямках.

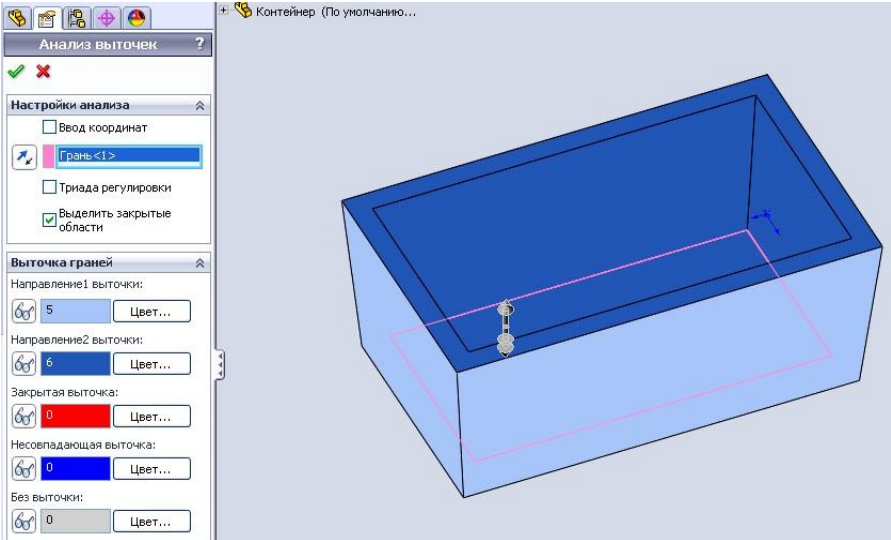


Рисунок 12.33 - Процесс поиска в модели поглощенных областей

Натисніть кнопку **ОК**, і деталь збереже кольори граней, причому в правому нижньому куті графічної зони з'явиться легенда із вказівкою кольору й кількості виточень (рис. 12.35). Для скасування кольорового розцвічення граней знову пройдіть шлях «Вид | Отображение | Анализ выточки». Як приклад неправильного проектування давайте створимо виточення на внутрішній бічній грані контейнера так, як показано на рис. 12.34. Для цього на бічній грані побудуйте ескіз окружності й створіть витягнутий елемент. Розміри циліндричного виточення можуть бути довільними, тому що ми просто продемонструємо дію команди визначення виточення. Після створення виточення знову викличте команду «Анализ выточки». Як і минулого разу, у якості напрямку для натягу виберіть дно контейнера (Грань<1>). «Результат» аналізу цього разу виявився іншим (рис. 12.36).

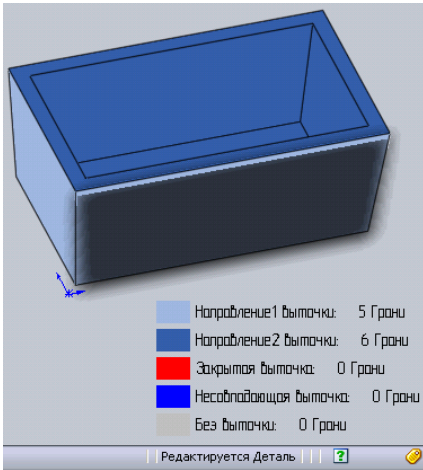


Рисунок 12.35 - Кількість виточень

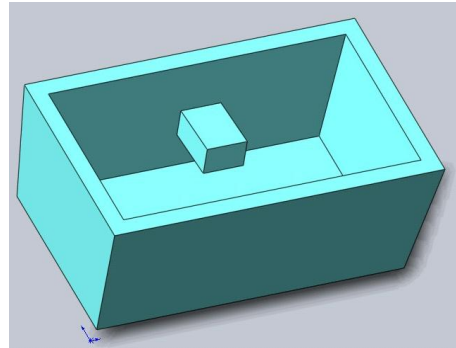


Рисунок 12.34 - Виточення на внутрішній бічній грані контейнера

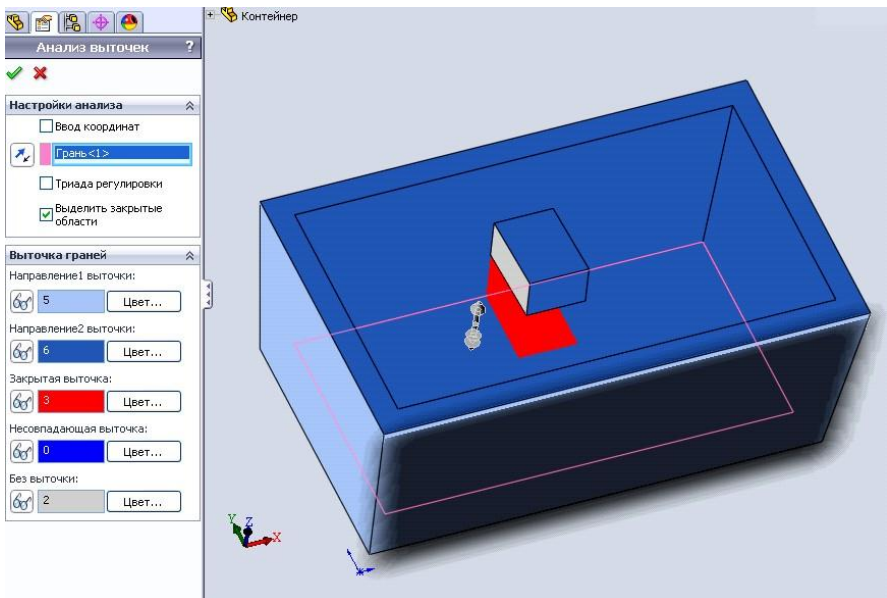


Рисунок 12.36 - Пример анализа неправильного проектирования

Грані, які не зможуть бути витягнуті з форми, відзначені червоним кольором. У такий спосіб можна попередньо аналізувати процес

вилучення ливарної деталі з форми. Тепер натисніть кнопку - **«Отмена»**, щоб завершити команду без збереження кольорів граней, і вилучите тільки що побудоване виточення з ескізом, тому що вони нам надалі більше не знадобляться. Збережіть побудовану деталь **«Контейнер»**, нажавши кнопку **«Сохранить»**.

Створення основи.

Давайте тепер спроекуємо деталь основи контейнера. Для цього побудуйте ескіз по розмірах, показаних на рис. 12.37. Потім вийдіть із ескізу й зробіть витягування на відстань 60 мм. Розміри основи повинні бути обов'язково більші моделі. Збережіть деталь, нажавши кнопку **«Сохранить»** й увівши в поле **«Имя файла»** ім'я деталі, що зберігається, **«Основа для контейнера.sldprt»**.

Створення проміжного складання.

Створіть новий файл **«Сборка.sldasm»**. У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **«Начать сборку»**. Якщо файли з деталями, що беруть участь у складанні, були попередньо відкриті, то у вікні **«Деталь/сборка для вставки»** з'являться імена деталей. А якщо ні, то необхідно буде натиснути кнопку **«Обзор»** і провести пошук файлу самостійно.

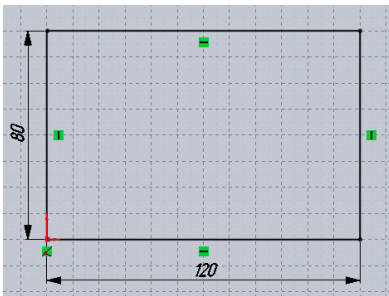


Рисунок 12.37 - Ескіз основи контейнера

Спочатку в складання вставте деталь **Основа для контейнера**. Тому що ця деталь у складанні є першою, вона автоматично буде зафіксована.

Відразу ж зробіть деталь напівпрозорою, щоб надалі було видно розташування контейнера усередині основи. Для цього наведіть на деталь покажчик миші й натисніть праву кнопку. У меню, що випадає, виберіть кнопку - **«Изменить прозрачность»**.

Тепер прийшла черга вставити в складання другу деталь. Для цього виберіть команду **«Вставка | Компонент | Из файла»**. З'явиться вже знайоме вам діалогове вікно **«Вставить компонент»**. Розташуйте деталь **Контейнер** усередині основи для контейнера, користуючись кнопками - **«Переместить компонент»** і **«Вращать компонент»** на панелі інструментів **«Сборка»**. Тепер установимо відстань між бортом контейнера й гранню основи, щоб при розніманні форми точно потра-

пити в площину борту. Для цього натисніть кнопку - «Условия сопряжения» на панелі інструментів «Сборка». Укажіть мишею грань борту контейнера й грань основи так, як показано на рис. 12.38. У вікні «Выбор сопряжений» повинні з'явитися імена обраних граней. Натисніть кнопку - «Расстояние», щоб установити відстань між гранями 10 мм. Перевірте, чи все правильно ви зробили, і натисніть кнопку **ОК**. Збережіть складання під іменем «Ливарна форма для контейнера.sldasm».

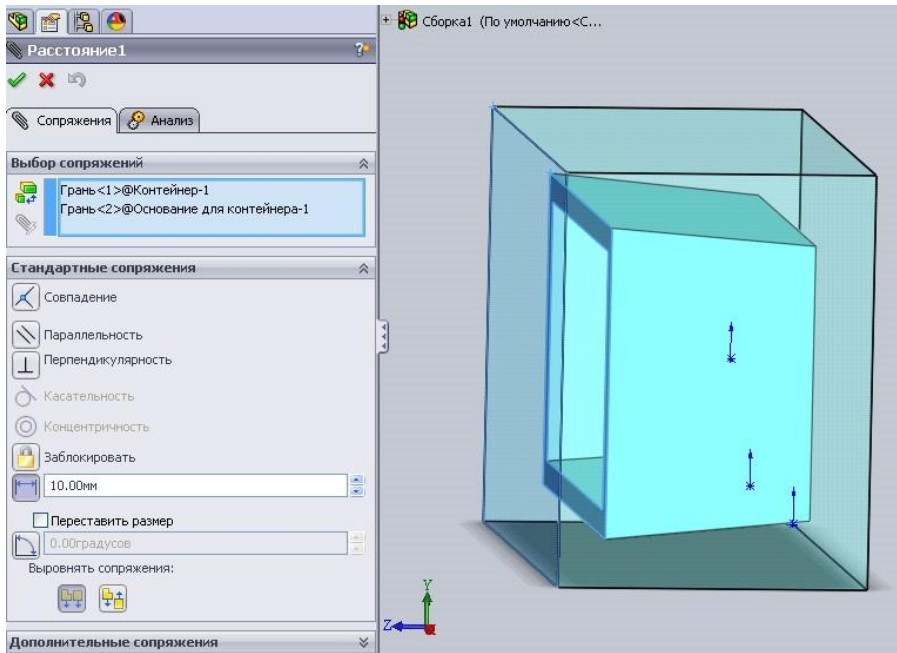


Рисунок 12.38 - Створення проміжного складання

Створення порожнини.

Тепер створимо порожнину за формою нашого контейнера. Для цього зробіть активною деталь основи для контейнера, клацнувши по ній у дереві конструювання, і натисніть кнопку - «Редактировать деталь» на панелі інструментів «Сборка». Потім натисніть кнопку - «Полость» на панелі інструментів «Инструменты для литейной формы» й виберіть у дереві конструювання компонент складання «Контейнер». Дерево конструювання в цьому випадку переміщається в

область побудови і може бути згорнуте. Щоб його розгорнути, натисніть на значок плюса поруч із іменем **«Литейная форма для контейнера»**. Після вставки компонента його ім'я повинне з'явитися у вікні **«Компоненты проекта»**. Якщо матеріал деталі сильно всідається при охолодженні, необхідно задавати відсоток усадки. У вікні **«Параметры масштаба»** встановіть усадку **«Вокруг исходной точки компонента»**, поставте прапорець **«Равномерный»** і встановіть відсоток усадки (1%). Перевірте по рис. 12.39 правильність усіх установок.

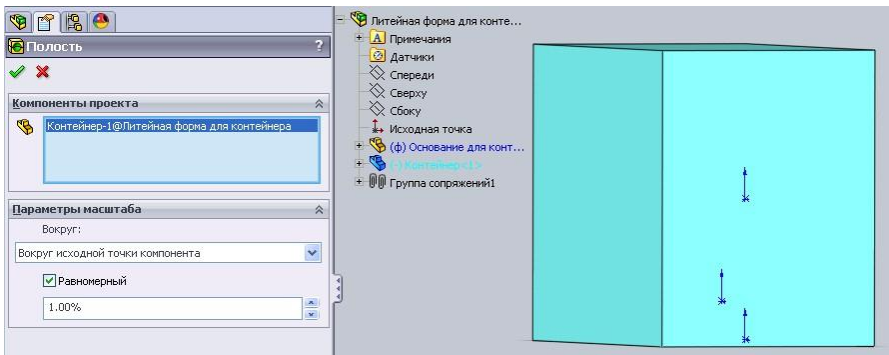


Рисунок 12.39 - Процесс створення порожнини

Якщо все правильно, то натисніть кнопку **ОК**. Збережіть складання, нажавши кнопку **«Сохранить»**. При запиті програми, який документ зберегти, послідовно виберіть файл деталі й файл складання.

Оформлення першої ливарної напівформи.

Відкрийте файл деталі «Основа для контейнера.sldprt» або перейдіть у вікно із цією деталлю, якщо файл не був закритий. Зробіть деталь напівпрозорою, для чого правою кнопкою миші клацніть на деталі й у контекстному меню, що з'явилося, виберіть пункт - **«Внешние виды»**. При цьому відкриється нове контекстне меню, у якому виберіть останній пункт **«Основание для контейнера»** (рис. 12.40), щоб змінити прозорість усієї деталі. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно **«Цвет»**, у розділі **«Дополнительно»** на вкладці **«Освещение»** перемістіть повзунок **«Прозрачность»** у середнє положення (рис. 12.41). Для завершення команди натисніть кнопку **ОК**. На передній грані деталі створіть ескіз і побудуйте лінію так, як показано на рис. 12.42, на відстані від краю 10 мм. Лінія повинна виступати по довжині по обидва боки. Закінчить редагування ескізу.

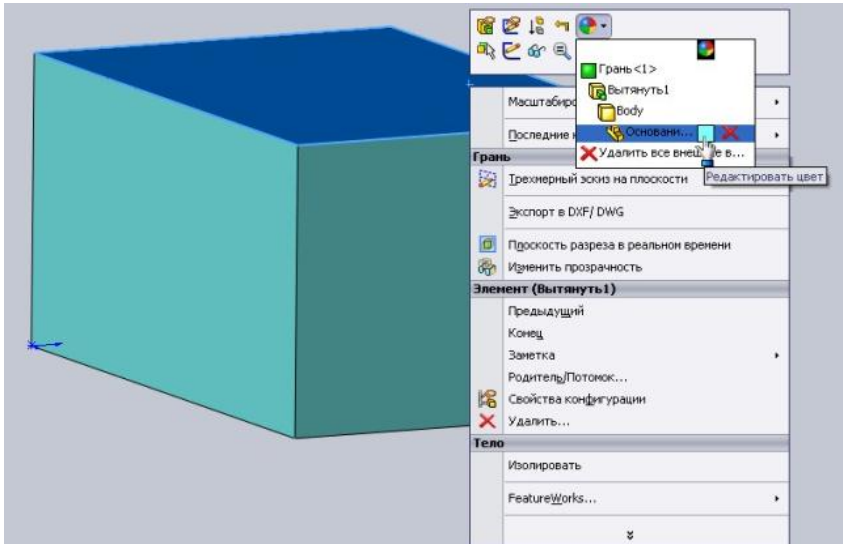


Рисунок 12.40 - Вибір пункту «Внешние виды»

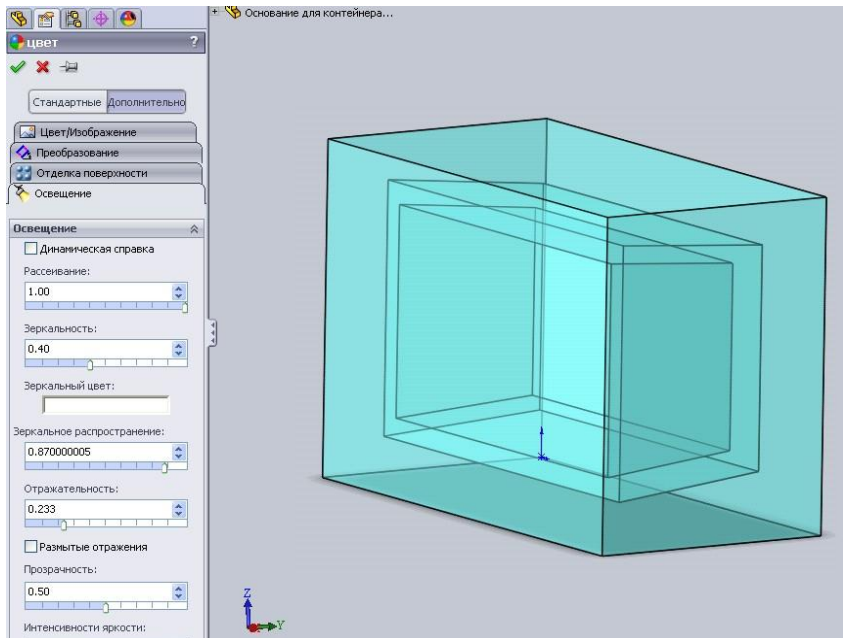


Рисунок 12.41 - Зміна прозорості

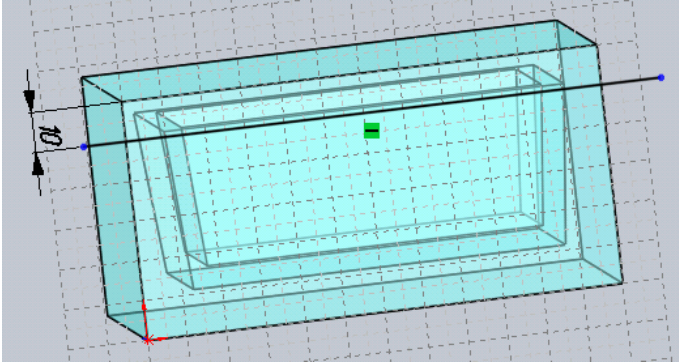


Рисунок 12.42 - Побудова лінії розрізу

Далі створіть **«Вытянутый вырез»**, нажавши на панелі інструментів **«Элементы»** кнопку - **«Вытянутый вырез»**. Оскільки лінія не має товщини, то виріз також не буде мати товщини, а просто розсіче деталь. У якості ескизу для вирізу виберіть тільки що побудований ескіз із лінією. З'явиться діалогове вікно **«Вытянуть»**. Упевніться, що в розділі **«От»** установлене значення **«Плоскость для эскиза»**, а в розділах **«Направление1»** і **«Направление2»** у полі **«Граничное условие»** - **«Насквозь»**. Одна зі стрілок (та, що показує напрямок відсікання) повинна бути спрямована нагору (рис. 12.43).

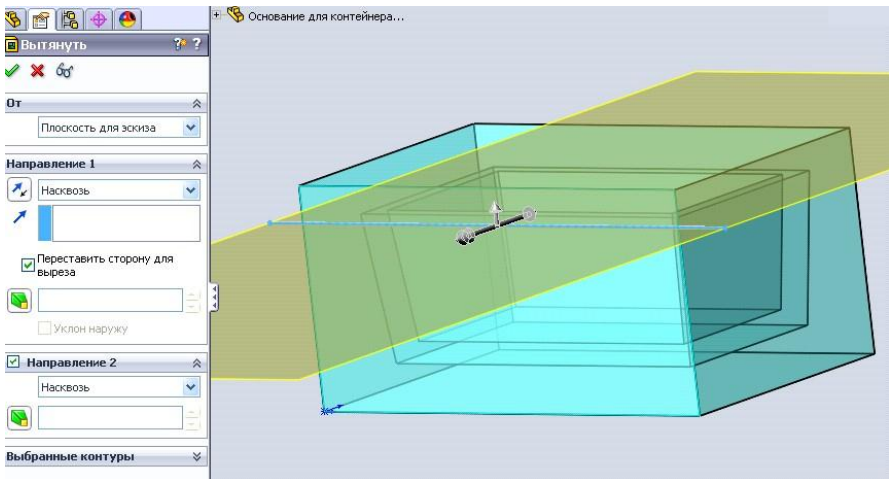


Рисунок 12.43 - Створення витягнутого вирізу

Тепер натисніть кнопку **ОК**. Програма зробить виріз, і оскільки в частині, що залишилася, виникають дві роз'єднані деталі, то запросять у користувача за допомогою вікна, показаного на рис. 12.44, яке з тіл залишити. Виберіть ту деталь, яка є зовнішньою, установіть у вікні **«Оставить тела»** прапорець і натисніть кнопку **ОК**. Ви одержите практично готову половину ливарної форми, показану на рис. 12.45. Зробіть деталь знову непрозорою й збережіть її в окремому файлі.

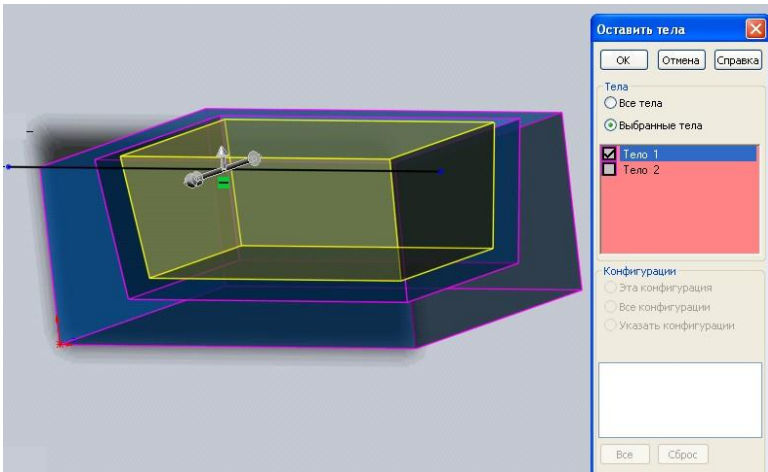


Рисунок 12.44 - Запит на залишення частини

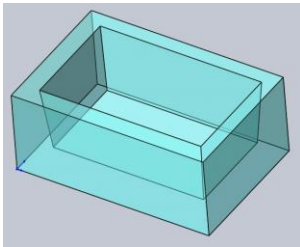


Рисунок 12.45 - Готова половина форми

Перед збереженням програма попередить, що дана команда може порушити існуючі посилання. Але посилання нам ще будуть потрібні, тому що необхідно створити другу половину ливарної форми.

