

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт 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 4.

Робота з ливарними формами, створення поверхонь
та деталей на їхній основі

2019

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт 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 4. Робота з ливарними формами, створення поверхонь та деталей на їхній основі / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 62 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 № 8
від « 22 » лютого 2019.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 72
від « 15 » березня 2019.

ЗМІСТ

Частина 4

Вступ	238
Лабораторна робота № 7. Робота з ливарними формами	240
7.1 Загальні відомості	240
7.2 Завдання до лабораторної роботи	241
7.3 Порядок проведення лабораторної роботи	241
Контрольні запитання	271
Лабораторна робота № 8. Створення поверхонь і деталей на їхній основі	272
8.1 Загальні відомості	272
8.2 Завдання до лабораторної роботи	272
8.3 Порядок проведення лабораторної роботи	272
Контрольні запитання	294
Рекомендована література	295
Основна	295
Додаткова	295
Інформаційні ресурси	295

ВСТУП

Вперше пакети твердотільного параметричного моделювання із промисловими можливостями стали доступні користувачам персональних комп'ютерів лише в середині 90-х років XX століття. Прийнято вважати, що саме 1995-й рік став переломним для світового ринку систем CAD/CAM масового застосування. Одне із кращих рішень такого рівня змогла запропонувати американська компанія SolidWorks Corporation. Ця компанія була створена в 1993 році, і вже через два роки, у листопаді 1995-го, на базі геометричного ядра Parasolid, випустила свій перший програмний продукт - систему тривимірного твердотільного моделювання SolidWorks.

Цей пакет програм твердотільного параметричного моделювання SolidWorks 95 відразу зайняв провідні позиції серед продуктів цього класу, буквально ввірвавшись у світову "табелю про ранги" систем CAD/CAE. З появою нових версій операційної системи Windows з'являлися й нові версії SolidWorks, що використовують можливості операційних систем, підвищуючи швидкодію пакетів SolidWorks.

Сьогодні SolidWorks завойовує міцні позиції на промислових машинобудівних підприємствах Західної Європи та країн СНД, а широта області використання цього програмного комплексу тільки продовжує збільшуватися. Щоб переконатися в цьому, досить відвідати веб-сайт компанії виробника www.SolidWorks.com.

Продукт американської фірми SolidWorks Inc. являє собою систему тривимірного твердотільного параметричного проектування механічних вузлів і конструкцій, розроблену спеціально для роботи в середовищі операційної системи Windows.

Локалізація версій програми проводиться безпосередньо самою фірмою SolidWorks а її орієнтація на використання середовища Windows, робить систему легко освоюваною й швидко працюючою.

Система SolidWorks реалізує класичний процес тривимірного параметричного проектування - від ідеї до об'ємної моделі, від моделі до креслення. Незважаючи на легкість освоєння, в SolidWorks реалізуються складні геометричні побудови завдяки використанню об'ємного ядра Parasolid. При цьому можливості твердотільного моделювання, реалізовані в системі, цілком порівнянні з можливостями систем САПР "важкого" класу, що працюють на платформі UNIX, таких як CATIA, NX, PTC Creo Elements/Pro.

Оскільки система SolidWorks працює під управлінням Windows, то вона підтримує багатовіконний режим роботи, підтримку методу "drag-and-drop", інтерфейс настроюваний користувачем, використання буфера обміну й повну підтримку технології OLE Automation. Будучи стандартним додатком Windows, SolidWorks дуже простий у використанні і, що особливо важливо, легкий а значить і швидкий у вивченні.

У частині 1 даних методичних вказівок розглянуті основні принципи роботи у SolidWorks та загальний алгоритм проектування, способи створення ескізів, методи побудови об'ємної моделі деталі.

У частині 2 розглянуті принципи та методи побудови у SolidWorks твердих тіл складної конфігурації, основні правила створення та редагування креслень в системі SolidWorks.

У частині 3 розглянуті методи створення деталей з листового металу, а також методи роботи зі складаннями.

У частині 4 розглянуто послідовність операцій та інструменти для роботи з ливарними формами в SolidWorks при проектуванні виробів, а також розглянуті принципи створення складних поверхонь та деталей на їх основі.

У частині 5 розглянуто порядок проведення розрахунків та аналізу спроектованих конструкцій за допомогою вбудованого додатку SimulationXpress. Також розглянуто порядок створення анімації для наочної демонстрації деталей та елементів складань в процесі руху. Розглянуто використання додатку SolidWorks – PhotoWorks для створення реалістичних зображень деталей або складань.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7. РОБОТА З ЛИВАРНИМИ ФОРМАМИ

Мета: Засвоїти методи роботи з ливарними формами у системі SolidWorks.

7.1 Загальні відомості

Інструменти роботи з ливарними формами в SolidWorks при проектуванні виробів доцільно використовувати у двох випадках:

- для створення двох половин ливарної форми з вирізом порожнини під ливарну деталь;
- для створення штампа з поверхнею штампувальної деталі.

У всіх випадках необхідно буде виконати таку послідовність операцій:

- створення тривимірної моделі проектованої деталі, тобто тієї деталі, з якої необхідно надалі створити ливарну форму або порожнину;
- створення тривимірної моделі основи ливарної форми, тобто деталі, яка буде містити порожнину для проектованої ливарної деталі або мати форму штампувальної деталі;
- створення проміжного складання, у якому буде відбуватися відносне розміщення проектованої деталі й основа ливарної форми;
- 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, які контролюють процес створення ливарної форми.

Завершивши модель, можна скористатися цими інструментами для аналізу й виправлення недоліків моделей SolidWorks. Інструменти ливарної форми охоплюють усі процеси від вихідного аналізу до створення поділу інструментів.

7.2 Завдання до лабораторної роботи

Побудуйте фігуру у вигляді елемента натягу по перетинах і створіть із неї порожнину у фігурі. Потім спроектуйте різні ливарні форми з аналізом ухилу й виточень.

7.3 Порядок проведення лабораторної роботи

Якщо на екрані відсутні інструменти ливарної форми із кнопками команд, треба відобразити їх, виконавши команду **"Інструменти | Налаштування"**, і на вкладці **"Панель інструментів"** встановити прапорець **"Інструменти для литийної форми"**. Після чого натисніть кнопку **ОК**, і панель інструментів відобразиться на екрані.

По умовчання в цій панелі може бути відсутня кнопка **"Полость"**, тому нам необхідно додати її. Для цього виберіть команду **"Інструменти | Налаштування"**, знайдіть на вкладці **"Команди"** в категорії **"Інструменти для литийной формы"** й перетягніть мишею значок **"Полость"** на панель **"Інструменти для литийной формы"**. Після всіх маніпуляцій натисніть кнопку **ОК**. Тепер ми можемо перейти до розгляду створення простої ливарної форми на прикладі деталі типу **"Шар"**.

Проста ливарна форма. Створення вихідних деталей.

Відомими вам способами створіть дві окремі деталі (рис. 7.1).

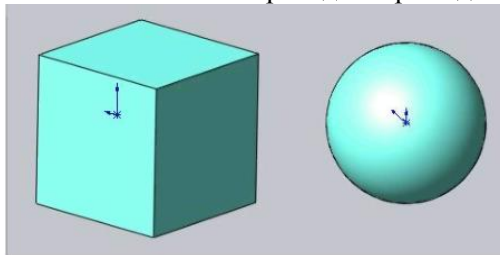


Рисунок 7.1 – Створені дві окремі деталі

Першу деталь, кулю діаметром 100 мм, збережіть у файлі **"Шар.sldprt"** (деталь, яку треба відлити, або деталь, з якої потрібно зробити порожнину). Другу деталь, куб з довжиною ребра 120 мм, збережіть у файлі **"Основание для шара.sldprt"** (деталь, з якої потріб-

но зробити ливарну форму, або деталь, у якій потрібно зробити порожнину).

Створення проміжного складання.

Тепер створіть складання й вставте спочатку деталь "**Основание для шара**", а потім деталь "**Шар**". При цьому деталь "**Основание для шара**" буде зафіксована (поруч зі значком деталі буде стояти буква **(Ф)**). Перемістіть кулю усередину куба приблизно так, як показано на рис. 7.2.

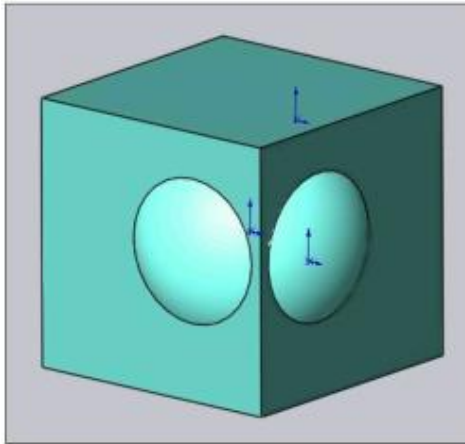


Рисунок 7.2 – Переміщення кулі у центр кубу

Для переміщення деталі скористайтесь кнопкою "**Переместить компонент**" з панелі інструментів "**Сборка**". Цей же інструмент можна знайти, відкривши вкладку "**Сборка**". Щоб зручніше було орієнтуватися усередині деталі, її можна зробити напівпрозорою. Для цього наведіть покажчик миші на основу й натисніть праву кнопку миші.

У контекстному меню, що з'явилося, виберіть кнопку "**Внешние виды**". У меню, що випадає, виберіть усю деталь "**Основание для шара**" (рис. 7.3). У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно "**Цвет**" (рис. 7.4), у якому на вкладці "**Оптические свойства**" перемістіть повзунок "**Прозрачность**" у середнє положення. Проробивши все це, натисніть кнопку **ОК**. У результаті у вас повинен вийти напівпрозорий куб, у якому розміщується куля (рис. 7.4). Збережіть складання під іменем "**Основание для шара.sldasm**".

Прозорим складання можна зробити й іншим способом. Просто клацніть правою кнопкою миші на компоненті складання й у контекстному меню натисніть кнопку **"Изменить прозрачность"** (рис. 7.5). Цією ж кнопкою можна повернути деталі вихідну прозорість. Даний спосіб можна застосовувати тільки для складань. Спосіб зміни прозорості, описаний раніше, можна застосовувати завжди.

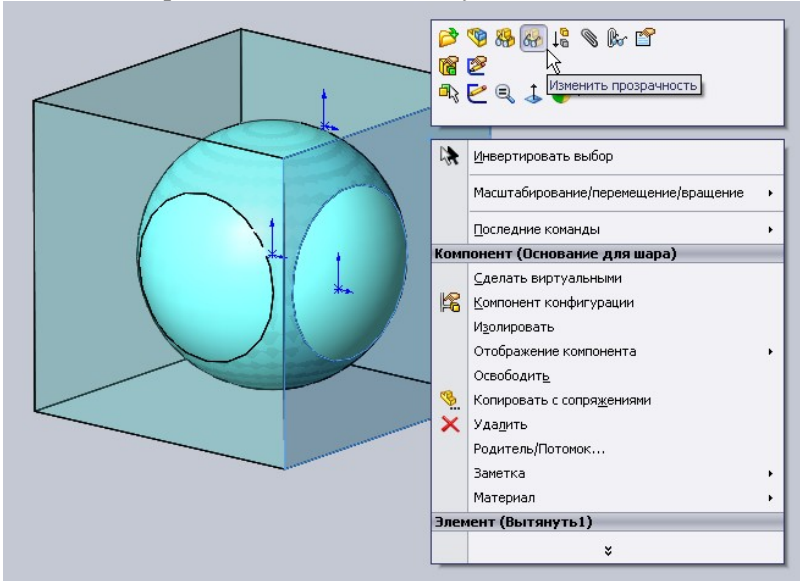


Рисунок 7.5 – Зміна прозорості складання через контекстне меню

Редагування деталі й вставка в неї порожнини.

Виділіть деталь **"Куб"**, клацнувши мишею по деталі в складанні або в дереві конструювання. Потім у панелі інструментів **"Сборка"** натисніть кнопку **"Редактировать деталь"**. Тепер у панелі інструментів **"Инструменты для литейной формы"** натисніть кнопку **"Полость"**. У менеджері властивостей, діалоговому вікні **"Полость"**, в область **"Компоненты проекта"**, з дерева конструювання додайте деталь **"Шар"** так, як показано на рис. 7.6.

Натисніть кнопку **ОК**. У результаті пророблених операцій ми одержали деталь **"Куб"** з порожниною, що має форму деталі **"Шар"** (рис. 7.7). У такий спосіб можна одержувати порожнини в деталях будь-якої складності. При цьому змінилася вихідна деталь, що вхо-

дять у складання. Спробуйте зберегти зміни, нажавши кнопку **"Зберегти"**. У результаті з'явиться діалогове вікно **"Решить неопределенность"**, у якому потрібно вказати, що саме ви прагнете зберегти: складання або деталь. Виберіть збереження деталі **"Основание для шара.sdlprt"**.

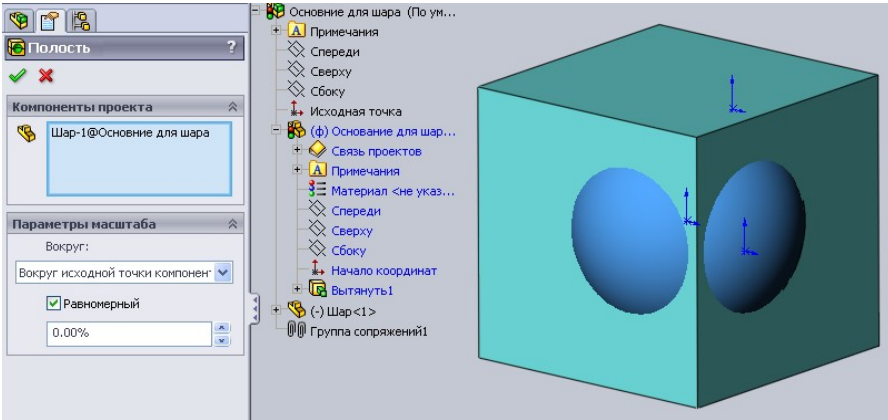


Рисунок 7.6 – Додавання порожнини у складання

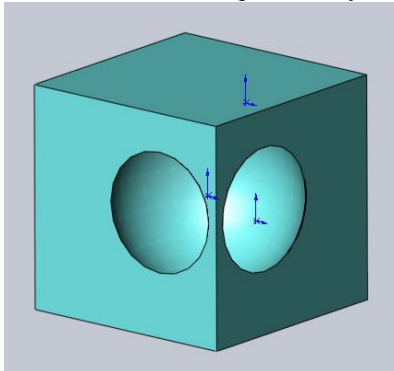


Рисунок 7.7 – Куб із порожниною у формі кулі

Створення деталі похідного компонента.

Після створення складання деталі з порожниною можна перейти до створення похідного компонента деталі в контексті складання. Це необхідно для того, щоб при створенні двох половин ливарної форми не зачіпалася вихідна деталь. У нашому випадку цією деталлю є куб. Для цього в наявному складанні зробіть активною деталь **"Куб"** (ос-

нова для кулі), клацнувши мишею по деталі на екрані складання або в дереві конструювання. Далі виберіть команду **"Файл | Деталь производного компонента"**. У результаті даних дій у новому вікні повинна з'явитися деталь **"Куб"**.

Створення лінії рознімання.

Тепер на передній грані нової деталі за допомогою інструментів ескізу побудуйте лінію приблизно так, як показано на рис. 7.8. У цьому випадку лінію необов'язково проводити строго через центр окружності, тому що ми поки що не торкаємося питань, пов'язаних з добуванням відлитої деталі з форми, а лише покажемо, як можна просто розрізати деталь і одержати дві половини однієї ливарної форми.

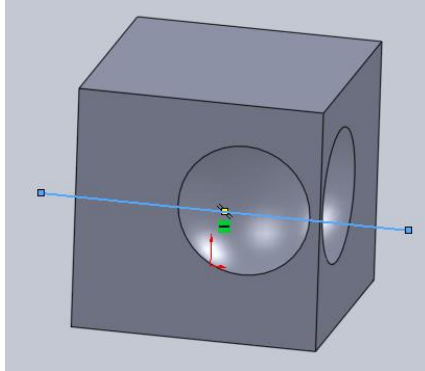


Рисунок 7.8 – Лінія рознімання

Після побудови передбачуваної лінії рознімання можна розрізати нашу деталь на дві половини. Для цього скористаємося панеллю інструментів **"Элементы"**. Лінія рознімання не обов'язково повинна бути прямою і розташовуватися строго перпендикулярно напрямку рознімання. У якості лінії рознімання можна використовувати лінію, що розташовується під кутом до напрямку рознімання, ламану лінію або навіть сплайн.

Створення розрізу деталі.

Виділіть лінію розрізу й натисніть на панелі інструментів **"Элементы"** кнопку **"Вытянутый вырез"** і в менеджері властивостей, діалоговому вікні **"Вытянуть"** натисніть кнопку **ОК**. У результаті ви одержите одну половину (нижню) ливарної форми так, як показано на

рис. 7.9. Збережете отриману деталь під іменем **"Основание для ша-
ра_1.sldprt"**.

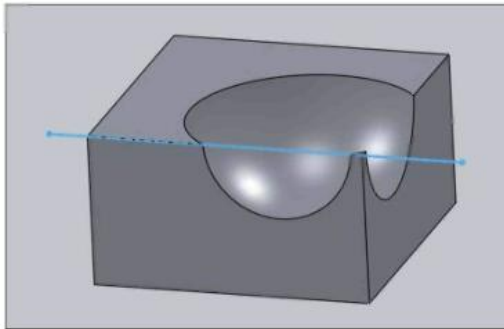


Рисунок 7.9 – Нижня половина ливарної форми

Для одержання другої (верхньої) половини форми клацніть правою кнопкою миші в дереві конструювання на елементі **"Витянуты1"** і в контекстному меню виберіть **"Редактировать определение"**.

У знову діалоговому вікні **"Витянуты1"** в області **"Направление 1"**, встановіть прапорець **"Переставить сторону для выреза"** (рис. 7.10).

