

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 3.

Створення деталей з листового матеріалу
та створення складань

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 3. Створення деталей з листового матеріалу та створення складань / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 86 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 3

Вступ	152
Лабораторна робота № 5. Створення деталей з листового матеріалу	154
5.1 Загальні відомості	154
5.2 Завдання до лабораторної роботи	154
5.3 Порядок проведення лабораторної роботи	154
Контрольні запитання	196
Лабораторна робота № 6. Створення складань	197
6.1 Загальні відомості	197
6.2 Завдання до лабораторної роботи	197
6.3 Порядок проведення лабораторної роботи	197
Контрольні запитання	232
Рекомендована література	233
Основна	233
Додаткова	233
Інформаційні ресурси	233

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 № 5. СТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ

Мета: Засвоїти методи створення деталей з листового матеріалу.

5.1 Загальні відомості

SolidWorks дозволяє конструкторові створювати деталі з листового металу декількома способами. Існують дві основні групи способів проектування, що відрізняються між собою основними принципами створення деталей з листового металу:

- перша група способів призначена для проектування деталей безпосередньо з листового матеріалу. У цьому випадку деталь відразу будується на основі елементів, властивих винятково деталям з листового металу. Такий підхід дозволяє уникнути зайвих кроків і прискорює процес проектування;
- методи другої групи дають можливість конструювати деталь як тверде тіло, а потім перетворювати її в деталь із листового матеріалу.

Далі більш докладно розглянемо методи проектування деталей з листового металу (матеріалу).

5.2 Завдання до лабораторної роботи

Створити деталь з листового матеріалу використовуючи контур розгорнення і зберегти документ (креслення) у форматі SolidWorks. Створити креслення цієї деталі.

5.3 Порядок проведення лабораторної роботи

Проектування деталей безпосередньо з листового матеріалу.

Перед проектуванням деталей з листового матеріалу активізуємо панель інструментів "**Листовой металл**", для цього виберемо команду "**Инструменты | Настройка | Панели инструментов**" і встановимо прапорець у рядку "**Листовой металл**" (рис. 5.1).

В SolidWorks існують дві можливості створення деталей безпо-

середньо з листового матеріалу (металу).

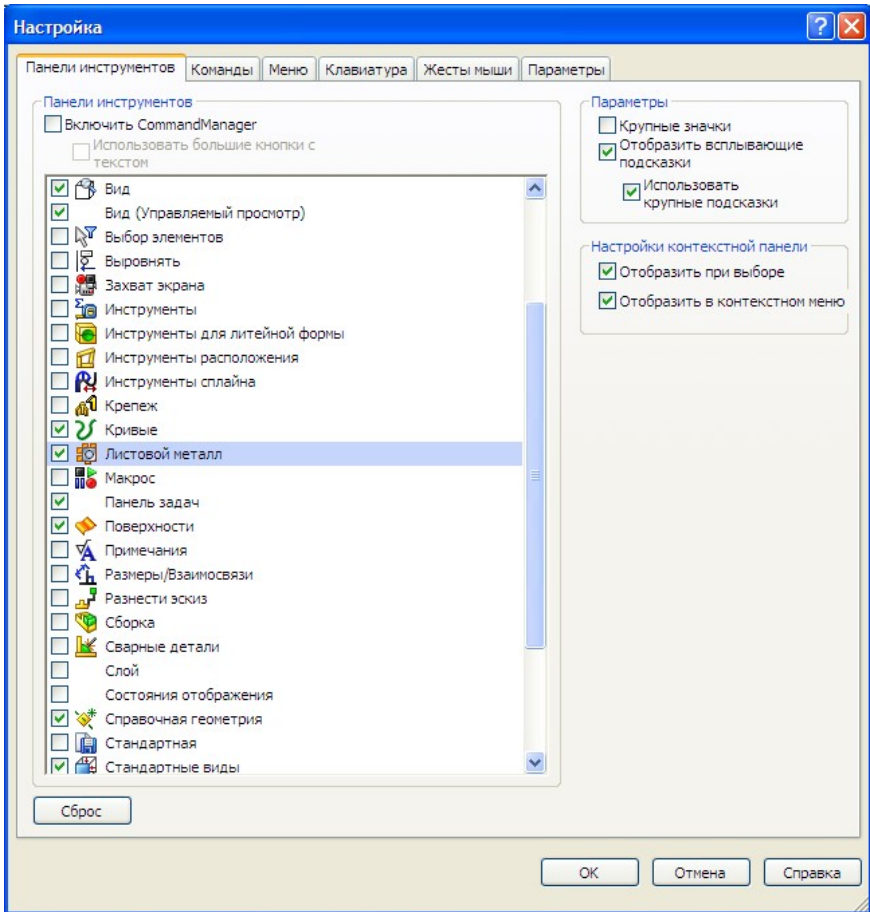


Рисунок 5.1 – Активация панели "Листовой металл"

Перший спосіб полягає в тому, що спочатку рисується ескіз розгорнення, на основі якого витягається тверде тіло (лист), яке потім перетвориться в листовий метал. На твердотільному розгорненні рисуються лінії згину, по яким це розгорнення згинається. Такий спосіб створення листового матеріалу зручно використовувати, коли основною при побудові деталі є конфігурація розгорнення.

Другий спосіб полягає в тому, що деталь із листового металу

проектується відразу в зігнутому стані. У цьому випадку розгорнення можна одержати, тільки розгорнувши всі грані готової деталі. Цей спосіб проектування використовується, коли відомо, як повинна виглядати деталь у зігнутому стані. Розгорнення в цьому випадку має другорядне значення.

Проектування деталі на основі розгорнення.

Для проектування деталі з листового металу на основі розгорнення спочатку необхідно створити плоску деталь. Для цього намалюємо ескіз контуру розгорнення й витягнемо його на товщину листа, використовуючи команду **"Вытянутая бобышка/основание"**. Потім потрібно перетворити її в деталь із листового металу, додавши згини.

Намалюйте контур розгорнення й за допомогою команди **"Вытянутая бобышка/основание"** створіть плоску деталь (рис. 5.2). Нехай товщина деталі буде 2 мм.

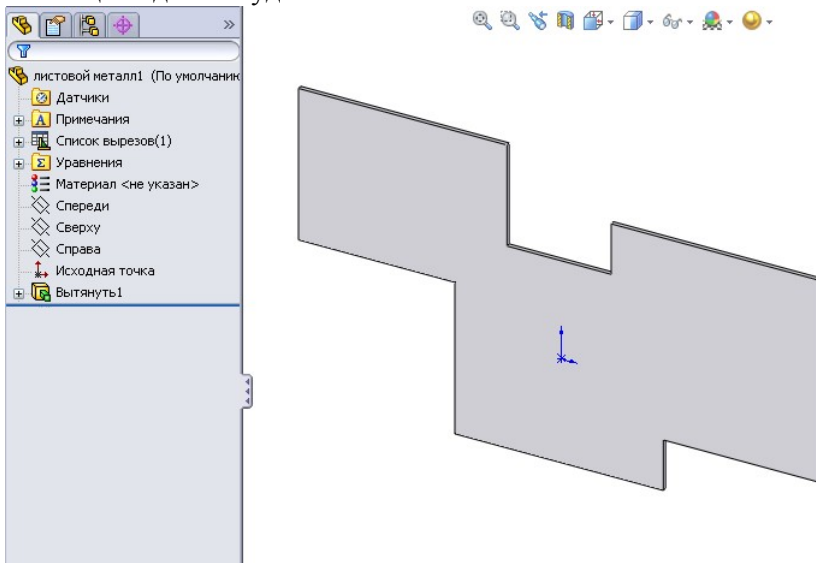


Рисунок 5.2 – Контур разгортки

Перетворіть цю деталь у деталь із листового металу, натиснувши кнопку **"Сгибы"** яка перебуває на панелі інструментів **"Листовой металл"**, або виберіть команду меню **"Вставка | Листовой металл | Сгибы..."** (рис. 5.3).

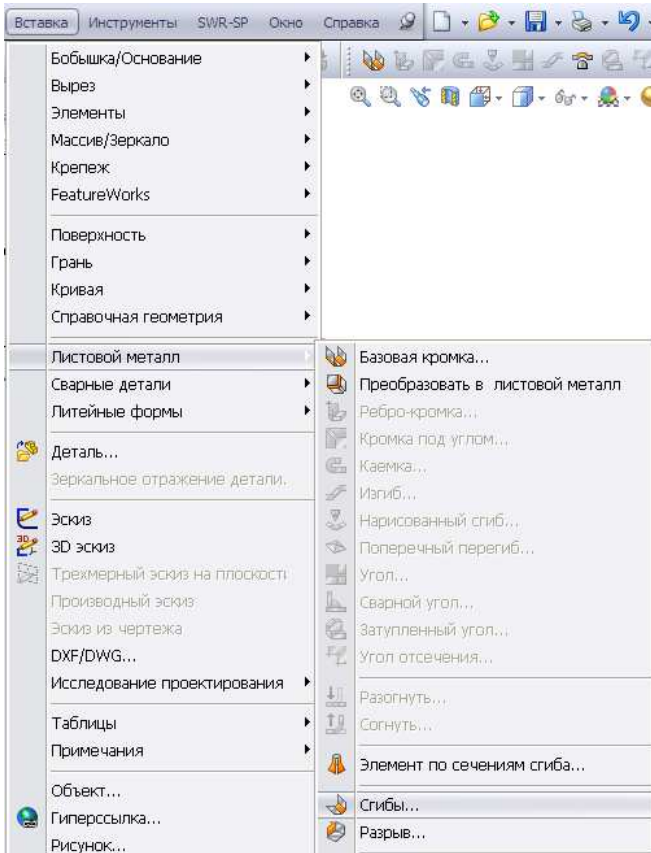


Рисунок 5.3 – Вибір згинів у контекстному меню

На екрані, в області "**Менеджера свойств**" (**PropertyManager**), з'явиться вікно "**Сгибы**", у якому необхідно вказати основні параметри згинів. В області "**Настройки сгиба**", у полі "**Зафиксированная грань или кромка**", укажіть плоску грань листової заготовки, яка при формуванні зігнутого стану деталі повинна зберегти свою просторову орієнтацію незмінною. У нашому прикладі нехай це буде "**Грань<1>**" (рис. 5.4). Крім того, на цій грані будуть намальовані лінії згину. У полі "**Радиус сгиба**" необхідно вказати значення радіуса згину, яке в подальших побудовах буде використовуватися в режимі "за замовчуванням". Нехай радіус згину становить 1 мм.