Тому у діалоговому вікні **«Сохранить как»** установіть прапорець **«Сохранить как копию»**. Уведіть ім'я файлу **«Напівформа_1»** і натисніть кнопку **ОК**.

Оформлення другої ливарної напівформи.

Тепер настала черга сформувати другу напівформу. Відкрийте файл деталі **«Основа для контейнера.sldprt»**, якщо ви встигнули його закрити, і відредагуйте останню операцію витягнутого вирізу по лінії. Для цього наведіть мишу в дереві конструювання на елемент **«Витяг»**.

нуту1» і клацніть правою кнопкою. У контекстному меню виберіть кнопку - «**Редактировать определение**». Відкриється діалогове вікно «**Вытянуть1**», у якому поставте прапорець «**Переставить сторону для выреза**». У такий спосіб ми змінимо напрямок для відсікання. Тепер натисніть кнопку **ОК**. У результаті ми одержимо другу половину ливарної форми, але поки що без серцевини (рис. 12.46). Збережіть цю деталь, нажавши кнопку «**Сохранить**».

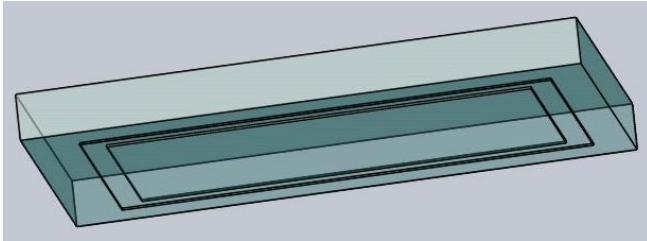


Рисунок 12.46 - Друга половина ливарної форми

Щоб зробити повноцінну напівформу, необхідно скористатися складанням. Отже створіть нове складання. У діалоговому вікні «**Начать сборку**», що відкрилося на вкладці «**Деталь/сборка для вставки**», знайдіть елемент «**Основание для контейнера**» і вставте його в складання. Якщо такої деталі немає, зробіть пошук файлу, нажавши кнопку «**Обзор**». У якості другої деталі вставте файл «Серцевина.sldprt», вибравши команду «**Вставка | Компонент | Из файла**» й нажавши кнопку «**Обзор**».

Попередньо встановіть серцевину на деякій відстані від основи й натисніть кнопку - «**Условия сопряжения**» в інструментальній панелі «**Сборка**». Укажіть грані на серцевині й основі, звернені одна до одної, як на рис. 12.47. Тепер натисніть кнопку - «**Совпадение**» і вирівняйте виділені грані. Натисніть кнопку **ОК** у менеджері властивостей. Далі за допомогою цієї ж команди помістіть серцевину в потрібне місце. Використовуючи крайки серцевини й основи, призначте умови сполучення так, щоб серцевина розташовувалася посередині основи (рис. 12.48). Після установки всіх сполучень натисніть кнопку **ОК**. У такий спосіб ми одержали другу половину ливарної форми. Натисніть кнопку «**Сохранить**» й збережіть половинку ливарної форми у файлі під іменем «**Напівформа_2.sldasm**». У результаті ми одержали дві

напівформи, які, замикаючись, утворюють порожнину. Тепер з напівформ можна створювати робочі креслення деталей.

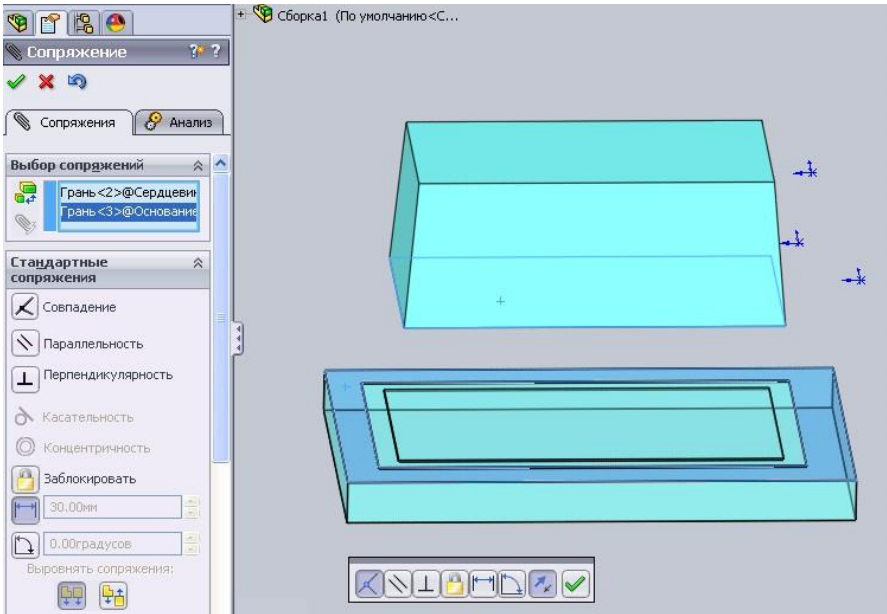


Рисунок 12.47 - Завдання умов сполучень

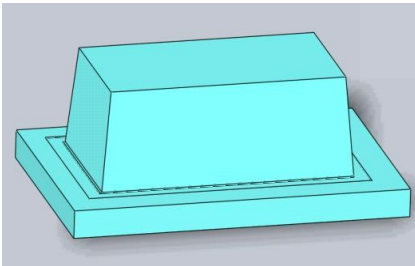


Рисунок 12.48 - Дві напівформи, які замикаючись, утворюють порожнину

Проектування ливарної форми.

Ливарна форма складається із серцевини й порожнини. Використовуючи існуючу модель як початкову точку, створюється серцевина, що повторює форму внутрішньої поверхні моделі, і порожнина, що повторює форму зовнішньої поверхні моделі. Лінія розділення відокремлює серцевину від порожнини.

«Серцевина» й порожнина з'єднуються, і в процесі лиття, матеріал вводиться усередину й заповнює порожній простір між серцевиною й порожниною. Після того як ливарний матеріал охолоне, серцевина й порожнина розділяються й модель видаляється.

Перед створенням серцевини й порожнини необхідно підготувати модель так, щоб забезпечити її правильне видалення. Для цього послідовно застосовуються інструменти ливарної форми. Серцевина й порожнина являють собою дві напівформи, з яких складатиметься цільна форма для лиття.

Створення моделі деталі.

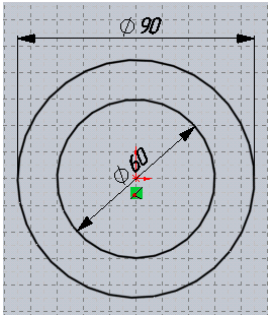


Рисунок 12.49 - Ескіз втулки

Покажемо проектування ливарної форми на прикладі простої деталі - Втулки. Створимо модель цієї деталі. Запустимо програму SolidWorks і ввійдемо у режим малювання ескізів. Намалеємо ескіз, показаний на рис. 12.49. Тепер за допомогою команди - **«Витягнутая бобышка/основание»** на панелі інструментів **«Элементы»** зробить витягування ескізу втулки в обидві сторони на 50 мм, загальна довжина при цьому складе 100 мм (рис. 12.50). В обох напрямках задайте ухил усередину 1° . Це необхідно для того, щоб забезпечити видалення деталі з напівформ.

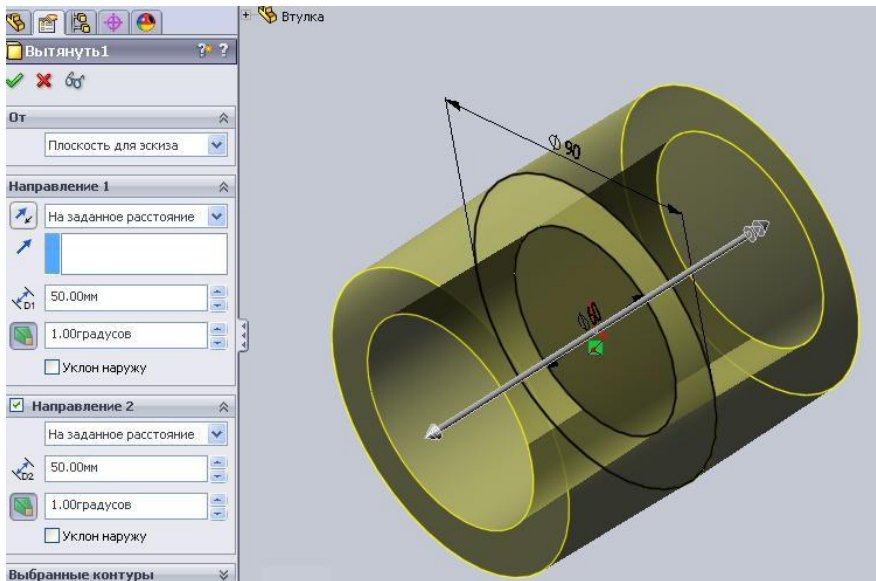


Рисунок 12.50 - Витягування ескізу втулки в обидві сторони на 50 мм

У менеджері властивостей натисніть кнопку **ОК** і збережіть деталь під іменем файлу «Втулка.sldprt». Дана деталь буде моделлю для створення ливарних напівформ. Далі створимо лінію рознімання й заодно перевіримо ухил. Для цього з інструментальної панелі «**Інструменти для литейной форми**» викличте команду - «**Линии разъема**». Інструмент «**Линии разъема**» використовується для перевірки ухилу й додавання ліній рознімання, а також для відділення напівформ.

У діалоговому вікні «**Базовая линия уклона**» для поля «**Направление натяжения**» вкажіть мишею в дереві конструювання площина «**Спереди**». Оскільки деталь Втулка симетрична, то не має значення установка параметра - «**Реверс направления**» (рис. 12.51).

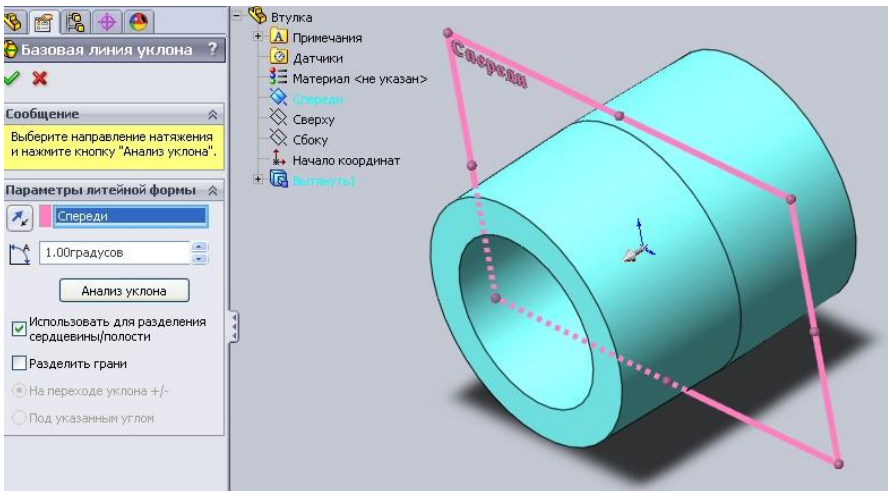


Рисунок 12.51 - Створення лінії рознімання

Натисніть кнопку «**Анализ уклона**», щоб перевірити ухил моделі. На вкладці «**Линии разъема**» для параметра «**Кромки**» відображаються крайки, які визначають шлях лінії рознімання. У цьому випадку виникла тільки одна крайка - **Крайка<1>** (рис. 12.52).

Якщо модель включає замкнений контур ланцюжка крайок між позитивними й негативними гранями (без поверхонь перетинання), лінія рознімання буде створена уздовж цього ланцюжка крайок. Однак створена системою лінія рознімання не гарантує достатній ухил усіх граней. При цьому модель офарбилася в різні кольори: зелений колір - позитивний ухил, що забезпечує видалення; жовтий колір - без ухилу;

червоний колір - негативний ухил, що не дає вільно витягати деталь;
синій колір - перетинання.

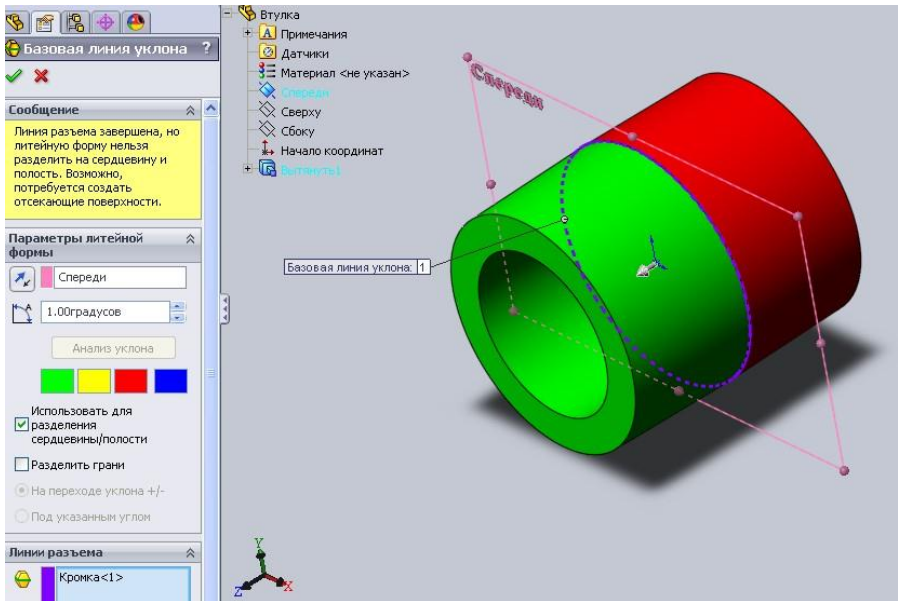


Рисунок 12.52 - Проверка уклона

За бажанням користувача кольори можна поміняти, якщо клацнути мишею по одному із квадратів. Покрутіть деталь і перевірте відсутність поверхонь перетинання або граней без ухилу. Оскільки в нашій деталі відсутні жовті й сині кольори, вона відповідає всім вимогам. Перевірте по рис. 12.52 коректність установки параметрів і натисніть кнопку **ОК** для створення лінії рознімання.

Щоб розрізати ливарну форму на дві частини, необхідні дві закінчені поверхні (поверхня серцевини й поверхня порожнини) без яких-небудь наскрізних отворів. Відсікаючі поверхні закривають наскрізні отвори. На панелі інструментів «**Инструменты для литейной формы**» натисніть кнопку «**Отсекающие поверхности**». Усі наскрізні отвори відображаються на вкладці «**Кромки**». У цій вкладці встановіть прапорці:

- «**Сшить**» - поєднує кожну, відсікаючу поверхню з поверхнею напівформ ливарної форми;

- **«Выбрать контуры»** - вибирає контури, які не є правильними отворами;
- **«Показать условные обозначения»** - показує умовні позначки контурів. У графічній області умовні позначки вказують кожен петлю з типом заповнення поверхні за замовчуванням **«Контакт»**.

Перевірте по рис. 12.53 коректність установки параметрів і натисніть кнопку **ОК** для створення відсікаючих поверхонь.

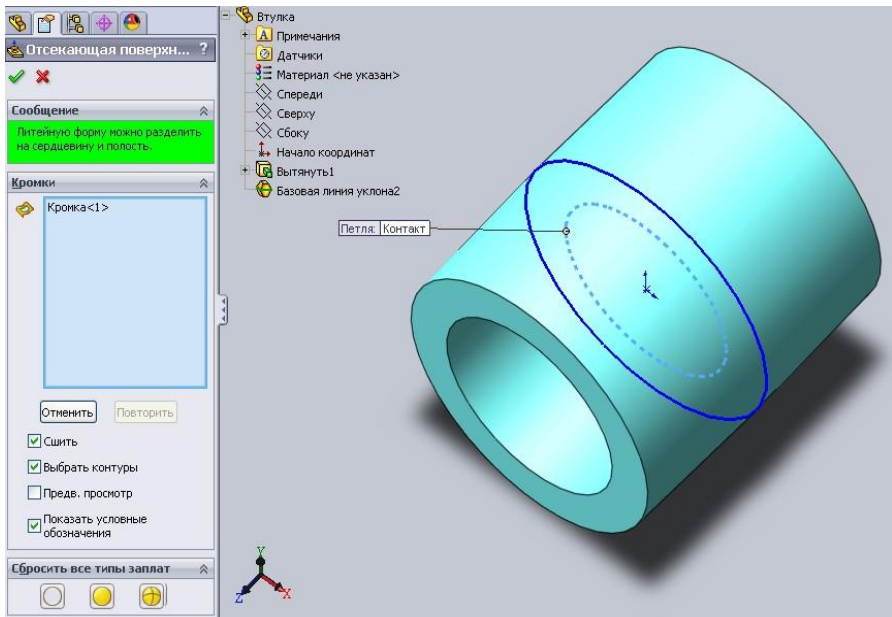


Рисунок 12.53 - Перевірте коректність установки параметрів

Створення поверхонь рознімання.

Поверхні рознімання витягаються з лінії рознімання й використовуються для відділення напівформ ливарної форми. Для цього на панелі інструментів **«Инструменты для литейной формы»** натисніть кнопку - **«Поверхности разъема»**. На вкладці **«Параметры литейной формы»** виберіть параметр **«Перпендикулярно к натяжению»**. На вкладці **«Поверхность разъема»** встановіть для параметра **«Расстояние»** значення 10 мм. На вкладці **«Параметры»** встановіть прапорці **«Предв. просмотр»** і **«Сшить все поверхности»**. Натисніть кноп-

ку **«Реверс направления смещения»**, щоб поверхня рознімання була зовні деталі. Перевірте по рис. 12.54 коректність установки всіх параметрів і натисніть кнопку **ОК** для створення поверхонь рознімання.

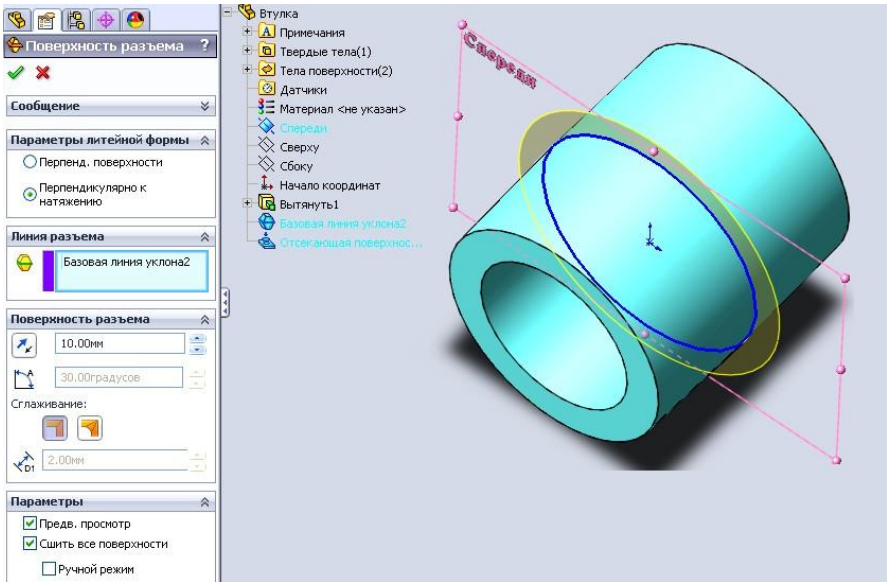


Рисунок 12.54 - Створення поверхонь рознімання

Неоднорідний колір моделі свідчить, що поверхня напівформи (порожнини) збігається із гранями твердого тіла. Поверхня рознімання відобразиться в полі **«Тела поверхности разъема»** в розділі **«Тела поверхности»** дерева конструювання.

Поділ інструментів.

Тепер створимо площину поділу інструментів. Для цього зробіть площину **«Спереди»** активною, клацнувши по ній мишею в дереві конструювання. Потім натисніть і втримуйте клавішу **<Ctrl>**, захопіть мишею в графічній області площину **«Спереди»** (при цьому курсор змінить свою форму) і перетягніть її уздовж осі деталі. У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **«Плоскость»**, у полі якого **«Смещение»** задайте відстань 70 мм (рис. 12.55). Натисніть кнопку **ОК** - у такий спосіб ми створимо нову площину **«Плоскость1»**. Тепер зробіть активною нову площину й потім на панелі інструментів **«Інструменти для литейной формы»** викличте команду

- «Разделение инструментов». На знову створений площині відкриється ескіз, у якому намалуйте прямокутник, показаний рис. 12.56.

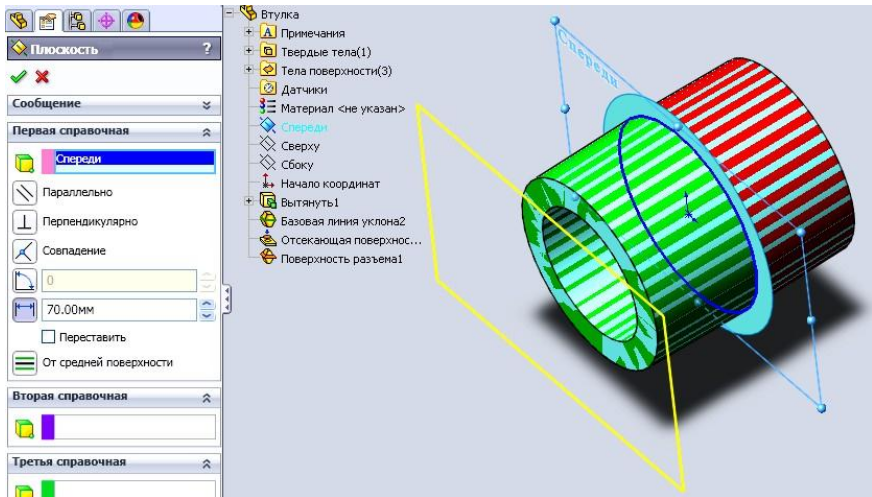


Рисунок 12.55 - Зміщення площини на 70 мм

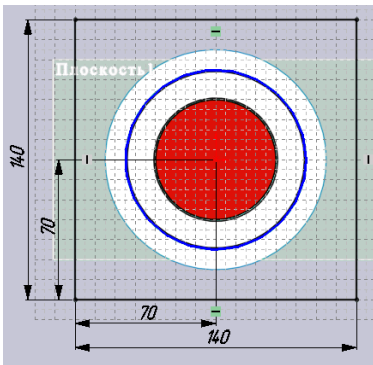


Рисунок 12.56 - Ескіз прямокутника

Закінчіть режим малювання ескізу. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно «Разделение инструментов». У цьому вікні відобразиться наступне (рис. 12.57): «Отсекающая поверхности1[1]» у розділі «Сердцевина»; «Отсекающая поверхность1[2]» у розділі «Полость»; «Поверхность разъема1» у розділі «Поверхность разъема».