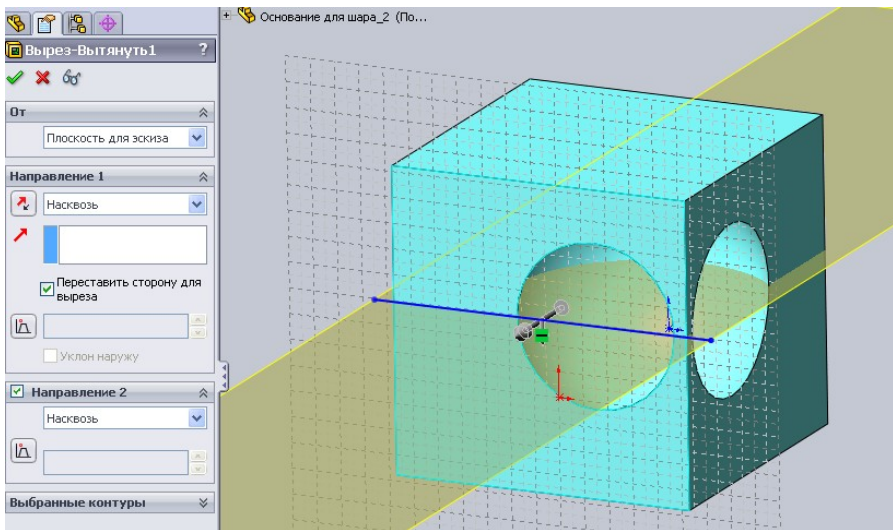


Рисунок 7.10 – Створення розрізу деталі

Натисніть кнопку **ОК**, і ви одержите другу половину ливарної форми. Деталь повинна виглядати приблизно так, як показано на рис. 7.11.

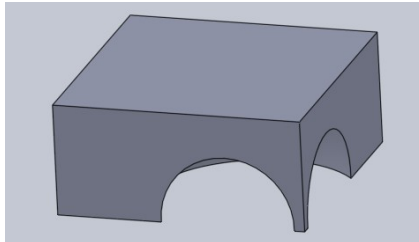


Рисунок 7.11 – Верхня половина ливарної форми

Оскільки ви отримали другу половину форми редагуванням першої, для збереження цієї половини в окремому файлі виконайте команду **"Файл | Сохранить как"** і задайте ім'я файлу **"Основание для шара_2.sldprt"**.

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 половин 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"**.

Створення порожнини в багатотільній деталі.

Покажемо ще один спосіб створення порожнини в деталі. Якщо в попередньому прикладі для створення порожнини, що має форму однієї деталі, в іншій деталі було необхідно створити проміжне складання, то в цьому прикладі порожнину створимо в одній деталі, але в багатотільній.

Для початку побудуємо перше тіло. Відкрийте новий файл і створіть ескіз по розмірах, показаних на рис. 7.12, а потім витягніть його на відстань 80 мм. Тепер на верхній грані побудуйте ескіз, пока-

заний на рис. 7.13. Отвір у цьому ескізі перебуває на плоскій частині.

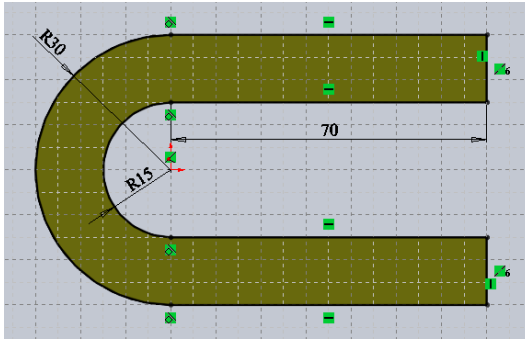


Рисунок 7.12 – Створення ескізу за вказаними розмірами

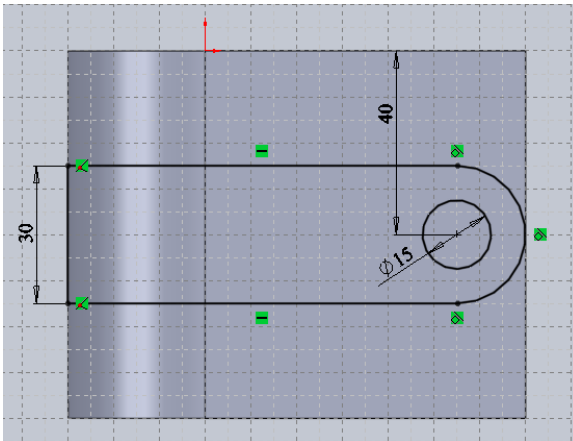


Рисунок 7.13 – Створення ескізу на верхній грані

Тепер необхідно витягнути другий ескіз. З панелі інструментів "Элементы" виберіть інструмент "Вытянутая бобышка/основание". Установіть параметри визначення так, як показано на рис. 7.14. З однієї сторони ми витягнемо наш ескіз на 10 мм (область "Направление 1"), з іншого боку - на 70 мм (область "Направление 2"). Обов'язково зніміть прапорець "Результат слияния" в області "Направление 1". Якщо цього не зробити, то в результаті операції витягування ескізу ми одержимо цільну деталь. Цей параметр відповідає за створення багатотільної деталі. Натисніть кнопку **ОК**, і у вас повинна вийти деталь, показана на рис. 7.15.

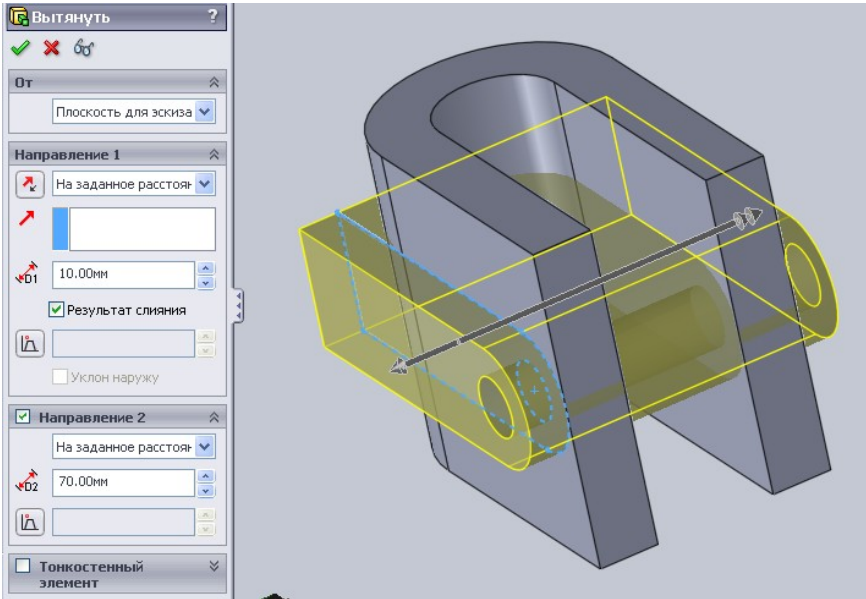


Рисунок 7.14 – Процес створення багатотільної деталі

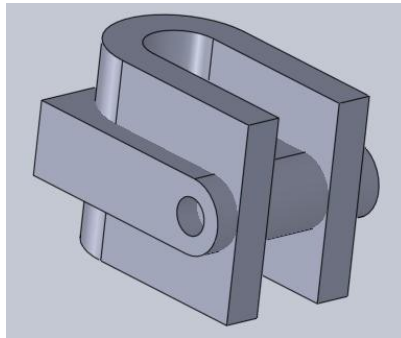


Рисунок 7.15 - Завершена багатотільна деталь

Зараз деталь виглядає цільною, але в машинному розрахунку це дві різні деталі, сполучені разом, тобто багатотільна деталь. Щоб переконатися в цьому, подивіться дерево конструювання й побачите папку **"Твердые тела"**, де цифра в дужках показує кількість твердих тіл. Якщо розкрити цю папку, то в меню, що відкрилося, з'являться пункти **"Вытянуты1"** і **"Вытянуты2"** (рис. 7.16), що відносяться до

різних твердих тіл багатотільної деталі.

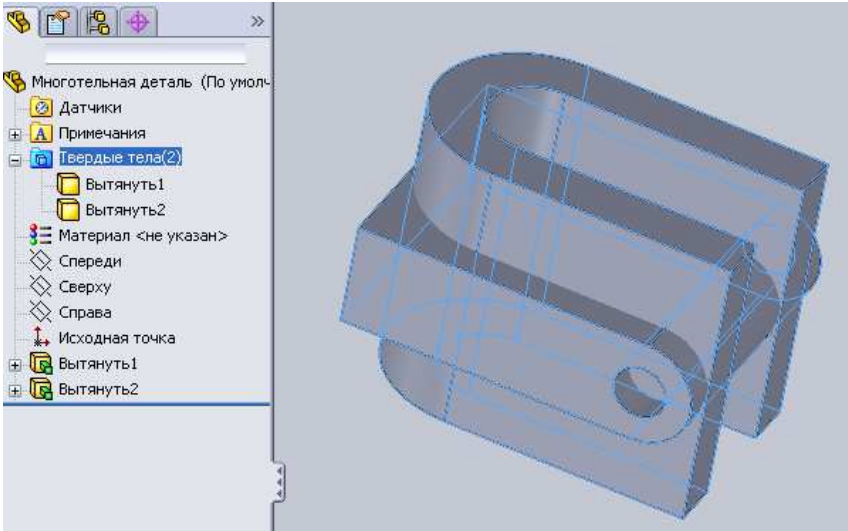


Рисунок 7.16 - "Дерево Конструирования" багатотільної деталі

Щоб здійснити взаємодію твердих тіл, викличте команду **"Скомбинировать тела"** в панелі інструментів **"Элементы"**. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно **"Соединить"**. В області **"Тип операции"** можливі три варіанти:

"Добавить" - до основного тіла багатотільної деталі додаються інші тіла. В області **"Соединить тела"** необхідно вказати, які елементи будуть піддаватися об'єднанню (рис. 7.17). Виберіть ці тіла з дерева конструювання або просто клацніть лівою кнопкою миші на елементі в області побудов;

"Удалить" - з основного тіла багатотільної деталі віддаляються інші тіла. В області **"Основное тело"** необхідно вказати елемент, з якого будуть видалятися інші тіла. В області **"Удалить тела"** вказують ті елементи, які будуть видалятися з основного тіла (рис. 7.18). Для відмінності основного тіла, та тіл що видаляються, вони підсвічуються різним кольором. Якщо в процесі видалення виникнуть роз'єднані тіла, то програма виведе діалогове вікно **"Оставить тела"** (рис. 7.19) і зробить запит на вибір усіх тіл або тільки визначених.

За допомогою курсору миші встановіть прапорці в тих тіл, які

необхідно залишити. За допомогою операції "Удалить" можна здійснювати вирізання складної порожнини з тіл;

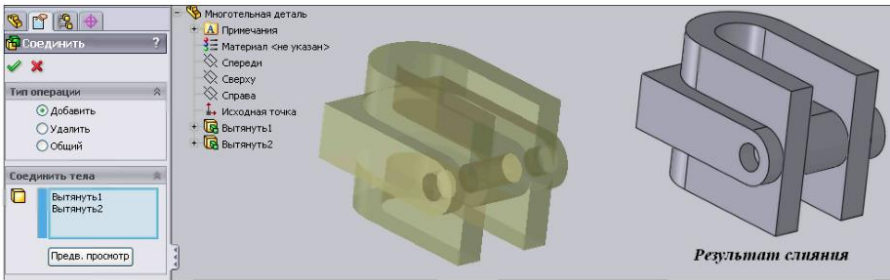


Рисунок 7.17 – Запуск процесса об'єднання деталей

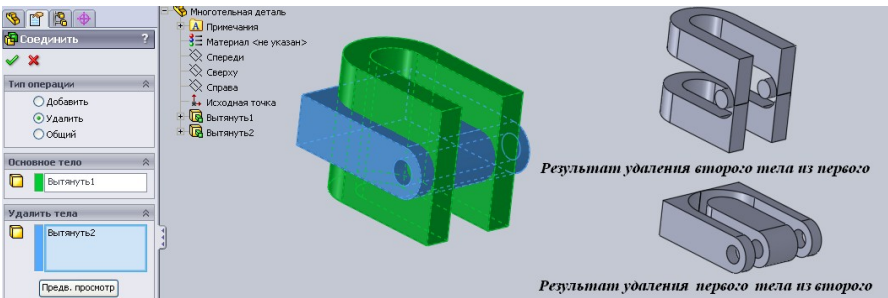


Рисунок 7.18 - Варианты об'єднання деталей

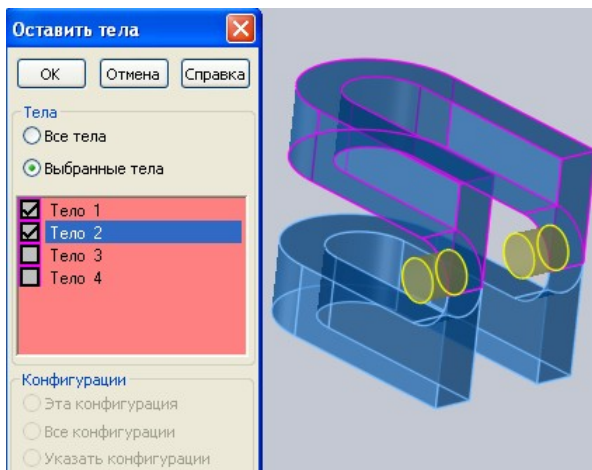


Рисунок 7.19 – Вибір варіанту "Оставить тела"

"Общий" - за допомогою цієї операції виходить елемент, частини якого є загальними для тіл, обраних в області **"Соединить тела"**. Інша назва цієї операції - перетинання тел. Результат цієї операції показаний на рис. 7.20. У даному прикладі було показано комбінування двох тіл, але в програмі можливе комбінування будь-якої кількості тіл.

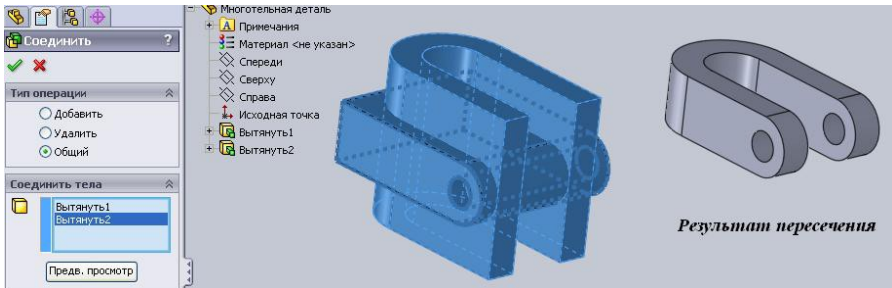


Рисунок 7.20 - Вибір варіанту "Соединить тела"

Оформлення ливарної форми зі складним розніманням.

Розглянемо команди, необхідні при проектуванні ливарних форм із обліком їх розбираваності на складові й добування відлитої деталі з форми. Оформлення ливарних форм зі складним розніманням розглянемо на прикладі проектування деталі **"Короб"**.

При проектуванні взаємозалежних деталей, таких як модель порожнини й дві половини ливарної форми, зручно розмішувати 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**. Для проектування ливарних форм нам буде потрібна інструментальна панель **"Инструменты для литейной формы"**. Якщо її немає на екрані, то викличте цю панель за допомогою **"Инструменты | Настройка"** й у діалоговому вікні **"Настройка"** встановіть прапорець напроти панелі **"Инструменты для литейной формы"**.

Спочатку в цій панелі повинна бути активною тільки кнопка **"Вставить папки литейной формы"**. Натисніть цю кнопку, і в дереві конструювання з'явиться схований елемент **"Тела поверхности"**. Щоб їх побачити, натисніть правою кнопкою миші в дереві конструю-

вання на назву деталі й у контекстному меню виберіть **"Скрытые элементы дерева | Тела поверхности"**. Розкриється чергове контекстне меню, у якому будуть папки ливарної форми (рис. 7.21). Ці папки призначені для систематизації твердих тіл, які будуть брати участь у процесі проектування ливарних форм.

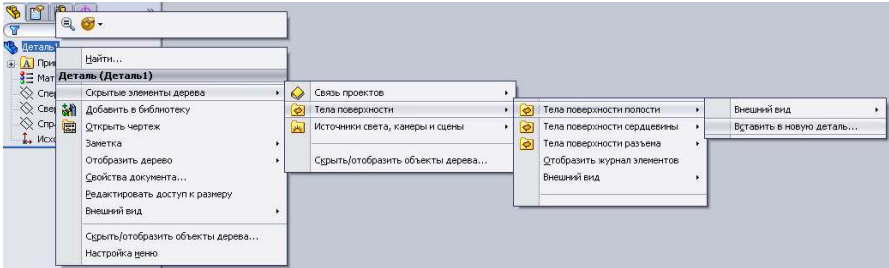


Рисунок 7.21 – Контекстне меню з папками ливарної форми

Побудова тіла порожнини.

Давайте тепер спроектуємо деталь, яка буде моделлю для побудови порожнини. Для цього пройдіть шлях, показаний на рис. 7.21, і виберіть пункт **"Вставить в новую деталь"**. З'явиться діалогове вікно **"Сохранить как"**, яке запропонує зберегти деталь. У полі **"Имя файла"** введіть ім'я деталі, що зберігається, **"Короб.sldprt"**. Після збереження побудуйте ескіз по розмірах, показаних на рис. 7.22. Потім вийдіть із ескизу й зробіть витягування ескизу на відстань 40 мм. Таким чином ми одержали заготовку для нашого короба.

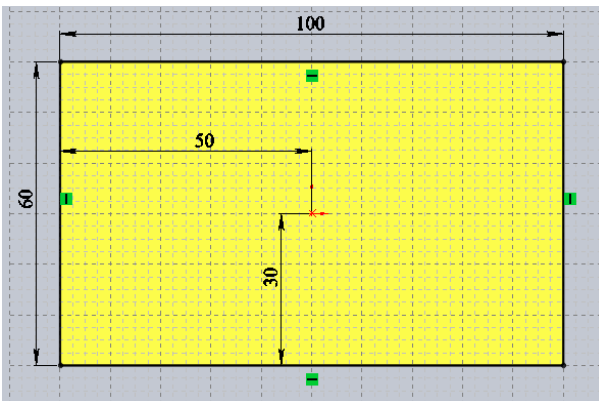


Рисунок 7.22 – Ескіз тіла порожнини

Добування серцевини.