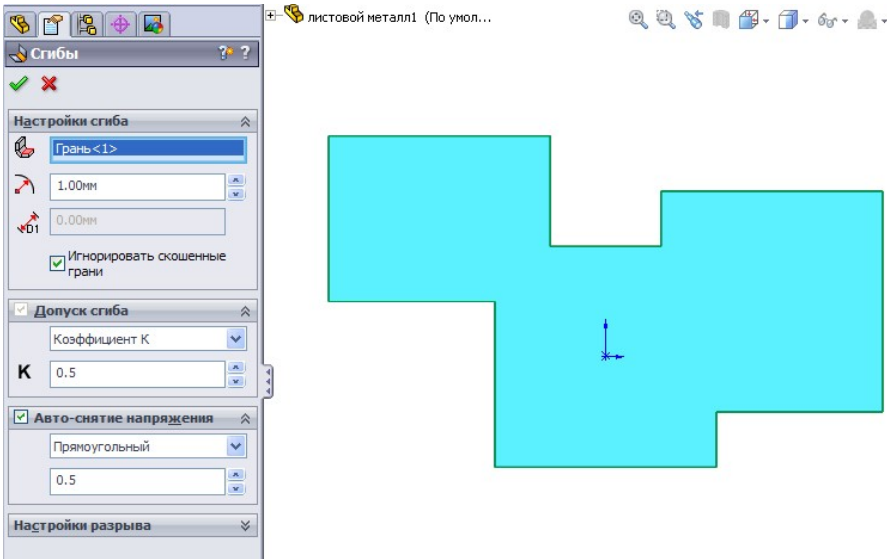


Рисунок 5.4 – Завдання згинів

У вікні **"Сгибы"** вказується радіус згину, який буде використований при побудові згинів "за замовчуванням". Якщо необхідно побудувати згин з іншим радіусом, змінити значення можна тільки після оформлення згинів.

В області **"Допуск сгиба"** необхідно вказати характеристики допуску згину, а саме: у списку що розкривається, **"Допуск сгиба — тип"** вибрати тип допуску згину й величину цього значення. Розглянемо параметри допуску згину детально.

По своїй суті **"Допуск сгиба"** - це довжина листового матеріалу, яка приходить на радіус згину (рис. 5.5, 5.6).

Загальна плоска довжина листового матеріалу визначається по формулі:

$$L = A + B + BA, \quad (5.1)$$

де L - довжина листового матеріалу;

A і B - довжини лінійних крайок деталі (рис. 5.5);

BA - допуск згину.

Конструкторові пропонується вибрати один з типів допусків згинів:

- таблиця згинів;
- коефіцієнт K;
- допуск згину;
- обчислення згину.

Таблиця згинів. Якщо конструктор вибрав цей тип допуску згину, то він буде обчислюватися по таблиці на підставі значень товщини листа й кута згину.

Таблиця згинів для виконання операцій з листовим металом перебуває в <каталог установки> `\lang\english\SheetmetalBendTables\sample.btl`. При необхідності таблицю згинів можна редагувати.

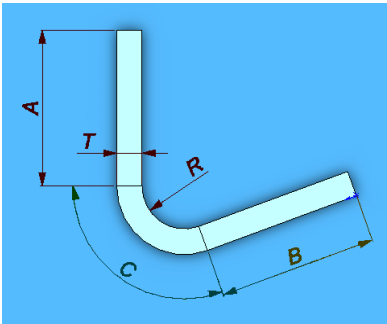


Рисунок 5.5 – Параметри згинів

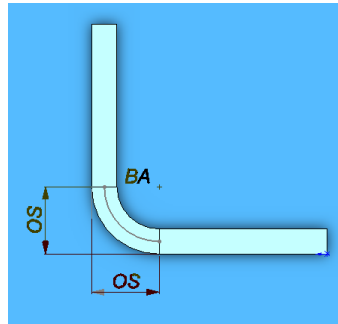


Рисунок 5.6 – Розрахунок згину

У таблиці згинів можна вказати величину допуску згинів (K) або величину зменшення згинів (BD) для деталі з листового металу. Таблиця згинів також містить величини радіуса згинів, кути згинів і товщину деталі.

Коефіцієнт K - визначає розташування нейтрального листа стосовно товщини листа й обчислюється по формулі:

$$K = p / T, \quad (5.2)$$

де p - відстань від внутрішньої грані до нейтрального листа;

T - товщина листа (рис. 5.5).

Допуск згину з використанням параметра Коефіцієнт K розраховується в такий спосіб:

$$BA = \pi \times (R + KT) \times \alpha / 180, \quad (5.3)$$

де R - внутрішній радіус згину (рис. 5.5);

T - товщина аркуша (рис. 5.5);

α - кут згину в градусах (кут, на який згинається матеріал).

Допуск згину. Вибравши цей тип допуску, ви можете самостійно ввести необхідне значення допуску згину BA у відповідне вікно області Допуск згину.

Обчислення згину. При цьому типі допуску згину також необхідно ввести певне значення величини зменшення згину - BD . Значення величини зменшення згину обчислюється по формулі (рис. 5.6):

$$BD = 2 \times OS - BA. \quad (5.4)$$

У вікні **"Сгибы"** при необхідності можна вибрати створення в автоматичному режимі вирізу для зняття напруги в кутах згинів. Для цього потрібно поставити прапорець **"Авто-снятие напряжения"**, а потім вибрати тип вирізу:

- прямокутний;
- округлений;
- без зазорів.

Після настроювання параметрів згину натисніть кнопку **ОК**. На екрані з'явиться повідомлення **"Сгибы не были найдены"**, у відповідь на це також потрібно натиснути кнопку **ОК**. У результаті ви повернетесь до вихідного ескізу, але дерево конструювання перетерпить деякі зміни.

У ньому з'являться нові області: **"Листовой металл1, Плоское состояние1 и Согнутое состояние1"** (рис. 5.7). Після вище описаної процедури програма SolidWorks починає розпізнавати проєктований об'єкт як деталь із листового металу.

Далі слід вибрати в дереві конструювання рядок **"Согнутое состояние1 | Эскиз плоского сгиба1"** і натиснути кнопку контекстного меню **"Редактировать эскиз"** (рис. 5.7). У результаті ви ввійдете в режим редагування ескізу й одержите можливість його змінювати.

Причому редагування ескізу в даному випадку полягає в малюванні ліній згину. При малюванні слід пам'ятати, що початок і кінець лінії згину повинні перебувати в просторі або на крайці, але не на листовому металі, а також лінії згину не повинні пересікатися між собою.

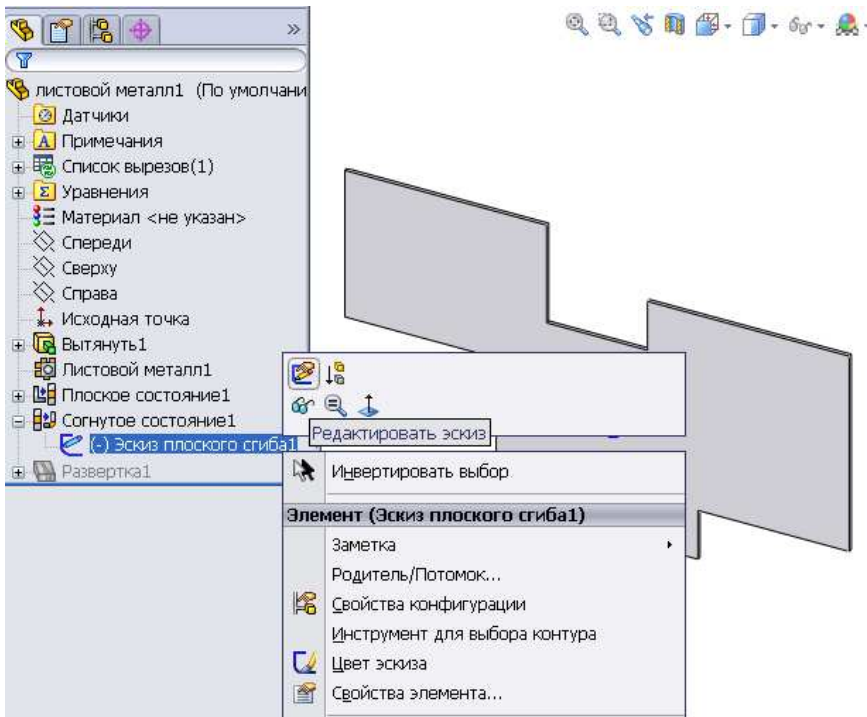


Рисунок 5.7 – Редагування ескізу згину

Намалюйте дві лінії згину (рис. 5.8) і вийдіть із режиму редагування ескізу. На деталі з'являться згини, а в дереві конструювання - області "**Плоский сгиб1**" і "**Плоский сгиб2**" (рис. 5.9). За замовчуванням згини виконуються під кутом 90 градусів і радіусом, який був зазначений раніше. Коли деталь із листового металу набуде зігнутого стану, можна редагувати радіуси, напрямки, а також кути згину.

Для цього необхідно вибрати відповідний плоский згин у дереві конструювання, клацнути правою кнопкою миші й активізувати команду контекстного меню "**Редактировать определение**" (рис. 5.9). З'явиться панель, де можна змінити радіус згину, його кут і напрямки (рис. 5.10). Для зміни кута згину необхідно ввести нове значення кута в рядку "**Угол сгиба**". Напрямок згину можна змінити за допомогою кнопки "**Реверс**", яка розташована у вікні "**Плоский сгиб**", в області "**Настройки сгиба**".

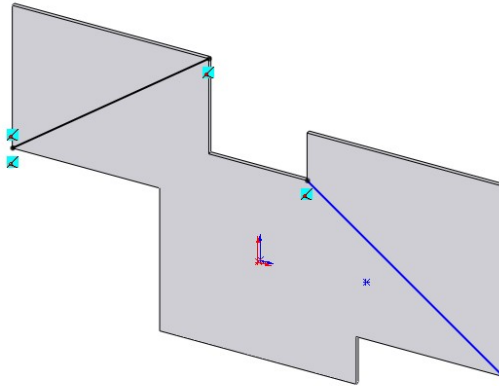


Рисунок 5.8 – Лінії згину

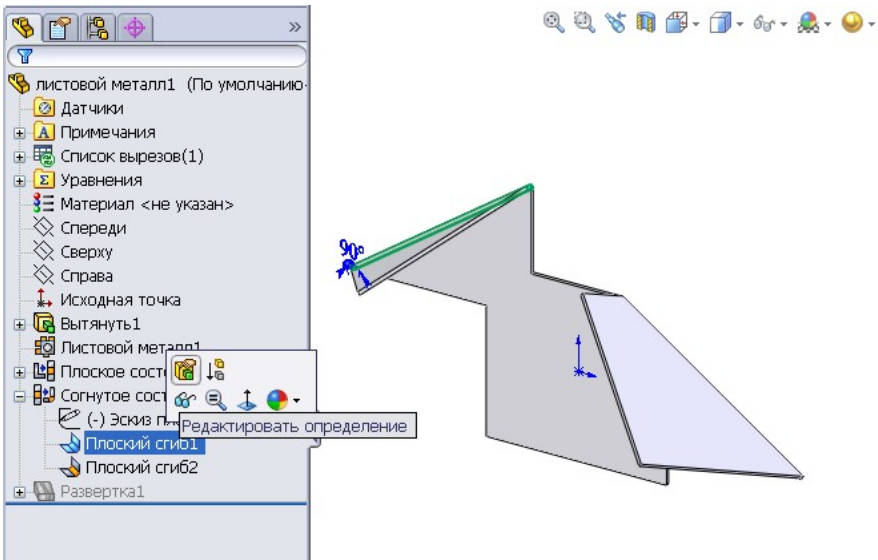


Рисунок 5.9 – Згини під кутом 90°

Для того щоб змінити радіус згину, необхідно зняти прапорець **"Использовать радиус по умолчанию"** і в полі **"Радиус сгиба"** ввести нове значення радіуса згину. Даний спосіб проектування деталі з листового металу зручний тим, що можна спочатку створити розгорнення об'єкта, а потім її зігнути по власному розсуду. Такий спосіб

проектування деталей з листового металу знайшов досить широке застосування. Однак SolidWorks дозволяє проектувати деталі й у зворотному порядку, тобто спочатку можна створити об'ємну деталь із листового металу, а потім її розгорнення.