На вкладці «Размер блока» для параметра «Глубина в направления 1» установіть значення 30 мм, для «Глубина в направления 2» - 150 мм, тому що створений інструмент повинен перекривати деталь. Установіть прапорець «Заблокировать поверхность» й значення 3° параметра - «Угол уклона». Заблокована поверхня оточує периметр поверхонь рознімання майже в перпендикулярному напрямку (у більшості випадків) з ухилом в 5°.

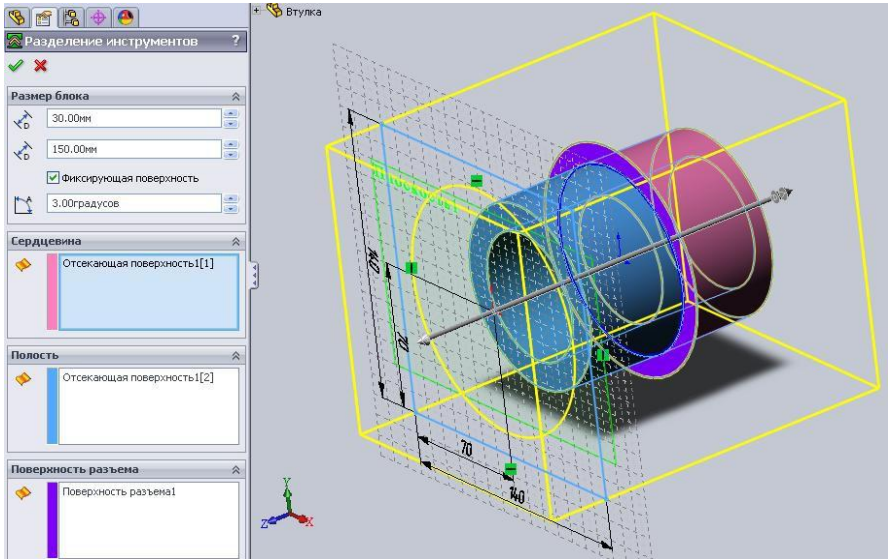


Рисунок 12.57 - Поділ інструментів

Як і всі грані з ухилом, заблокована поверхня відхиляється від лінії рознімання. Заблоковані поверхні використовуються в наступних цілях:

- для ущільнення ливарної форми належним чином з метою запобігання витoku ливарного матеріалу;
- для направлення інструменту під час процесу ливарного формування;
- для збереження вирівнювання між об'єктами інструментів;
- для запобігання появи зсувів, нерівних поверхонь або стінок неправильної товщини;
- для зменшення вартості обробки формотримувачів поперек лінії поділу, оскільки область заблокованої поверхні є плоскою.

Перевірте по рис. 12.57 коректність установки всіх параметрів і натисніть кнопку **ОК** для створення блоків поділу інструментів. У результаті ми одержимо форму, показану на рис. 12.58. Для відділення ливарної форми одна від одної натисніть кнопку - **«Переместить/копировать тела»** на панелі інструментів **«Элементы»**. Клацніть мишею по вкладці **«Тела для перемещения»**. Потім виберіть у

графічній області тіло верхньої напівформи. «Вращать» кнопку «Вращать» аж унизу діалогового вікна. На вкладці «Преобразовать» встановіть значення - 170 мм для ΔZ (рис. 12.59).

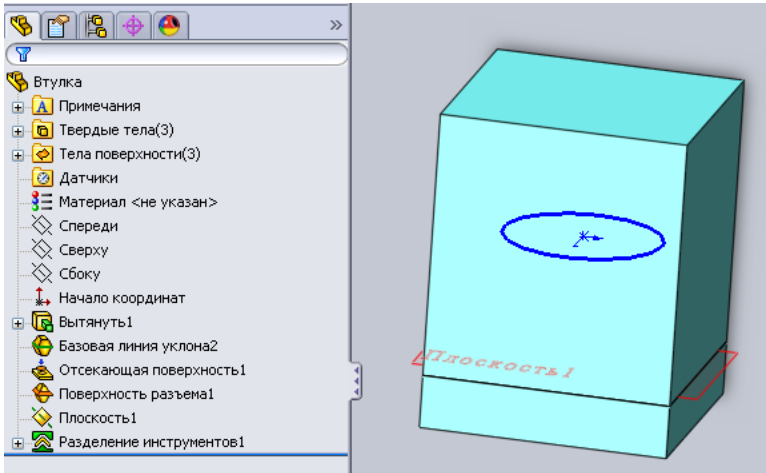


Рисунок 12.58 - Ливарна форма

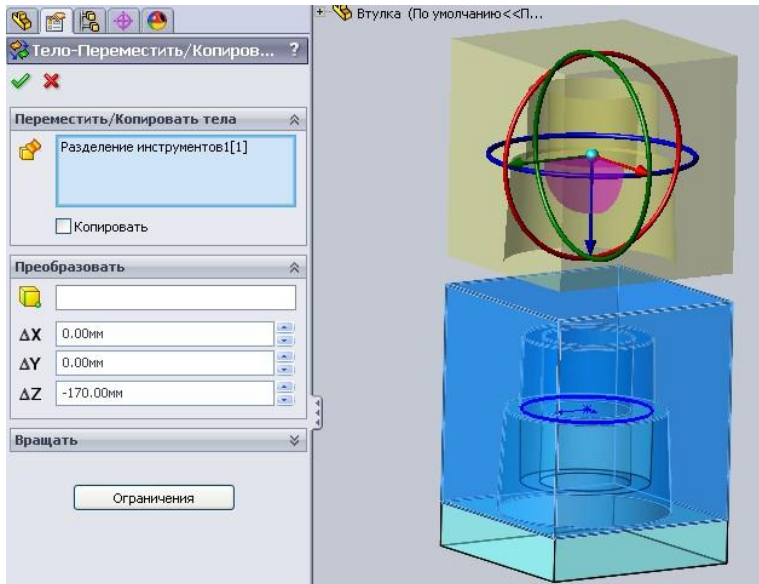


Рисунок 12.59 - Процесс отделения форм

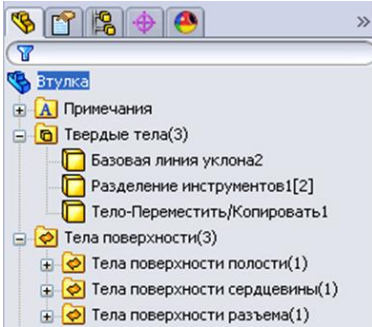


Рисунок 12.60 - Параметры відображення напівформ

Мінус потрібний тому, що вісь Z спрямована вниз. Натисніть кнопку **ОК** - і ви одержите поділ інструментів. Далі перейдемо до установлення видимості ливарної форми. Отже щоб відобразити об'єкти напівформ без додаткових тіл або поверхонь, у дереві конструювання необхідно буде вибрати в розділі «Твердые тела (3)» і «Тела поверхности(3)» параметри «Скрыть твердое тело» й «Скрыть тело поверхности» (рис. 12.60).

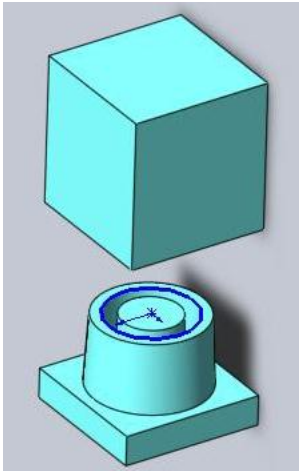


Рисунок 12.61 - Тіла поверхні роз'єму

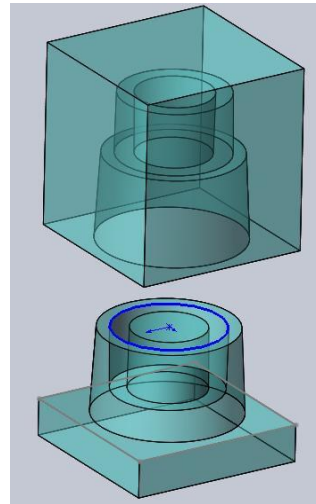


Рисунок 12.62 - Зміна прозорості

Щоб сховати тверде тіло втулки, у розділі «Твердые тела (3)» клацніть правою кнопкою миші на елементі «Базовая линия уклона2» і в контекстному меню, що випадає, виберіть пункт - «Скрыть». Аналогічно зробіть з кожною з наступних папок у розділі «Тела поверхности(3)»:

- Тела поверхности полости(1);
- Тела поверхности сердцевин(1);

- **Тела поверхности разъема(1)** (рис. 12.61).

Правою кнопкою миші клацніть на деталі й у контекстному меню, що з'явилося, виберіть пункт - **«Внешние виды»**. Виберіть пункт **«Втулка»**, щоб змінити прозорість усієї деталі.

У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно **«Цвет»**, і в розділі **«Дополнительно»** на вкладці **«Освещение»** перемістіть повзунок **«Прозрачность»** у середнє положення. Натисніть кнопку **ОК** - і ви одержите деталь, показану на рис. 12.62. Збережіть отриману форму для лиття під іменем **«Втулка.sldprt»**.

Питання для самоперевірки

1. Які категорії завдань можна вирішувати за допомогою інструментів для створення ливарних форм?
2. Окрім створення деталей, в яких ще випадках використовують інструменти для роботи з ливарними формами?
3. Розкажіть основні принципи створення ливарних форм у системі SolidWorks.
4. Назвіть основні команди для створення ливарних форм.
5. Які операції виконують при проектуванні ливарних форм?
6. Чи є необхідність у створенні проміжних складань?
7. Як створити ливарну напівформу?
8. Чи є необхідність створення проміжного складання при оформленні складної порожнини багатотільної деталі?
9. Розкажіть загальний алгоритм створення порожнини складної ливарної форми.
10. Як розрізати деталь і одержати дві половини ливарної форми?
11. Розкажіть алгоритм створення ливарної форми зі складним розніманням.
12. Де в SolidWorks розташовуються тіла й поверхні моделей при створенні ливарних форм?
13. Для чого потрібно проводити аналіз ухилів форми?
14. Які вимоги до виштовхування моделі з ливарної форми?
15. Яке призначення інструмента Draftxpert?
16. Як змінити величину ливарного ухилу?
17. Яке призначення інструмента «Анализ выточки»?
18. Розкажіть загальний алгоритм створення поверхонь рознімання.
19. З якою метою блокують поверхні рознімання?

ЛЕКЦІЯ № 13. ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

План лекції. Основні принципи оформлення креслень в SolidWorks. Створення додаткових видів. Додавання приміток. Настроювання розмірних ліній. Настроювання відображення тексту розміру. Оформлення складального креслення. Оформлення специфікації.

Література: [1] - [3], [6], [10], [15].

На даній лекції будуть розглянуті основні принципи створення креслень у SolidWorks відповідно до вимог стандартів на прикладі побудови елементів креслень, використовуваних в оформленні конструкторської документації.

Основні принципи оформлення креслень в SolidWorks.

SolidWorks дозволяє досить просто генерувати креслення створених у ньому деталей, вузлів і виробів. Креслення підтримують двосторонній асоціативний зв'язок із тривимірними моделями. При внесенні змін у модель її креслення автоматично модифікується відповідно до них. І навпаки, якщо користувач змінює який-небудь розмір на кресленні, це відразу ж відбивається в тривимірній моделі.

У СНД всі креслення виконуються відповідно до ЄСКД (Єдина Система Конструкторської Документації). Щоб швидко виконувати креслення відповідно до ГОСТ, користувачеві рекомендується встановити в SolidWorks шаблони форматок з основними написами, розмірами від А0 до А4, а також бланки специфікацій.

Усю роботу зі створення й оформлення креслення в SolidWorks можна розділити на наступні етапи.

1. Вибір креслярського шаблону форматок з основним написом.
2. Створення необхідних видів на кресленні й операції з видами.
3. Нанесення розмірів і настройка параметрів їх відображення.
4. Додавання приміток інших типів: шорсткостей, відхилень форми, баз і т.д.
5. Друк креслення.
6. Оформлення специфікації.

Отже далі ми розглянемо ці етапи на конкретних прикладах.

Установка шрифтів і шаблонів SolidWorks.

Щоб текст на кресленнях по своєму накресленню відповідав

ЄСКД (ГОСТ 2.304-81 Шрифти креслярські), у систему необхідно додати відповідні шрифти. Оскільки SolidWorks користується шрифтами, установленими в Windows, то слід перевірити наявність файлів **Gost_a.ttf** і **Gost_b.ttf** у папці Fonts системи Windows.

Тобто, якщо система Windows установлюється на диск C:, ця папка розташовується по наступному шляхові: C:\Windows\Fonts. За замовчуванням папка є схованою. В ній і слід перевірити наявність (коректність) установки цих файлів шрифтів. Для цього в Windows пройдіть шлях: «Пуск | Настройка | Панель управління | Шрифти». У вікні установлених шрифтів, що відкрилося, перевірте наявність файлів **Gost_a.ttf** і **Gost_b.ttf**.

Далі перевірте наявність (встановіть) в SolidWorks шаблонів документів («Деталь», «Сборка» і «Чертеж»), які вже настроєні для роботи, відповідно до вимог ЄСКД.

Шаблон креслення - це спеціальний тип файлів SolidWorks з розширенням **drwdot**. У файлі шаблону креслення втримуються налаштування за замовчуванням для відображення розмірів, стрілок розмірів, розмірних і виносних ліній.

Вказані шаблони повинні знаходитися у папці Templates, в каталозі установки SolidWorks C:\Program Files\SolidWorks Corp\SolidWorks\Data. Отже запустіть програму SolidWorks і в рядку меню виберіть «Інструменти | Параметри» або просто натисніть кнопку - «Параметри».

Відкриється вікно «Настройки пользователя». Потім клацніть мишею по розділу «Месторасположение файлов». Відкриється діалогове вікно «Настройки пользователя», показане на рис. 13.1 - перевірте, щоб у розділі «Отобразить папки для» стояв прапорець «Шаблони документів». Потім натисніть кнопку «Добавить». Далі у вікні «Обзор папок» виберіть шлях до скопійованої папки C:\Program Files\SolidWorks Corp\SolidWorks\data\templates. Обраний шлях повинен відобразитися в розділі «Папки» (рис. 13.1).

Клацніть мишею по розділу «Шаблоны по умолчанию». Відкриється діалогове вікно «Настройки пользователя», показане на рис. 13.2. У правій стороні вікна показані шляхи до файлів в SolidWorks за замовчуванням. Натисніть кнопку й на запит системи про зміну налаштувань на заводські натисніть кнопку **ОК**.

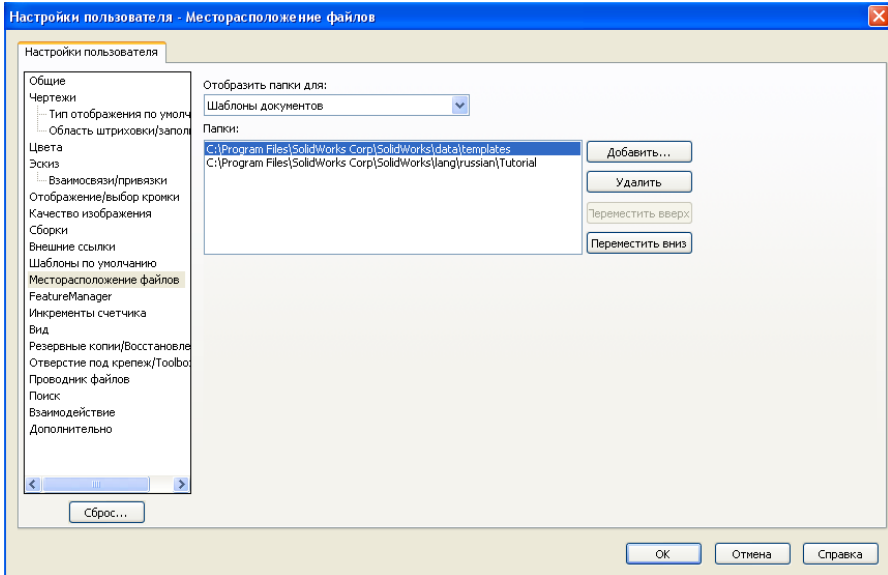


Рисунок 13.1 - Розділ «Месторасположение файлов»

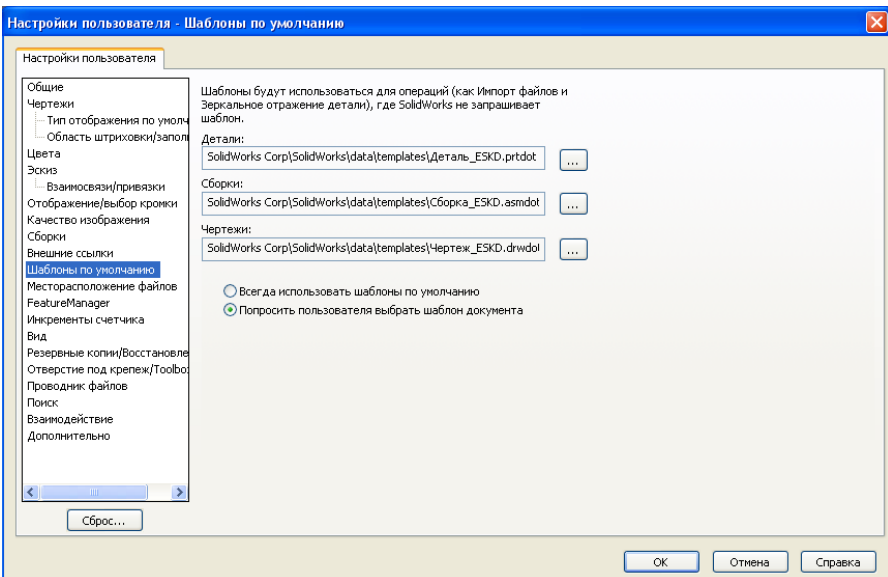


Рисунок 13.2 - Розділ «Шаблоны по умолчанию»

Тепер для завдання нового шляху до шаблону «Деталь» натисніть кнопку - «**Найдите шаблон по умолчанию**» і у вікні «**Новый документ SolidWorks**», що відкрилося, показаному на рис. 13.3, виберіть вкладку «**Шаблоны**» й клацніть мишею по елементу «**Деталь_ESKD**». Натисніть кнопку **ОК**. Зазначений шлях відобразиться у вікні «**Настройки пользователя**».

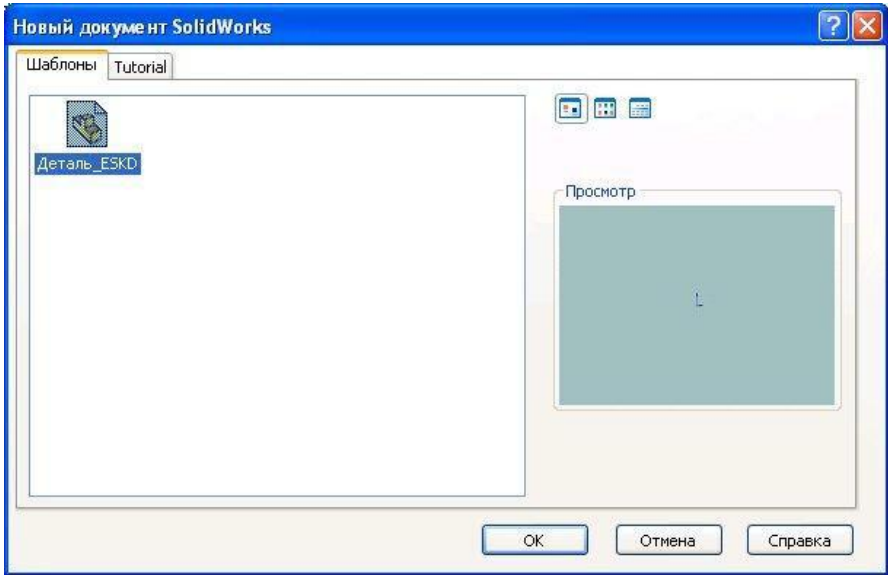


Рисунок 13.3 - Вікно «Новый документ SolidWorks»

Аналогічну процедуру проробіть для інших шаблонів: для елемента «**Сборка**» виберіть шаблон «**Сборка_ESKD**», для елемента «**Чертежи**» - шаблон «**Чертеж_ESKD**». Після цього встановіть прапорець «**Всегда использовать шаблоны по умолчанию**» (рис. 13.2) і натисніть кнопку **ОК**. Тепер при відкритті будь-якого нового документа в SolidWorks будуть використані шаблони, адаптовані для проектування деталей і створення креслень відповідно до ЕСКД.

Далі встановіть шаблони стандартних форматок креслень від А0 до А4 зі штампом основного напису. Користувачі, звичайно ж, можуть створити свої власні формати й зберегти їх як шаблони в каталог користувача «C:\Documents and Setting\ <Ім'я користувача>\ Application Data\ SolidWorks\ SolidWorks\ lang\ russian\ Sheetformat». Тепер при

відкритті шаблону **«Чертеж»**, крім форматів за замовчуванням, будуть пропонуватися стандартні формати ГОСТ 2.301-613.

Створення нового креслення.

Для створення нового креслення запустіть SolidWorks і виберіть команду меню **«Файл | Новый»** або просто натисніть кнопку - **«Создать»** інструментальної панелі **«Стандартная»**. Відкриється вікно **«Новый документ SolidWorks»**. Клацніть кнопку - **«Двухмерный технический чертеж»** і потім **ОК**. Відбудеться загрузка шаблону креслення й вікна **«Формат листа/Размер»**. У даному діалоговому вікні користувач може вибрати один зі стандартних або користувацький розмір аркуша й файл основного напису за замовчуванням.

Установіть перемикач **«Размер листа»** в положення **«Стандартный размер листа»**, якщо він не встановлений за замовчуванням. Нижче, у вікні стандартних форматів будуть перераховані шаблони креслень, виконаних по міжнародному стандарту ISO. А в самому кінці списку будуть розташовані шаблони для креслень у відповідності зі стандартом ЄСКД. Якщо ж у вас нестандартний аркуш, установіть перемикач у положення **«Пользовательский размер листа»** й задайте ширину й висоту креслення в міліметрах.

Для навчальних цілей виберіть стандартний розмір аркуша A2 (формат **ESKD_a2_1**) (рис. 13.4). Зовнішній вигляд і розміри обраної форматки відобразяться у вікні **«Просмотр»**. Натисніть кнопку **ОК**. У графічній області побудов з'явиться порожній аркуш креслення з основним написом. При цьому в менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **«Вид модели»** (рис. 13.5). Якби у вас були завантажені файли деталей або складань, то у вікні **«Открыть документы»** на панелі **«Деталь/сборка для вставки»** відобразилися б імена цих файлів.