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

У панелі інструментів "**Инструменты для литейной формы**" є кнопка "**Серцевина**". Натисніть її. Якщо за замовчуванням цієї кнопки немає в панелі інструментів, то додайте її через налаштування панелей. Далі в якості площини побудови виберіть передню грань нашої заготовки й на ній побудуйте ескіз із розмірами, зазначеними на рис. 7.23. Тепер вийдіть із ескізу й у діалоговому вікні "**Серцевина**" встановіть параметри так, як зазначено на рис. 7.24.

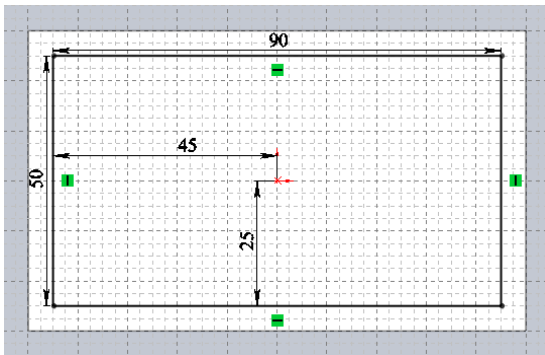


Рисунок 7.23 – Редагування розмірів ескізу порожнини

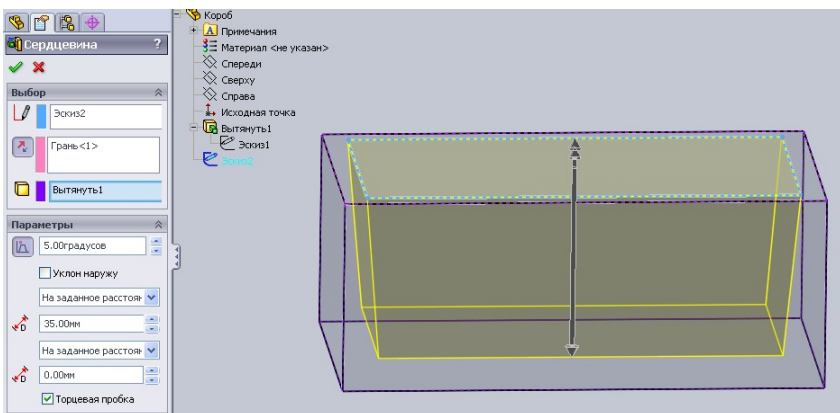


Рисунок 7.24 – Процес створення порожнини

Встановіть параметр **"Включить/Выключить уклон"** у режим **"Включить"** й введіть значення 5 градусів. Це необхідно зробити для того, щоб забезпечити добування серцевини з відлитої деталі. Значення величини ухилу є проєктувальним і може мінятися залежно від ливарного матеріалу. Не забудьте встановити прапорець **"Торцевая пробка"**, щоб відітнути днище короба. Після виставляння всіх параметрів натисніть кнопку **ОК**. Зовні нічого начебто б не змінилося, крім появи в дереві конструювання нового елемента **"Серцевина3"**. Але насправді наша заготовка тепер формально розділена.

Поділ деталей.

Тепер розділимо заготовку не формально, а фактично на два тверді тіла. Для цього скористаємося на панелі **"Инструменты для литейной формы"** кнопкою **"Разделить"**. Якщо цієї кнопки немає на панелі, додайте її, вибравши команду **"Инструменты | Настройка"**, на вкладці **"Команды"** в категорії **"Инструменты для литейной формы"** знайдіть кнопку й перетягніть мишею на робочу панель.

Тепер натисніть її мишею. З'явиться вікно **"Разделить"**, а в області побудови точками з винесеннями будуть зазначено два тверді тіла, яким необхідно дати імена й зберегти їх у окремих файлах.

Клацнувши мишею в області **"Инструменты для отсечения"**, активізуйте її. Потім вкажіть мишею верхню грань на деталі **Грань<1>**, щоб ім'я грані з'явилося у вікні. Після цього натисніть кнопку **"Разрезать деталь"**. В області **"Результат"** можна задати ім'я файлу й встановити статус деталі: сховати або відобразити тіло деталі.

Для збереження двічі натисніть на поле із заголовком **"Файл"** і введіть для **"Тело 1"** ім'я файлу **"Модель короба.sldprt"**, а для **"Тело 2 - Серцевина.sldprt"**.

Перевірте по рис. 7.25, чи правильно ви все зробили. Після збереження зніміть прапорець із пункту **"Модель короба"** під ножицями й встановіть прапорець у параметра **"Абсорбировать вырезанные тела"**. У результаті серцевина повинна бути схована. Натисніть кнопку **ОК**. Якщо ви все зробили правильно, повинен вийти короб без серцевини. Крім того, окремо у файлі збережена серцевина короба, яка надалі потрібна для формування ливарної форми.

Аналіз ухилу.

Для того щоб відлита деталь могла вільно вийматися з форми,

необхідно надавати ливарні ухили граням деталі, що розташовуються уздовж напрямку добування. Для полегшення аналізу ливарних ухилів в SolidWorks є інструмент **"Анализ уклона"**. Давайте проаналізуємо нашу деталь **"Короб"** з погляду виймання з форми. Пройдіть шлях **"Вид | Отображение | Анализ уклона"** або просто натисніть кнопку - **"Анализ уклона"** в панелі інструментов **"Вид"**.

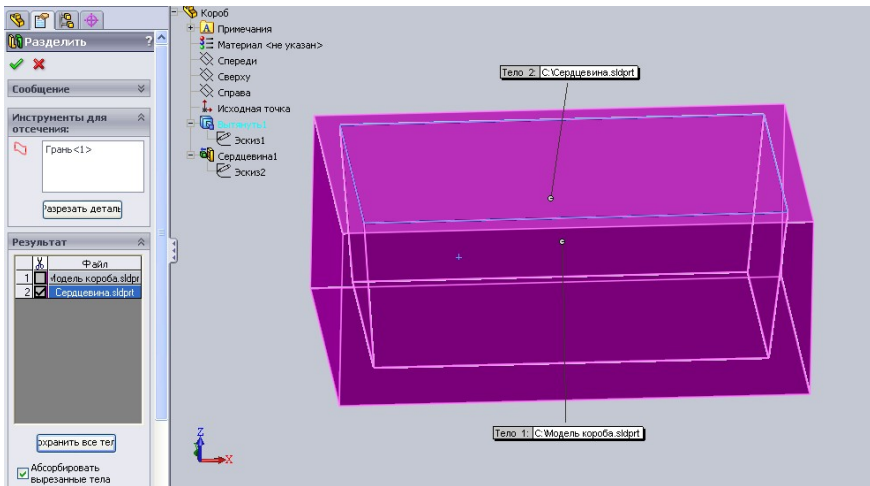


Рисунок 7.25 – Процес розділення деталей

Відразу в **"Менеджере свойств"** з'явилося 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 поверхоень необхідно стежити за відповідними гранями деталі. Давайте для початку простежимо можливість вилучення половини форми із серцевиною з середини короба.

В області **"Настройки анализа"** активізуйте поле **"Направление натяжения"** й вкажіть на коробі грань, що є дном короба (**Грань<1>**). Кут ухилу встановіть 5 градусів. Перевірте, чи спрямована стрілка в одного з кутів грані нагору. Якщо стрілка спрямована вниз, натисніть кнопку **"Реверс направления"**. Коли всі параметри будуть задані, встановіть прапорець у параметра **"Определение грани"** (рис. 7.26).

Внутрішні грані й дно короба повинні підсвітитися зеленим ко-

льором (встановленим за замовчуванням). Це говорить про те, що ухили встановлені правильно й проблем з добуванням деталі з форми із серцевиною бути не повинно.

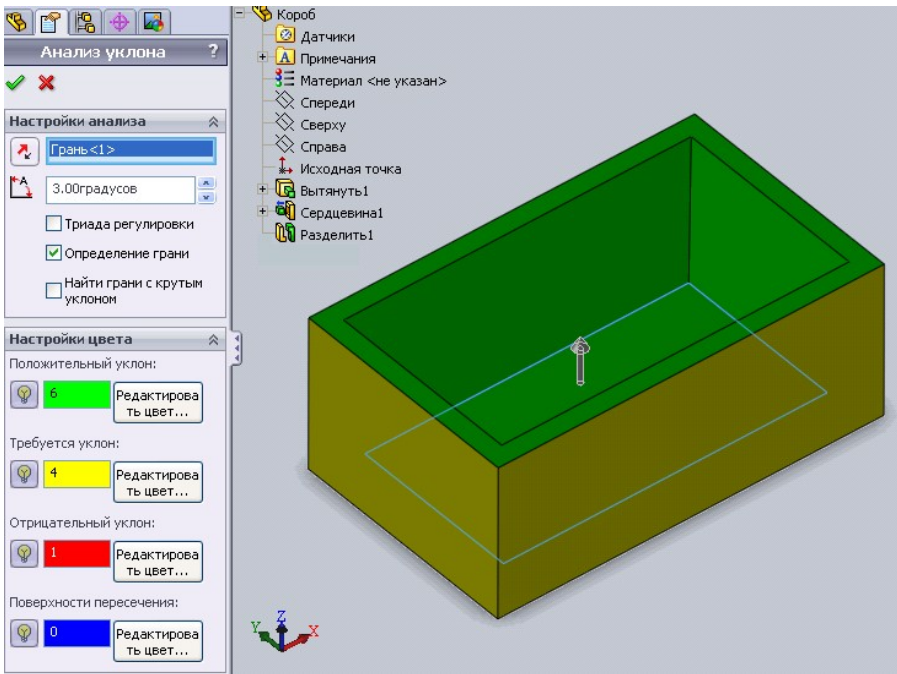


Рисунок 7.26 – Инструмент "Анализ уклона"

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 **"Редактировать цвет"** й у діалоговому вікні **"Цвет"** вибрати варіант розцвічення який сподобався.

Тепер у якості тренування проаналізуємо ухил короба із зовнішньої сторони. Для цього переверніть деталь, активізуйте поле **"Направление натяжения"** й натисніть клавішу **<Delete>** для видалення старої грані. Після цього клацніть мишею по дну короба, але із зовнішньої сторони. У вікні повинна з'явитися **Грань<2>**. Стрілка натягу повинна бути спрямована нагору, по напрямковій з потяга форми. Оскільки параметри залишилися тими ж, то грані відразу змінять свій

колір (рис. 7.27).

Цього разу бічні грані короба офарбилися в жовтий колір, що говорить про те, що для цих граней потрібно встановити ухил. Величина ухилу залежить від типу використаного матеріалу. Після аналізу натисніть кнопку **ОК** і деталь збереже колір граней.

У правому нижньому куті області побудов з'явиться легенда, у якій буде зазначена кількість граней у деталі, що мають позитивний або негативний ухил, або яким потрібно додати ухил. Для скасування кольорового розфарбування граней деталі, знову пройдіть шлях **"Вид | Отображение | Анализ уклона"**.

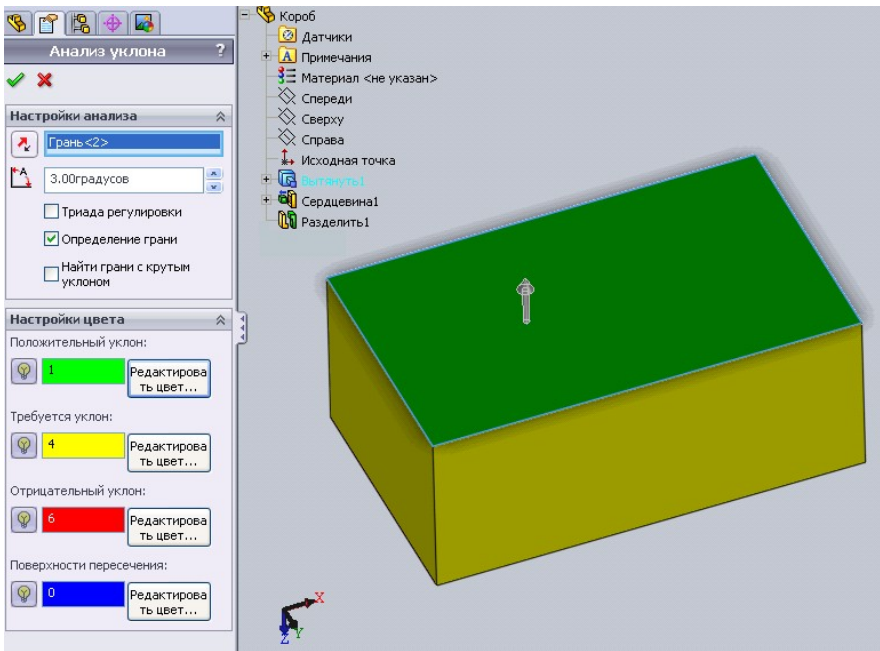


Рисунок 7.27 – Зміна напрямку виймання форми

Завдання ухилу.

Тепер давайте для граней, яким потрібен ухил, призначимо ливарні ухили. Для цього натисніть кнопку **"Уклон"** у панелі інструментів **"Инструменты для литейной формы"**. У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **"Уклон"** або **DraftXpert**.

Поява того або іншого вікна залежить від того, яким вікном ви

востаннє користувалися. Щоб перейти у вікно "**Уклон**", необхідно натиснути кнопку "**Вручную**". Щоб переключитися у вікно **DraftXpert**, натисніть кнопку **DraftXpert**.

За допомогою інструмента **DraftXpert** можна управляти створенням і зміною всіх ухилів нейтральної площини. При використанні інструмента **DraftXpert** для створення ухилу скорочується число спроб і усуваються помилки.

Для роботи інструмента потрібно вибрати кут і посилання для ухилу, інші операції будуть виконані за допомогою **DraftXpert**. До цих операцій може ставитися автоматичне переупорядкування елементів ухилу перед прилягаючими округленнями. Цим інструментом можна скористатися, коли з'явиться досвід проектування, тому спочатку давайте задамо ухил більш простим способом.

Для цього в діалоговому вікні натисніть кнопку "**Вручную**". Тепер у діалоговому вікні "**Уклон**" виберіть у списку "**Тип уклона**" значення "**Нейтральная плоскость**" й у якості площини мишею вкажіть верхню грань борта короба (**Грань<1>**). Поруч із гранню з'явиться стрілка, що вказує напрямок натягіння. Вона повинна бути спрямована вниз. Якщо вона виявиться спрямованою нагору, натисніть кнопку "**Реверс направления**" для зміни напрямку натягіння ухилу. Інші параметри встановіть так, як показано на рис. 7.28.

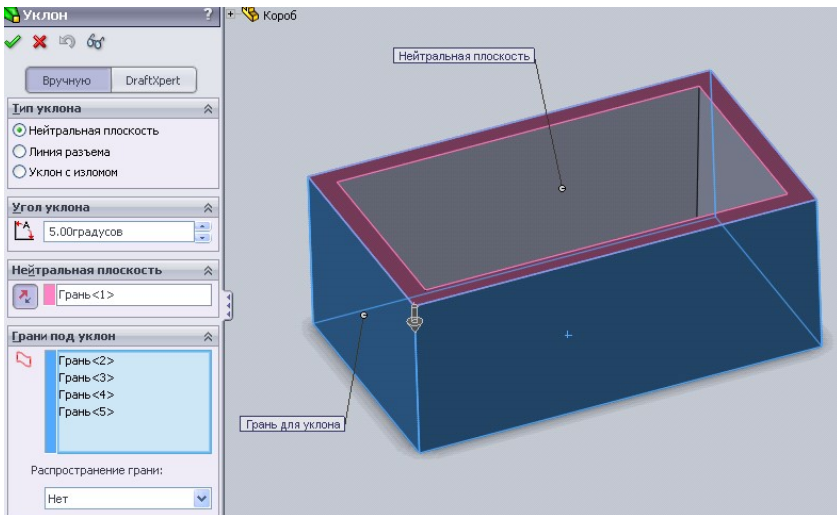


Рисунок 7.28 – Завдання параметрів ухилу

У якості граней для ухилу, мишею виберіть бічні грані короба (їх усього чотири). Обрані грані повинні з'явитися у вікні **"Грани под уклон"**. Далі натисніть кнопку **ОК**. У результаті грані короба набудуть ухилу, а в дереві конструювання з'явиться відповідний елемент. Тепер за допомогою команди **"Анализ уклона"** можете самостійно провести аналіз виймання деталі з форми.

Визначення виточення.

Розглянемо ще один інструмент для проектування ливарної форми. Цим інструментом є команда **"Анализ выточек"**, яка виконує пошук поглинених областей у моделі, які не можна витягти з ливарної форми. Ці області звичайно переміщуються перпендикулярно напрямку розділених сегментів серцевини й порожнини.

Інструмент **"Анализ выточек"** застосовується тільки для визначення елементів твердих тіл. Визначення тіл поверхонь не виконується. Давайте проведемо визначення виточення для нашого короба.

Для цього запустіть команду, пройшовши шлях **"Вид | Отображение | Анализ выточек"**. Або просто натисніть кнопку - **"Анализ выточек"** у панелі інструментів **"Вид"**. У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **"Анализ выточек"**. У якості напрямку для натягу виберіть дно короба (**Грань<1>**). Внутрішні грані при цьому автоматично стануть синіми, а зовнішні - бузковими. Це говорить про те, що дана деталь вільно витягується з форми в обох напрямках. Натисніть кнопку **"Отмена"** й не зберігайте кольори граней.

Як приклад неправильного проектування давайте створимо виточення на внутрішній бічній грані короба так, як показано на рис. 7.29.

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 пройдіть шлях мишею **"Вид | Отображение | Анализ выточек"**.

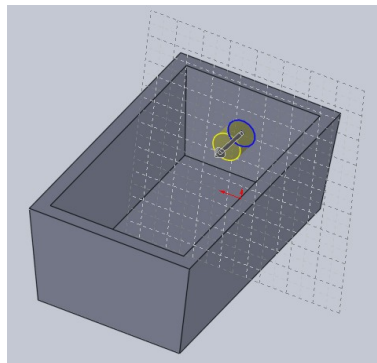


Рисунок 7.29 – Створення виточення на внутрішній грані коробу

Тепер так само, як і минулого разу, у якості напрямку для натягу виберіть дно коробки (**Грань<1>**). Результат аналізу цього разу виявився іншим (рис. 7.30).