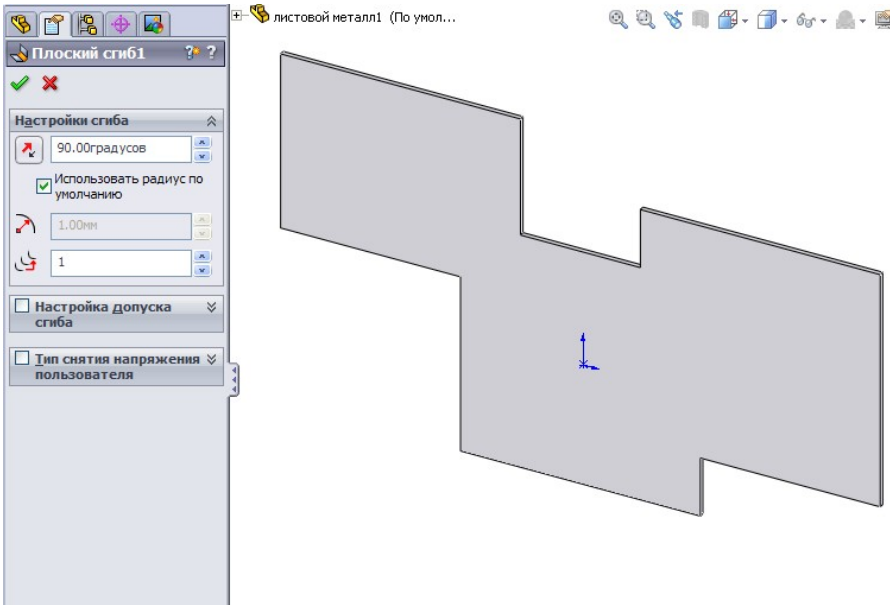


Рисунок 5.10 – Зміна кутів згинів

Проектування деталей з листового металу в зігнутому стані.

SolidWorks дозволяє також побудувати деталь із листового металу відразу в зігнутому стані, а потім одержати її розгорнення. Побудуємо просту деталь із квадратною основою.

Відкриємо нову деталь, увійдемо в ескіз і намалюємо контур основи цієї деталі. Нехай основа має вигляд квадрату розміром 50x50 мм (рис. 5.11). На основі цього ескізу створимо листовий метал, для чого активізуємо кнопку **"Базовая кромка/выступ"** на панелі інструментів **"Листовой металл"**. На екрані, в області **"PropertyManager"**, відкриється вікно **"Базовая кромка"**, у якому в області **"Настройки листового металла"** необхідно вказати товщину аркуша. Значення товщини вказується в однойменному полі в області **"Настройки листового металла"** (рис. 5.12). Нехай товщина листа становить 2 мм.

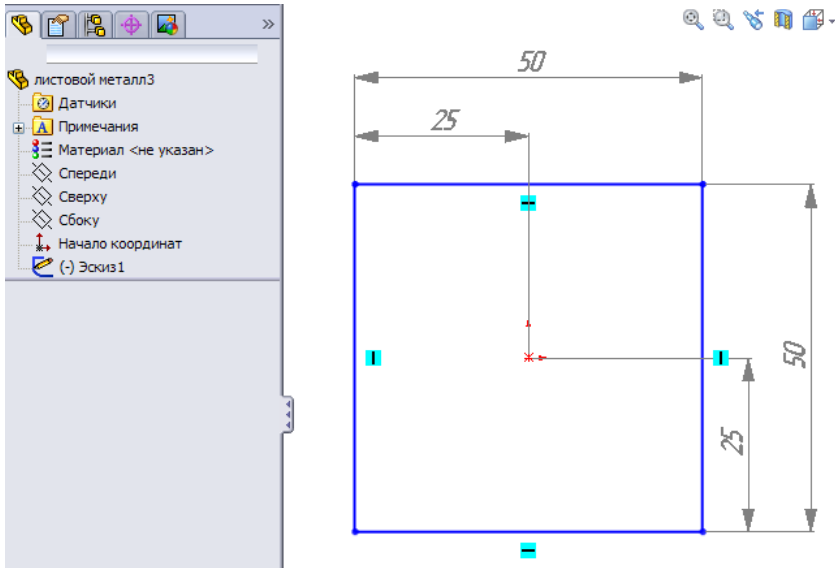


Рисунок 5.11 – Основа майбутньої деталі

Натиснемо кнопку **ОК**. Після цього на екрані з'явиться основа коробки - лист товщиною 2 мм, а в дереві конструювання - нові гілки: **"Листовой металл1, Базовая кромка1 и Развертка1"**.

Після формування базової крайки програма SolidWorks сприймає проєктовану деталь винятково як деталь із листового металу. треба відмітити той факт, що в деталі з листового металу може бути лише один елемент **"Базовая кромка"**.

Побудуємо бічну стінку коробки.

Для цього активізуємо кнопку **"Кромка под углом"**, яка перебуває на панелі інструментів **"Листовой металл"**. Укажемо базову крайку, під кутом до якої створимо бічну стінку. Після цього буде автоматично створена додаткова площина, перпендикулярна площини основи. І програма відкриє ескіз на цій площині (рис. 5.13).

На ескізі зобразимо профіль бічної стінки. Нехай ця стінка має спочатку прямолінійний контур у вигляді аркуша, розташованого під кутом 45 градусів до основи, довжиною 30 мм (рис. 5.14). Намалюємо лінію з такими параметрами. У загальному випадку ескіз стінки може містити одну або кілька ліній, а також дуги. Додамо до цієї лінії дугу, радіусом 5 мм (рис. 5.14).

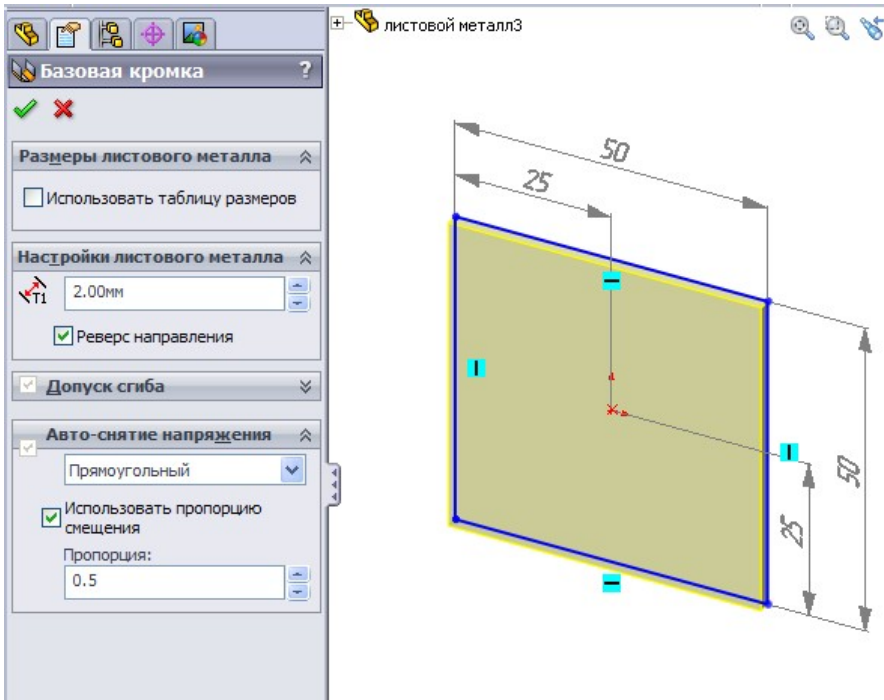


Рисунок 5.12 – Диалоговое вікно "Базовая кромка"

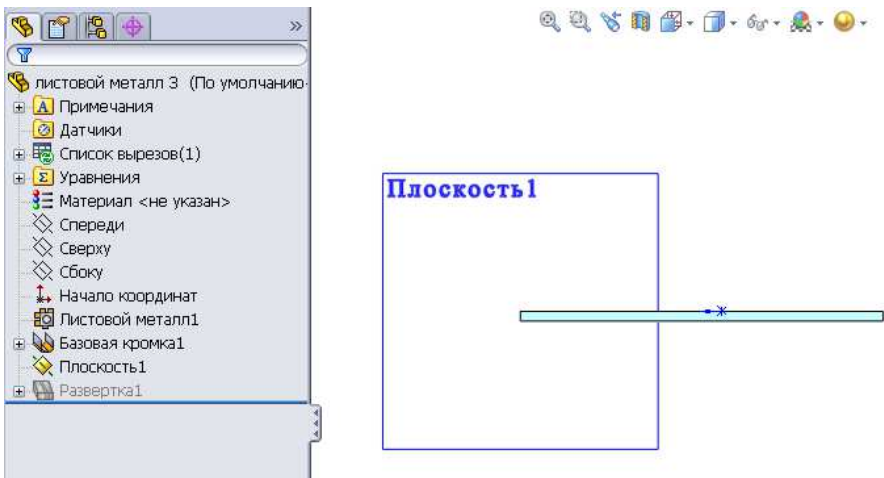


Рисунок 5.13 – Створена додаткова площина

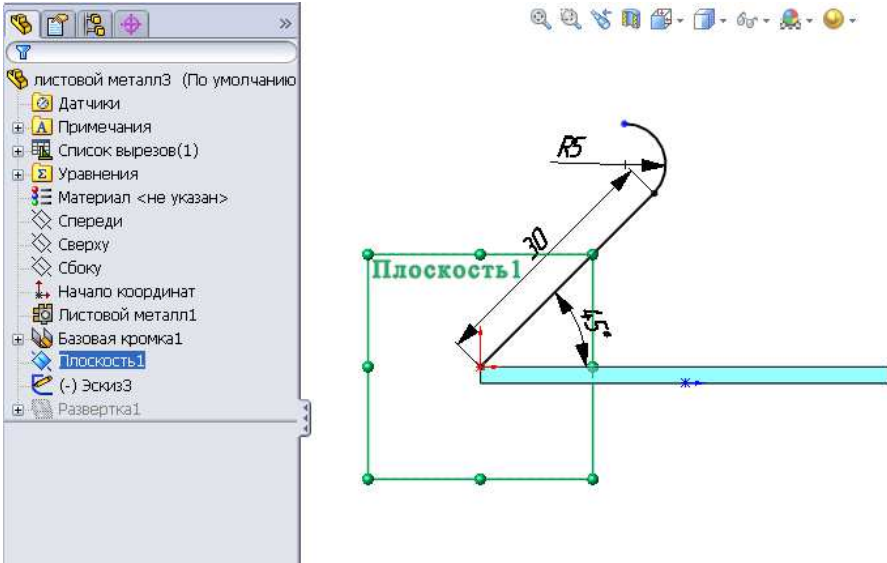


Рисунок 5.14 – Створення профілю бокової стінки

Закінчимо побудову профілю крайки, вийшовши з ескізу. Після цього автоматично відкриється вікно **"Кромка под углом"**. У цім вікні необхідно заповнити області **"Настройки кромки под углом, Начать/Закончить смещение и Допуск сгиба пользователя"** (рис. 5.15).