Якщо вікно **«Открыть документы»** порожнє, то натисніть кнопку **«Обзор...»** і за допомогою провідника Windows знайдіть необхідний файл. Для прикладу завантажте деталь **«Корпус редуктора.sldprt»** яка була створена раніше, для складання редуктора. Вибравши деталь, натисніть кнопку **«Открыть»** для вставки моделі в креслення. Вікно **«Вид модели»** змінить свою конфігурацію.

Створення головного виду.

На вкладці **«Ориентация»** зніміть прапорець (якщо він встановлений) **«Создать несколько видов»** і в розділі **«Стандартные виды»** натисніть кнопку - **«Спереди»** (рис. 13.6) для побудови виду.

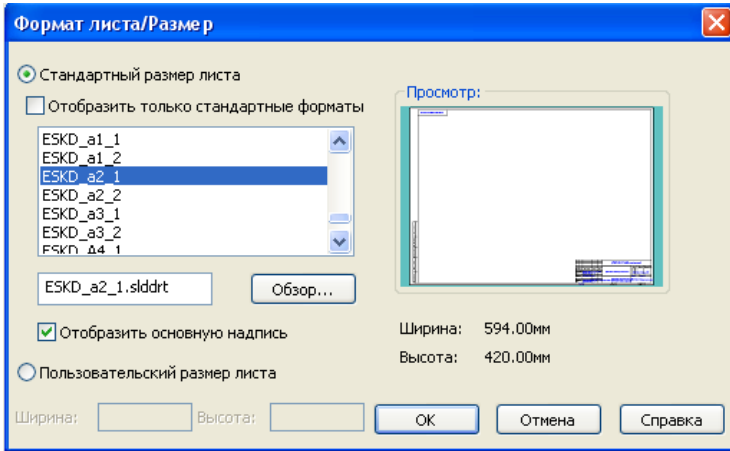


Рисунок 13.4 - Вибір аркуша A2 стандартного розміру

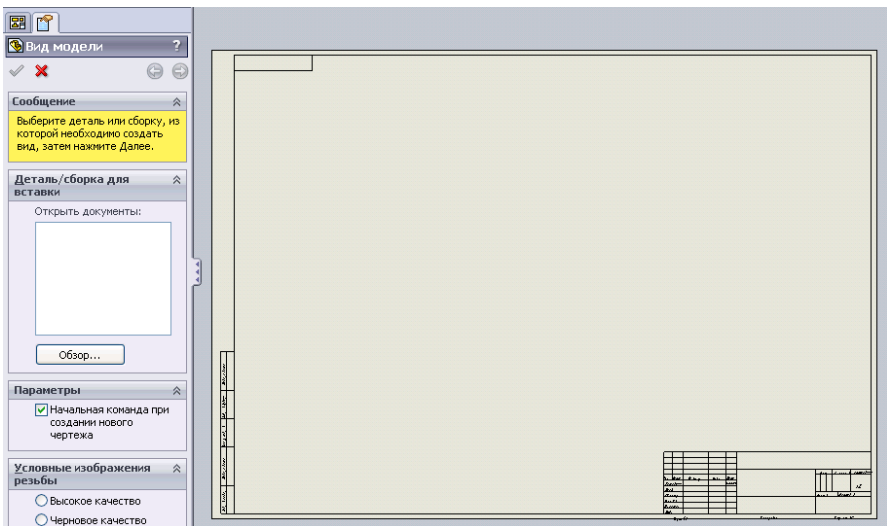


Рисунок 13.5 - Діалогове вікно «Вид модели»

Установіть прапорець **«Предв. просмотр»**, щоб попередньо відобразити креслярський вид у графічній області. На вкладці **«Параметры»** встановіть прапорець **«Авто-запуск проекционного вида»**. На вкладці **«Качество изображения»** виберіть режим - **«Скрыть невидимые линии»**.

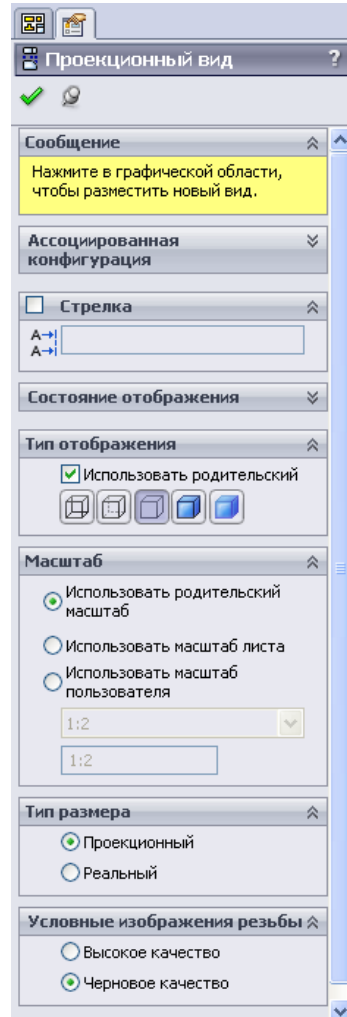
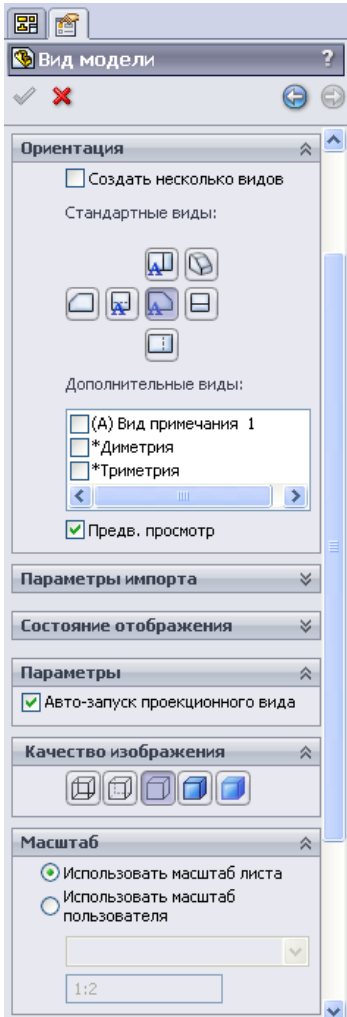


Рисунок 13.6 - Процесс побудови виду

Рисунок 13.7 - «Проекционный вид»

На вкладке «**Масштаб**» задайте параметр «**Использовать масштаб листа**», щоб при створенні вставленого креслярського виду програма SolidWorks сама, з урахуванням розмірів моделі й обраного аркуша креслення, підбрала оптимальний масштаб для видів, які будуть розташовуватися на даному аркуші. Для нашої моделі «Корпус редук-

тора» оптимальним є масштаб 1:2. Інші параметри залишіть як є. Тепер перемістіть покажчик миші в графічну область. Поруч із покажчиком миші виникне вид **«Спреди»**. Натисніть ліву кнопку миші в тому місці графічної області, де ви прагнете розмістити креслярський вид **«Спреди»**.

Створення проєкційних видів.

Відразу ж автоматично запуститься команда створення проєкційних видів і в менеджері властивостей з'явиться вікно **«Проекционный вид»** (рис. 13.7), у якому можна виконувати настроювання параметрів створюваних видів. Для кожного проєкційного виду можна встановлювати свої параметри. Зверніть увагу, що параметри проєкційних видів успадковують параметри батьківського виду, тобто того виду, від якого створено проєкційний вид.

Тепер перемістіть курсор нижче виду **«Спреди»** й клацніть у графічній області для створення проєкційного виду **«Снизу»**, потім переведіть курсор праворуч виду **«Спреди»** й також клацніть у графічній області для створення проєкційного виду **«Справа»**. І, нарешті, переведіть курсор по діагоналі вправо й униз щодо виду **«Спреди»** й клацніть для створення ізометричного виду.

Зверніть увагу, що при побудові проєкційних видів, поки ви не нажали ліву кнопку миші, попереднє відображення виду переміщається строго по лінії. Якщо вам необхідне розташування виду не на лінії проєкції, то для того, щоб відчепити проєкційний вид, натисніть клавішу **<Ctrl>** і, утримуючи її, перемістіть вид у потрібне місце. Потім тільки натисніть ліву кнопку миші. По закінченню побудови проєкційних видів натисніть кнопку **ОК**. При цьому в дереві конструювання з'явилися імена створених видів **«Чертежный вид1»** і т.д. (рис. 13.8). Якщо клацнути мишею по виду в графічній області, то цей вид активізується й у менеджері властивостей з'являється вікно із властивостями даного виду, які можна редагувати незалежно від інших видів.

Переміщення видів.

Будь-який створений вид можна переміщати. Для цього підведіть покажчик миші до виду, який потрібно перемістити. При влученні покажчика на границю виду або крайку моделі поруч із покажчиком виникне значок. У цей момент клацніть, захопивши вид, і перемістіть його на нове місце. Якщо проєкційний вид має прив'язку до головного

батьком, клацніть правою кнопкою миші на виді в дереві конструювання, і в контекстному меню що випадає, виберіть команду **«Выровнять | Основная расстановка»**.

Для зміни режиму відображення якого-небудь виду активізуйте мишею цей вид і в діалоговому вікні менеджера властивостей, що з'явилося, натисніть одну із кнопок у розділі **«Тип отображения»**:

- **«Каркасное представление»** (рис. 13.10, А);
- **«Невидимые линии отображаются»** (рис. 13.10, Б);
- **«Скрыть невидимые линии»** (рис. 13.10, В);
- **«Закрасить с кромками»** (рис. 13.10, Г);
- **«Закрасить»** (рис. 13.10, Д).

При редагуванні параметрів дочірнього креслярського виду на вкладці **«Тип отображения»** з'являється прапорець **«Использовать родительский»** (рис. 13.11). Якщо він установлений, то буде використований тип відображення батьківського виду.

Для зміни режиму відображення дотичних крайок (ліній переходу) будь-якого виду, натисніть на цьому виді в дереві конструювання правою кнопкою миші й у контекстному меню, що випадає, виберіть **«Касательная кромка»** (рис. 13.12). У другому контекстному меню, що випадає, виберіть один з наступних пунктів:

- **«Линии перехода видимые»** (рис. 13.13, А);
- **«Линии перехода по стандарту»** (рис. 13.13, Б);
- **«Невидимые линии перехода»** (рис. 13.13, В).

Зміна масштабу виду.

В SolidWorks кожному креслярському виду можна задати свій масштаб. Припустимі масштаби регламентовані в ГОСТ 2.302-613. Для зміни масштабу виду клацніть мишею по цьому виду й у вікні, що відкрилося, менеджера властивостей на вкладці **«Масштаб»** (рис. 13.14) установіть відповідний прапорець.

При зміні масштабу можливі наступні варіанти:

- **«Использовать масштаб родительского»**;
- **«Использовать масштаб листа»** - буде прийнятий масштаб, який призначила система при створенні першого батьківського виду на креслярському аркуші;
- **«Использовать масштаб пользователя»** - можливе завдання будь-якого довільного масштабу зі списку що випадає. При цьому масштаби дочірніх видів можуть відрізнятися від масштабу батьківського виду.

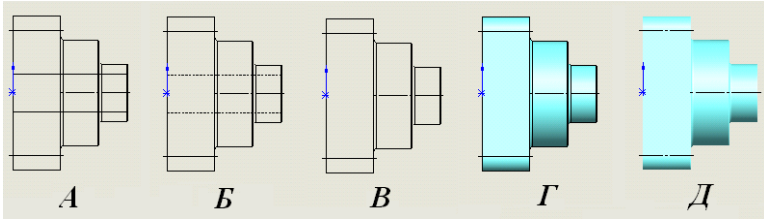


Рисунок 13.10 - Режими відображення видів

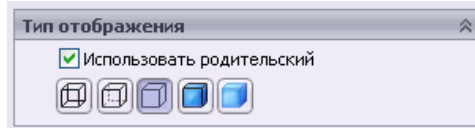


Рисунок 13.11 - Вкладка «Тип отображения»

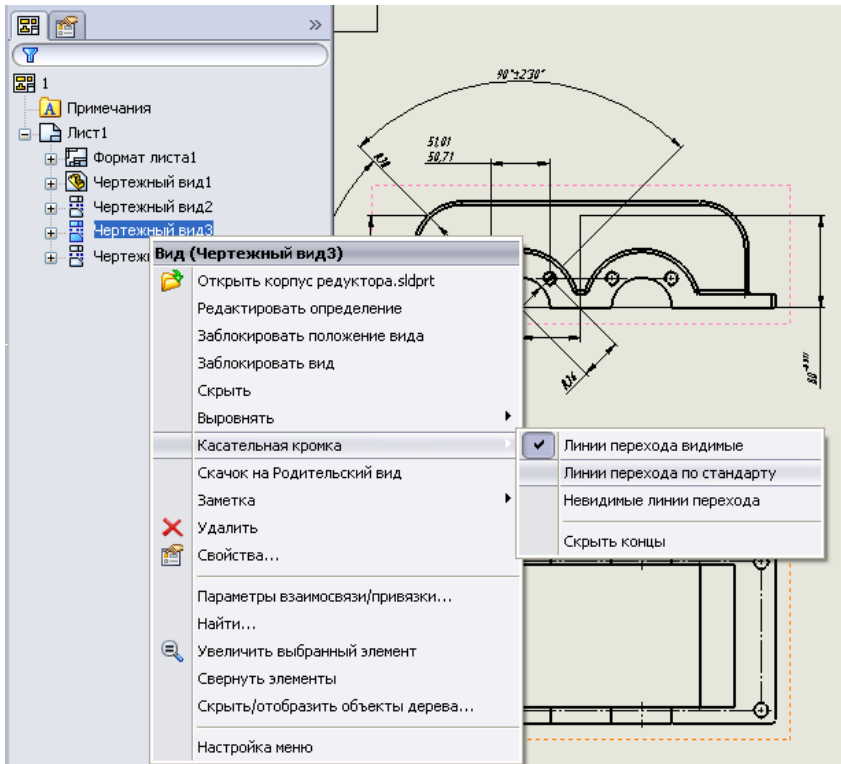


Рисунок 13.12 - Зміна режиму відображення дотичних крайок

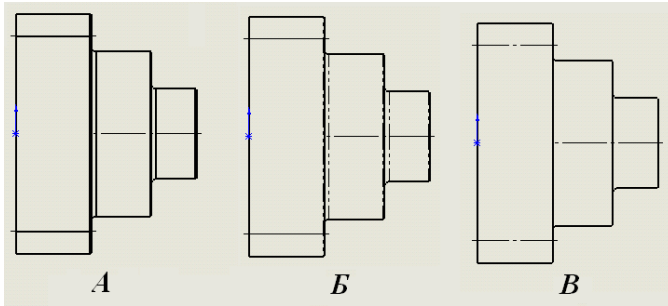


Рисунок 13.13 - Зміна режиму відображення ліній переходу

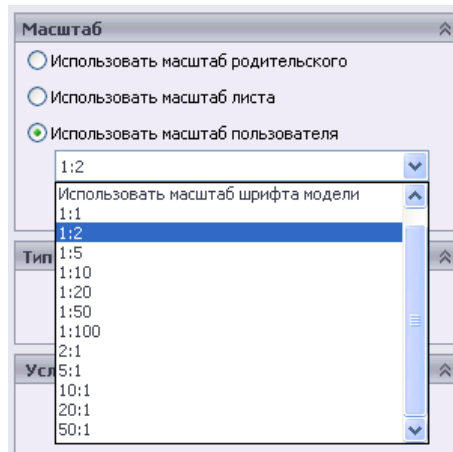


Рисунок 13.14 - Зміна масштабу виду

Проставляння розмірів.

Усі розміри в SolidWorks можна розділити на два види:

- **керуючі розміри**, або розміри, по яких була побудована модель деталі. Керуючі розміри можна змінювати, як перебуваючи в документі моделі, так і безпосередньо із креслення. Для додавання керуючих розмірів у креслення необхідно натиснути кнопку - «Элементы модели» в інструментальній панелі «Примечания»;
- **довідкові** (або керовані) розміри, якими не можна управляти зміною геометрії моделі шляхом редагування. Для перерахування довідкових розмірів необхідно змінити керуючі. При-

чому можна встановити величину розміру, не пов'язану з реальним розміром моделі. Для додавання довідкових або керуючих розмірів у креслення необхідно натиснути кнопку - **«Автоматическое нанесение размеров»** на панелі інструментів **«Размеры/взаимосвязи»** й послідовно вказувати крайки, де ви прагнете додати керовані розміри.

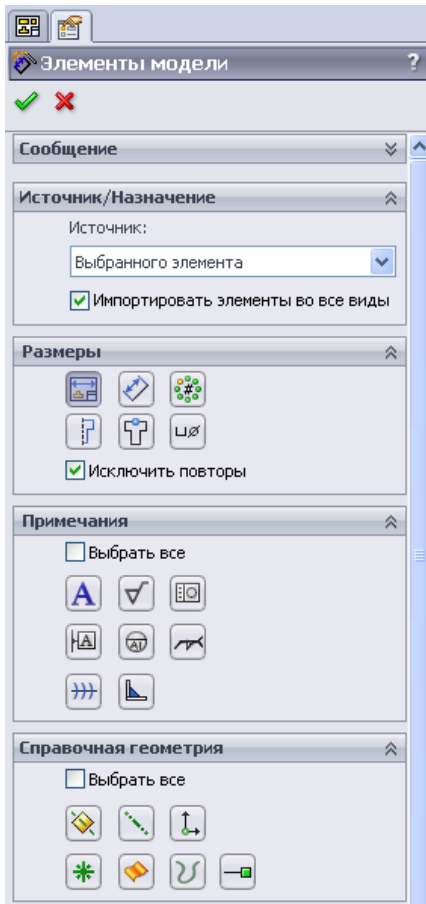


Рисунок 13.15 - Проставляння розмірів на всіх креслярських видах моделі

Для того щоб визначити тип розміру, виконайте подвійне клацання миші на цьому розмірі. Якщо в графічній області з'явиться діалогове вікно **«Изменить»**, то розмір є керуючим, а якщо ні, то, коли програма ніяк не прореагує на подвійне клацання, ви маєте справу з керованим (довідковим) розміром. Усі розміри, які ви проставляли при побудові моделі, можна відобразити на всіх креслярських видах. Для цього виберіть у меню **«Вставка | Элементы модели»** моделі або натисніть кнопку - **«Элементы модели»**. Ця команда здійснює імпорт розмірів, приміток і довідкової геометрії з моделі в обраний вид (рис. 13.15). На вкладці **«Источник/ Назначение»** у вікні **«Источник»** виберіть пункт **«Всей модели»** для імпортування всіх розмірів моделі. Установіть прапорець **«Импортировать элементы во все виды»**. На вкладці **«Размеры»** натисніть кнопку - **«Отмеченные для чертежа»**. Установіть прапорець **«Исключить повторы»**, щоб у кресленні була створена тільки одна копія кожного розміру моделі, і натисніть кнопку **ОК**.

На видах з'являться розміри, які можуть перекривати один одного. За допомогою миші розтягніть розміри по графічній області. Якщо який-небудь розмір вам не потрібний, то клацніть по ньому мишею й натисніть клавішу **<Delete>**. Розмір зникне з виду. Після всіх маніпуляцій з розмірами у вас повинно вийти креслення, показане на рис. 13.16.

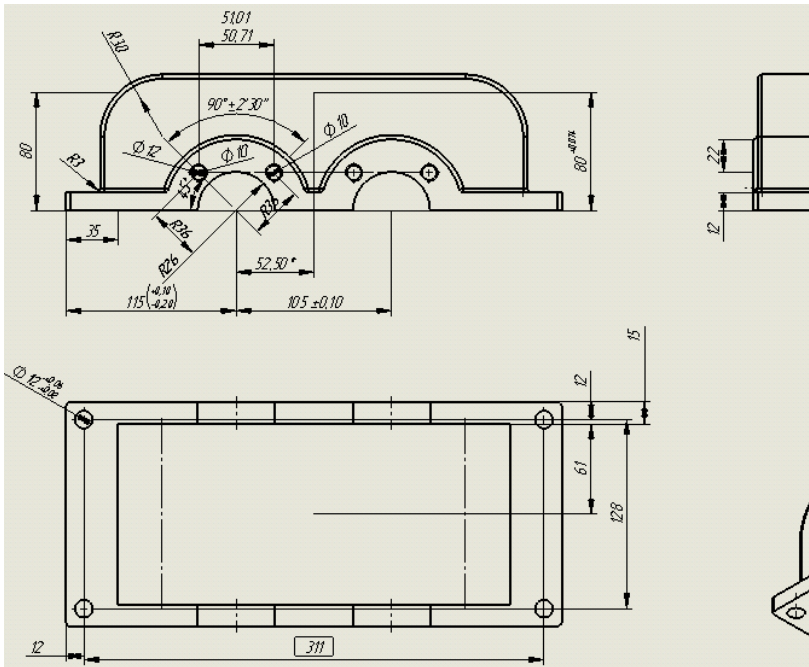


Рисунок 13.16 - Креслення із розмірами

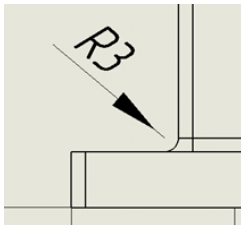


Рисунок 13.17 - Розмір не доходить до контуру деталі

Для того щоб змінити напрямок стрілок із внутрішнього розташування на зовнішнє або навпаки, необхідно вибрати розмір, клацнувши по ньому мишею, а потім клацнути блакитну точку на хвостовику стрілки. При цьому стрілки розміру розвертаються на 180°. Проробіть це з розмірами. На виді «Сверху» розмір скруглення **R3** не доходить до контуру деталі (рис. 13.17).

У діалоговому вікні «**Размер**» перейдіть на вкладку «**Выноски**». У розділі «**Отобразить выноску/выносные линии**» поставте прапорець «**Размер**» усередині дуги (рис. 13.18).