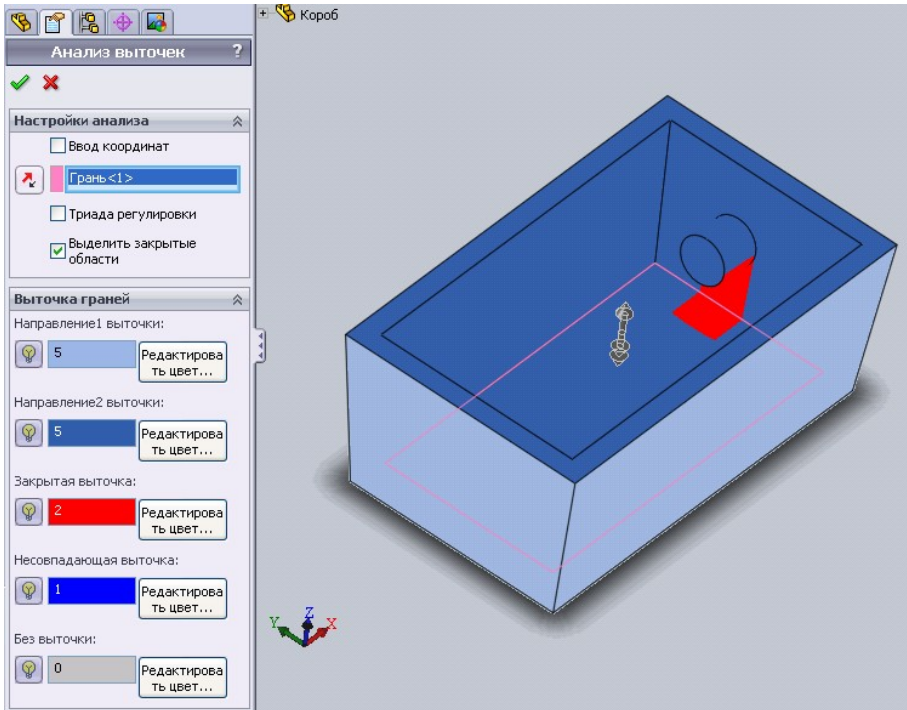


Рисунок 7.30 – Результат аналізу виточення

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

Тепер натисніть кнопку **ОК** і кольори граней збережуться в деталі. У правому нижньому куті області побудов з'явиться легенда із вказівкою про кількість виявлених виточень. Для видалення розцвічення граней знову пройдіть мишею шлях "**Вид | Отображение | Анализ выточки**". Вилучіть тільки що побудоване виточення з ескізом, тому що вони нам у подальшому більше не знадобляться. Збережіть побудовану деталь **Короб**, нажавши кнопку "**Сохранить**" в панелі інструментів "**Стандартная**".

Створення основи.

Давайте тепер спроектуємо деталь, яка буде основою для створення форми. Для цього створіть нову деталь, натисніть кнопку **"Вставити папки литейной формы"**, клацніть правою кнопкою миші на корені дерева конструювання й у контекстному меню виберіть **"Скрытые элементы дерева | Тела поверхности | Тела поверхности разъема | Вставить в новую деталь"**.

З'явиться діалогове вікно **"Сохранить как"**, яке запропонує зберегти деталь. У полі **"Имя файла"** введіть ім'я деталі, що зберігається, **"Основание для короба.sldprt"**. Після збереження побудуйте ескіз по розмірах, показаних на рис. 7.31.

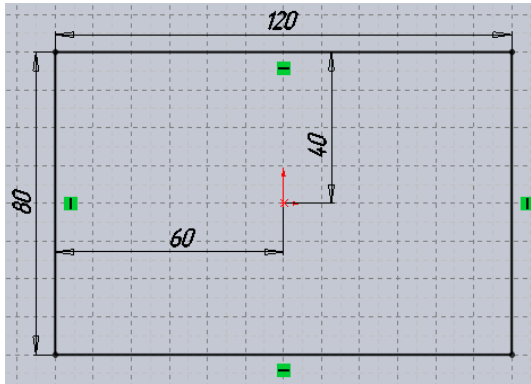


Рисунок 7.31 – Редагування параметрів ескізу

Потім вийдіть із ескізу й зробіть витягування ескізу на відстань 60 мм. Розміри основи повинні бути обов'язково більше моделі. Таким чином, ми одержали заготовку для нашої основи під короб. Збережіть деталь, нажавши кнопку **"Сохранить"** в панелі інструментів **"Стандартная"**.

Створення проміжного складання.

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

Спочатку в складання вставте деталь **"Основание для коро-**

ба.sldprt". Тому що ця деталь у складанні є першою, вона автоматично буде зафіксована (поруч із іменем деталі в дереві конструювання буде значок **(Ф)**). Відразу ж зробіть деталь напівпрозорою, щоб надалі було видне розташування короба усередині основи. Для цього наведіть на деталь мишу й натисніть праву кнопку. У контекстному меню натисніть кнопку **"Изменить прозрачность"**.

Тепер прийшла чергу вставити в складання другу деталь. Для цього виберіть команду **"Вставка | Компонент | Из файла"**. З'явиться вже знайоме вам діалогове вікно **"Вставить компонент"**. Аналогічно попередній деталі зробіть вставку деталі **"Короб.sldprt"**. Короб розмістіть приблизно усередині основи для короба. Переміщення деталі здійсніть після натискання кнопки **"Переместить компонент"**, а обертання - **"Вращать компонент"** із панелі інструментів **"Сборка"**. Ці інструменти можуть також перебувати на вкладці.

Тепер встановимо відстань між буртиком короба й гранню основи, щоб при розніманні форми точно потрапити в площину буртика. Для цього в панелі інструментів **"Сборка"** натисніть кнопку **"Условия сопряжения"**. Вкажіть мишею грань буртика короба й грань основи так, як показано на рис. 7.32.

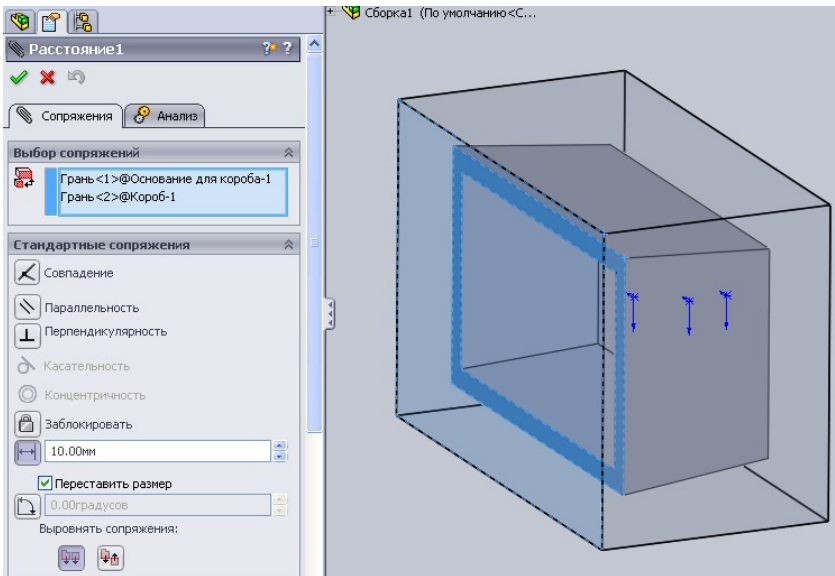


Рисунок 7.32 – Вибір граней короба

У вікні **"Выбор сопряжений"** повинні з'явитися імена обраних граней. Натисніть кнопку **"Расстояние"**, щоб встановити відстань між гранями 10 мм. Перевірте, чи все правильно ви зробили, і натисніть кнопку **ОК**. Збережіть складання під іменем **"Литейная форма для короба.sldasm"**.

Створення порожнини.

Тепер створимо порожнину за формою нашого короба. Для цього зробить активною деталь **"Основание для короба"**, клацнувши по ній в дереві конструювання, і натисніть кнопку **"Редактировать деталь"** у панелі інструментів **"Сборка"** або на вкладці **"Сборка"**.

Потім у панелі інструментів **"Инструменты для литейной формы"** натисніть кнопку **"Полость"** й виберіть у дереві конструювання компонент складання **"Короб"**. Дерево конструювання в цьому випадку переміщується в область побудов і може бути згорнуто.

Щоб його розгорнути, натисніть значок плюса поруч із іменем **"Литейная форма для короба"**. Після вставки компонента його ім'я повинне з'явитися в області **"Компоненты проекта"** діалогового вікна **"Полость"**. Якщо матеріал деталі сильно всідається при охолодженні, необхідно задавати відсоток усадки. Давайте й ми це зробимо.

У вікні **"Параметры масштаба"** встановіть усадку **"Вокруг исходной точки компонента"**, поставте прапорець **"Равномерный"** і встановіть відсоток усадки 1%. Перевірте по рис. 7.33 правильність усіх установок.

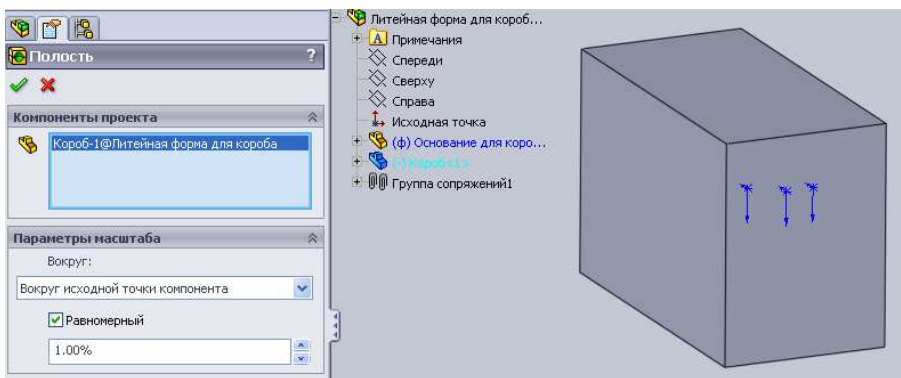


Рисунок 7.33 – Перевірка налаштувань створення порожнини

Якщо все правильно, то натисніть кнопку **ОК**. Збережіть складання, нажавши кнопку **"Сохранить"**. При запиті програми "Який документ зберегти?" послідовно збережіть обидва файли: файл деталі й файл складання. Тепер знову перейдіть у режим редагування складання, нажавши правою кнопкою миші на корінь дерева конструювання й у контекстному меню вибравши пункт **"Редактировать сборку"**.

Оформлення першої половини ливарної форми.

Відкрийте файл деталі **"Основание для короба.sldprt"** або перейдіть на 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 кнопку **"Внешние виды"**. У меню, що випадає, виберіть деталь **"Основна для короба"**. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно колір, у якому на вкладці **"Оптические свойства"** встановіть повзунок **"Прозрачность"** у середнє положення. Натисніть кнопку **ОК** і деталь змінить свою прозорість.

Тепер на передній грані деталі створіть ескіз і побудуйте лінію так, як показано на рис. 7.34 з відстанню від краю 10 мм. Лінія повинна перевищувати розміри деталі по довжині. Вийдіть із ескизу.

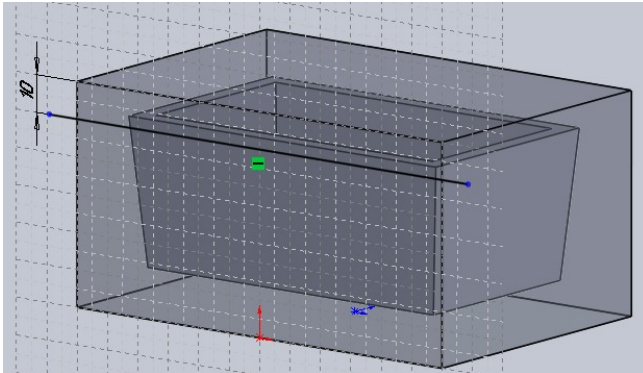


Рисунок 7.34 – Побудова лінії розсічення

Далі створіть витягнутий виріз, нажавши в панелі інструментів **"Элементы"** кнопку **"Вытянутый вырез"**.

Оскільки лінія не має товщини, то виріз також не буде мати то-

вщини, а просто розсіче деталь. У якості ескізу для вирізу виберіть тільки що зроблений ескіз лінії.

У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **"Витянуть"**. Упевніться, що в області **"От"** встановлене значення **"Плоскость для эскиза"**, а в областях **"Направление 1"** і **"Направление 2"** у поле **"Граничное условие — Насквозь"**. Одна зі стрілок, та, що показує напрямок відсікання, повинна бути спрямована нагору (рис. 7.35). Тепер натисніть кнопку **ОК**.

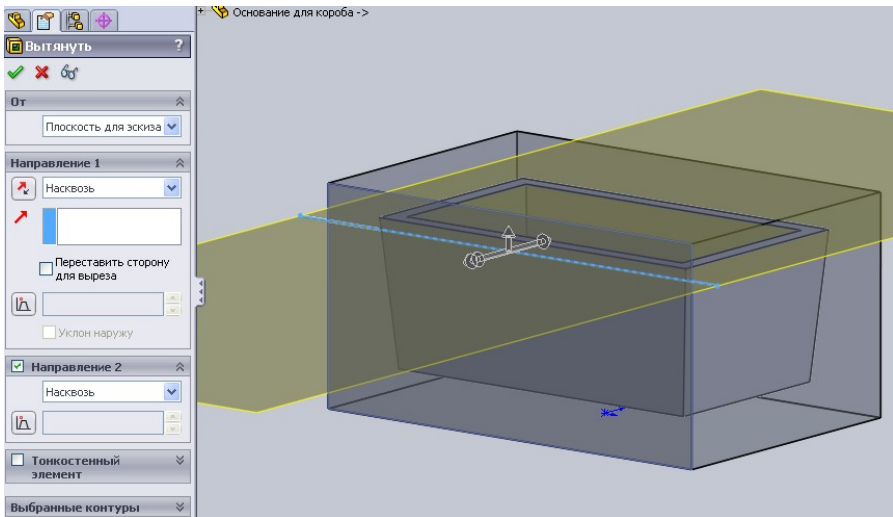


Рисунок 7.35 – Напрямки відсікання

З'явиться діалогове вікно **"Оставить тела"** (рис. 7.36). Це вікно з'явилося тому, що в результаті відсікання виникне роз'єднана деталь, що складається з основи короба й серцевини. Щоб залишити тільки основу короба в області **"Тела"**, виберіть режим **"Выбранные тела"** й встановіть прапорець **"Тело 1"**. Потім натисніть кнопку **ОК**, і ви одержите практично готову половину ливарної форми, показану на рис. 7.37.

Зробіть деталь знову непрозорою й збережіть її в окремому файлі під іменем **"Полуформа 1.sldprt"**. Щоб збереження не відбулося у файлі **"Основание для короба.sldprt"** (з яким ви зараз працюєте), скористайтесь командою **"Файл | Сохранить как"**.

Перед збереженням програма попередить, що дана команда мо-

же порушити існуючі посилання. Але посилання нам ще будуть потрібні, тому що необхідно створити другу половину ливарної форми. Щоб зберегти їх у діалоговому вікні **"Сохранить как"**, встановіть прапорець **"Сохранить как копию"**. Введіть ім'я файлу **"Полуформа 1.sldprt"** і натисніть кнопку **OK**.

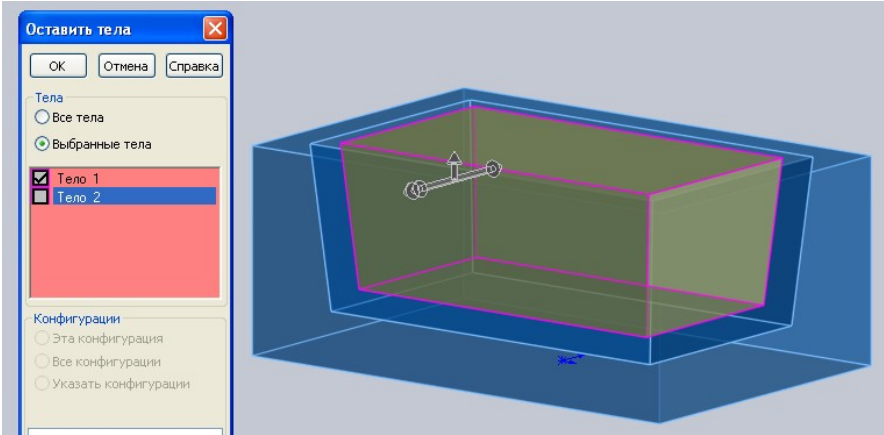


Рисунок 7.36 – Діалогове вікно "Оставить тела"

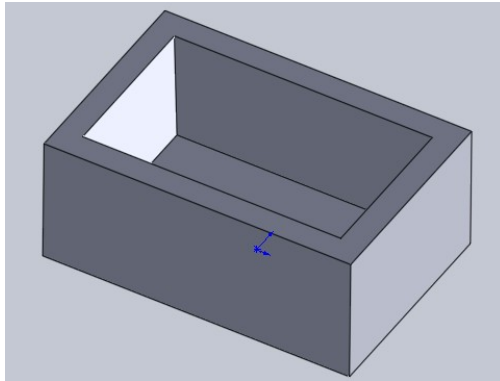


Рисунок 7.37 – Готова половина ливарної форми

Оформлення другої половини ливарної форми.

Тепер настала черга сформувати другу напівформу. Для цього виконайте наступні дії. Відкрийте файл деталі **"Основание для короба.sldprt"**, якщо ви встигнули його закрити, і відредагуйте останню

операцію витягнутого вирізу по лінії. Для цього наведіть мишу в дереві конструювання на останній елемент **"Витягнуть"** й клацніть правою кнопкою. У контекстному меню виберіть значок **"Редактировать определение"**.

У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно **"Витягнуть"**, 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. 7.38). Збережіть цю деталь, нажавши кнопку **"Сохранить"**. Щоб зробити повноцінну напівформу, необхідно скористатися складанням. Створіть нове складання.