В області **"Настройки кромки под углом"** у полі **"Вдоль кромок"** буде зазначене ім'я крайки, від якої створюється крайка під кутом - **"Кромка<1>"**. Також у цій області, у полі **"Радиус сгиба"**, можна відредагувати значення радіуса згину, попередньо знявши прапорець **"Использовать радиус по умолчанию"**. Є можливість вказати **"Расположение кромки"** відносно краю основи, вибравши одну із трьох запропонованих комбінацій: **"Материал внутри, Материал снаружи, Сгиб снаружи"**.

В області **"Начать/Закончить смещение"** можна вказати величину зсуву крайки щодо країв, тим самим звузивши її ширину в порівнянні з основою. Товщина аркуша бічної стінки автоматично вибирається рівній товщині аркуша основи, і змінити її неможливо. Закінчимо побудову бічної стінки, нажавши кнопку **ОК**.

В SolidWorks існує ще одна команда побудови крайки – **"Ребро-**

кромка". На відміну від команди **"Кромка под углом"**, вона дозволяє створювати тільки прямолінійні крайки.

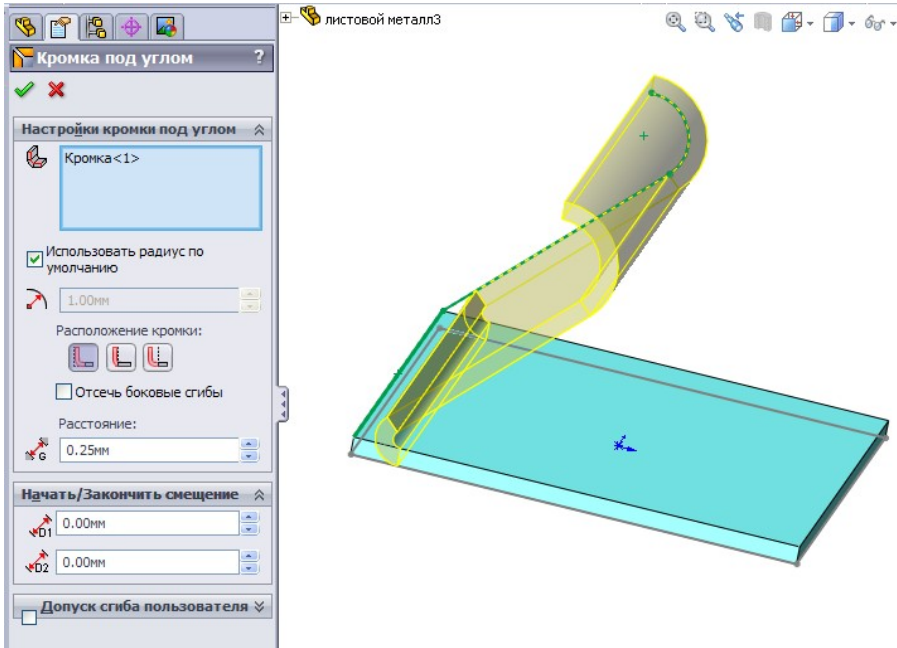


Рисунок 5.15 – Процесс створення стінки

Активізуємо кнопку **"Рёбро-кромка"** на панелі інструментів **"Листовой металл"**. На екрані відкриється вікно **"Рёбро-кромка"**, у якому необхідно заповнити наявні області (рис. 5.16).

В області **"Настройка кромки"** в поле **"Кромка"** потрібно вказати ту крайку, від якої буде відбуватися побудова бокової сторони. Можна також змінити радіус згину, попередньо знявши прапорець **"Использовать радиус по умолчанию"** і вказавши в поле **"Радиус сгиба"** нове значення радіуса.

В області **"Угол"** у поле **"Угол кромки"** необхідно ввести значення кута розташування нового ребра щодо основи (базової крайки) або якої-небудь іншої грані. В області **"Длина фланца"** слід вказати довжину крайки й спосіб виміру цієї довжини, з урахуванням згину або без. При необхідності можна заповнити області **"Расположение кромки"**, **Допуск сгиба пользователя** и **Тип снятия напряжения**.

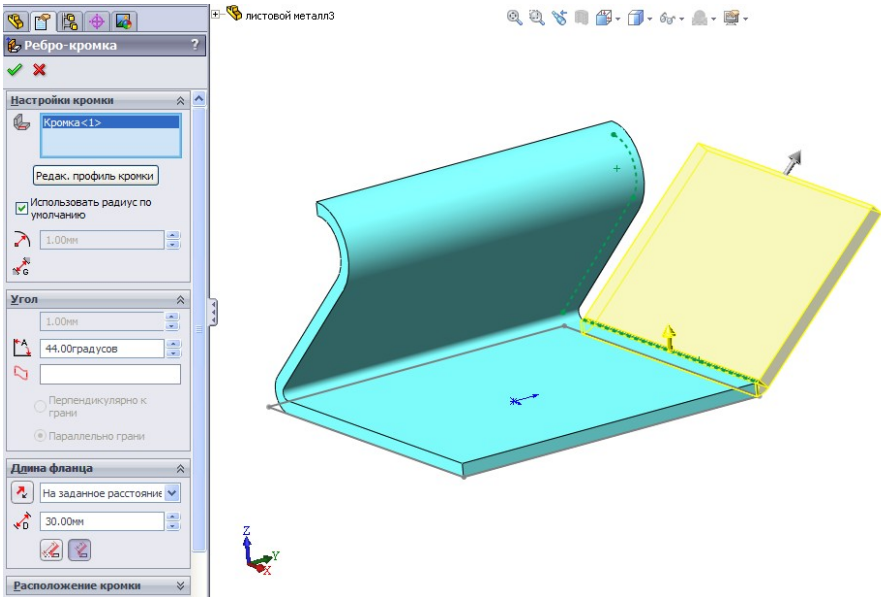


Рисунок 5.16 – Побудова нового ребра деталі

Закінчимо побудову натисканням кнопки **ОК**. При цьому в дереві конструювання з'явиться **"Ребро-кромка1"** (рис. 5.17).

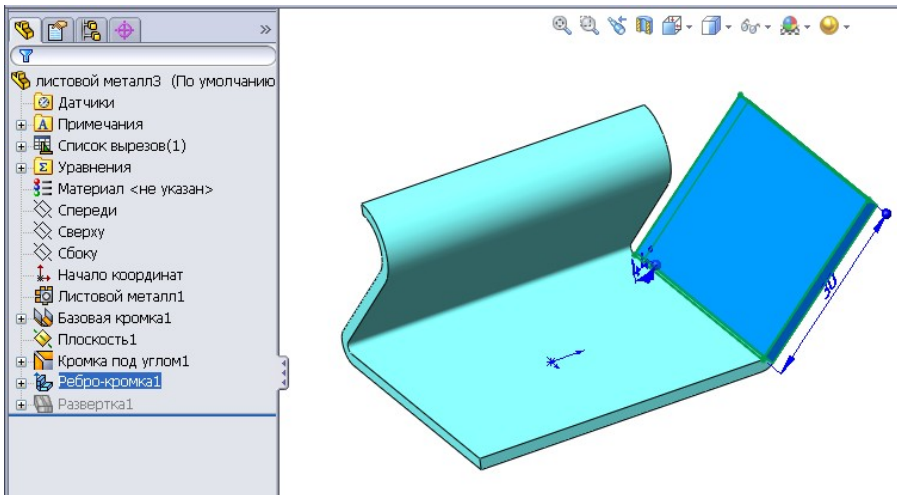


Рисунок 5.17 – Побудована бічна стінка

Побудуємо дві бічні сторони коробки, що залишилися, використовуючи команду "**Каемка**". Ця команда дозволяє побудувати прямолінійну бічну сторону, яка буде розташовуватися паралельно основі. Активізуємо кнопку "**Каемка**" на панелі інструментів "**Листоной металл**".

На екрані відкриється вікно "**Каемка**" (рис. 5.18). У цьому вікні в області "**Кромки**" вкажемо ті крайки, від яких будуть побудовані бічні грані типу облямівка. Виберемо дві крайки, вони позначаться як "**Кромка<1>**" і "**Кромка<2>**". У вікні "**Каемка**" можна змінити напрямок згину облямівки, нажавши кнопку "**Реверс направления**". Крім того, можна вибрати тип розташування згину: "**Материал внутри**" або "**Сгиб снаружи**".

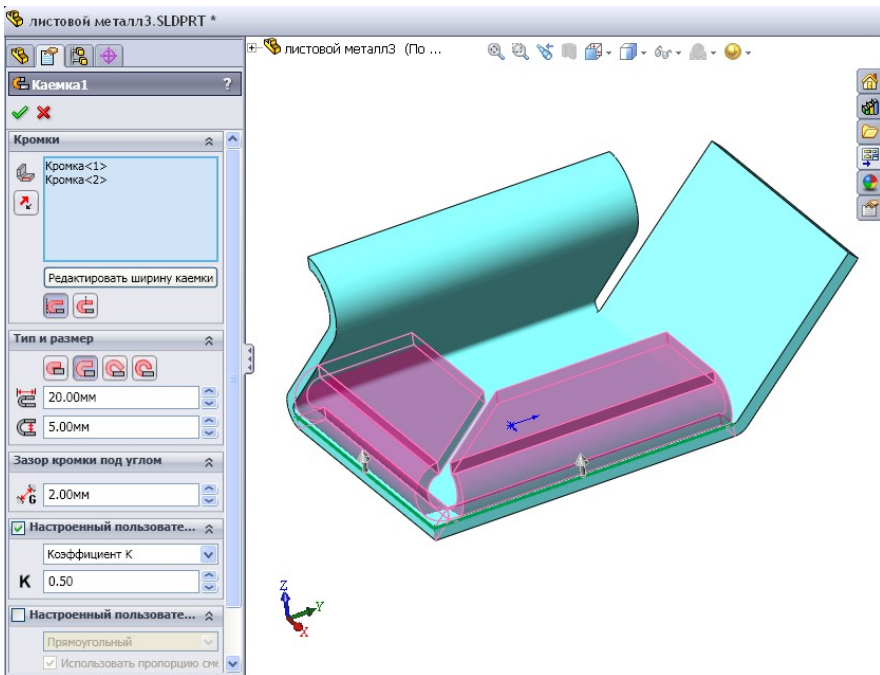


Рисунок 5.18 – Побудова бічних граней типу "Каемка"

Можна також відрегувати ширину облямівки. Для цього потрібно в області "**Кромки**" вибрати крайку, ширину облямівки уздовж якої потрібно змінити (побільшати або зменшити). Потім необхідно

нажати кнопку **"Редактировать ширину каемки"**, у результаті на екрані з'явиться діалогове вікно **"Эскиз профиля"**, у якому доступні кнопки **"Назад, Готово, Отмена"** й **"Справка"** (рис. 5.19).