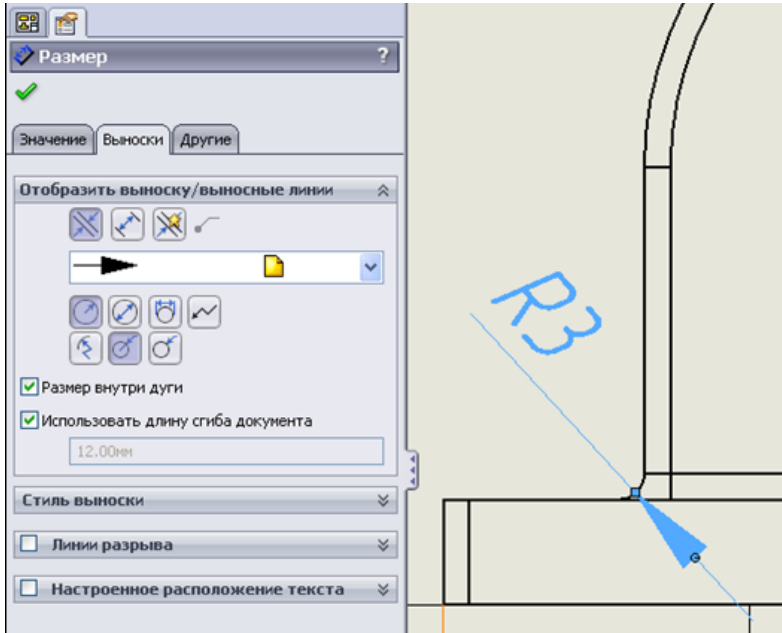


Рисунок 13.18 - Корегування розміру округлення

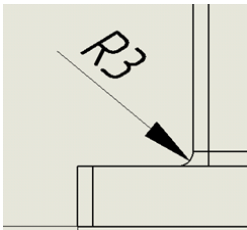


Рисунок 13.19 - Розмір скориговано

Тепер клацніть «**Выноски**» на хвостовику стрілки, щоб розгорнути її на 180°. Після цього натисніть кнопку **ОК** у менеджері властивостей. «**Результат**» показаний на рис. 13.19. У радіуса **R26** на виді «**Спереди**» розмірна лінія продовжується до центру радіуса (рис. 13.20). Для того щоб відключити продовження, викличте знову діалогове вікно «**Размер**» і на вкладці «**Выноски**» в розділі

«**Отобразить выноску/выносные линии**» натисніть кнопку - «**Открыть выноску**», після чого натисніть кнопку **ОК** у менеджері властивостей. Результат показаний на рис. 13.21. Якщо якихось розмірів не вистачає, то їх можна проставити так, як це робилося в ескизах.

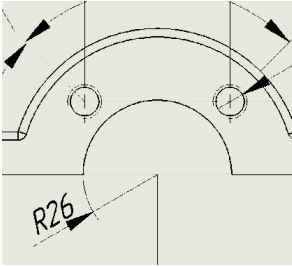


Рисунок 13.20 - Розмірна лінія продовжується до центру радіуса

Для цього в інструментальній панелі «Размеры/взаимосвязи» натисніть кнопку - «Автоматическое нанесение размеров» і вкажіть на виді крайку для проставлення її довжини або вкажіть дві крайки для проставлення відстані між ними. Проставте, наприклад, габаритний розмір 152 деталі на виді «Справа» (рис. 13.22). Після того як розміри будуть додані в креслення, їх можна переміщати усередині одного виду й між видами, а також копіювати.

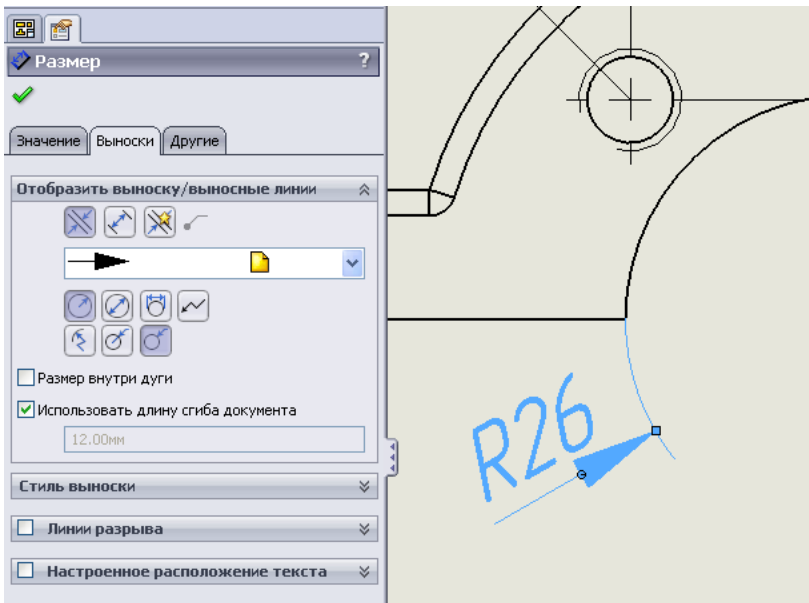


Рисунок 13.21 - Корегування радіуса

Переміщення та копіювання розмірів.

Переміщати або копіювати розмір можна тільки в той вид, орієнтація якого відповідає цьому розміру.

Переміщати або копіювати розміри можна такими способами:

- для переміщення розміру усередині виду натисніть на розмір, захопіть його мишею й перемістіть в нове місце, після чого

- відпустіть кнопку миші;
- для переміщення розміру з виду у вид натисніть клавішу <Shift>, виберіть розмір і перетягніть його усередину границь іншого виду, після чого відпустіть кнопку миші й клавішу <Shift>;
 - для копіювання розміру з одного виду в інший натисніть під час перетаскування розміру клавішу <Ctrl>;
 - для переміщення або копіювання відразу декількох розмірів попередньо виберіть їх. Для вибору декількох розмірів натисніть і тримайте клавішу <Ctrl> у момент вибору. Вибір можна також здійснити "рамкою".

Приміром, перемістіть висотний розмір 92 з виду «Спереди» на вид «Справа» (рис. 13.23).

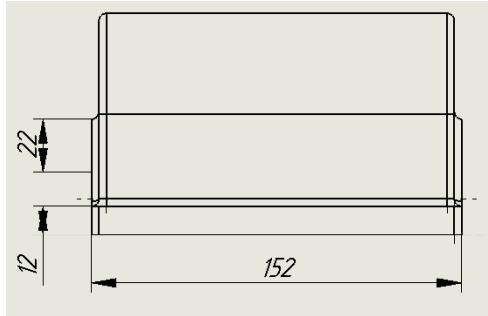


Рисунок 13.22 - Габаритний розмір на виді «Справа»

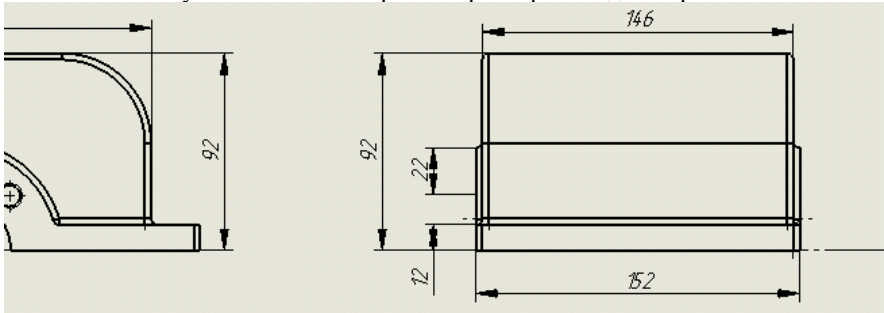


Рисунок 13.23 - Переміщення розміру з виду «Спереди» на вид «Справа»

Зміна розмірів. Оскільки в розмірів у моделі та у креслення є асоціативний зв'язок, то при зміні розміру моделі на виді креслення

відбувається автоматичне оновлення самої моделі, що відбиває дана зміна. Давайте перевіримо це. Перед перевіркою збережіть креслення у файлі креслення під іменем «Корпус редуктора.sldrwt». На виді «Снизу» видно чотири отвори діаметром 12. Допустимо, необхідно змінити діаметр цих отворів на 13. Підведіть курсор до розміру й двічі клацніть мишею по розміру. З'явиться діалогове вікно «Изменить», у якому замість величини 12 мм установіть 13 мм так, як це показано на рис. 13.24.

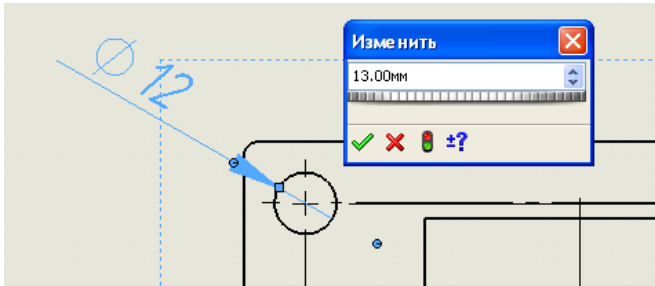


Рисунок 13.24 - Процес зміни діаметру отворів

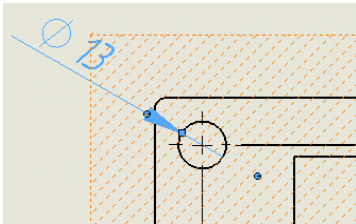


Рисунок 13.25 - Мережа пунктирних ліній

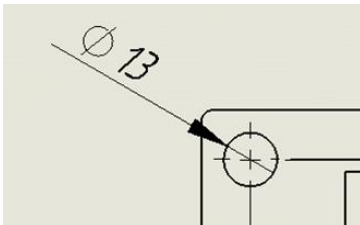


Рисунок 13.26 - Змінено значення діаметру отвору

Натисніть кнопку **ОК**. Креслярський вид покриється мережею пунктирних ліній (рис. 13.25).

Це означає, що в моделі відбулися зміни, і необхідно її перешикувати. Для перебудування моделі натисніть на панелі інструментів «Стандартная» кнопку - «**Перестроить**». Після перебудування діаметр отвору зміниться на 13 мм (рис. 13.26). Тепер перевіримо, чи відбулися зміни в моделі деталі.

Для цього, не закриваючи файлу креслення, завантажте файл деталі «Корпус редуктора.sldprt». Для швидкого завантаження моделі деталі клацніть правою кнопкою миші по кожному з видів креслення й у контекстному меню, що випадає, виберіть «Открыть корпус редуктора.sldprt».

Відкриється файл деталі. У дереві конструювання на елементі, який вимагає перебудування, зазначений значок перебудування. Натисніть на панелі інструментів **«Стандартная»** кнопку - **«Перестроить»**. Тепер розкрийте елемент **«Вырез-Вытянуть2»**, нажавши на значок плюса. Наведіть курсор миші на **«Эскиз6»** (ескіз отвору), що з'явився, натисніть праву кнопку миші й у контекстному меню виберіть - **«Редактировать эскиз»**. У режимі малювання ескізів перевірте, що діаметр окружності дорівнює 13 мм (рис. 13.27). Тепер змініть цей розмір знову, двічі клацнувши мишею по розміру 13 мм. З'явиться діалогове вікно **«Изменить»**, у якому задайте розмір 12 (рис. 13.28).

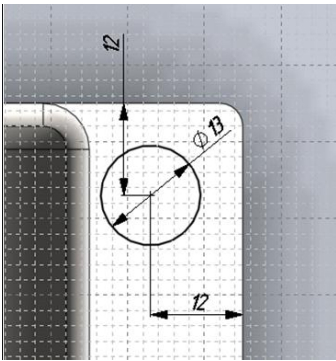


Рисунок 13.27 - Діаметр окружності 13 мм

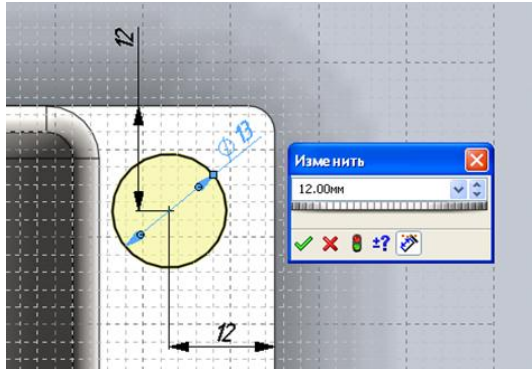


Рисунок 13.28 - Задано діаметр окружності 12 мм

Щоб однією кнопкою прийняти зміни й перешикувати, натисніть у вікні **«Изменить»** кнопку - **«Регенерация модели с текущим значением»**. Натисніть кнопку **ОК**, потім вийдіть із ескізу й перейдіть у креслення деталі. Діаметр отвору на кресленні знову 12 мм, що підтверджує двосторонній взаємозв'язок розмірів моделі й креслення.

Редагування основного напису.

В SolidWorks можна створювати свій власний основний напис креслення. Оскільки були встановлені шаблони форматок креслення, то знову малювати основний напис немає необхідності. Але залишилася потреба редагувати основний напис, щоб внести оригінальну інформацію користувача в поля напису. Перш ніж редагувати основний напис, можна внести інформацію із властивостей деталі. Щоб відреда-

гувати властивості деталі, натисніть правою кнопкою миші на кожному з видів креслення в дереві конструювання й в контекстному меню, що випадає, виберіть команду «Открыть корпус редуктора.sldprt». Завантажиться файл деталі «Корпус редуктора». Далі виберіть у меню «Файл | Свойства» й у діалоговому вікні «Суммарная информация», що відкрилося, перейдіть на вкладку «Настройки» (рис. 13.29).

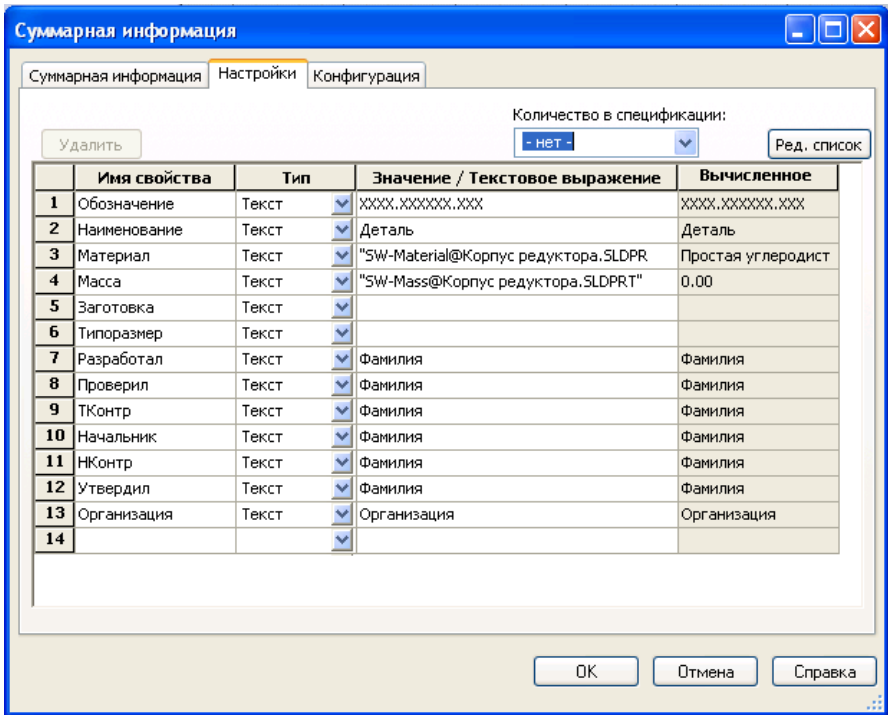


Рисунок 13.29 - Діалогове вікно «Суммарная информация»

Змініть значення полів «Значение/Текстовое выражение», наприклад, як на рис. 13.30, натисніть кнопку **ОК** і закрийте діалогове вікно «Суммарная информация».

Збережіть деталь, нажавши кнопку - «Сохранить» на панелі інструментів «Стандартная», і перейдіть у файл креслення «Окно | Корпус редуктора - Лист1». Поля в основному напису повинні бути частково заповнені. Для остаточного формування основного напису необхідно перейти в режим її редагування.

Суммарная информация

Суммарная информация | Настройки | Конфигурация

Удалить

Количество в спецификации: - нет -

Ред. список

	Имя свойства	Тип	Значение / Текстовое выражение	Вычисленное
1	Обозначение	Текст	АБВГ.123456.100	АБВГ.123456.100
2	Наименование	Текст	Корпус редуктора	Корпус редуктора
3	Материал	Текст	"SW-Material@Корпус редуктора.SLDPR"	Простая углеродист
4	Масса	Текст	"SW-Mass@Корпус редуктора.SLDPR"	0.00
5	Заготовка	Текст		
6	Типоразмер	Текст		
7	Разработал	Текст	Иванов	Иванов
8	Проверил	Текст	Петров	Петров
9	ТКонтр	Текст	Сидоров	Сидоров
10	Начальник	Текст	Фамилия	Фамилия
11	НКонтр	Текст	Симонов	Симонов
12	Утвердил	Текст	Максимов	Максимов
13	Организация	Текст	БХВ-Петербург	БХВ-Петербург
14				

OK Отмена Справка

Рисунок 13.30 - Зміна значення полів

Щоб перейти в режим редагування основного напису, у дереві конструювання натисніть праву кнопку на елементі «Лист1». У контекстному меню, що випадає, виберіть пункт «**Редактировать основную надпись**». Усі креслярські види зникнуть, а в основному написі виникнуть поля, які можна редагувати (рис. 13.31).

				1234.1234.123			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.				24.01.2006	Корпус редуктора		
Пров.	Петров				Лит.	Масса	Масштаб
Т.контр.	Сидоров				99	19.18	1:2
				Лист 1 Листов 1			
Н.контр.	Симонов				Легированная сталь		
Утв.	Максимов				БХВ-Петербург		
Корпус редуктора				Копировал		Формат А2	

Рисунок 13.31 - Редагування основного напису креслення

Щоб відредагувати яке-небудь поле, просто двічі клацніть по ньому мишею. У вікні «**Форматирование**» (рис. 13.32) можна задати шрифт, його тип і колір, а також розмір. Спробуйте відредагувати основний напис приблизно так, як показано на рис. 13.33.

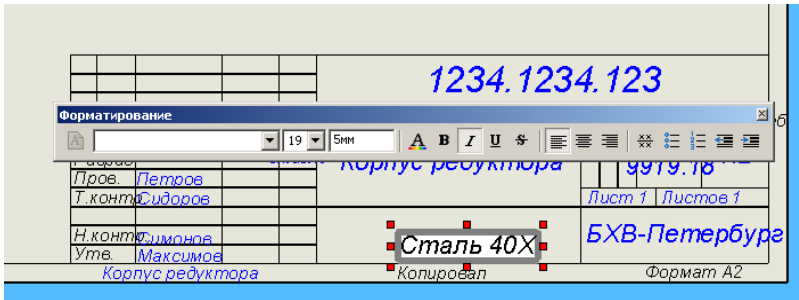


Рисунок 13.32 - Вікно «Форматирование»

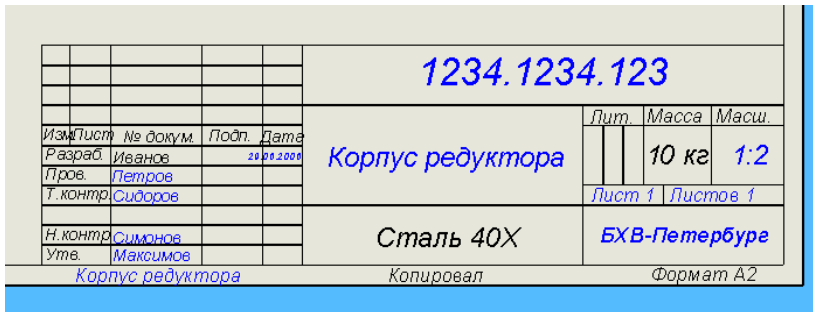


Рисунок 13.33 - Відредагований основний напис креслення

Для закінчення редагування основного напису клацніть правою кнопкою миші в графічній області й у контекстному меню, що випадає, виберіть пункт «**Редактировать лист**». Програма повернеться в режим малювання креслення. Якщо вам щораз буде вимагатися саме такий основний напис (прізвища, організація, шифр і т.п.), то перш ніж виконувати креслення, сформууйте основний напис, а потім збережіть креслення як шаблон: виберіть «**Файл | Сохранить как**» і в полі «**Тип файла**» виберіть «**Шаблоны чертежей (*.drwdot)**».

Друк креслення. Для друку креслення деталі виберіть у меню «**Файл | Печать**». З'явиться діалогове вікно «**Печать**», у якому необхідно вибрати принтер для друку документів. Далі натисніть кнопку

«Толщина линии». Відкриється діалогове вікно «Свойства документа - Толщина линии» (рис. 13.34), у якому можна задати до 8 різних градацій ліній по товщині.

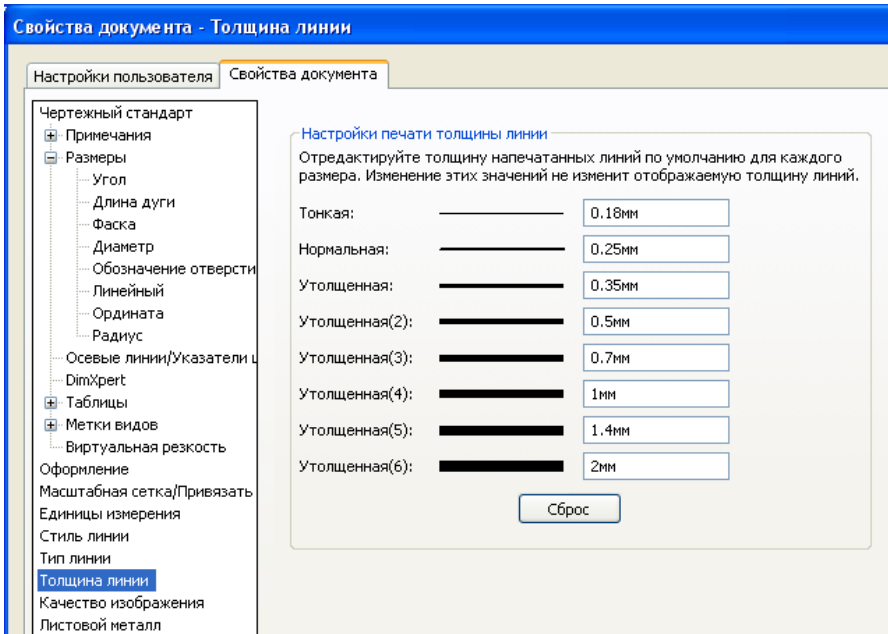


Рисунок 13.34 - Діалогове вікно «Свойства документа - Толщина линии»

Для оформлення креслення, як правило, досить трьох ліній: тонкої (0,3 мм), основної (0,6 мм) і стовщеної (0,8 мм). Тонкими лініями, наприклад, відображаються розмірні й виносні лінії, основними - лінії видимого контуру, стовщеними - лінії перетинів. Задайте товщини ліній у вікні «Свойства документа - Толщина линии» так, як показано на рис. 13.34, і натисніть кнопку **ОК**. Ця команда привласнює кожному типу лінії своє значення товщини. Налаштування товщини виконується однократно й поширюється на всі креслення даного користувача. Далі в розділі «Страницы» залишіть обраним параметр «Все листы». Потім натисніть кнопку «Параметры страницы».