Рисунок 7.38 – Друга половина ливарної форми

У діалоговому вікні, що відкрилося, **"Начать сборку"** в області **"Деталь/сборка для вставки"** знайдіть деталь **"Основание для ко-роба"** і вставте його в складання. Якщо такої деталі немає, то зробіть пошук файлу з деталлю самостійно, нажавши кнопку **"Обзор"**.

У якості другої деталі вставте файл із деталлю **"Сердцеви-на.sldprt"**, вибравши команду **"Вставка | Компонент | Из файла"** й нажавши кнопку **"Обзор"**.

Розмістіть сердцевину над основою з тієї сторони, де вона повинна знаходитися. Попередньо встановите сердцевину на деякій відстані від підстави й натисніть кнопку **"Условия сопряжения"** з панелі інструментів **"Сборка"**. Укажіть грані на серцевині й основі, звернені одна до іншої, так, як показано на рис. 7.39.

Тепер натисніть кнопку **"Совпадение"** і сполучіть виділені грані. Натисніть кнопку **ОК**. Далі за допомогою цієї ж команди помістіть сердцевину в потрібне місце. Використовуючи крайки серцевини й основи, призначте умови сполучення так, щоб сердцевина розташовувалася посередині основи (рис. 7.40).

Після установки всіх сполучень натисніть кнопку **ОК**. Таким

чином, ми одержали другу половину ливарної форми.

Натисніть кнопку **"Сохранить"** й збережіть половину ливарної форми у файлі **"Полуформа 2.sldasm"**. У результаті ми одержали дві напівформи, які, замикаючись, утворюють порожнину для ливарної деталі. Тепер з напівформ можна створювати креслення деталей.

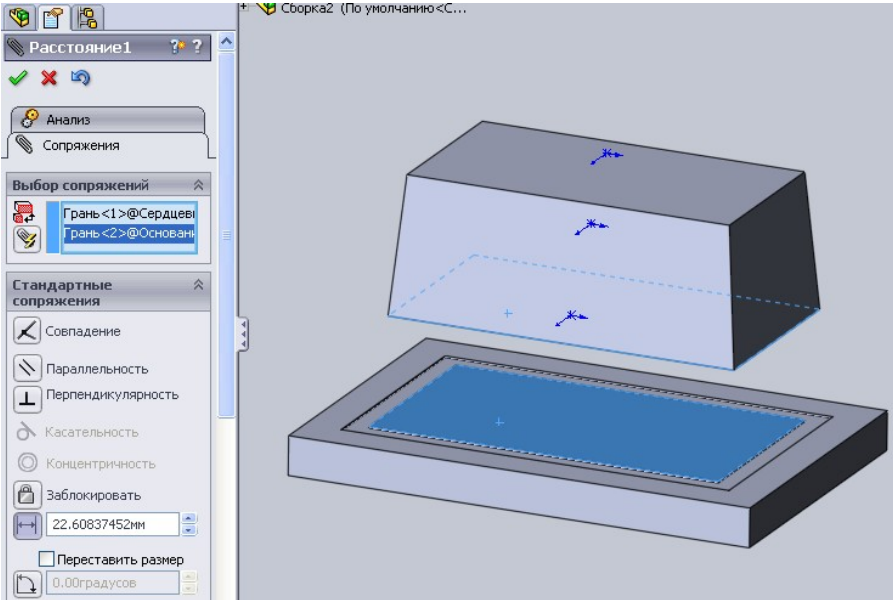


Рисунок 7.39 – Створення складання ливарної форми

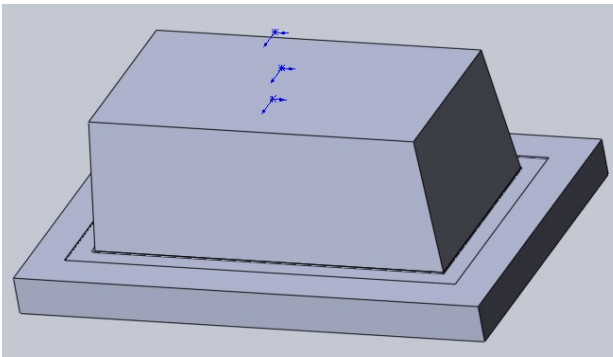


Рисунок 7.40 – Розміщення деталей складання ливарної форми

Контрольні запитання

1. У яких випадках доцільно використовувати інструменти роботи з ливарними формами в SolidWorks при проектуванні?
2. Назвіть основну послідовність операцій при роботі з ливарними формами.
3. Що необхідно враховувати при роботі з ливарною формою зі складним розніманням?

Література

[1], с. 98-145.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8. СТВОРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ І ДЕТАЛЕЙ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ

Мета: Засвоїти методи створення поверхонь і деталей на їхній основі.

8.1 Загальні відомості

Поверхні являють собою геометричні елементи, які використовуються для створення твердого тіла. В SolidWorks можна побудувати поверхні різної складності і вже на їхній основі створювати тривимірні моделі деталей. Самі поверхні є елементами нульової товщини й виконують лише допоміжну функцію. На аркуші креслення поверхні не відображаються. Спочатку розглянемо способи створення поверхонь в SolidWorks, а потім побудову твердих тіл на їхній основі.

В SolidWorks існує кілька можливостей побудови поверхонь. Ці способи багато в чому схожі із проектуванням твердих тіл. Можна створити поверхні витягуванням, поворотом навколо осі, побудувати поверхні як елемент по траєкторії або по перетинах. Спроектвані поверхні можна змінити: подовжити, відігнути, зшити і т.п. Розглянемо ці та інші способи побудови поверхонь на конкретних прикладах.

8.2 Завдання до лабораторної роботи

Створіть деталь на основі простої витягнутої поверхні. На основі цієї поверхні побудуйте тверде тіло будь-яким методом. Відігніть частину довільно обраної поверхні.

8.3 Порядок проведення лабораторної роботи

Основні способи побудови поверхонь.

Перед початком роботи слід запустити SolidWorks, створити новий документ - "Деталь" і розмістити на екрані панель інструментів "Поверхности". Для цього виберіть команду "Інструменти | Настройка | Панели инструментов" і поставте прапорець напроти назви панелі інструментів "Поверхности".

Побудова поверхні методом витягування.

Виберіть у дереві конструювання яку-небудь площину, наприклад **"Спереди"**, і ввійдіть в ескіз, нажавши кнопку - ескіз, яка перебуває на панелі інструментів **"Ескіз"**. Намалуйте на цій площині криву, яка буде визначати профіль поверхні (рис. 8.1). Для малювання кривої зручно використовувати команду **"Сплайн"**. Профіль поверхні може бути замкненим або незамкненим.

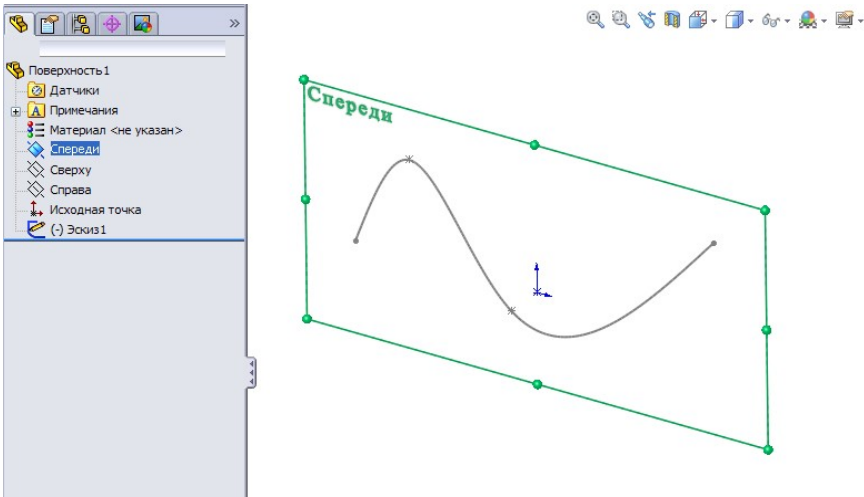


Рисунок 8.1 – Ескіз кривою профілю поверхні

Потім натисніть кнопку - **"Вытянутая поверхность"**, яка є на панелі інструментів **"Поверхности"**. На екрані з'явиться вікно **"Поверхность-Вытянуть"** й попередній зовнішній вигляд поверхні (рис. 8.2). У цьому вікні, в області **"Направление1"**, слід вказати відстань, на яку витягається поверхня, можна також задати кут відхилення поверхні від початкового напрямку.

Початковий напрямок витягування є перпендикулярним до площини ескизу профілю. Витягніть поверхню на 300 мм під кутом 5° до початкового напрямку. Закінчіть побудову поверхні (рис. 8.3), нажавши кнопку **ОК**.

Повернена поверхня.

Для побудови поверхні методом повороту ввійдіть в ескіз. Намалуйте в цьому ескізі лінію або криву, яка буде визначати форму

поверхні. Необхідним елементом ескізу для поворненої поверхні є вісь обертання. Намалюйте вісь, навколо якої буде обертатися крива, формуючи поверхню (рис. 8.4).

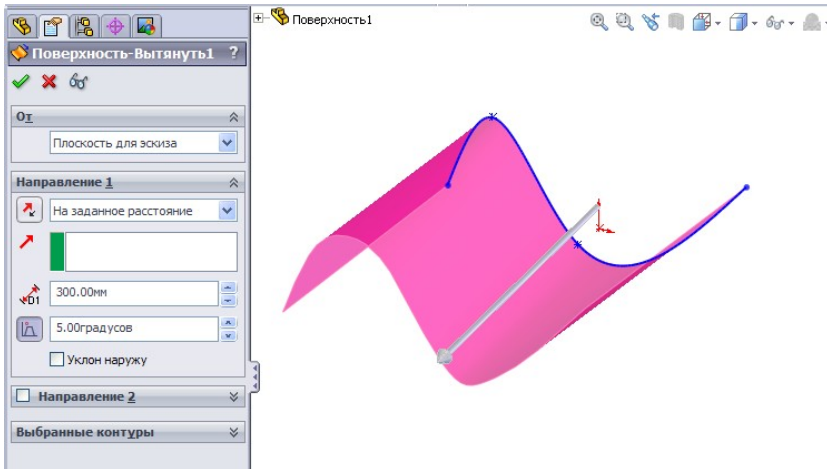


Рисунок 8.2 – Процес створення поверхні

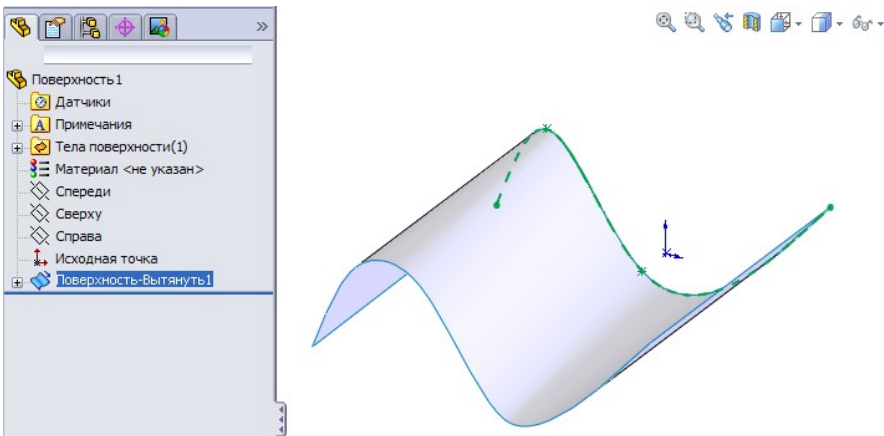


Рисунок 8.3 – Готова поверхность

Натисніть кнопку - **"Повернутая поверхность"** на панелі інструментів **"Поверхности"**. У вікні, що з'явилося, **"Поверхность-Повернуть"** вкажіть напрям й кут повороту (рис. 8.5). Нехай поверх-

ня буде повернена на 180 градусів. Закінчіть побудову поверненої поверхні, нажавши кнопку **OK**.

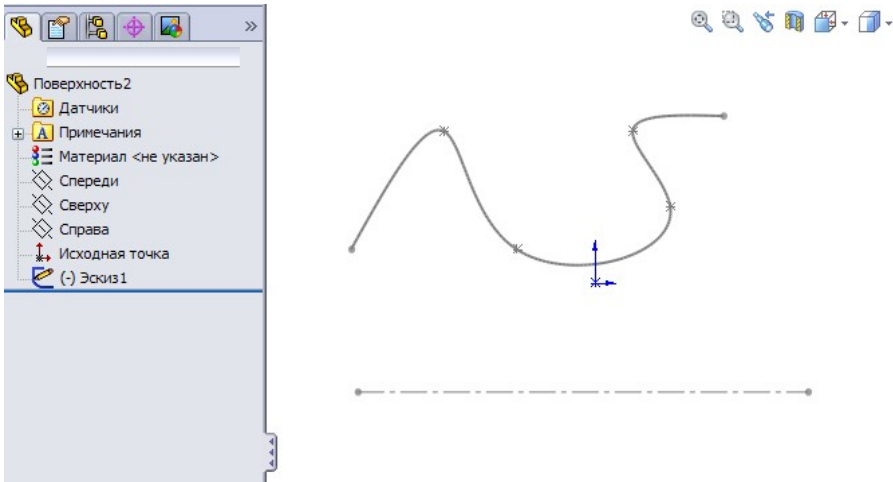


Рисунок 8.4 – Вісь обертання

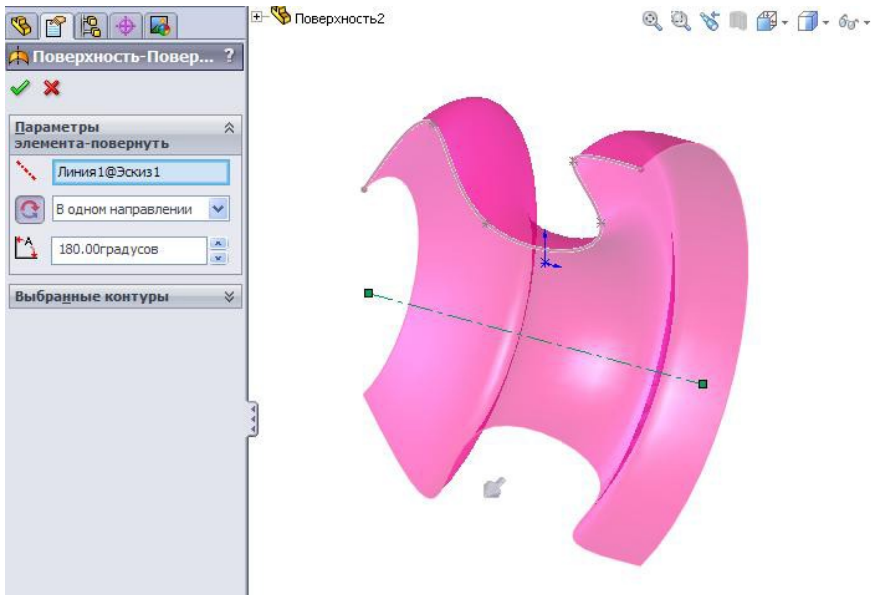


Рисунок 8.5 – Обертання поверхні навколо вісі

Поверхня "по траєкторії".

Оформлення поверхні по траєкторії аналогічно побудові твердого тіла по траєкторії. Для створення такої поверхні необхідно спочатку створити площини, на яких будуть розташовуватися ескізи профілю, траєкторії й направляючих. Для цих цілей можна також використовувати наявні площини: **"Сверху, Спереди и Справа"**. Потім побудуйте профіль поверхні, траєкторію й, при необхідності, напрямні. Ми побудували профіль на площині **"Спереди"**, а траєкторію на площині **"Сверху"** (рис. 8.6).

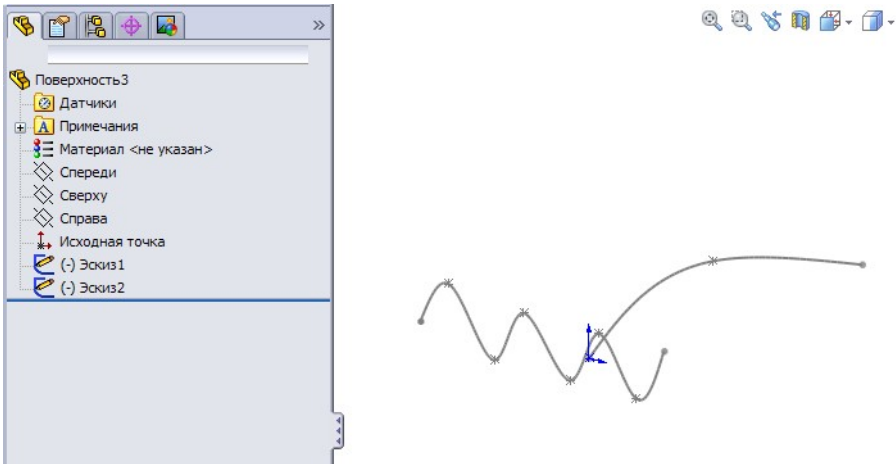


Рисунок 8.6 – Створення поверхні за траєкторією

Для побудови поверхні по траєкторії активізуйте кнопку - **"Поверхность по траектории"**, яка перебуває на панелі інструментів **"Поверхности"**. Можна також скористатися командою меню: **"Вставка | Поверхность | По траектории..."** На екрані з'явиться вікно **"Поверхность-По траектории"** (рис. 8.7).

В області **"Профиль и направление"** вкажіть профіль поверхні - **"Эскиз1"** і траєкторію (маршрут) - **"Эскиз2"**. При наявності напрямних позначте їх в області **"Направляющие кривые"**. Закінчіть побудову, нажавши кнопку **ОК**. У результаті вийде поверхня наступного виду (рис. 8.8). Якщо при побудові поверхні використовуються напрямні, необхідно задати взаємозв'язки збігу або проникання прямої кривої і профілю.