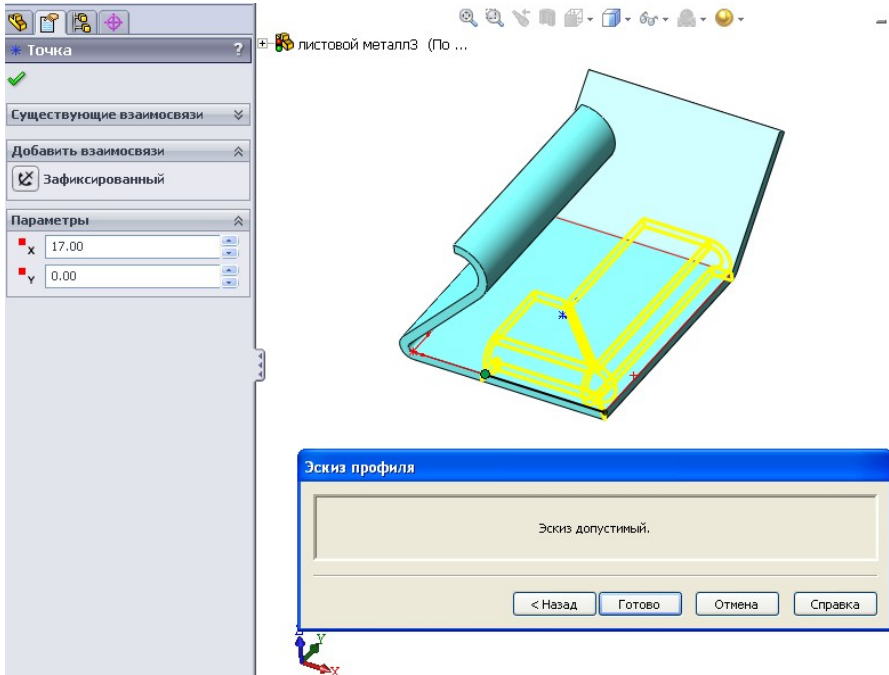


Рисунок 5.19 – Повідомлення системи в разі наявності помилки

Перетягніть за допомогою курсору кінцеву точку ескізу крайки, уточніть її координати у вікні, що відкрилося, **"Точка"**, в області **"Параметры"**, а потім виберіть одну із запропонованих команд у вікні **"Эскиз профиля"**:

- Назад - закриває діалогове вікно **"Эскиз профиля"** й повертає користувача до команди побудови облямівки;
- Готово - усі зміни ескізу (ширини) облямівки ухвалюються;
- Отмена - скасовує всі зміни ескізу (ширини) облямівки.

Натиснемо кнопку **"Готово"** й у результаті одержимо вкорочену облямівку, розміщену не на всій довжині вихідної крайки (рис. 5.19). Програма автоматично повернеться у вікно **"Каемка"** (рис. 5.18), де можна продовжити вибір параметрів для цього елемента.

В області **"Тип и размер"** у поле **"Длина"**, позначеному значком, необхідно вказати довжину облямівки, а в полі **"Расстояние зазора"** потрібно задати значення відстані між основою (базовою крайкою) і облямівками.

В області **"Зазор кромки под углом"** вказується відстань між створюваними облямівками в кутовому розрізі (рис. 5.18). Область **"Зазор кромки под углом"** стає доступною для завдання параметрів у вікні **"Каемка"** тільки, якщо одночасно (за одну команду) створюються облямівки від двох і більше суміжних крайок.

Закінчимо побудову зігнутого стану деталі, натиснувши кнопку **ОК**. У дереві конструювання з'явиться **"Каемка1"** (рис. 5.20), використовуючи яку можна редагувати побудовані облямівки.

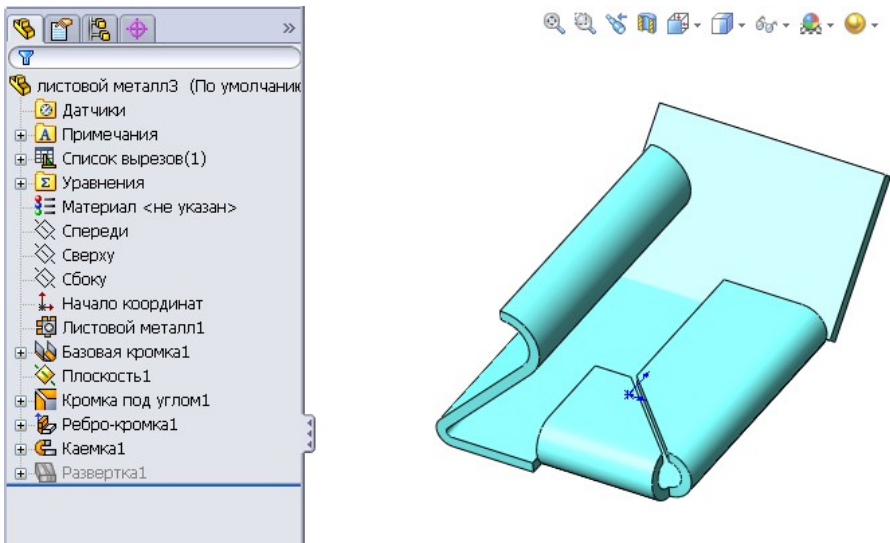


Рисунок 5.20 – Завершена побудова зігнутого стану деталі

Особливо хочеться відзначити нову можливість при побудові облямівки, яка з'явилась в SolidWorks, - побудова облямівки на криволінійній крайці. Порядок побудови такої облямівки аналогічний розглянутому вище.

Після того як побудована деталь у зігнутому стані, можна приступати до побудови її розгорнення. Для цього в дереві конструювання виберіть рядок **"Развертка1"**, яка постійно перебуває в неактивному

стані. Активізуйте її натисканням правої кнопки миші й клацніть у контекстному меню по рядкові **"Высветить"**.

Уся побудована раніше деталь розвернеться в площині, де розташована основа (базова крайка) (рис. 5.21). Ви побачите в графічній області розгорнення деталі, на якій пунктиром нанесені лінії згину.

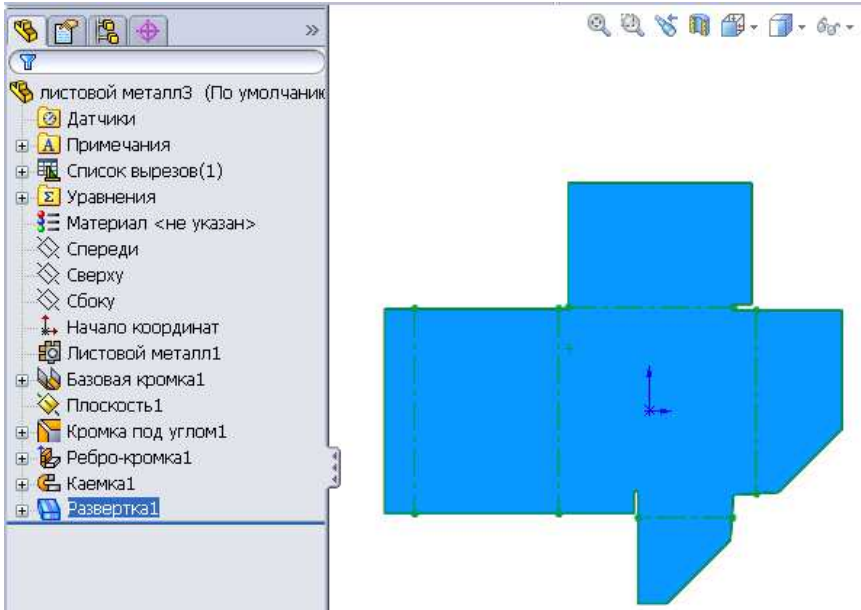


Рисунок 5.21 – Розгортка листової деталі

Для того щоб повернути деталь у зігнутий стан, необхідно знову активізувати правою кнопкою миші рядок **"Развертка1"** і вибрати в контекстному меню команду **"Погасить"**. Деталь повернеться в зігнутий стан. Існує ще один спосіб одержання розгорнення в SolidWorks. Для відкриття розгорнення можна просто натиснути кнопку **"Развертка"** на панелі інструментів **"Листовой металл"**. Щоб повернути деталь у зігнутий стан, ще раз натисніть (відіжміть) кнопку **"Развертка"**.

Конструювання деталі із твердого тіла й перетворення її в деталь з листового металу.

В SolidWorks існують два способи побудови деталей з листового

металу шляхом перетворення твердого тіла. Ці способи однакові по своїй суті, але відрізняються порядком дій і командами, використовуваними для перетворення твердого тіла в листовий метал. Розглянемо їх детально.

Перший спосіб перетворення твердотільної деталі в деталь із листового металу.

Для проектування деталі з листового металу на основі твердого тіла по першому способу, потрібно спочатку побудувати твердотіlnу модель і створити на її основі оболонку. Оболонка (тонкостінний елемент) повинен за формою й розмірами відповідати зігнутому стану деталі. Для створення деталі з листового металу прямо на кутах оболонки виконати технологічні розрізи й вказати крайки, по яких будуть зроблені згини.

Розглянемо процедуру створення деталі з листового металу на прикладі шестигранної призми. Створимо ескіз шестигранника. Нехай діаметр вписаної окружності шестигранника становить 170 мм.

На основі ескізу побудуємо об'єкт у вигляді шестигранної призми, нажавши кнопку **"Вытянутая бобышка/основание"** на панелі інструментів **"Элементы"**. Витягнемо шестигранник на 100 мм (рис. 5.22).