З'явиться діалогове вікно «Параметры страницы», у якому можна змінити параметри принтера, наприклад дозвіл, масштаб, формат паперу і т.д. Установіть всі параметри так, як на рис. 13.35.

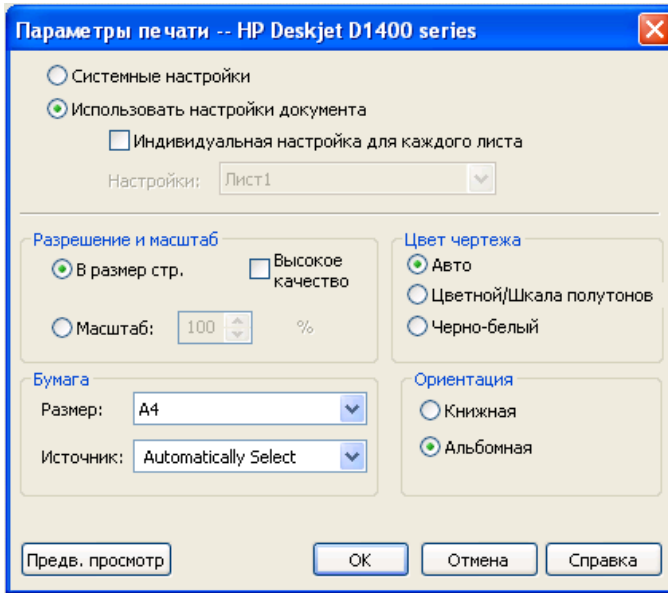


Рисунок 13.35 - Діалогове вікно «Параметры печати»

Для попереднього перегляду креслення можна натиснути кнопку **«Предв. просмотр»**. Далі натисніть кнопку **ОК**, щоб закрити діалогове вікно **«Параметры печати»**. Якщо вам необхідно зробити друк у файл, то встановіть прапорець **«Печать в файл»**. Потім натисніть кнопку **ОК**, щоб закрити діалогове вікно **«Параметры печати»** й роздрукувати креслення. Тепер натисніть кнопку **«Сохранить»** в інструментальній панелі **«Стандартная»**. Якщо система повідомить про те, що використовувана в кресленні модель була змінена, і запитас, чи потрібно її зберегти, то натисніть кнопку **«Да»**.

Створення додаткових видів. Ми вже розглянули створення основних креслярських видів деталі. Але іноді для повної уяви про конфігурацію деталей цих видів недостатньо. Тому зараз, ми на прикладі все тієї ж деталі **«Корпус редуктора»**, розглянемо способи створення додаткових видів, які дозволяє створити SolidWorks. Якщо ви встигнули закрити файл креслення **«Корпус редуктора.slddrw»**, то відкрийте його знову.

Створення розрізу. Виконаємо розріз деталі. Для цього нам буде потрібна інструментальна панель **«Чертеж»**. Якщо її немає на ек-

рані, то викличте її на екран, пройшовши шлях **«Вид | Панель інструментов | Чертеж»**. Як приклад давайте на виді **«Снизу»** зробимо розріз деталі, що проходить через вісь отвору під кришку. Для цього на панелі інструментів **«Чертеж»** натисніть кнопку - **«Разрез»**.

Команда **«Разрез»** дозволяє створити простий або східчастий розріз або перетин за допомогою набору розташованих паралельно січних площин. Ця команда додає розріз шляхом розсічення батьківського виду за допомогою лінії перетину. У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **«Разрез»**. При цьому активуються кнопки малювання ескізів, зокрема кнопка - **«Линия»**. Тепер у креслярському виді **«Снизу»** намалюйте лінію так, як показано на рис. 13.36.

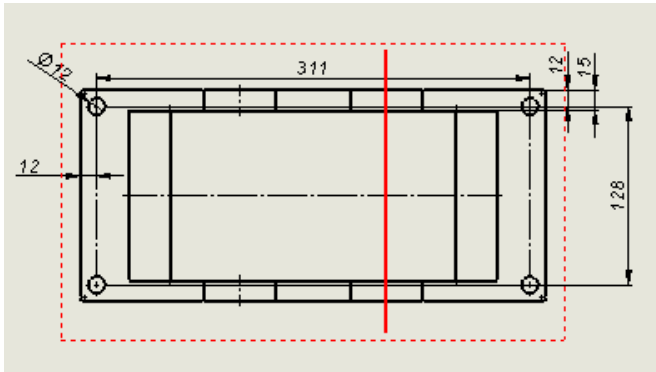


Рисунок 13.36 - Створення лінії на виді **«Снизу»**

Відразу виникне новий вид, що динамічно переміщається. Він буде переміщатися тільки перпендикулярно лінії розрізу. Щоб відчепити вид, натисніть і втримуйте клавішу **<Ctrl>**, перемістіть вид у потрібне місце, наприклад нижче виду **«Снизу»**, і клацніть мишею. Виникне нове діалогове вікно **«Разрез А-А»**. Якщо ви будете додавати нові розрізи, то буква (латинська), що позначає розріз, буде мінятися автоматично. У полі **«Метка»** ви можете поміняти позначення розрізу (тут припустима кирилиця).

У полі **«Изменить направление»**, установлюючи або забираючи прапорець, можна змінювати напрямок розрізу. Для нового розрізу можна використовувати батьківський масштаб або встановити свій, це задається на вкладці **«Масштаб»**. І останнє: якщо ви прагнете зобразити тільки перетинів, то встановіть прапорець **«Местное сечение»** на

вкладці «Сечение». Перевірте по рис. 13.37 коректність установлених параметрів і натисніть кнопку **ОК**.

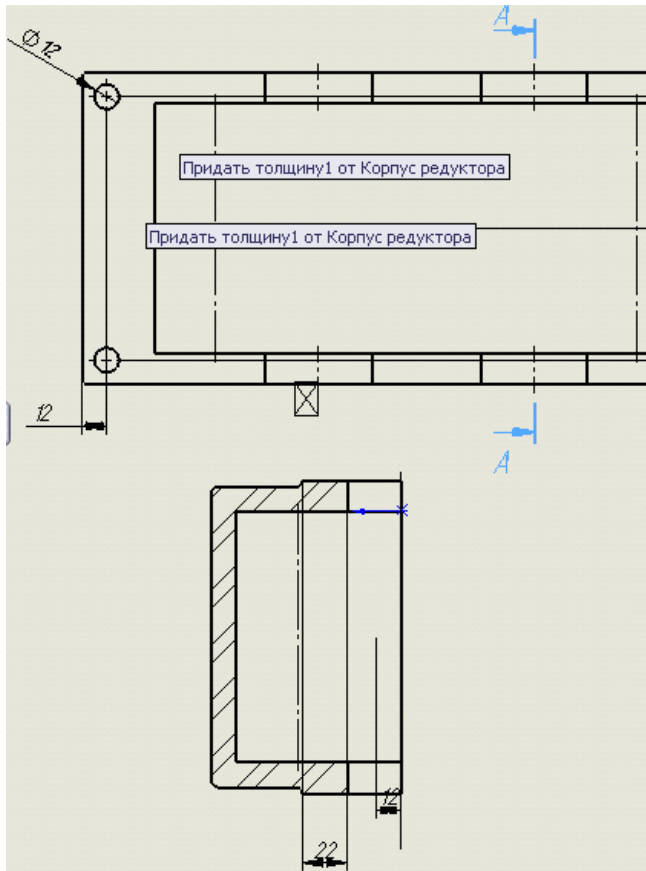


Рисунок 13.37 - Створення розрізу

Тепер додамо в розріз позначення по стандарту. Для цього підведіть покажчик до символу й двічі клацніть мишею. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно «Заметка», а в графічній області виникне поле для введення тексту. Уведіть позначення розрізу А-А. Потім у діалоговому вікні «Заметка» на вкладці «Формат текста» встановіть прапорець «Метка вида вручную». Кнопка «Шрифт» стане доступною. Натисніть її. Відкриється діалогове вікно «Выбрать

шрифт», на вкладці якого «Висота» встановить висоту шрифту 7 мм (рис. 13.38).

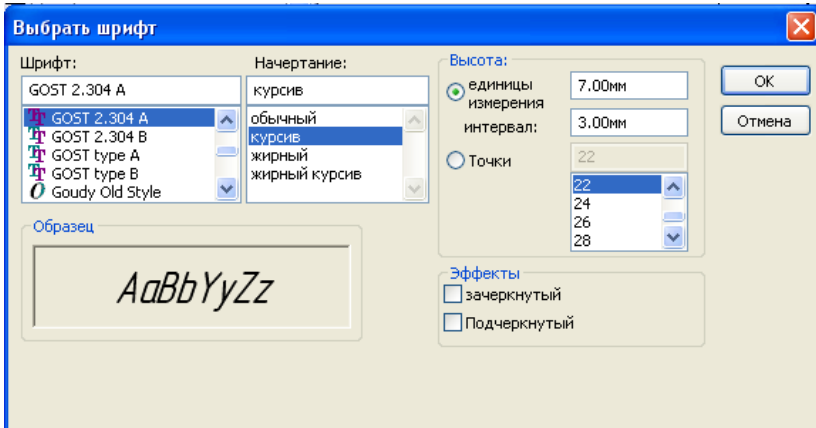


Рисунок 13.38 - Диалоговое окно «Выбрать шрифт»

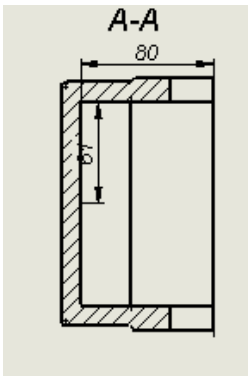


Рисунок 13.39 - Разрѣз

Натисніть кнопку **ОК**, щоб закрити вікно «**Выбрать шрифт**», і кнопку **ОК**, щоб закрити вікно «**Заметка**». У результаті повинен вийти вид, показаний на рис. 13.39. У даний момент ми маємо простий розрѣз. Щоб розрѣз зробити східчастим, підведіть курсор до лінії перетину на виді «**Спереди**».

У той момент, коли поруч із курсором виникне позначення розрѣзу, лінія перетину змінить свій колір із чорного на червоний і висвітиться підказка, натисніть праву кнопку миші й з контекстного меню виберіть пункт «**Редактировать эскиз**».

Викликати команду «**Редактировать эскиз**» ви можете також, клацнувши правою кнопкою в дереві конструювання на елементі «**Линия сечения А-А**» у розділі «**Разрез А-А**» (рис. 13.40). Відредагуйте ескіз лінії перетину так, як показано на рис. 13.41. Щоб лінія перетину проходила через осі або центри отворів, необхідно додавати відповідні взаємозв'язки збігів. Вийдіть із режиму малювання ескізу й перешикуйте перетин кнопкою «**Перестроить**» панелі інструментів «**Стандартная**». Ви одержите східчастий перетин як на рис. 13.42.

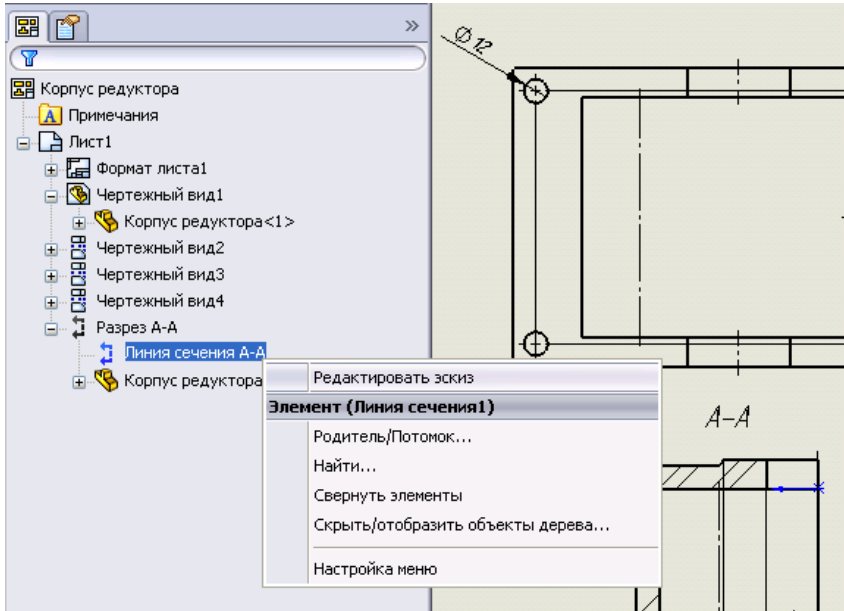


Рисунок 13.40 - Виклик команди «Редактировать эскиз»

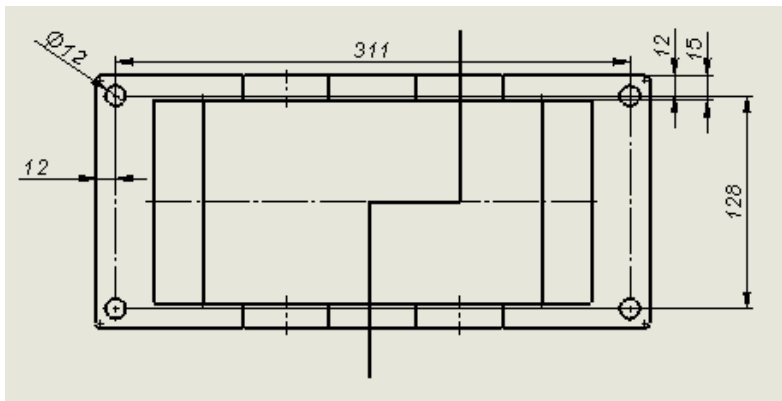


Рисунок 13.41 - Редагування ескізу лінії перетину

У перетині кількість щаблів може бути різною. Отже далі ми сховаємо на розрізі А-А крайку, що лежить на границі січних площин. Для цього виберіть мишею крайку (рис. 13.43), яку необхідно сховати. Потім натисніть праву кнопку миші й у контекстному меню виберіть

пункт - «Скрыть кромку». Крайка буде схована.

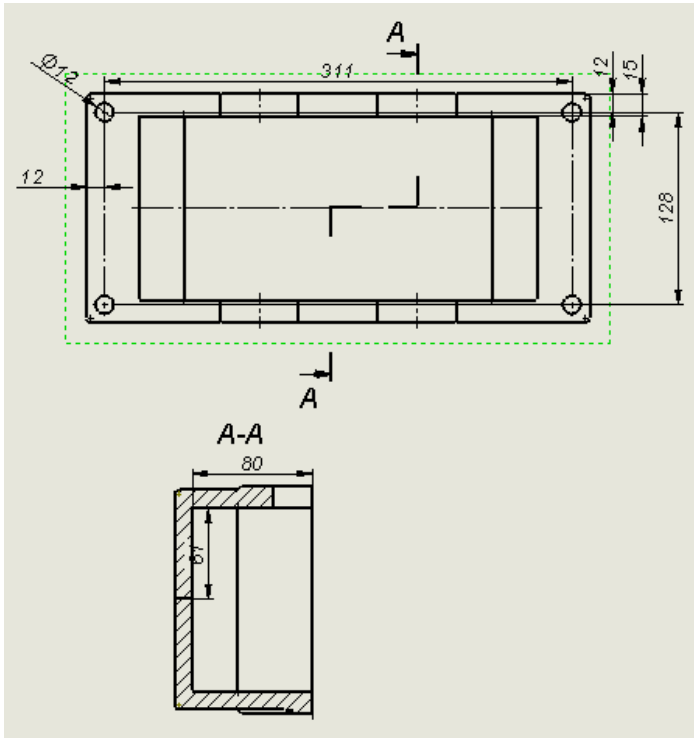


Рисунок 13.42 - Східчастий перетин

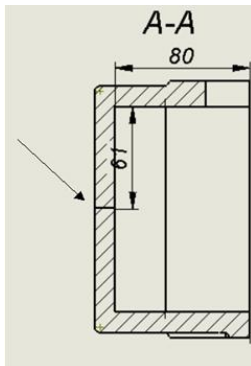


Рисунок 13.43 - Вибір крайки

Створення допоміжного виду. При створенні креслень іноді зручно показати вид на деталь із якогось певного ракурсу. Для цього в SolidWorks є засіб створення допоміжних видів. Даваймо для прикладу створимо допоміжний вид «Сверху» на нашу деталь «Корпус редуктора». Відзначимо, що вид «Сверху» можна було одержати, використовуючи стандартні проекції, але для прикладу скористаємося допоміжним видом. Для створення допоміжного виду виберіть крайку на виді «Справа», зазначену на рис. 13.44.

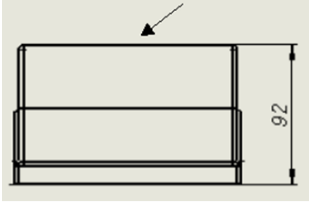


Рисунок 13.44 - Вибір крайки на виді «Справа»

Потім в інструментальній панелі «Чертеж» натисніть кнопку - «Вспомогательный вид». Ця команда створює вид шляхом використання крайки або іншого лінійного об'єкта. Відразу ж автоматично створюється вид, перпендикулярний крайці, а також стрілка й мітка виду «В». Натисніть клавішу <Ctrl> для розриву проекційного зв'язку між видами

й помістіть вид поруч із вихідним видом, клацнувши мишею в графічній області. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно «Чертежный вид6», у якому встановіть прапорець «Изменить направление» щоб відобразити вид «Сверху». Натисніть кнопку ОК, щоб закрити діалогове вікно. У результаті ви повинні одержати новий допоміжний вид (рис. 13.45).

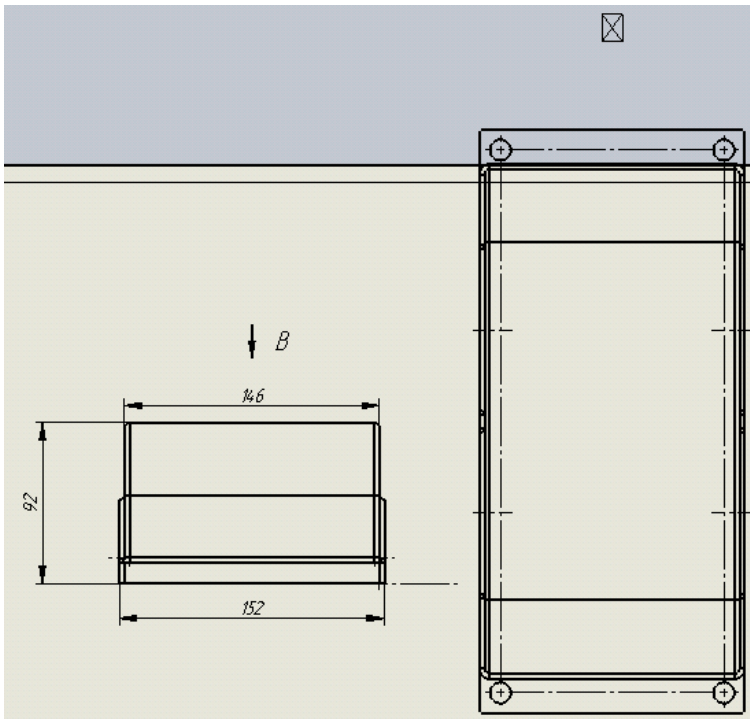


Рисунок 13.45 - Створено новий допоміжний вид

Якщо вид виявився за межами креслення, то нічого страшного. Давайте ми його розгорнемо на 90° . Для цього знову активуйте вид і натисніть кнопку - «Вращать вид» панелі інструментів «Вид». З'явиться діалогове вікно «Вращать чертежный вид». Тепер у цьому вікні в полі «Угол чертежного вида» встановіть 90° і натисніть кнопку «Применить», або просто в графічному вікні захопіть мишею вид і здійсніть обертання виду так, як показано на рис. 13.46.

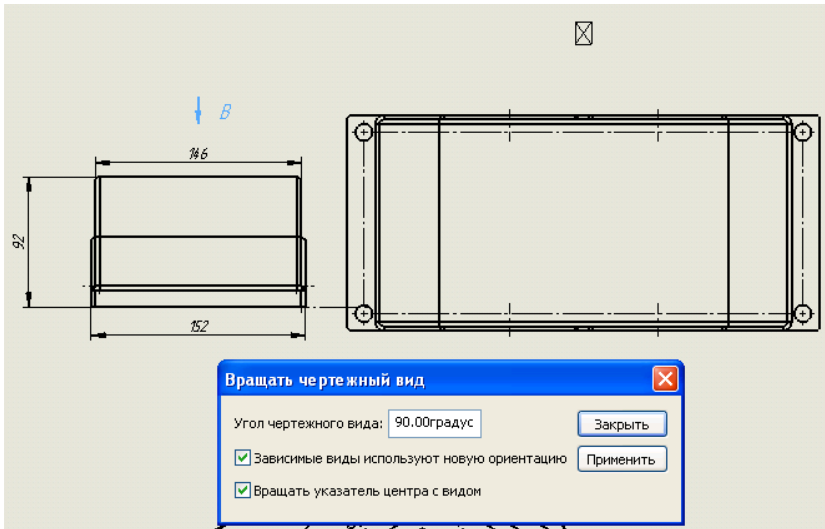


Рисунок 13.46 - Процесс поворота виду

Після завершення операції натисніть кнопки «Заккрыть» і ОК, щоб закрити обидва діалогових вікна. Тепер вирівнюємо вид **В** так, щоб він перебував на одній горизонталі з вихідним видом. Для цього клацніть у дереві конструювання правою кнопкою миші на елементі «Чертежный вид6» (Вид В) і в контекстному меню, що випадає, виберіть пункт «Выровнять | Выровнять по горизонтали по исходной точке» (рис. 13.47). Відповідно зміниться зображення курсору. Потім у графічній області клацніть об'єкт, щодо якого ви прагнете вирівняти вид. У цьому випадку це вид «Справа». Після цього вихідні точки двох видів будуть перебувати на одній горизонталі (рис. 13.48).

Створення блоку. Змінимо мітку виду й додамо значок «Поворнуто», тому що ми розгорнули наш вид на 90° .