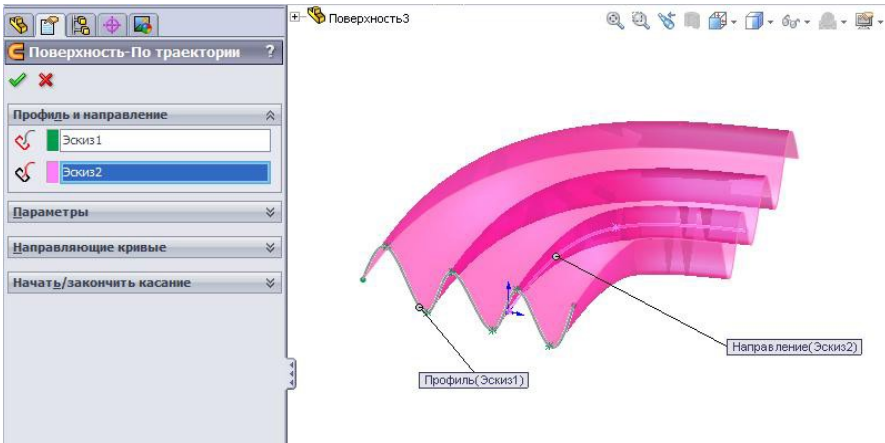


Рисунок 8.7 – Процесс створення поверхні за траекторією

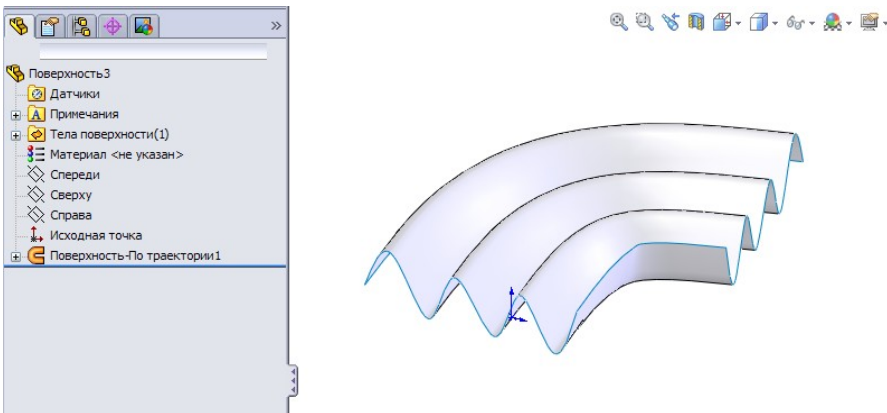


Рисунок 8.8 – Готова поверхня створена за траекторією

Поверхня " по перетинах".

Для того щоб побудувати поверхню по перетинах, спочатку необхідно створити допоміжні площини, на яких будуть виконані ескізи перетинів. Побудуємо дві додаткові площини, які будуть паралельні одна одній й площини **"Спереди"**. Відстань між площинами дорівнює 100 мм. У загальному випадку площини можуть бути розташовані під кутом. На цих площинах намалюємо профілі перетинів поверхні. Профіль може являти собою як замкнену, так і незамкнуту криву (рис.

8.9). Для побудови поверхні на основі створених профілів натисніть кнопку - **"Поверхность по сечениям"** на панелі інструментів **"Поверхности"**. Можна скористатися також командою меню: **"Вставка | Поверхность | По сечениям..."**.

На екрані з'явиться вікно **"Поверхность-По сечениям"**, де в розділі **"Профили"** потрібно вказати відповідні ескізи (рис. 8.10).

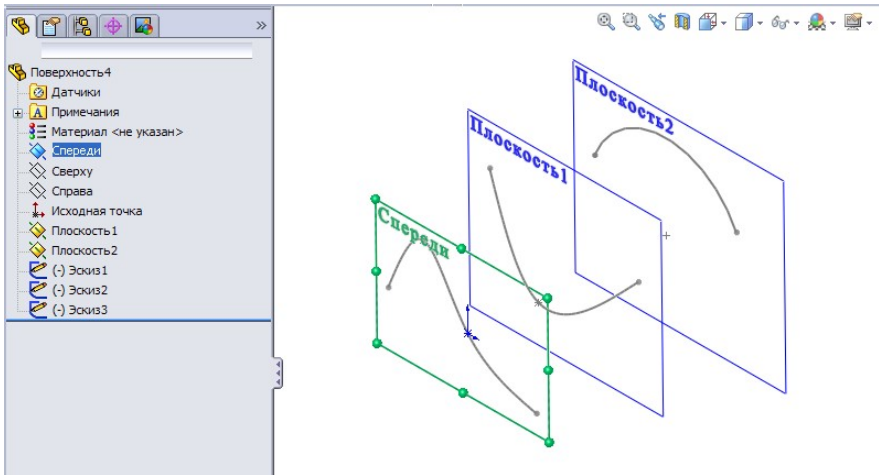


Рисунок 8.9 – Профілі перетинів на додаткових площинах

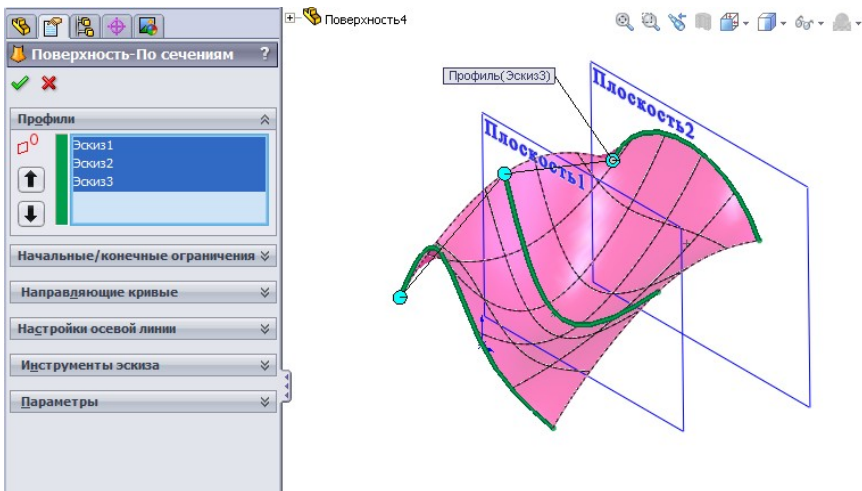


Рисунок 8.10 – Процес створення поверхні по перетинах

При необхідності можна скористатися прямою. Закінчимо побудови, нажавши кнопку **ОК**. Одержимо поверхню по перетинах складної конфігурації (рис. 8.11).

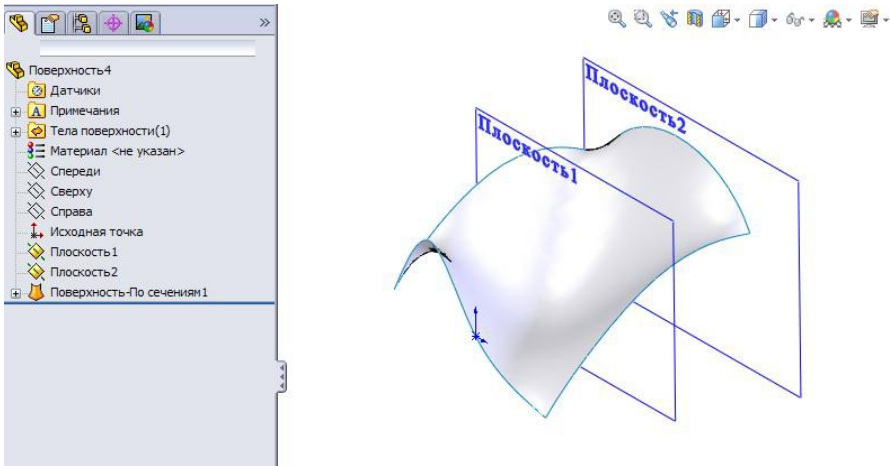


Рисунок 8.11 – Поверхня створена по перетинах

Плоска поверхня.

В SolidWorks існує також можливість побудови плоских поверхонь, які обмежені якими-небудь крайками або ескізом. Розглянемо на прикладі побудову такої плоскої поверхні. Створимо деталь методом простого витягування (рис. 8.12). Побудуємо плоску поверхню, яку будуть обмежувати крайки цієї деталі.

Для цього необхідно натиснути кнопку - **"Плоская поверхность"** на панелі інструментів **"Поверхности"** або скористатися командою меню: **"Вставка | Поверхность | Плоская поверхность..."**. У результаті на екрані з'явиться вікно **"Плоская поверхность"**, де в області **"Ограничивающие объекты"** необхідно вказати крайки деталі, які будуть визначати границі плоскої поверхні (рис. 8.13). Закінчимо побудову плоскої поверхні, нажавши кнопку **ОК**.

Використовуючи ту ж команду **"Плоская поверхность"**, можна побудувати поверхню на основі плоского ескізу, який має вигляд замкненого контуру. Розглянемо приклад.

Створимо ескіз окружності діаметром 100 мм. Натиснемо кнопку - **"Плоская поверхность"** на панелі інструментів **"Поверхности"**.

У вікні "Плоская поверхность", в області "Ограничивающие объекты", вкажемо окружність "Эскиз1", яка визначить контур плоской поверхности (рис. 8.14).

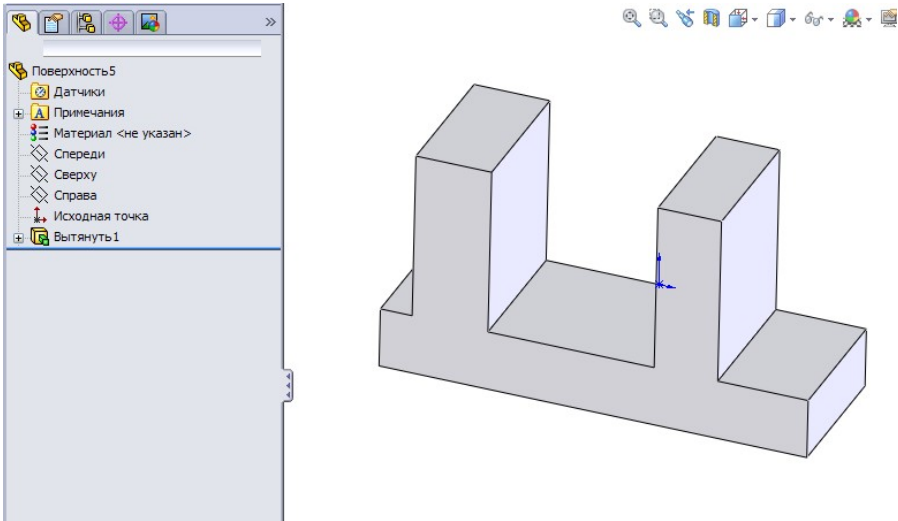


Рисунок 8.12 – Проста деталь створена витягуванням

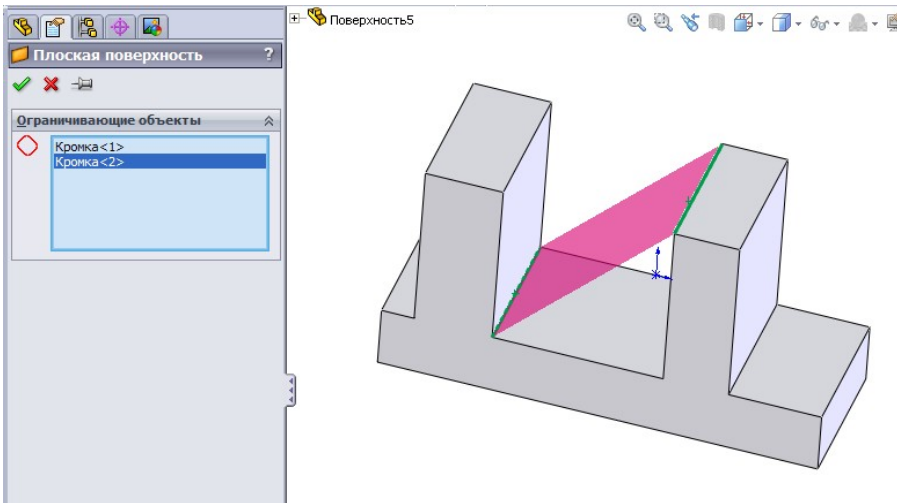


Рисунок 8.13 – Побудова обмежувачої площини

Перетворення поверхонь.

Ми розглянули основні способи побудови поверхонь. SolidWorks також дозволяє здійснювати з поверхнями ряд дій. Поверхні можна подовжувати, відтинати їхні частини, округляти і зшивати, можна також будувати еквідистанти (рівновіддалені поверхні).

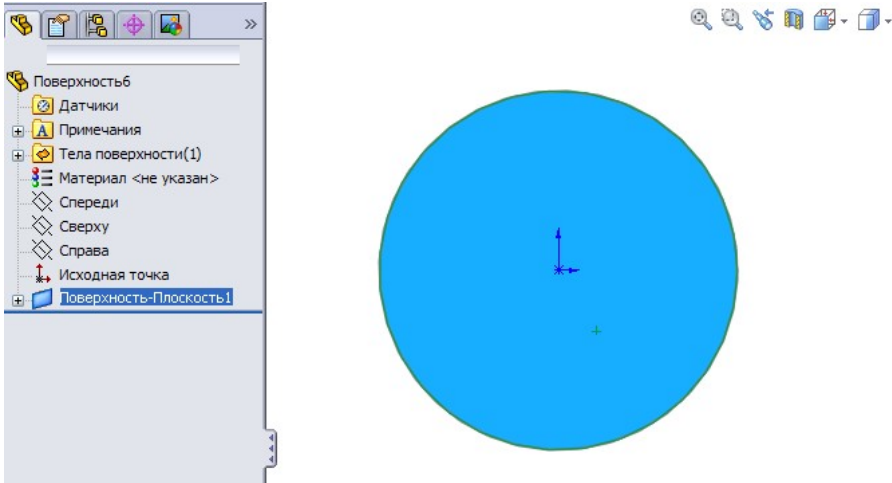


Рисунок 8.14 – Ескіз кола

Подовження поверхонь.

Розглянемо спосіб подовження поверхонь. Нехай є витягнута поверхня (рис. 8.15). Можна подовжити цю поверхню в будь-яку сторону. Для цього натисніть кнопку - **"Удлинить поверхность"** на панелі інструментів **"Поверхности"**. У вікні **"Удлинить поверхность"** вкажіть ті країки, які необхідно подовжити, і відстань, на яку подовжуються ці країки (рис. 8.16).

Подовжимо дві країки поверхні на 150 мм. Причому виберемо тип подовження **"Та же поверхность"**. При цьому типі подовження поверхня буде подовжуватися відповідно своєї первісної форми.

Якщо вибрати тип подовження **"Линейный"**, подовження поверхні буде відбуватися по прямій. Можна також подовжити поверхню до іншої поверхні або до якої не будь точки простору, для чого необхідно лише вибрати відповідну граничну умову. Закінчимо зміну поверхні натисканням кнопки **ОК**.

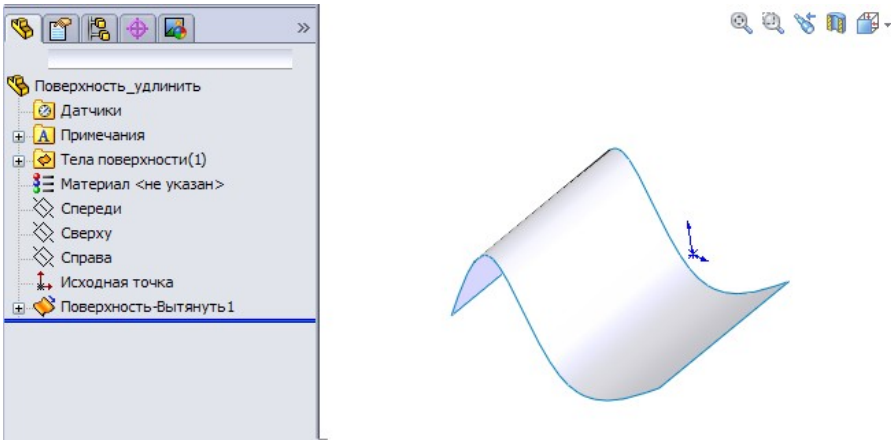


Рисунок 8.15 – Витягнута поверхня

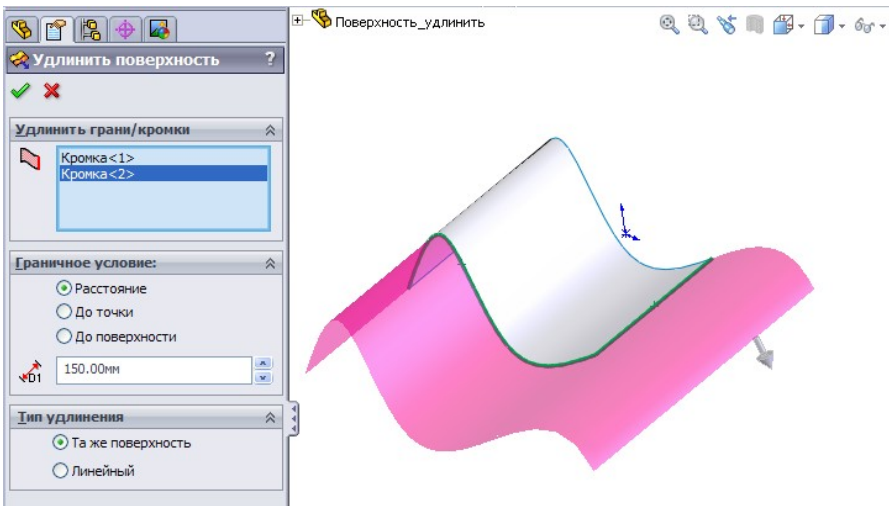


Рисунок 8.16 – Завдання параметрів подовження поверхні

Відсікання поверхонь.

В SolidWorks можна відігнути непотрібні частини поверхні. Відсікання поверхні відбувається до місця її перетинання з іншою поверхнею або площиною. Намалюємо дві пересічні поверхні. Обидві поверхні побудовані способом витягування (рис. 8.17).