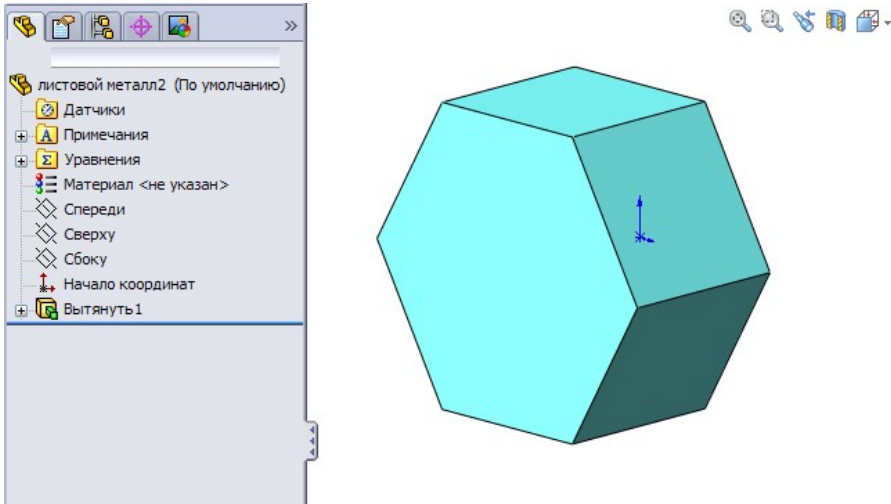


Рисунок 5.22 – Шестигранник

Перетворимо призму в тонкостінний елемент за допомогою команди "**Оболочка**", яка розміщена на панелі інструментів "**Елементи**". Можна також скористатися командою меню "**Вставка | Елементи | Оболочка..**". У вікні "**Оболочка1**" (рис. 5.23) вкажемо: товщину оболонки в поле "**Толщина**"; в області "**Удалить грани**" вкажіть грані, які будуть видалені при створенні оболонки; тип оболонки (назовні або усередину), за допомогою прапорця "**Оболочка наружу**". Нехай товщина оболонки дорівнює 1 мм, видаленню підлягає шестигранна **Грань<1>**, і оболонка будуватиметься усередину (рис. 5.23).

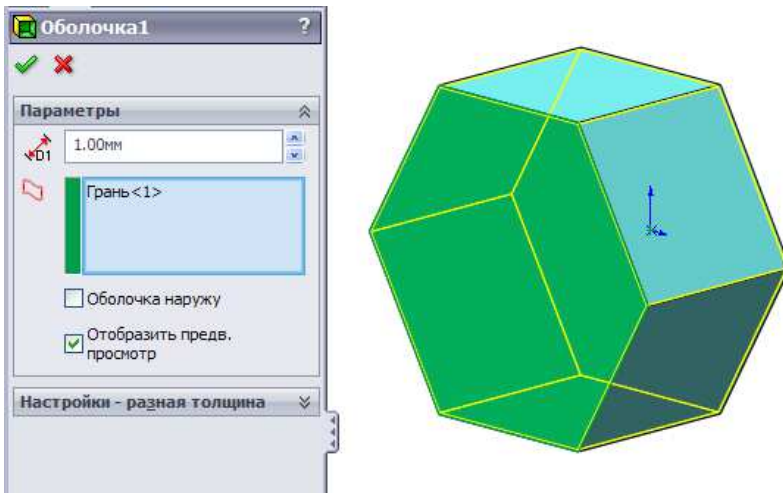


Рисунок 5.23 – Перетворення шестигранника в оболонку

Натиснемо кнопку **ОК**, закінчивши створення оболонки.

У результаті буде побудована тонкостінна деталь, а в дереві конструювання з'явиться нова гілка - "**Оболочка1**" (рис. 5.24). Але для створення розгортання на цій деталі необхідно оформити розрізи, вказати місця й радіуси згинів.

Створити розрізи можна за допомогою команди "**Разрыв**", нажавши однойменну кнопку на панелі інструментів "**Листовой металл**". В області менеджера властивостей з'явиться вікно "**Разрыв**" (рис. 5.25). У цьому вікні в області "**Настройки разрыва**" необхідно вказати ті крайки, уздовж яких будуть зроблені розрізи (рис. 5.25).

У поле "**Зазор**" укажіть величину зазору між гранями в області розриву. При виборі крайок, на яких передбачається створити розрізи,

переважно відзначити ці крайки із внутрішньої сторони деталі.

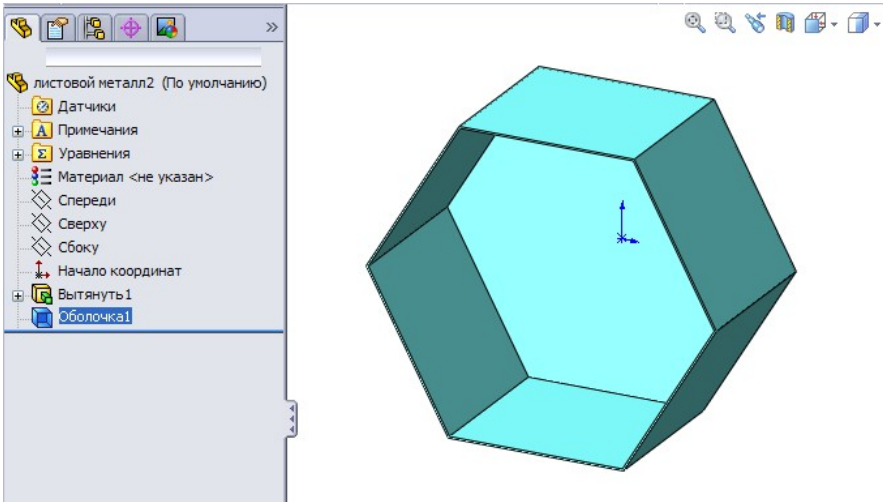


Рисунок 5.24 – Готова тонкостінна деталь шестигранника

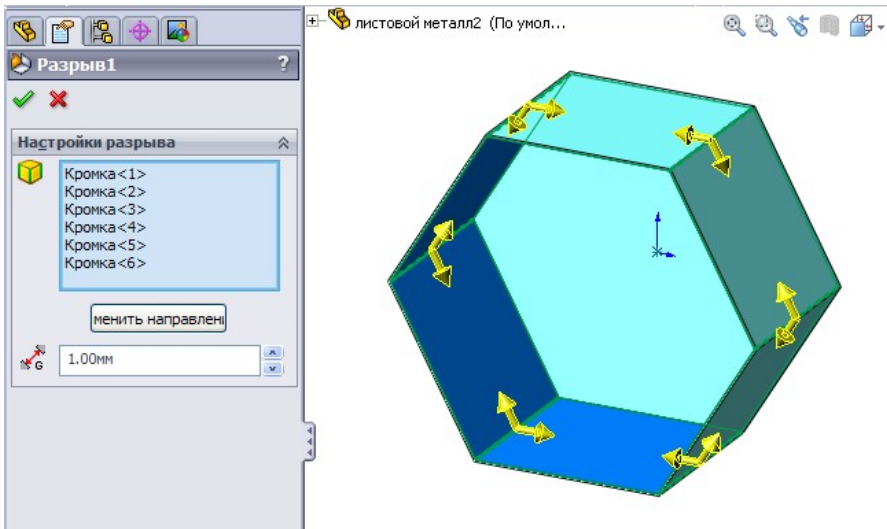


Рисунок 5.25 – Створення розривів

Закінчимо створення розривів, нажавши кнопку **ОК**. У результаті на деталі з'являться розриви, а в дереві конструювання новий ря-

док - **"Розрив1"**. Для побудови деталі з листового металу й розгорнення на його основі необхідно вказати згини, по яких будуть розвертатися грані призми. Для цього активізуємо команду **"Сгибы"** натисканням відповідної кнопки на панелі інструментів **"Листовой металл"**. Потім, коли з'явиться вікно **"Сгибы"** (рис. 5.26), вкажемо радіус згину й зафіксовану крайку або грань, по периметру якої пройдуть лінії згину.

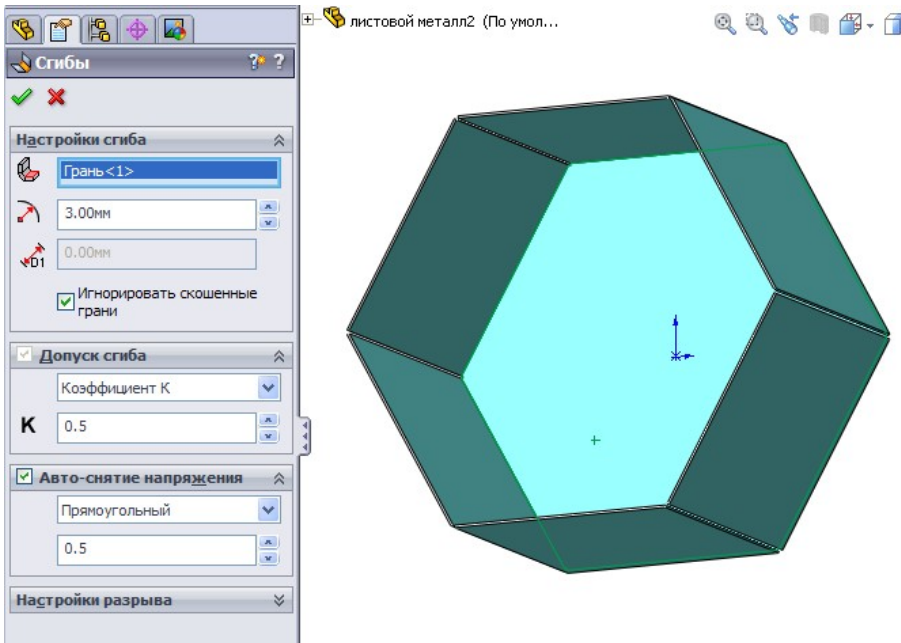


Рисунок 5.26 – Вказування згинів

При створенні розгорнення твердого тіла в кутах (кінцевих точках розривів) виникають напруги, тому програма може створювати на цих кутах рельєфні підрізи для зняття напруг. У вікні **"Сгибы"** (рис. 5.26) в області **"Авто-снятие напряжения"** виберіть вид підрізу: **"Прямоугольный, Скругленный"** або **"Без зазоров"** (без використання підрізів). Необхідно також вказати **"Пропорцию смещения"**, тобто величину ширини й глибини прямокутного або округленого вирізу. Величина пропорції зсуву повинна лежати між 0,05 і 2,00 мм. Виберемо прямокутний підріз із пропорцією зсуву 0,5 мм.

Тепер натисніть кнопку **ОК**, і ви побачите згини, які були створені по периметру грані, а також підрізи в кутах (рис. 5.27).

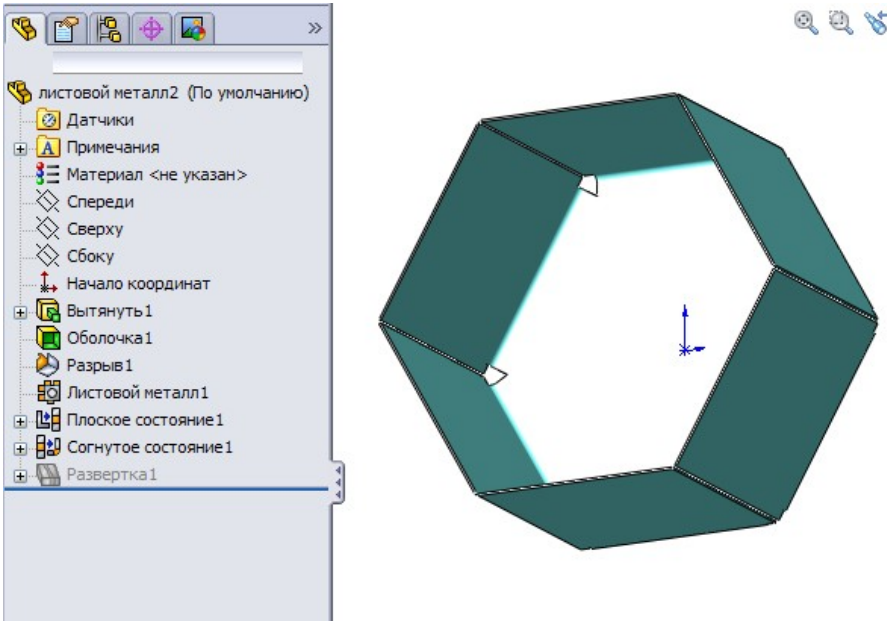


Рисунок 5.27 – Згини по периметру деталі

При цьому в дереві конструювання з'являться галузі: **"Листовой металл1, Плоское состояние1, Согнутое состояние1 и Развертка1"** (у погашеному стані). Тепер деталь повністю готова й можна побудувати її розгорнення. Програма дозволяє створювати як повне розгорнення деталі, так і неповне розгорнення.