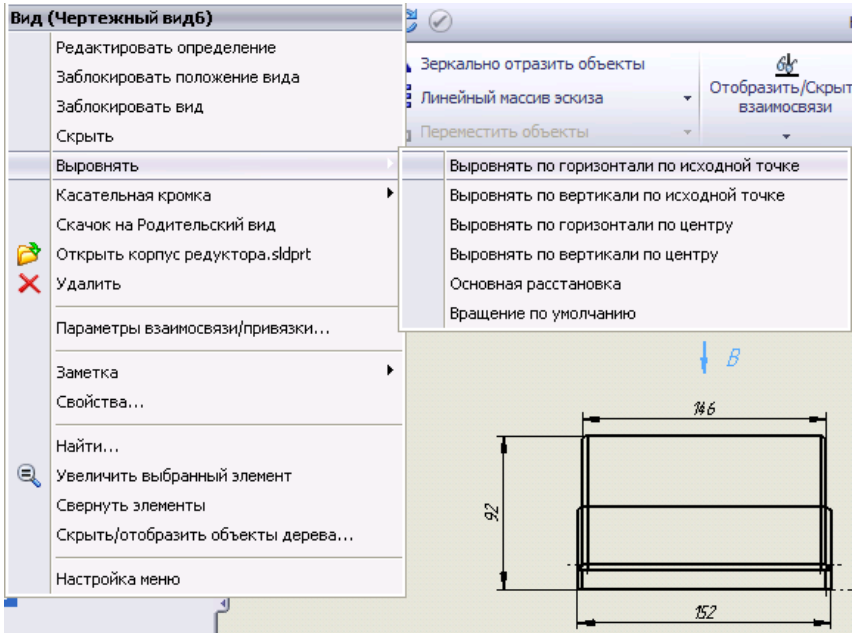


Рисунок 13.47 - Вирівнювання виду

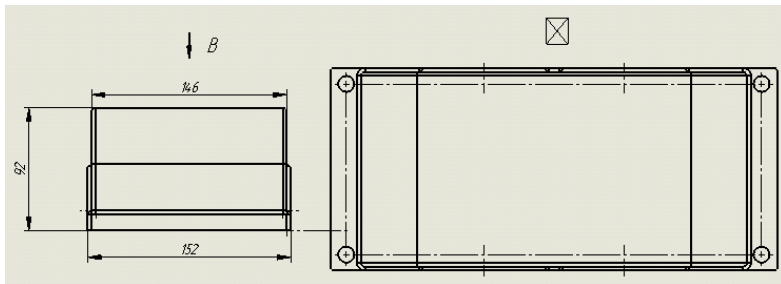


Рисунок 13.48 - Вихідні точки двох видів на одній горизонталі

Підведіть покажчик до значка й виконаєте подвійне клацання. При цьому система перейде в режим редагування замітки. У поле графічної області введіть мітку **Б**. У діалоговому вікні «Заметка» менеджера властивостей на вкладці «**Формат текста**» встановіть прапорець «**Метка вида вручную**», а потім натисніть кнопку «**Шрифт**».

Якщо кнопка «**Шрифт**» недоступна, то зніміть і знову встано-

віть прапорець **«Метка вида вручну»** або змініть параметр **«Угол»**.

У діалоговому вікні **«Вибрати шрифт»**, що відкрилося, виберіть необхідний шрифт і на вкладці **«Высота»** виберіть 7 мм. Потім натисніть кнопку **ОК**, щоб закрити обидва вікна. Мітка виду встановлена. Далі додамо властиво значок **«Повернуто»**.



Рисунок 13.49 - Значок «Повернуто»

Оскільки в SolidWorks у позначеннях такий значок відсутній, то давайте створимо його, використовуючи блок. Спочатку на вільному місці (наприклад, поруч із позначенням «Б») намалуйте значок **«Повернуто»** за допомогою інструментів ескизу **«Окружность»** і **«Линия»** (рис. 13.49).

Потім виберіть команду **«Инструменты | Блок | Создать»**. Ця команда створює блок, який звичайно містить часто використовувані елементи креслення. У цьому випадку ми використовуємо блок, тому що прагнемо створити елемент креслення, який відсутній у позначеннях. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно **«Создать блок»** і з'явиться порожнє графічне вікно. Клацніть мишею по створеному окружності й двом лініям (рис. 13.50).

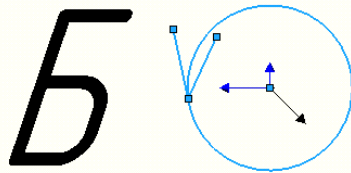
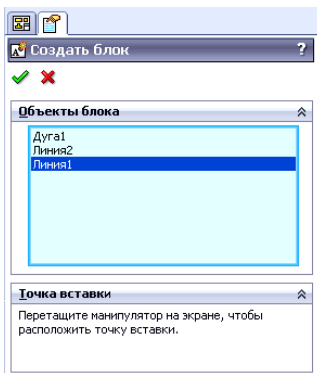


Рисунок 13.50 - Графічне вікно створення блоку

Потім у діалоговому вікні клацніть по заголовкові **«Точка вставки»**. З'явиться маніпулятор, який мишею необхідно перенести в центр окружності. Це необхідно зробити для того, щоб надалі при вставці блоку в креслення блок розміщався своєю точкою вставки в місці, яке вказується курсором миші.

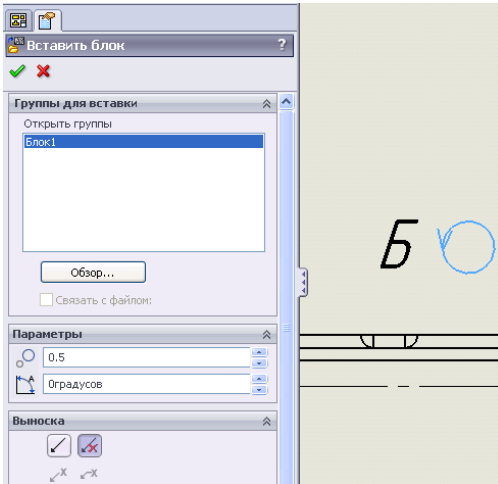


Рисунок 13.51 - Додавання блоку у креслення

Для завершення створення блоку натисніть кнопку **ОК**. У дереві конструювання виник новий елемент **«Блоки»**. Додамо блок у креслення, для чого на панелі інструментів **«Примечания»** натисніть кнопку - **«Вставить блок»**.

Ця команда додає блок, що містить використовувані елементи креслення. У вікні **«Вставить блок»**, що відкрилося в менеджері властивостей, на вкладці **«Группы для вставки»** виберіть елемент **«Блок1»** (рис. 13.51).

Тепер підведіть курсор миші до мітки **«Б»** допоміжного виду. Поруч із курсором буде зображений символ створюваного блоку. Визначить необхідне місце для блоку зі значком **«Повернуто»** і клацніть мишею. Для завершення команди натисніть кнопку **ОК** (рис. 13.52).

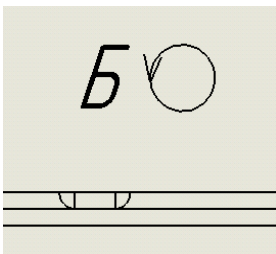


Рисунок 13.52 - Блок зі значком **«Повернуто»**

Залишилися тільки згрупувати мітку **«Б»** і значок **«Повернуто»** з метою спільного переміщення в області креслення. Для цього натисніть клавішу **<Ctrl>** і, утримуючи її, послідовно виберіть мишею мітку **«Б»** і значок **«Повернуто»**. Далі натисніть на панелі інструментів **«Выровняют»** команду - **«Группа»**, яка створює групу для обраних елементів.

Тепер, якщо потягнути мишею за один з елементів групи при переміщенні по кресленню, інші елементи будуть переміщатися як єдиний об'єкт.

Створення нового позначення. Є інший спосіб створення значка **«Повернуто»**. Цей спосіб полягає в редагуванні файлу, у якому збережені позначення, наявні в SolidWorks. За допомогою програми **«Блокнот»**, що входить у поставку Windows, відкрийте для редагу-

вання файл C:\Program Files\SolidWorks Corp\SolidWorks\lang\russian\GTOL.sym. У файлі знайдіть розділ **«Обозначения для модификации»**. Тепер у знайдений розділ впишіть текст, показаний на рис. 13.53. Потім збережіть змінений файл **«GTOL.sym»**.

***RV, Повернуто**
A, CIRCLE .5,.5,.375
A, LINE .125,.5,.3,.7
A, LINE .125,.5,-.04,.7

Рисунок 13.53 - Текст для файлу «GTOL.sym»

Далі потрібно перезавантажити SolidWorks. Після нового завантаження програми відкрийте файл креслення «Корпус редуктора.sldrw» і перейдіть до редагування замітки: ім'я мітки допоміжного виду. Клацніть двічі мишею по мітці виду - букві **«Б»**. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно **«Заметка»**, у якому в розділі **«Формат текста»** натисніть кнопку - **«Добавить обозначение»**.

З'явиться діалогове вікно **«Обозначения»** (рис. 13.54), виберіть бібліотеку **«Обозначения для модификации»** й клацніть мишею по позиції **«Повернуто»**. Ця позиція додається в бібліотеку тільки після того, як ви додасте текст, показаний на рис. 13.53, у файл **«GTOL.sym»**. У вікні **«Обозначения»** натисніть кнопку **ОК** - і в замітці з'явиться текст, показаний на рис. 13.55.

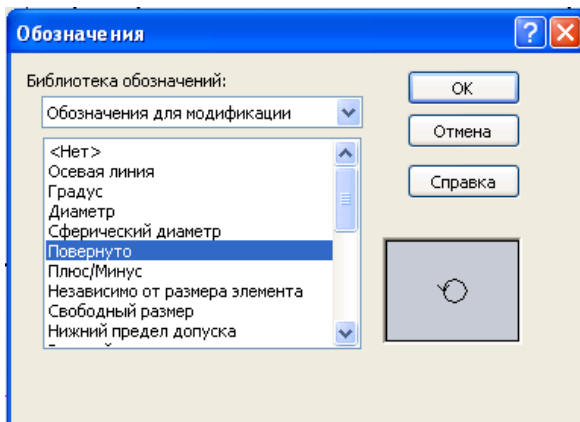


Рисунок 13.54 - Діалогове вікно «Обозначения»

Тепер у менеджері властивостей натисніть кнопку **ОК** для завершення редагування замітки, і у вас повинна з'явитися мітка наступного виду (рис. 13.56).

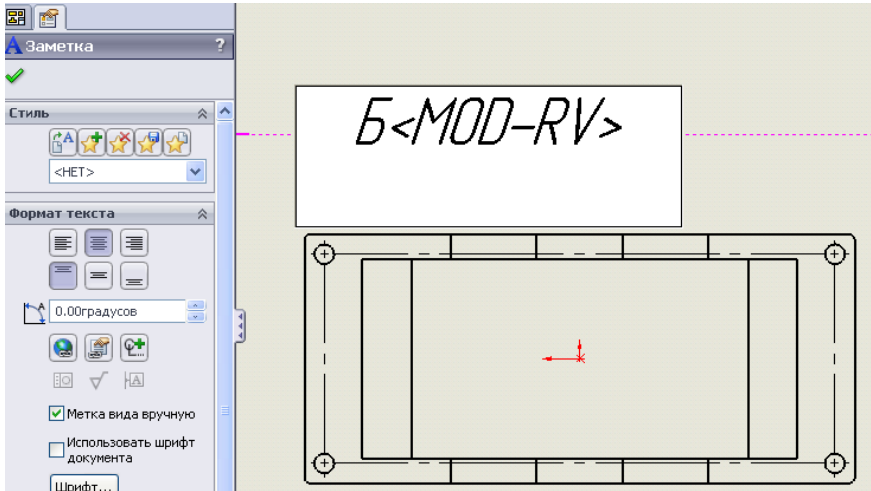


Рисунок 13.55 - Процес додавання тексту на креслення

У такий же спосіб можна додавати й інші відсутні в SolidWorks позначення. Позначення можна додавати не тільки в бібліотеку **«Обозначения для модификации»**, але й в інші бібліотеки, наприклад: Допуск форми й розташування поверхонь, Позначення отвору і т.д.

Створення місцевого виду. Створимо місцевий вид для більш докладного показу елементів кріпильних отворів. Для цього на панелі інструментів **«Чертеж»** натисніть кнопку - **«Местный вид»**. Ця команда додає місцевий вид для відображення частини виду звичайно в збільшеному масштабі. Система автоматично перейде в режим редагування ескізу профілю для місцевого виду, а кнопка - **«Окружность»** панелі інструментів **«Эскиз»** перейде в натиснутий стан, тобто активізується інструмент малювання окружності.

У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно **«Местный вид»** і з'явиться повідомлення-підказка (жовтого кольору) про ті дії, які необхідно виконати користувачеві для створення місцевого виду. Далі намалюйте на виді **«Снизу»** окружність як на рис. 13.57.

Якщо ви не прагнете використовувати круговий профіль, то намалюйте довільний замкнений профіль, наприклад, за допомогою інструмента **«Сплайн»** панелі інструментів **«Эскиз»** і активізуйте його до вибору операції **«Местный вид»**. Як тільки ескіз профілю буде створений, у менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **«Мес-**

тний вид», у якому встановіть на вкладці **«Параметры окружности»** для місцевого виду мітку **В**, а на вкладці **«Масштаб»** задайте необхідний масштаб місцевого виду. Інші параметри залишіть без змін.

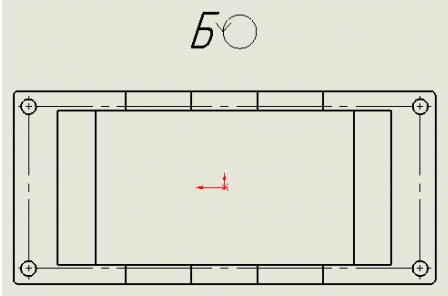


Рисунок 13.56 - Блок зі знаком
«Повернуто»

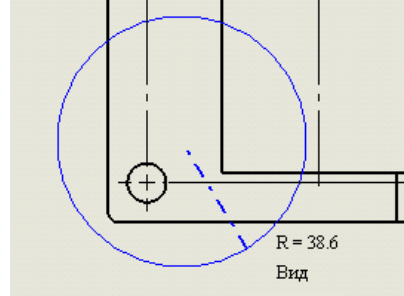


Рисунок 13.57 - Створення
окружності

Потім перемістіть курсор миші в графічне вікно й клацніть мишею в тому місці, де ви прагнете розташувати місцевий вид. Потім змініть висоту шрифту мітки місцевого виду **В** на 7 мм, і у вас повинно вийти те, що показано на рис. 13.58.

Створення обрізаного виду. Тому що деталь «Корпус редуктора» симетрична, то на виді **Б** досить показати половину зображення. Тому створимо на виді **Б** обрізаний вид. Для цього на панелі інструментів **«Эскиз»** натисніть кнопку - **«Сплайн»** і намалюйте на виді **Б** замкнений сплайн так, як показано на рис. 13.59. Потім на панелі інструментів **«Чертеж»** натисніть кнопку - **«Обрезанный вид»**.

Ця команда проводить обрізку існуючого виду для відображення тільки частини виду. Після відпрацювання команди залишиться тільки та частина виду, яка була укладена в сплайн. Видаліть непотрібні розміри, що залишилися. У результаті у вас повинен вийти вид, показаний на рис. 13.60. Якщо вам буде необхідно відредагувати ескіз лінії обріза, то натисніть правою кнопкою миші на обрізаному виді в графічній області або на елементі **«Чертежный вид»** у дереві конструювання і в контекстному меню виберіть команду **«Обрезанный вид | Редактировать обрезанный вид»** (рис. 13.61).

Після редагування ескізу для прийняття змін натисніть кнопку - **«Перестроить»** панелі інструментів **«Стандартная»** або **«Выход из эскиза»** у вікні **«Угол для выбора»**.

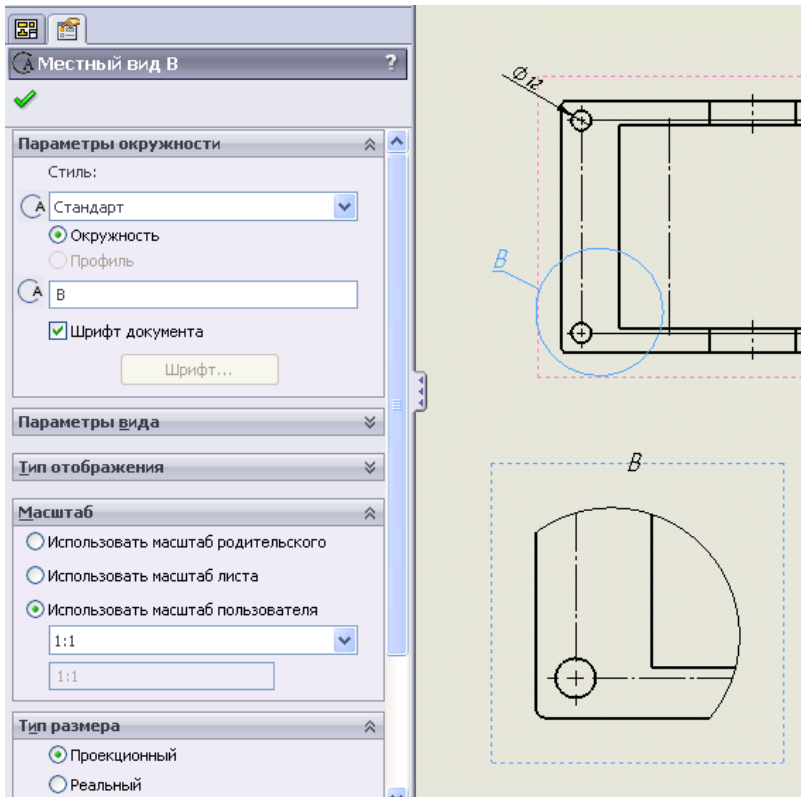


Рисунок 13.58 - Створення місцевого виду

Створення вириву. Для того щоб показати внутрішню геометрію деталі, у програмі є інструмент для додавання виїнятого розрізу в існуючий вид з відкриттям внутрішньої частини моделі. Як приклад на креслярському виді «Снизу» за допомогою вириву покажемо отвори для кріплення кришок. Натисніть на панелі інструментів «Чертеж» кнопку - «**Вырыв детали**». Система при цьому автоматично перейде в режим створення ескизу контуру для вириву, а кнопка - «**Сплайн**» панелі інструментів «Эскиз» перейде в натиснутий стан, тобто активізується інструмент малювання сплайна. Далі на виді «Снизу» намалуйте замкнений контур так, як показано на рис. 13.62. Якщо потрібен профіль, відмінний від сплайну, то створіть і виберіть замкнений профіль перш, ніж вибрати інструмент - «**Вырыв детали**».

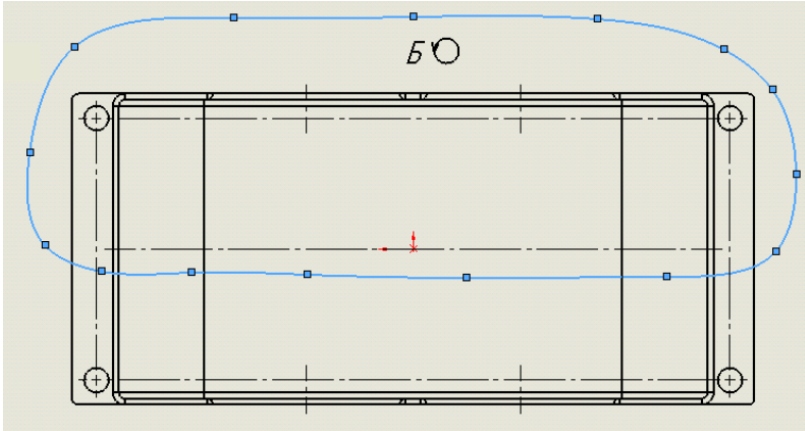


Рисунок 13.59 - Замкнений сплайн

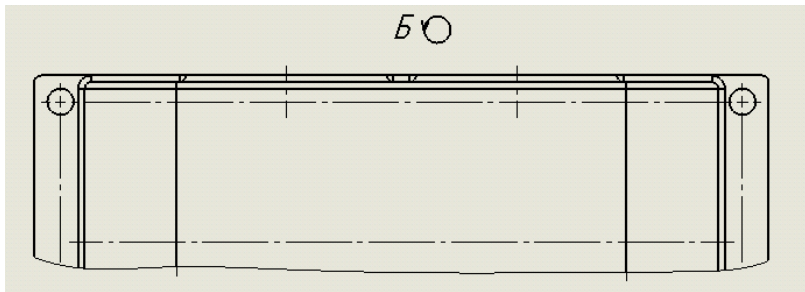


Рисунок 13.60 - Створення обрізаного виду

Як тільки сплайн буде замкнений, у менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **«Вырыв детали»**. На вкладці **«Глубина»** встановіть прапорець **«Предв. просмотр»**. У графічній області на виді креслення з'явиться зображення площини вириву у вигляді жовтої лінії. Для того щоб площина вириву пройшла через вісь отвору, на виді **«Спереди»** вкажіть крайку цього отвору (рис. 13.63).

На вкладці **«Глубина»** вікна **«Вырыв детали»** з'явився елемент **Кромка <1>** і відобразилася відстань розташування січної площини, а саме поле **«Расстояние»** стало недоступним. Натисніть кнопку **ОК** і завершіть створення вириву. У результаті у вас повинен вийти вид, показаний на рис. 13.64. На завершення операції, крайки що обмежують вирив зробимо тонкими лініями. Для цього, нажавши й утримую-

чи клавішу <Ctrl>, виберіть ці крайки й натисніть кнопку - «Толщина лінії» на панелі інструментів «Формат лінії».