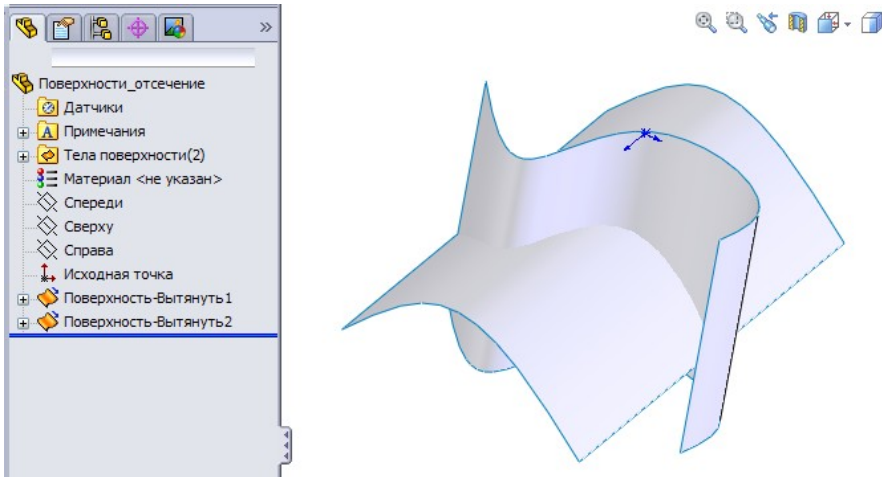


Рисунок 8.17 – Перетин двох поверхонь

Для відсікання частини поверхні натиснемо кнопку - **"Отсечь поверхность"**, яка перебуває на панелі інструментів **"Поверхности"**, або виберемо команду меню: **"Вставка | Поверхность | Отсечь..."**

На екрані з'явиться вікно **"Отсечь поверхность"** (рис. 8.18). У цьому вікні, в області **"Тип отсечения"**, пропонується вибрати стандартний тип відсікання (**"Стандарт"**) або **"Взаимное"** (взаємне відсікання поверхонь). Стандартний тип відсікання перетину (**"Стандарт"**) має на увазі відсікання частини однієї поверхні відносно іншої.

Тип взаємне відсікання поверхонь (**"Взаимное"**) припускає, що відтинаються частини обох поверхонь до місця їх перетинання. У нашому прикладі виберемо стандартний тип відсікання.

У розділі **"Выбор"**, в області **"Инструмент для"**, вкажемо ту поверхню, до якої буде відсічена змінювана поверхня. Нехай це буде **"Поверхность-Вытянуть1"**, а відсіканню підлягає права половина поверхні **"Поверхность-Вытянуть2"** (рис. 8.18).

Далі необхідно зробити вибір: зберегти або вилучити ту частину другої поверхні, на яку ми вкажемо. Якщо поставити прапорець **"Сохранить выбранные параметры"**, то частина другої поверхні, на яку ми вкажемо, буде збережена, а якщо **"Удалить выбранные параметры"** - вилучена. Виберемо опцію **"Сохранить выбранные параметры"**. Закінчимо відсікання поверхні, нажавши кнопку **ОК** (рис. 8.19).

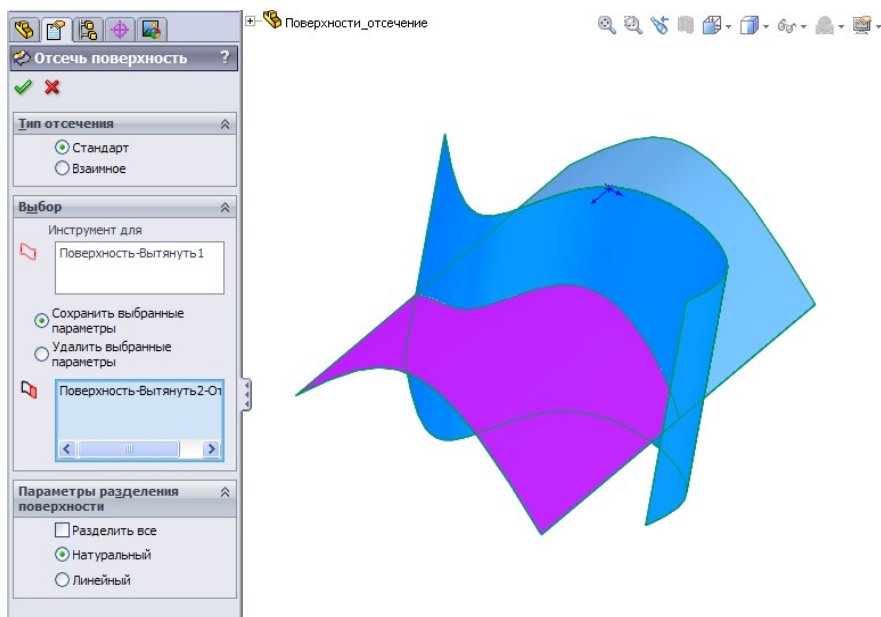


Рисунок 8.18 – Процесс відсічення

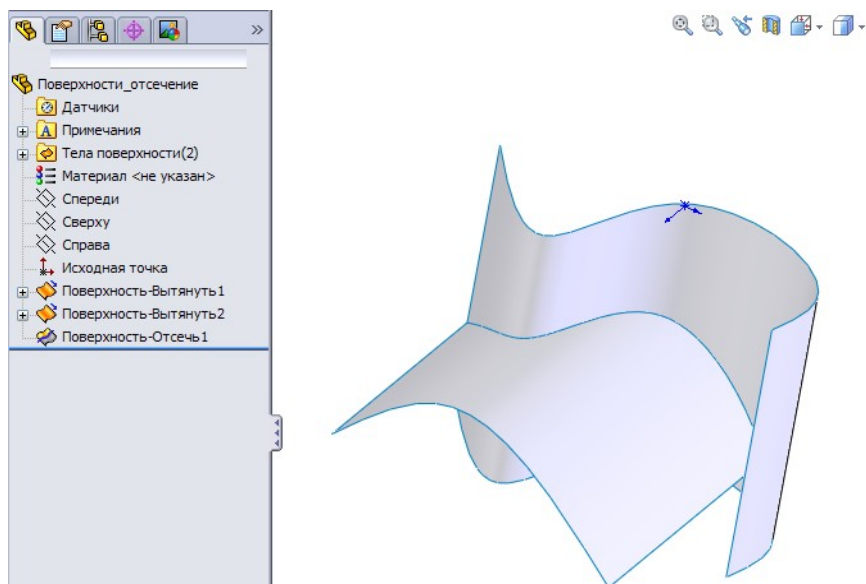


Рисунок 8.19 – Результат відсікання поверхонь

Зшивання поверхонь.

Команда **"Сшить поверхность"** призначена для об'єднання двох і більше поверхонь в одну, що дозволяє створити поверхню складної конфігурації. Основні вимоги до поверхонь, що зшиваються, - країки поверхонь повинні бути суміжними, тобто повністю стикуватися й не перетинатися. Візьмемо як приклад дві поверхні, в основі яких лежить та сама крива, розташована на площині **"Спереди"**. Перша поверхня побудована за допомогою витягування - це **"Поверхность-Вытянуть1"** (рис. 8.20, 8.21).

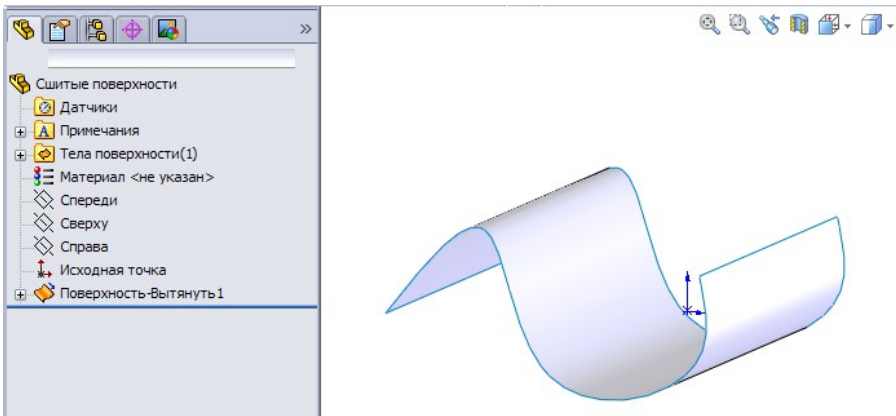


Рисунок 8.20 – Поверхня для зшивання

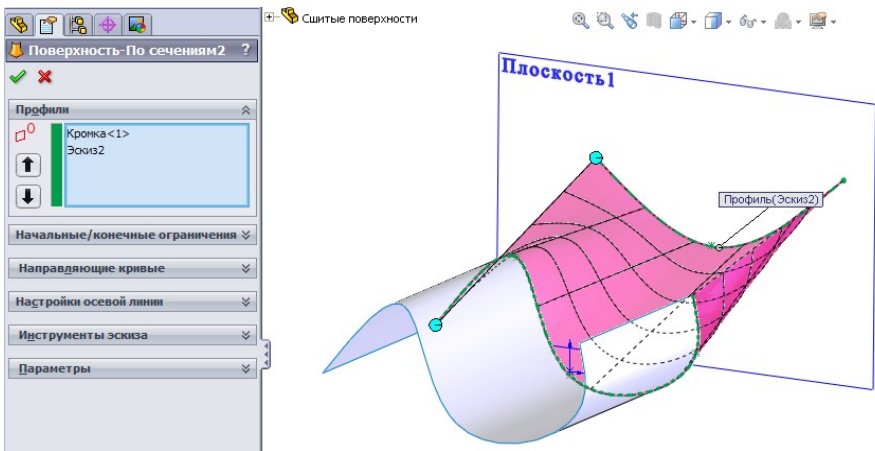


Рисунок 8.21 – Процес зшивання

Друга поверхня побудована як поверхня по перетинах. У якості першого перетину використана вихідна крайка (крива) першої поверхні. Другий перетин розміщено на додатковій **"Плоскості1"**, яка паралельна площині **"Спереди"** й перебуває від неї на відстані 200 мм (рис. 8.21).

Для того щоб зшити ці поверхні, слід натиснути кнопку - **"Сшити поверхність"**, яка розташована на панелі інструментів **"Поверхності"**. У вікні, що з'явилося, **"Сшити поверхність"**, в області **"Вибір"**, у вікні **"Сшити грани и поверхности"**, відзначте поверхні, які потрібно зшити (рис. 8.22).

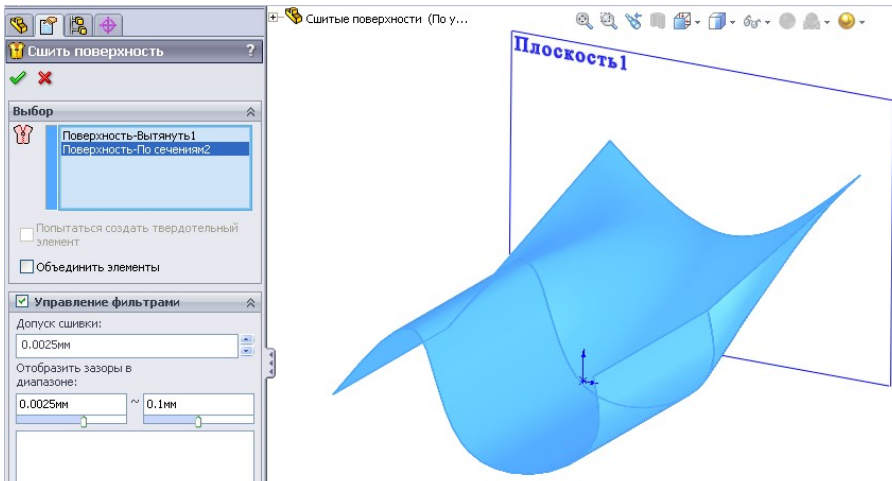


Рисунок 8.22 – Вибір поверхонь для зшивання

Якщо в цій же області **"Вибір"** поставити прапорець **"Попытаться создать твердотельный элемент"**, то можна побудувати твердотісну модель за умови, що зшита поверхня є замкнутою. Поставивши прапорець **"Объединить элементы"**, можна об'єднати грані зі схожою геометрією. В SolidWorks у вікні **"Сшити поверхность"** є область **"Управление фильтрами"** (рис. 8.22).

У цьому випадку в конструктора з'являється можливість зшити поверхні, навіть якщо між їхніми крайками є зазори. Використовуючи можливості області **"Управление фильтрами"**, можна задати мінімально можливий зазор між поверхнями, що зшиваються, а також побачити зазори більшого розміру. Закінчите зшивання поверхонь нати-

сканням кнопки **ОК** (рис. 8.23).

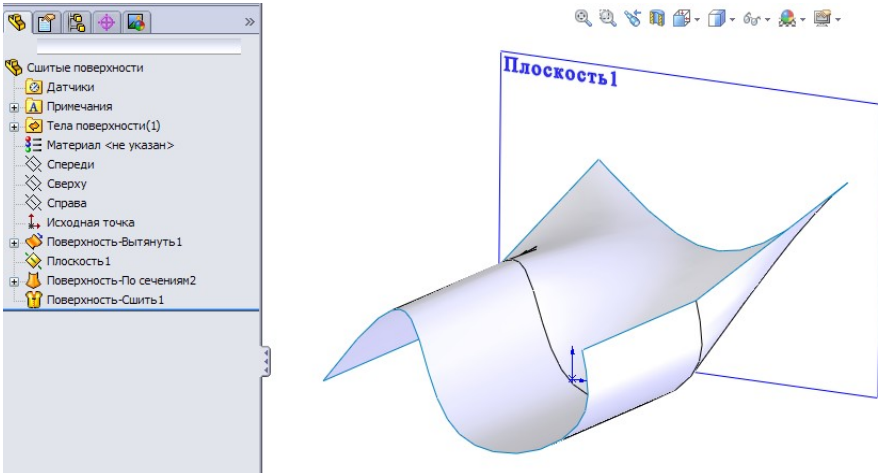


Рисунок 8.23 – Кінцевий результат зшивання

Побудова еквідистанти до поверхні.

Саме поняття еквідистанта означає "рівновіддалений". В SolidWorks можна побудувати поверхню, усі точки якої будуть перебувати на однаковій відстані від вихідної (базової) поверхні. Побудуємо еквідистанту до поверхні. Для цього оберемо поверхню, одержану, наприклад, витягуванням (рис. 8.24).

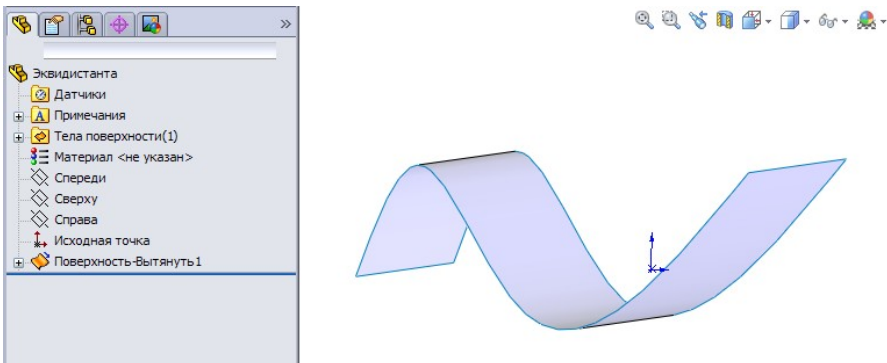


Рисунок 8.24 – Еквідистанта в "Дереве конструирования"

Натиснемо кнопку - "**Эквидистанта к поверхности**", яка роз-

ташована на панелі інструментів "Поверхности".

У вікні "Эквидистанта к поверхности" (рис. 8.25), в області "Настройки смещения", вкажемо грань, до якої буде побудована еквідистанта, а також відстань, на якій буде розташовуватися нова поверхня. Нехай відстань буде 30 мм. Закінчіть побудову еквідистанти, нажавши кнопку **ОК** (рис. 8.26).

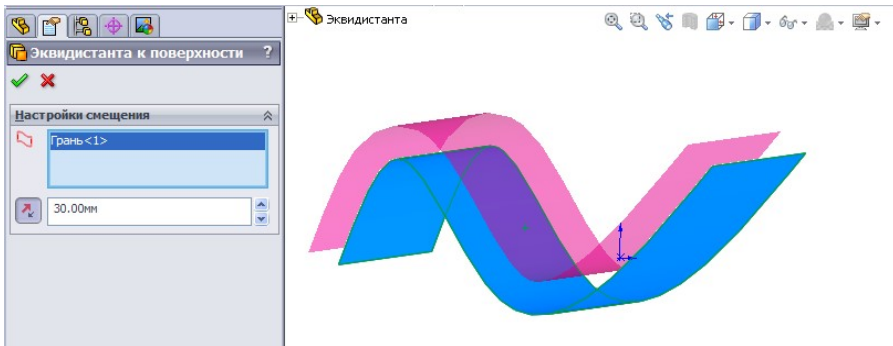


Рисунок 8.25 – Процес створення еквідистанти

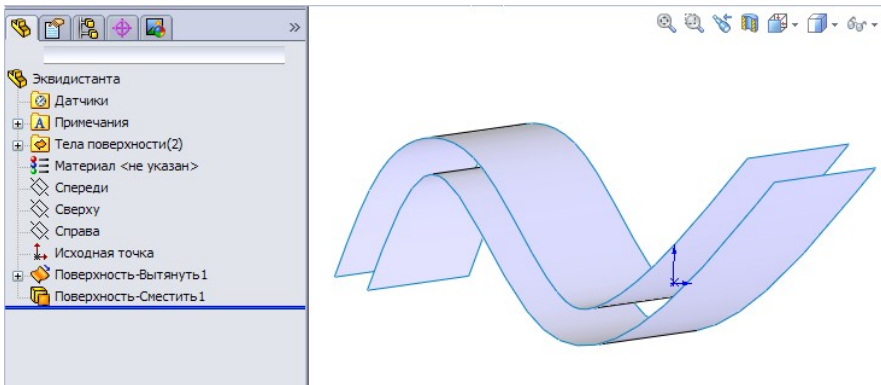


Рисунок 8.26 – Створена еквідистанта до поверхні

Деталі на основі поверхонь.

В SolidWorks існує дві основні можливості побудови твердотільного елемента на основі поверхонь: методом витягування ескізу до поверхні методом стовщення поверхні.

Побудова деталі витягуванням до поверхні.