Для створення повного розгорнення необхідно виконати наступні дії: Натисніть кнопку **"Развертка"**, яка перебуває на панелі **"Листовой металл"**. У результаті одержите повне розгорнення даної деталі (рис. 5.28). При цьому рядок **"Развертка1"** у дереві конструювання перейде з погашеного стану в активне. Команда **"Развертка"** дозволяє розгорнути всі елементи, які можливо розгорнути в даній деталі. Для повернення деталі в колишній (зігнутий) стан ще раз натисніть (відтисніть) кнопку **"Развертка"**.

Можна також побудувати розгорнення, використовуючи команду **"Развертка1"** у дереві конструювання. Для цього активізуйте її

натисканням правої кнопки миші й клацніть у контекстному меню, що з'явився, по рядковій **"Высветить"**. Уся деталь розвернеться в площині, де розташована основа (рис. 5.28).

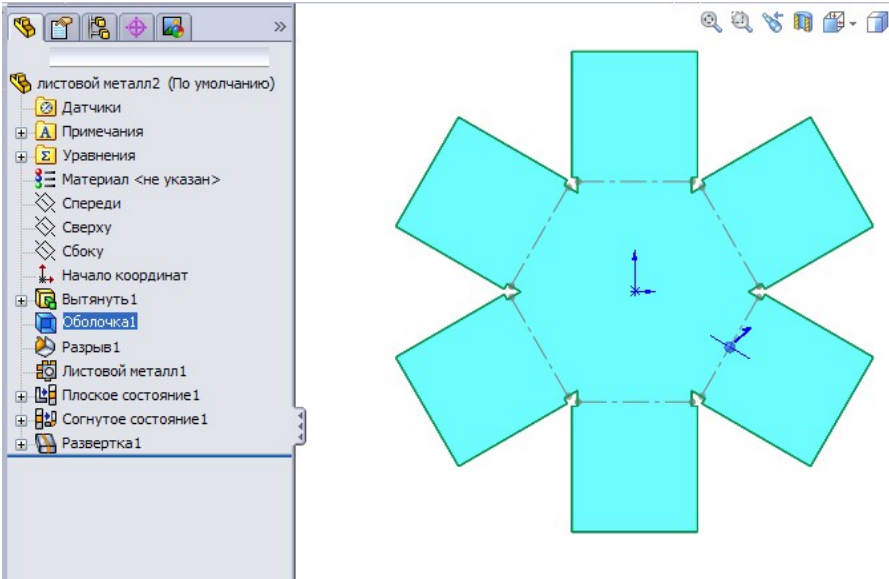


Рисунок 5.28 – Повна розгортка деталі

Щоб розігнути лише деякі грані деталі, слід натиснути кнопку **"Разогнуть"** на панелі інструментів **"Листовой металл"**. Можна скористатися також командою меню **"Вставка | Листовой металл | Разогнуть"**. На екрані з'явиться вікно **"Разогнуть"** (рис. 5.29), у якому в поле **"Зафиксированная грань"** слід вказати ту грань, положення якої в просторі залишиться незмінним.

У полі **"Разогнуть сгибы"** необхідно вказати ті згини, які ви розгинаєте, нехай це буде **"Острый сгиб3, Острый сгиб4, Острый сгиб1"** (рис. 5.29).

Натисніть кнопку **ОК** і в результаті одержите неповне розгорнення листової деталі, при цьому в дереві конструювання з'явиться рядок **"Разогнуть1"** (рис. 5.30). Для того щоб зігнути деякі грані деталі, слід скористатися командою **"Согнуть"**. У вікні, що з'явилося, **"Согнуть"** необхідно вказати **"Зафиксированная грань"**, а також згини, які необхідно зігнути (рис. 5.31).

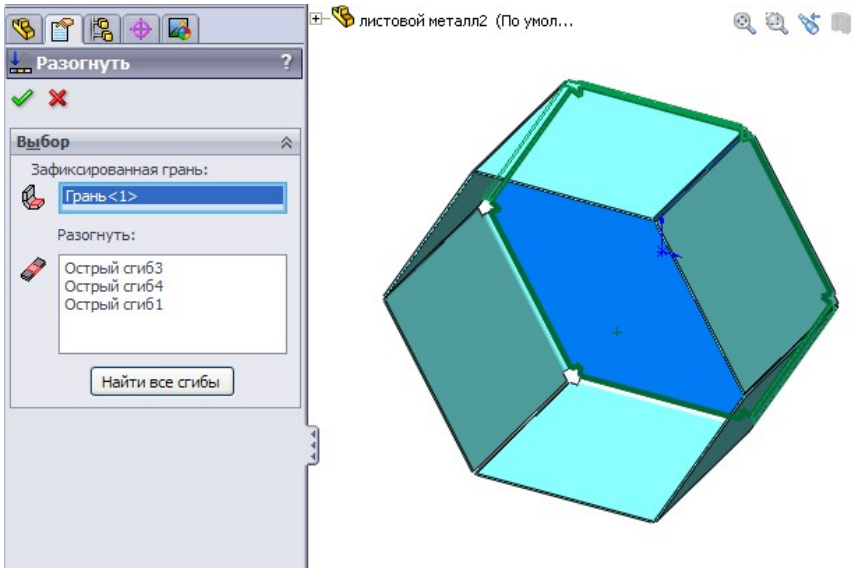


Рисунок 5.29 – Вказування зафіксованої грані

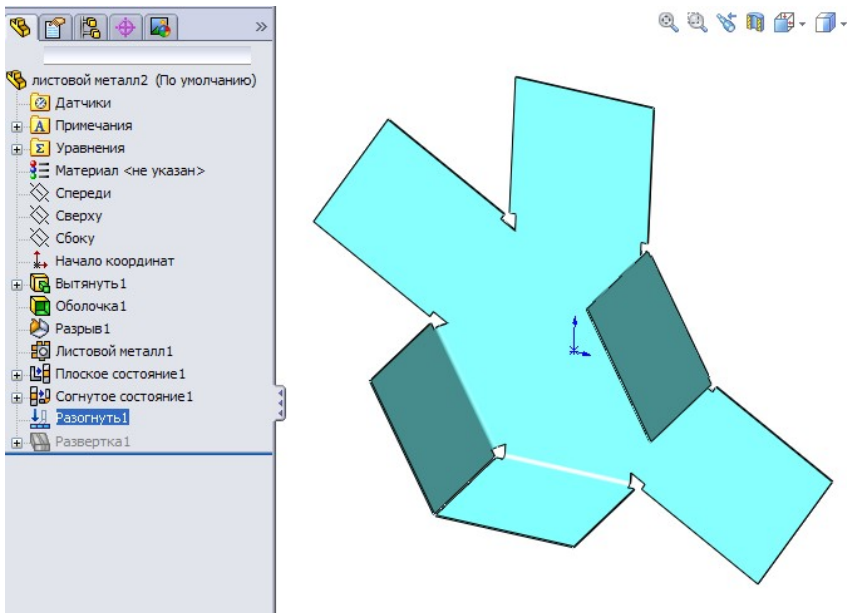


Рисунок 5.30 – Неповна розгортка деталі

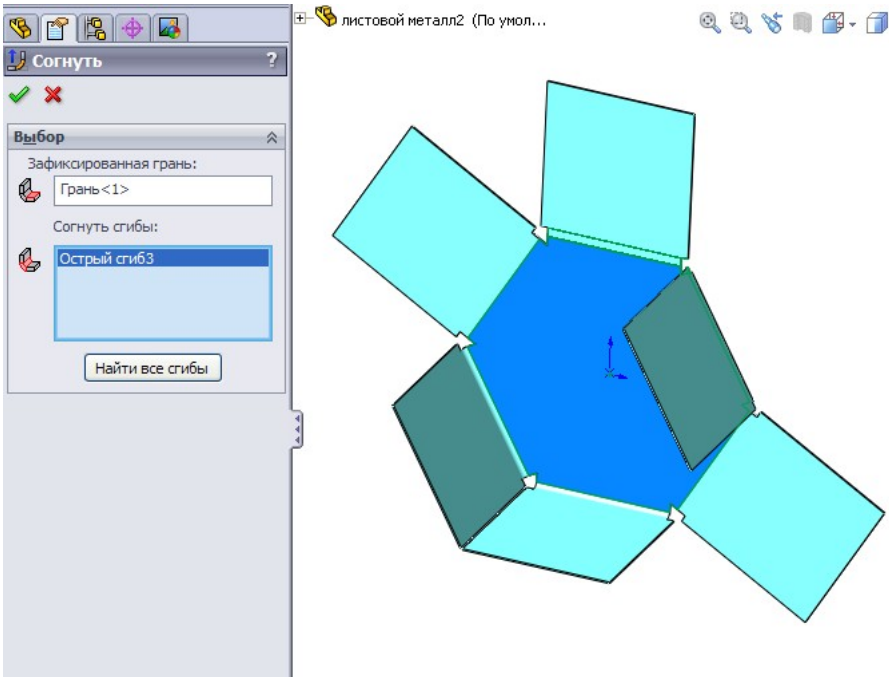


Рисунок 5.31 – Згинання декількох граней

Зафіксуємо, як і в попередній побудові, **Грань<1>** і зігнемо **"Острый сгиб3"**, у такий спосіб повернувши його в колишнє положення (рис. 5.32). Закінчимо перетворення деталі, нажавши кнопку **ОК**. При цьому в дереві конструювання з'явиться рядок **"Согнуты1"** (рис. 5.32). Розглянемо другий спосіб одержання листового металу на основі твердотільної деталі.

Другий спосіб перетворення твердотільної деталі в деталь із листового металу.

Для створення деталі з листового металу шляхом перетворення твердотільної деталі по другому способу так само, як і в першому випадку, необхідно побудувати твердотільну деталь. Розглянемо методику створення деталі на прикладі призми. Побудуємо спочатку ескіз деталі згідно рис. 5.33. На основі ескизу побудуємо об'єкт у вигляді призми, нажавши кнопку **"Вытянутая бобышка/основание"** на панелі інструментів **"Элементы"**. Витягнемо ескіз на 50 мм (рис. 5.34).