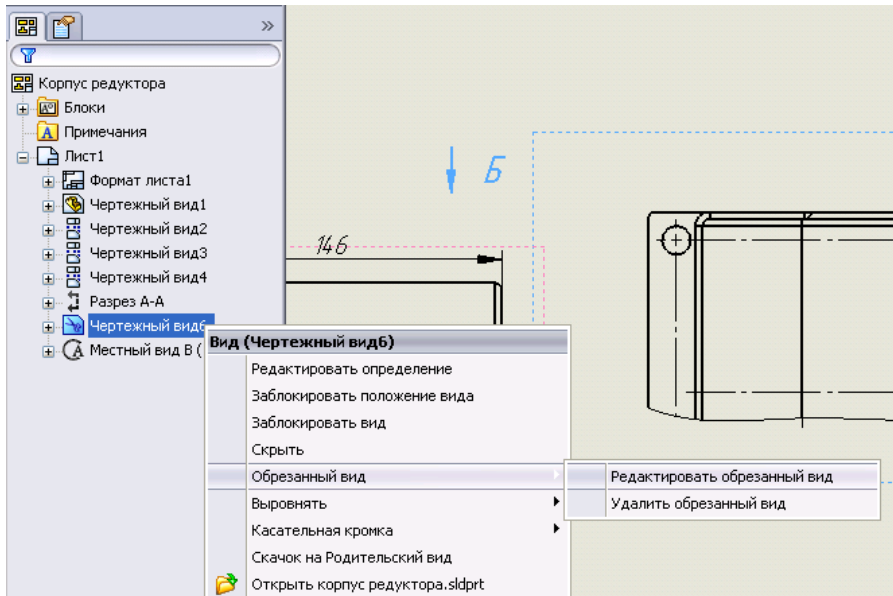


Рисунок 13.61 - Редагування ескізу лінії обріза

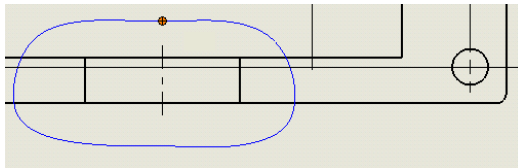


Рисунок 13.62 - Замкнений контур на виді «Снизу»

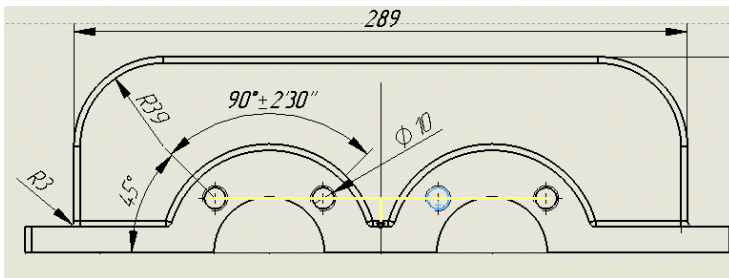


Рисунок 13.63 - Вказування крайки отвору

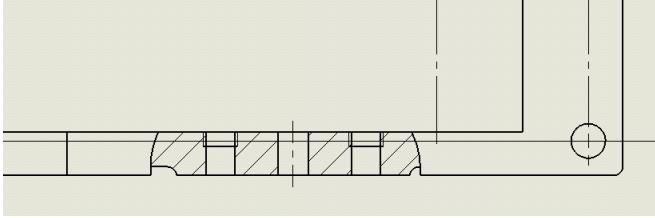


Рисунок 13.64 - Створення вириву

Виберіть тонку лінію й натисніть кнопку **ОК** для завдання товщини крайок. Для збереження креслення натисніть кнопку - **«Сохранить»**.

Створення другого аркуша креслення. Якщо всі види креслення не вміщаються на одному аркуші, то є можливість додавати будь-яку кількість додаткових аркушів. Для створення другого аркуша підведіть покажчик до вкладки **«Лист1»** у нижній частині екрана й натисніть праву кнопку миші. У контекстному меню, що випадає, виберіть пункт **«Добавить лист...»**. З'явиться нова вкладка **«Лист2»**. Щоб змінити атрибути нового аркуша, підведіть покажчик до створеної вкладки й натисніть праву кнопку миші, у контекстному меню виберіть пункт **«Свойства...»** (рис. 13.65).

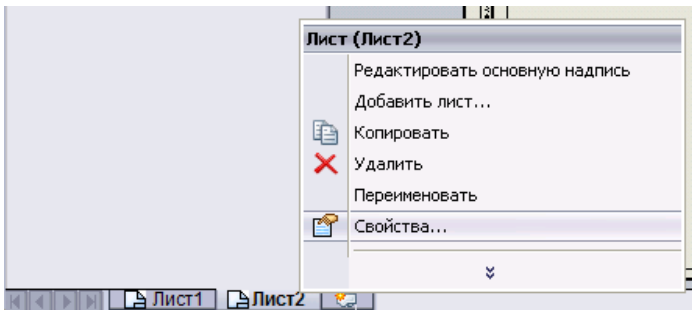


Рисунок 13.65 - Пункт «Свойства...» у контекстному меню

У вікні **«Свойства листа»**, що відкрилося, виберіть формат другого аркуша (наприклад, **ESKD_a2_2**) і натисніть кнопку **ОК**. Буде створений і стане активним другий аркуш креслення. Перемикаючися між видами креслення, що перебувають на різних аркушах, можна, вибираючи необхідні вкладки в нижній частині графічного вікна.

Знову активізуйте креслярський аркуш «Лист1» і створіть у ньому проєкційний вид «Сверху», нажавши на панелі інструментів «Чертеж» кнопку - «Проекционный вид». У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно «Проекционный вид». Клацніть мишею по головному виду «Спереди» й перемістіть покажчик миші нагору. Близько курсору миші з'явиться динамічний образ креслярського виду «Сверху». Натисніть клавішу <Ctrl>, щоб розірвати проєкційний зв'язок, і розмістіть креслярський вид поза полем креслення (рис. 13.66).

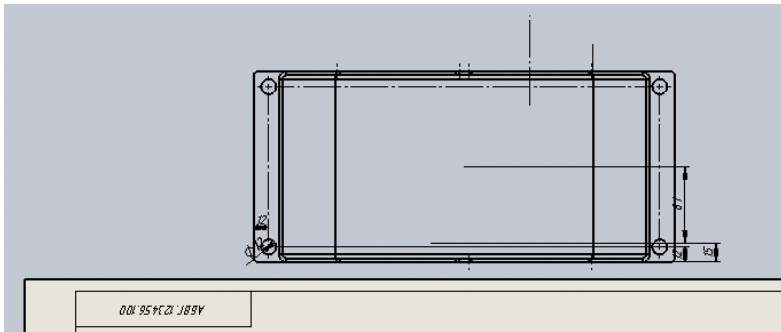


Рисунок 13.66 - Креслярський вид поза полем креслення

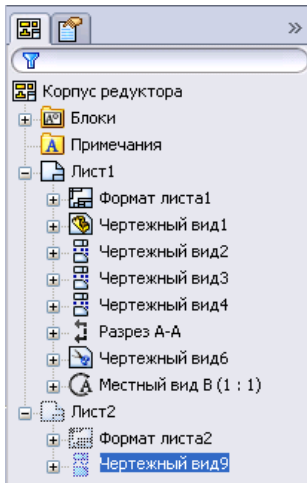


Рисунок 13.67 - Новий елемент «Чертежный вид9»

При цьому в дереві конструювання виник новий елемент «Чертежный вид8». Тепер давайте перемістимо цей вид на другий аркуш креслення «Лист2». Для цього в дереві конструювання захопіть мишею елемент «Чертежный вид8» і починайте перетаскувати в дереві конструювання на елемент «Лист2». Як тільки ви відпустите кнопку миші, елемент «Чертежный вид8» зникне з гілки «Лист1» і виникне елемент «Чертежный вид9» на гілці «Лист2» (рис. 13.67). Перетаскувати види можна тільки з активного аркуша креслення. Щоб активізувати аркуш у дереві конструювання, натисніть кнопкою миші на цьому аркуші й у контекстному меню виберіть команду «Активизировать лист».

Тепер активізуйте елемент «**Лист2**» і перемістіть вставлений проєкційний вид «**Сверху**» в область креслення.

Оформлення специфікації.

Створення специфікації у SolidWorks можливе вручну (за допомогою шаблових форматів), або за допомогою програми «SWR-Спецификация». Шлях створення специфікації вручну може застосовуватися на перших етапах і для невеликих складань, тому що інформація в специфікації ніяк не пов'язана з інформацією в документі складання. Другий шлях більш прогресивний, але вимагає наявності пакета SWR-Спецификация. Проте програма «SWR-Спецификация» є комерційним додатком до пакета SolidWorks і купується окремо.

Вона призначена для автоматичного заповнення конструкторських специфікацій, створених на основі складань. Спільна робота з пакетом SolidWorks дозволяє документу «SWR-Спецификация» відслідковувати зміни в документах SolidWorks і змінювати відповідно до цього дані специфікації. Структура специфікації, виконаної в «SWR-Спецификация», повинна виглядати так, як показано на рис. 13.203.

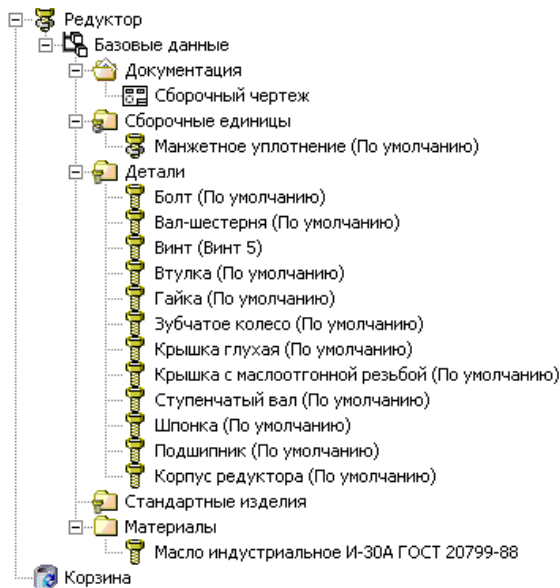


Рисунок 13.68 - Структура специфікації виконаної в «SWR-Спецификация»

Питання для самоперевірки

1. Назвіть основні етапи створення креслень у SolidWorks.
2. За рахунок чого можна зручно і швидко створювати креслення у SolidWorks?
3. Як налаштувати шрифти та шаблони в SolidWorks?
4. Як створити нове креслення в SolidWorks?
5. Як створити проекційні види в SolidWorks?
6. Як види розмірів є SolidWorks і як вони налаштовуються?
7. Як перемістити вид на кресленні?
8. Як розірвати проекційний взаємозв'язок на кресленні?
9. Як змінити режим відображення деталі на кресленні?
10. Як змінити масштаб виду деталі на кресленні?
11. Які є варіанти зміни масштабу виду?
12. На які види поділяються розміри у SolidWorks?
13. Як перемістити розмір?
14. Як скопіювати розмір?
15. Що відбувається з моделлю деталі при зміні розмірів на кресленні?
16. В чому полягає редагування основного напису на кресленні?
17. Як вивести на друк креслення?
18. Розкажіть загальний алгоритм створення додаткових видів.
19. Як створити східчастий розріз деталі на кресленні?
20. Як створити нове позначення на кресленні?
21. Як створити місцевий вид?
22. Розкажіть загальний алгоритм створення додаткового аркуша креслення в документі.
23. Як оформлюються специфікації у SolidWorks?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Sham Tickoo. SOLIDWORKS 2018 for Designers, 16th Edition. Schererville : CAD/CIM Technologies, 2018. 1987 p.
2. SOLIDWORKS 2018. Learn by doing - Part 1: parts, assembly, drawings, and sheet metal. Tutorial Books, 2018. 532 p.
3. SOLIDWORKS 2018. Learn by doing - Part 2: surface design. Tutorial Books, 2018. 149 p.
4. Грабченко А. І., Доброскок В. Л. Сучасні технології матеріалізації комп'ютерних моделей. Х. : НТУ "ХПІ", 2009. 86 с.
5. Грабченко А. І., Доброскок В. Л. Теорія 3D моделювання: Навч. посібник. Х. : НТУ "ХПІ", 2009. 230 с.
6. Дударева Н. Ю., Загайко С. А. SolidWorks на примерах. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 496 с.
7. Проектирование автомобиля. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. 260 с.

Допоміжна

8. Гончаров П. С., Артамонов И. А., Халитов Т. Ф. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. М. : ДМК Пресс, 2012. 504 с.
9. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX. М. : ДМК Пресс, 2011. 332 с.
- Дударева Н. Ю., Загайко С. А. SolidWorks. Оформление проектной документации. СПб. : БХВ-Петербург, 2009. 384 с.
10. Ловыгин А. А., Твердовский Л. В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. М. : ДМК Пресс, 2015. 280 с.
11. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов : задачи, методы, рекомендации. М. : ДМК Пресс, 2015. 562 с.
12. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи СПб. : БХВ-Петербург, 2012. 448 с.
13. Алямовский А. А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. М. : ДМК Пресс, 2010. 784 с.
14. Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. СПб. : БХВ-Петербург, 2008. 1040 с.

15. Потемкин А. Е. Трёхмерное твердотельное моделирование. М. : КомпьютерПресс, 2002. 296 с.
16. Потемкин А. Е. Инженерная графика. Просто и доступно. М. : Лори, 2000. 480 с.
17. Большаков В. П., Тозик В. Т., Чагина А. В. Инженерная и компьютерная графика: учеб. пособие. СПб. : БХВ-Петербург, 2013. 288 с.
18. Большаков В. П., Бочков А. Л. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. СПб. : Питер, 2013. 304 с.
19. Большаков В. П. Инженерная и компьютерная графика. Практикум. СПб. : БХВ-Петербург, 2004. 592 с.
20. Gahan A. 3D automotive modeling : an insider's guide to 3D car modeling and design for games and film. Burlington : Elsevier Inc., 2011. 468 p.
21. Nikola Vukašinović, Jože Duhovnik. Advanced CAD modeling. Explicit, parametric, free-form CAD and Re-engineering. Cham : Springer Nature Switzerland AG, 2019. 260 p.
22. Агапов В. П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости пространственных тонкостенных подкрепленных конструкций. М : АСВ, 2000. 152 с.
23. Большаков В. И., Яценко Е. А., Соссу Г. Основы метода конечных элементов. Днепропетровск : ПГАСиА, 2000. 255 с.
24. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. М. : Мир, 1984. 428 с.
25. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М. : Мир, 1975. 540 с.
26. Образцов И. Ф., Савельев Л. М., Хазанов Х. С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. М. : Высш. шк., 1985. 392 с.
27. Сабоннадьер Ж. К., Кулон Ж. Л. Метод конечных элементов и САПР. М. : Мир, 1989. 190 с.
28. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М. : Мир, 1979. 395 с.
29. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. М. : Мир, 1977. 351 с.
30. Алиева Н. П., Журбенко П. А., Сенченкова Л.С. Построение моделей и создание чертежей деталей в системе Autodesk Inventor. Саратов : Профобразование, 2017. 112 с.

31. Каменев С. В. Моделирование станка-гексапода в CAD-системе Autodesk Inventor. Оренбург : ОГУ, 2017. 142 с.
32. Kishore T. Learn Autodesk Inventor 2018 Basics: 3D Modeling, 2D Graphics, and Assembly Design. Hyderabad : Apress, 2017. 542 p.
33. Bob McFarlane. Autodesk Inventor exercises for Autodesk Inventor and other feature-based modelling software. New York : Routledge, 2017. 432 p.
34. Randy H. Shih. Autodesk Inventor 2019 and engineering graphics. Mission, KS : SDC Publications, 2018. 705 p.
35. Randy H. Shih. Parametric modeling with Autodesk Inventor 2018. Mission, KS : SDC Publications, 2017. 618 p.
36. Autodesk Inventor 2018 basics tutorial. Tutorial Books, 2017. 189 p.
37. T-FLEX CAD. Основы. 2D проектирование и черчение. Руководство пользователя. М. : Топ Системы, 2019. 1407 с.
38. T-FLEX CAD. Трёхмерное моделирование. Руководство пользователя. М. : Топ Системы, 2019. 1415 с.
39. Потемкин А. Е. Твердотельное моделирование в системе КОМПАС-3D. М. : БХВ-Петербург, 2004. 512 с.
40. АРМ FEM. Система прочностного анализа для КОМПАС-3D. Королёв : Научно-технический центр "Автоматизированное Проектирование Машин", 2014. 26 с.
41. Ганин Н. Б. Проектирование и прочностной расчет в системе КОМПАС-3D V13. Саратов : Профобразование, 2017. 320 с.
42. Денисов М. А. Автоматизированное проектирование в ANSYS и КОМПАС-3D. Екатеринбург, Изд-во Урал. ун-та, 2015. 264 с.
43. Жарков Н. В., Минеев М. А., Финков М. В. КОМПАС-3D. Полное руководство. От новичка до профессионала. Спб. : Наука и техника, 2016. 672 с.
44. Зиновьев Д. В. Основы проектирования в КОМПАС-3D V16. Павлоград : Студия Vertex, 2017. 327 с.
45. Конакова И. П. Шероховатости поверхностей и их практическое применение в программе КОМПАС. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 104 с.
46. Корнеев В.Р., Жарков Н. В., Минеев М. А. Компас-3D на примерах. Для студентов, инженеров и не только. Спб. : Наука и техника, 2017. 272 с.
47. Савченко Н. В. Автоматизация построения чертежей. Лабораторный практикум по инженерной и компьютерной графике в системе

- КОМПАС-3D. Самара : Изд-во СГАУ, 2015. 216 с.
48. Басов К. А. ANSYS : справочник пользователя. Саратов : Профобразование, 2017. 640 с.
 49. Chen Xiaolin, Liu Yijun. Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench. Boca Raton : CRC Press, 2015. 408 p.
 50. David Moratal. Finite element analysis from biomedical applications. Valencia : Polytechnic University of Valencia, 2016. 507 p.
 51. Erdogan Madenci, Ibrahim Guven. The Finite element method and applications in engineering using ANSYS. New York : Springer International Publishing, 2015. 663 p.
 52. Farzad Ebrahimi. Finite element analysis new trends and developments. Iran : International University of Imam Khomeini, 2016. 408 p.
 53. Mary Kathryn Thompson, John M. Thompson. ANSYS Mechanical APDL for finite element analysis Oxford : Butterworth-Heinemann, 2017. 438 p.
 54. Saeed Moaveni. Finite element analysis. Theory and application with ANSYS. Essex : Pearson Education Limited, 2015. 929 p.
 55. Sham Tickoo. CATIA V5-6R2015 for designers. Hammond : CADCIM Technologies, 2016. 1630 p.
 56. CATIA v6 essentials. Sudbury : Jones and Bartlett Publishers, 2011. 305 p.
 57. Gaurav Verma, Matt Weber. Creo Parametric 4.0 Black Book. USA : CADCAMCAE Works, 2017. 737 p.
 58. Paul Obiora Kanife. Computer aided virtual manufacturing using Creo Parametric. Notting Hill : Springer, 2016. 678 p.
 59. Creo Parametric 4.0 Basics. Tutorial Books, 2017. 311 p.
 60. Jouni Ahola. Creo Parametric Modeling for Manufacturing v3. Helsinki : Klaava Media, 2015. 750 p.
 61. Jouni Ahola. Creo Parametric Basic Turning. Helsinki : Klaava Media, 2015. 520 p.
 62. Jouni Ahola. Creo Parametric Milling. Helsinki: Klaava Media, 2015. 589 p.
 63. NX для конструктора-машиностроителя / П. С. Гончаров и др. Москва : ДМК Пресс, 2010. 504 с.
 64. Почекуев Е. Н., Путеев П. А., Шенбергер П. Н. Проектирование в Siemens NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. 230 с.
 65. Почекуев Е. Н., Путеев П. А., Шенбергер П. Н. Проектирование

штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX. М. : ДМК Пресс, 2012. 336 с.

66. Федоров А. Л., Сафонов М. В. Основы проектирования сборочно-сварочной оснастки с помощью пакета NX. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. 68 с.
67. Поляков А. Н. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ. Система NX. Фрезерование. Оренбург : Оренбургский гос. ун-т., 2016. 171 с.
68. Поляков А. Н. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ. Система NX. Часть II. Оренбург : Оренбургский гос. ун-т., 2016. 118 с.
69. Reiner Anderl, Peter Binde. Simulations with NX. Kinematics, FEA, CFD, EM and Data Management. With numerous examples of NX 9. Munich : Carl Hanser Verlag, 2014. 390 p.
70. Sham Tickoo. Siemens NX 12.0 for Designers, 11th Edition. Schererville : CAD/CIM Technologies, 2018. 1140 p.
71. Jože Duhovnik, Ivan Demšar, Primož Drešar. Space Modeling with SolidWorks and NX. Ljubljana : University of Ljubljana, 2015. 500 p.
72. Рычков С. П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. М. : ДМК Пресс, 2013. 784 с.
73. Бражникова О. И. Компьютерный дизайн художественных изделий в программах Autodesk 3DS Max и Rhinoceros. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. 100 с.
74. Фомин Б. Rhinoceros. NURBS моделирование для Windows. USA : Robert McNeel & Associates, 2006. 290 с.
75. Andre Kutscherauer. 3D Car Modeling with Rhinoceros. Munich : AK3D, 2011. 624 p.
76. Fletcher Dunn, Ian Parberry. 3D Math Primer for Graphics and Game Development. Plano, Texas : Word ware Publishing, Inc., 2002. 440 p.
77. Joseph Richard Saltzman. Supermodels Professional 3D Training Tools. Buckinghamshire : Cinemagic Productions Limited, 1999. 970 p.
78. Ron K.C. Cheng. Inside Rhinoceros 5. Stamford : Cengage Learning, 2014. 658 p.
79. Ali K. Kamrani, Emad Abouel Nasr. Engineering Design and Rapid Prototyping. London : Springer Science+Business Media, LLC, 2010. 460 p.
80. Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker. Additive manufacturing tech-

nologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. New York : Springer Science + Business Media New York, 2015. 510 p.

81. Kuang-Hua Chang. Product design modeling using CAD/CAE. The computer aided engineering design series. Waltham : Elsevier Inc., 2014. 421 p.
82. Осипов В. И. Компьютерные технологии при проектировании и аэродинамических исследованиях легкового автомобиля. М. : МАДИ, 2018. 100 с.

Інформаційні ресурси

83. 3D-моделирование: тонкости CAD-дизайна для 3D-печати. <https://3dtoday.ru/category/3d-modelirovanie> (дата звернення: 27.10.2019)
84. АСКОН - комплексные решения для автоматизации инженерной деятельности и управления производством. CAD/AEC/PLM. URL: <https://ascon.ru/products/7/review/>. (дата звернення: 10.10.2019)
85. Система NX (колишня назва - Unigraphics) компанії Siemens. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/nx/>. (дата звернення: 10.10.2019)
86. Система CATIA. URL: <https://www.3ds.com/products-services/catia/>. (дата звернення: 10.10.2019)
87. Система SolidWorks. URL: <https://www.solidworks.com>. (дата звернення: 10.10.2019)
88. Welcom to ANSYS, Inc. – Corporate Homepage. URL: <https://www.ansys.com>. (дата звернення: 10.10.2019)
89. Система PTC Creo Elements/Pro (колишня назва Pro/ENGINEER) компанії PTC (Parametric Technology Corporation). URL: <https://www.ptc.com/en/industries/automotive>. (дата звернення: 10.10.2019)
90. Система Solidedge компанії Siemens. URL: <https://solidedge.siemens.com/ru/>. (дата звернення: 10.10.2019)
91. Система T-FLEX. URL: <http://www.tfex.ru/>. (дата звернення: 27.10.2019)
92. Система Autodesk Inventor. URL: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>. (дата звернення: 27.10.2019)