Для створення такої деталі необхідно спочатку побудувати по-

верхню. Нехай це буде поверхня по перетинах. На деякій відстані від поверхні побудуємо ескіз деталі. Нехай ескіз деталі являє собою квадрат зі сторонами 100 мм (рис. 8.27).

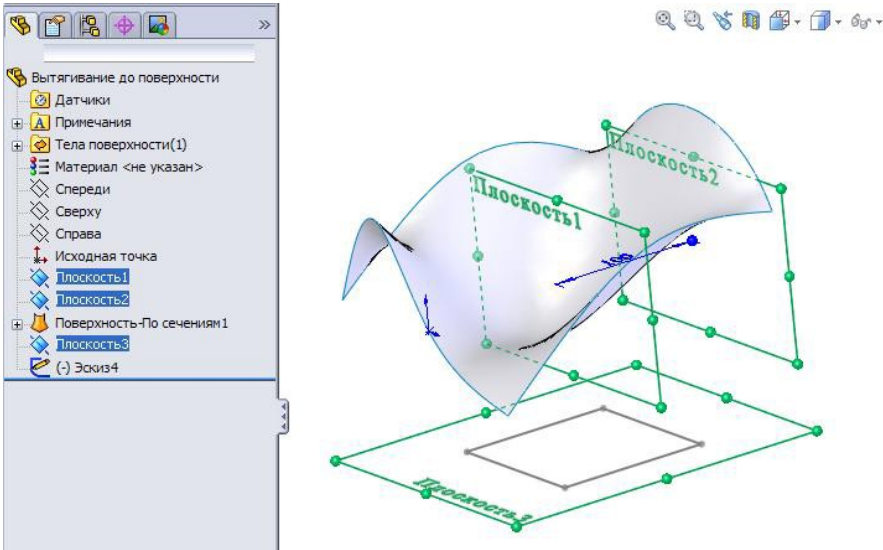


Рисунок 8.27 – Поверхня та ескіз деталі

У даному прикладі, для побудови ескізу деталі, на відстані 100 мм від площини "Сверху", була побудована додаткова площина "Плоскость3". Важливо, щоб при створенні ескізу деталі контури цього ескізу не виходили за межі поверхні, а також, щоб при витягуванні деталь не виходила за контури поверхні.

Для побудови деталі виберемо на панелі інструментів "Элементы" команду "Вытянутая бобышка/основание".

На екрані з'явиться вікно "Вытянуть" (рис. 8.28). У цьому вікні в області "Направление1" виберемо граничну умову: "До поверхности". В області "Грань/Плоскость" вкажемо поверхню, до якої витягається тверде тіло - "Поверхность-По сечениям1". У полі "Включить/Выключить уклон" вкажемо ухил витягування твердого тіла. Нехай деталь витягається з ухилом в 10 градусів назовні. Закінчимо витягування твердого тіла, нажавши кнопку ОК (рис. 8.29). Для того щоб поверхня не заважала подальшим побудовам, необхідно її сховати.

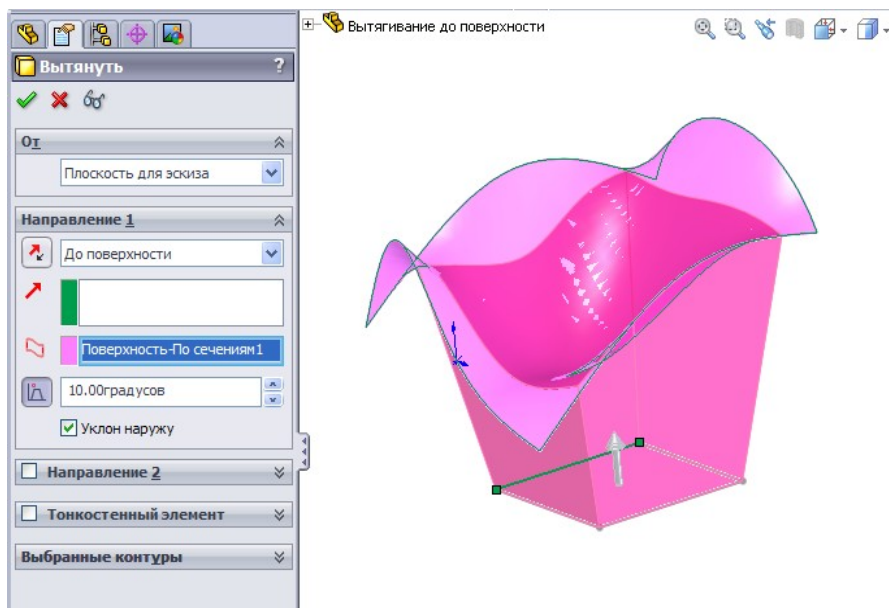


Рисунок 8.28 – Процесс вытягивання эскизу деталі до поверхні

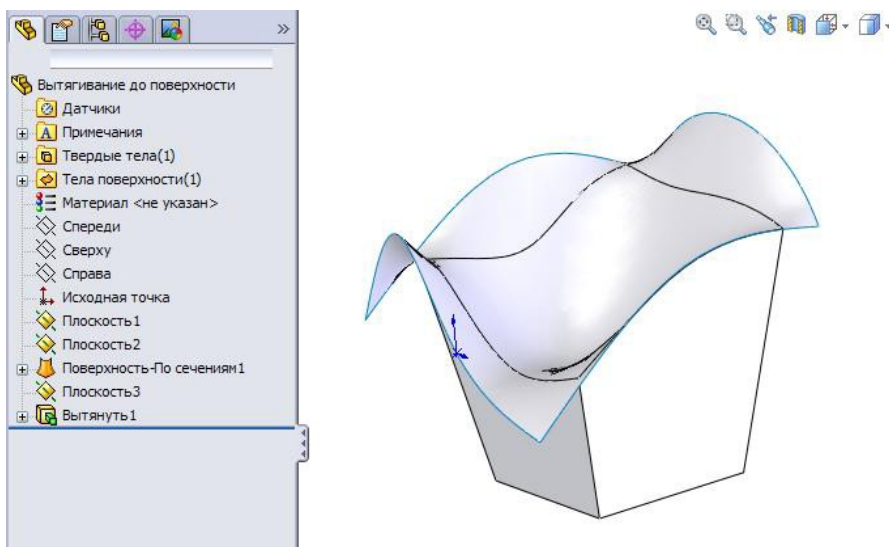


Рисунок 8.29 – Завершенный процесс вытягивання эскизу

Для цього клацніть правою кнопкою миші по поверхні в графічній області або по імені поверхні в дереві конструювання. На екрані з'явиться контекстне меню, де активізуєте команду **"Сховати"**. Поверхня зникне, а на екрані залишаться тільки зображення деталі, побудованої на основі поверхні. Одна із граней цієї деталі буде мати складну форму, відповідну до форми допоміжної поверхні (рис. 8.30).

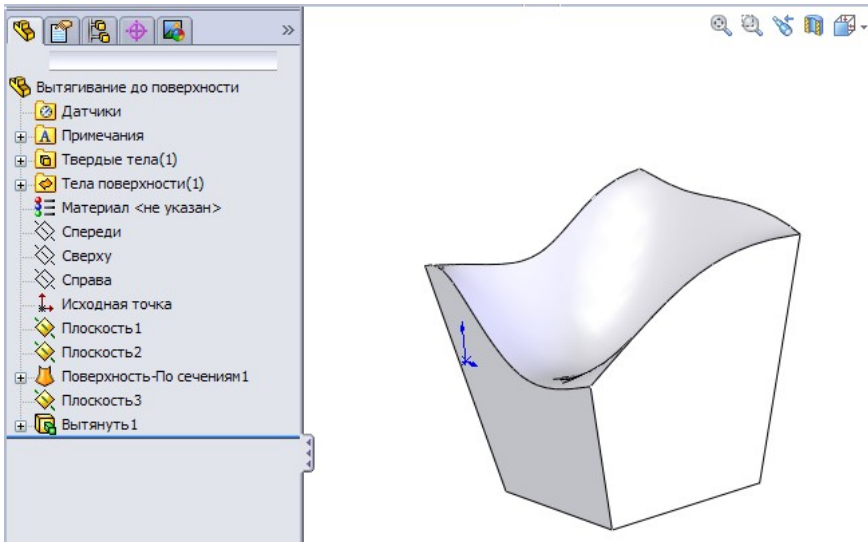


Рисунок 8.30 – Приховання поверхні після створення деталі

Побудова деталі стовщенням поверхні.

В SolidWorks можна також створити деталь, додавши поверхні необхідну товщину. У цьому випадку тверде тіло по своїй конфігурації буде повністю відповідати базовій поверхні, але на відміну від неї одержить деяку задану товщину.

Візьмемо за основу поверхню, отриману поворотом (рис. 8.31). Активізуємо команду - **"Придати товщину"**, яка є на панелі інструментів **"Елементи"**. Можна для цієї мети також скористатися командою меню: **"Вставка | Бобинка/Основание | Придати товщину..."**. На екрані з'явиться діалогове вікно **"Придати товщину"**. У цьому вікні необхідно задати потрібні налаштування (рис. 8.32). У полі **"Придати товщину поверхності"**, позначеному відповідним значком, вкажемо поверхню, на основі якої буде створено тверде тіло.

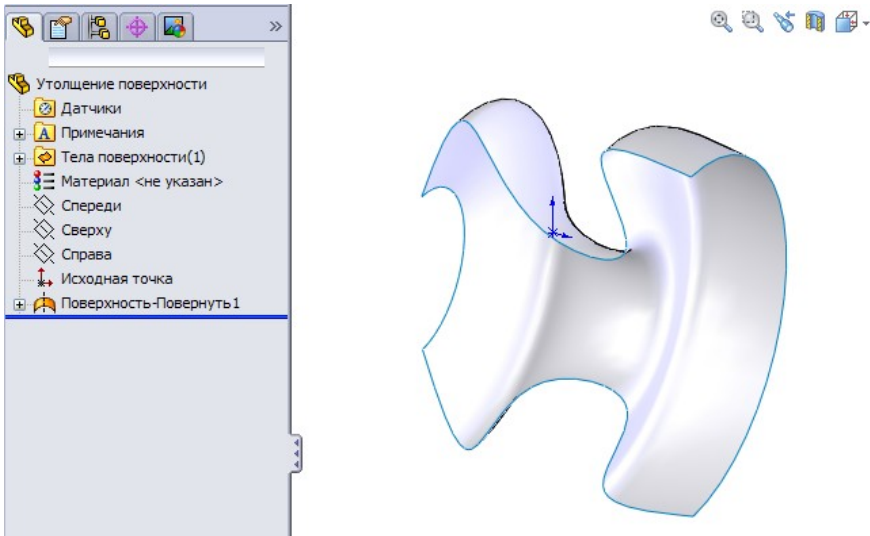


Рисунок 8.31 – Поверхня одержана обертанням

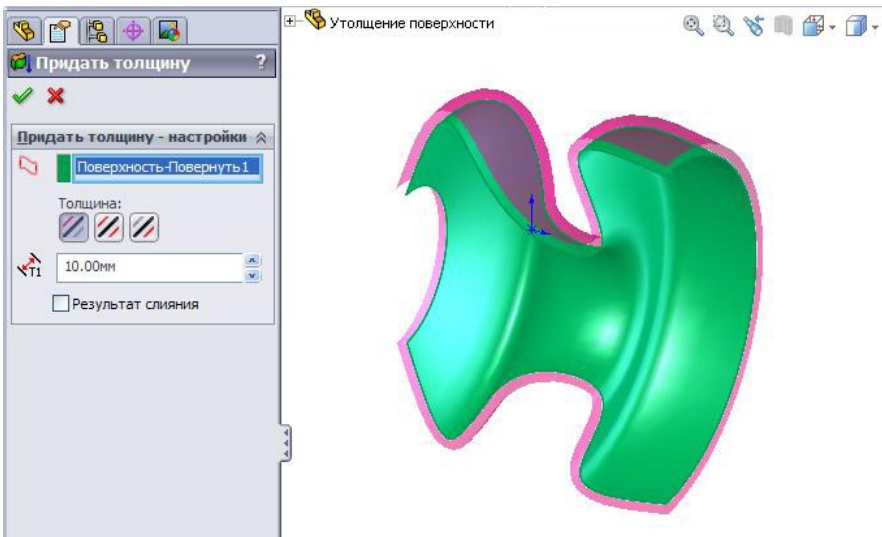


Рисунок 8.32 – Процес зміни товщини деталі обертання

В області "**Толщина**": є три кнопки.

"Придать толщину стороне 1", вибір цієї кнопки дозволяє на-рошувати товщину поверхні по одну сторону щодо базової поверхні, у контекстній підказці цей напрямок позначений як **"сторона1"**.

"Придать толщину обеим сторонам", у цьому випадку стовщення поверхні відбувається симетрично стосовно базової поверхні, причому в обидва боки на зазначену величину.

"Придать толщину стороне 2", вибір цієї кнопки дозволяє створити тверде тіло стовщенням поверхні в напрямку сторони 2, протилежно стороні 1.

Величина стовщення задається в полі **"Толщина"**. У нашому прикладі створимо деталь стовщенням зазначеної поверхні на 10 мм у **"Направлении 1"**.

Закінчимо побудову, нажавши кнопку **ОК**, і одержимо тверде тіло складної конфігурації (рис. 8.33).

Якщо за основу твердого тіла береться поверхня, що складається з декількох суміжних поверхонь, то їх необхідно спочатку зшити разом, а потім додати поверхні товщину.

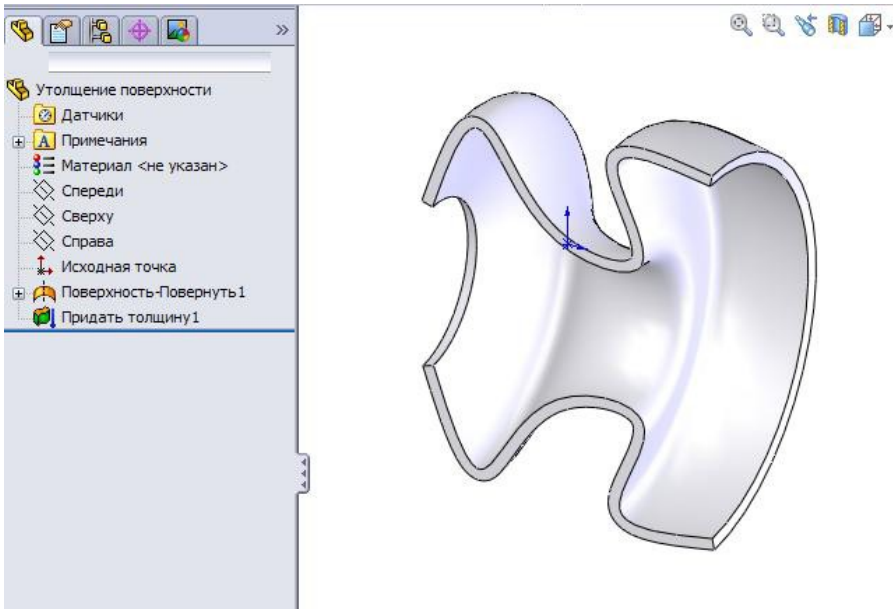


Рисунок 8.33 – Змінена товщина деталі

Контрольні запитання

1. Що являють собою поверхні які використовуються для створення твердого тіла?
2. Назвіть основні способи побудови поверхонь.
3. Як будується поверхня по перетинах?
4. Назвіть методи перетворення поверхонь.
5. Які основні методи побудови твердотільного елемента на основі поверхонь Ви можете назвати?

Література

[1], с.146-174; [3], с.425-442.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Дударева Н. Ю., Загайко С. А. Самоучитель SolidWorks 2010. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 416 с.

Додаткова

2. Потемкин А. Е. Трехмерное твердотельное моделирование. М. : КомпьютерПресс, 2002. 296 с.
3. Потемкин А. Е. Инженерная графика. Просто и доступно. М. : Лори, 2000. 285 с.
4. Практикум по черчению (Геометрическое и проекционное черчение). Учебн. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. № 2109 "Черчение, рисование и труд" / под ред. Е. А. Василенко. М. : Просвещение, 1982. 175 с.
5. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. Л. : Машиностроение, 1981. 365 с.
6. Брилинг Н. С., Балягин С. Н. Черчение: Справочное пособие. М. : Стройиздат, 1994. 300 с.
7. Карточки задания по черчению для 8-го класса. М. : Просвещение, 1990. 120 с.
8. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение. М. : Высш. шк., 1988. 220 с.
9. Машиностроительное черчение с элементами конструирования / под ред. И. А. Ройтмана. Минск : Вышейшая школа, 1977. 216 с.
10. Справочное руководство по черчению. М. : Машиностроение, 1989. 285 с.

Інформаційні ресурси

11. Описание САПР. URL: <http://seniga.ru/sapr.html> (дата звернення: 10.12.2018)
12. АСКОН - комплексные решения для автоматизации инженерной деятельности и управления производством. CAD/AEC/PLM. URL: <https://ascon.ru/products/7/review/>. (дата звернення: 23.09.2018)
13. Система NX (колишня назва - Unigraphics) компанії Siemens. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/nx/>. (да-

та звернення: 23.09.2018)

14. Система CATIA. URL: <https://www.3ds.com/products-services/catia/>. (дата звернення: 23.09.2018)
15. Система SolidWorks. URL: <https://www.SolidWorks.com>. (дата звернення: 23.09.2018)
16. Welcom to ANSYS, Inc. – Corporate Homepage. URL: <https://www.ansys.com>. (дата звернення: 23.09.2018)
17. Система PTC Creo Elements/Pro (колишня назва Pro/ENGINEER) компанії PTC (Parametric Technology Corporation). URL: <https://www.ptc.com/en/industries/automotive>. (дата звернення: 23.09.2018)
18. Система T-FLEX. URL: <http://www.tflex.ru/>. (дата звернення: 23.09.2018)
19. Система Autodesk Inventor. URL: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>. (дата звернення: 23.09.2018)
20. Система AutoCAD URL: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>. (дата звернення: 23.09.2018)
21. Система Solidedge компанії Siemens. URL: <https://solidedge.siemens.com/ru/>. (дата звернення: 23.09.2018)