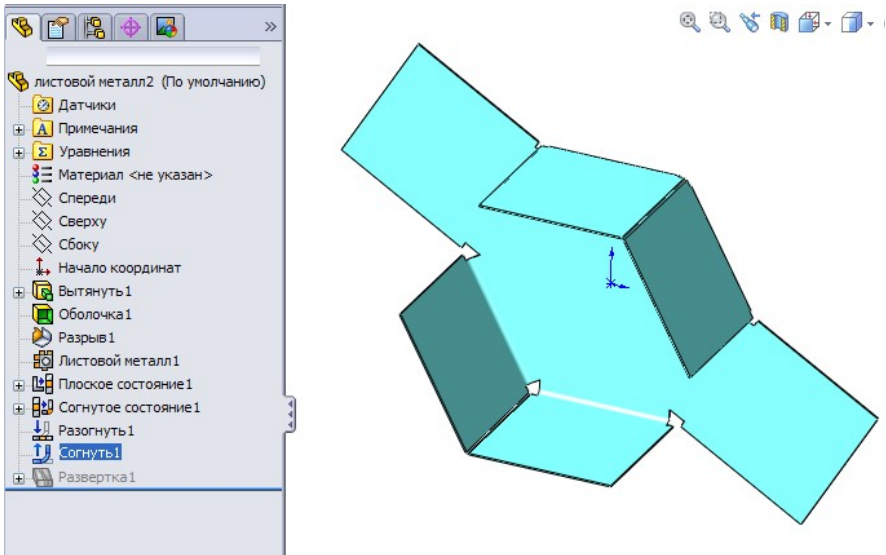


Рисунок 5.32 – Завершения работы с листовой деталью

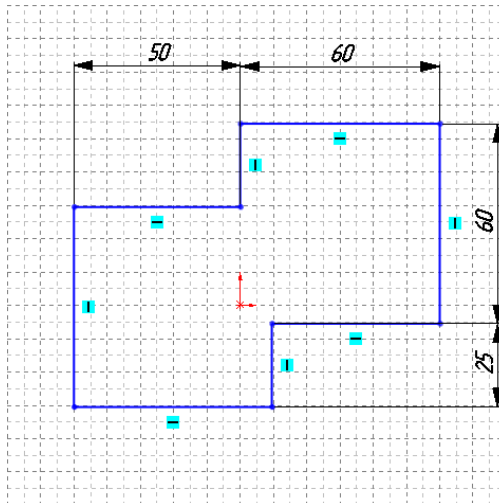


Рисунок 5.33 – Ескіз листової деталі

Перетворимо цю твердотільну деталь у деталь із листового металу командою **"Преобразовать в листовой металл"**, яка розташована на панелі інструментів **"Листовой металл"**.

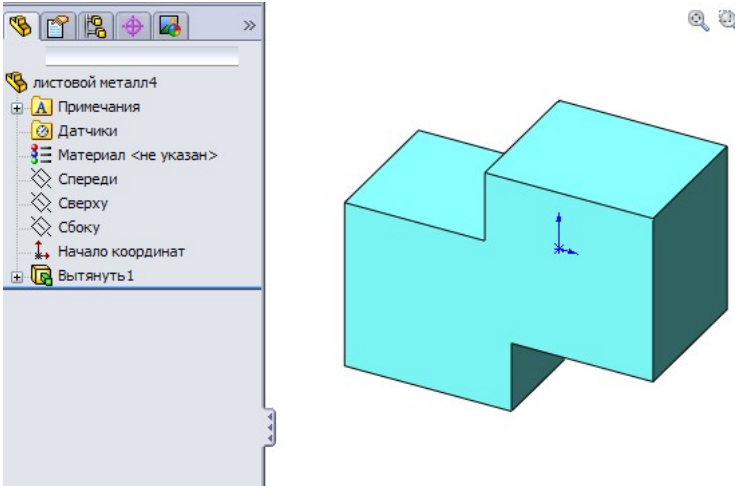


Рисунок 5.34 – Деталь побудована витягуванням

Можна також скористатися командою меню **"Вставка | Листовой металл | Преобразовать в листовой металл..."**. На екрані, в області **PropertyManager** (менеджера властивостей), відкриється вікно налаштувань **"Перевести в Листовой металл"** (рис. 5.35).

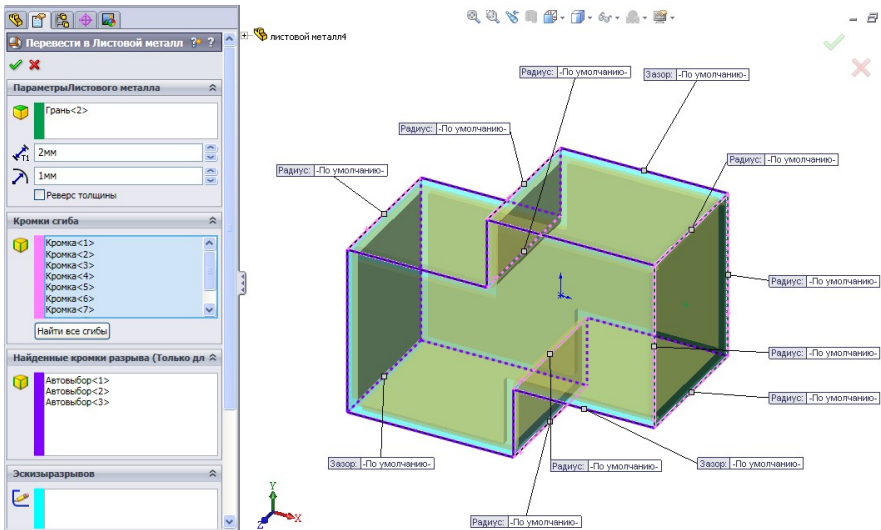


Рисунок 5.35 – Перетворення твердотільної деталі в листову

У цім вікні в області **"Параметры Листового металла"** (рис. 5.35) необхідно вказати наступні параметри: у розділі **"Выберите зафиксированный объект"** вкажіть грань, яку буде зафіксовано в просторі при створенні розгорнення деталі з листового металу; вкажіть товщину листа в полі **"Толщина листа"**.

Вкажіть радіуси згинів у полі **"Радиусы сгибов по умолчанию"**. Нехай при побудові деталі буде зафіксована **Грань<2>**, задамо товщину листа - 2 мм і радіус згинів за замовчуванням - 4 мм. В області **"Кромки сгиба"** потрібно вказати крайки деталі, на яких будуть формуватися згини. В області **"Найденные кромки разрыва"** в автоматичному режимі вказуються крайки, по яких будуть зроблені розриви (рис. 5.35).

При вказівці згинів і розривів, до відповідних крайок деталі прикріплюються позначення. Маркер **"Радиус"** прикріплюється до крайки, на якій буде оформлений згин, а маркер **"Зазор"** - до крайки, на якій буде створений зазор.

В області **"Эскизы разрывов"** можна вказати ескізи, згідно з якими будуть зроблені розриви в створюваній деталі. Ескізи розривів при цьому повинні бути побудовані заздалегідь. У вікні **"Зазор по умолчанию для всех разрывов"** для всіх розривів потрібно задати величину зазору в розриві. Нехай для даної деталі зазор складе 2 мм.

В області **"Авто-снятие напряжения"** потрібно вибрати тип вирізу для зняття напруг при створенні розгорнення й пропорцію зсуву. Конструкторові пропонується вибрати зі списку один із трьох типів вирізів: **"Прямоугольный, Без зазоров"** або **"Скругленный"**. Пропорція зсуву вказується тільки для вирізів типу **"Прямоугольный"** та **"Скругленный"**.

Закінчимо перетворення твердотільної деталі в деталь із листового металу, нажавши кнопку **ОК**. У результаті на деталі з'являться згини, розриви та рельєфні підрізи для зняття напруг, а в дереві конструювання нові рядки: **"Листовой металл1, Преобразовать-Твердое тело1 и Развертка1"** (у погашеному стані) (рис. 5.36).

Для одержання розгорнення цієї деталі натисніть кнопку **"Развертка"**, яка є на панелі **"Листовой металл"**. У результаті ви одержите її повну розгортку (рис. 5.37).

При цьому рядок **"Развертка1"** у дереві конструювання перейде з неактивного стану в активний. Розгорнення деталі також можна побудувати, використовуючи можливості дерева конструювання. Для

цього активізуйте рядок **"Развертка1"** натисканням правої кнопки миші й клацніть у контекстному меню, що з'явилося, по рядковій **"Высветить"**.

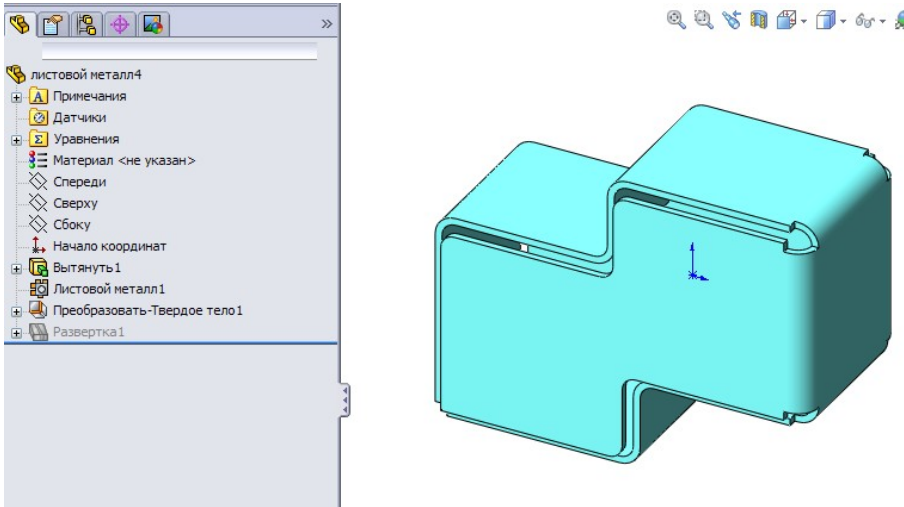


Рисунок 5.36 – Створення рельєфних підрізів та розривів

У результаті ви побачите розгорнення деталі (рис. 5.37). Для повернення деталі в колишній (зігнутий) стан ще раз натисніть (відтисніть) кнопку **"Развертка"**. Розглянуті способи побудови деталі з листового металу відрізняються від інших способів тим, що в цьому випадку зігнутий стан деталі повністю визначається конфігурацією первісного твердого тіла.

Багатотільні деталі з листового металу.

SolidWorks, на відміну від своїх більш ранніх версій, має нові можливості створення деталей з листового металу складної конфігурації. Наприклад, конструктор може побудувати деталь із листового металу непростої конструкції як багатотільну, об'єднавши між собою прості деталі.

В SolidWorks існує кілька способів роботи із багатотільними деталями з листового металу. Розглянемо два основні способи: створення деталей з листового металу шляхом об'єднання декількох деталей; поділ деталі з листового металу на декілька тіл.

Побудова деталі з листового металу за допомогою об'єднання декількох деталей. Завдяки можливості об'єднання декількох деталей з листового металу однакової товщини в одну, можна побудувати деталь досить складної форми.

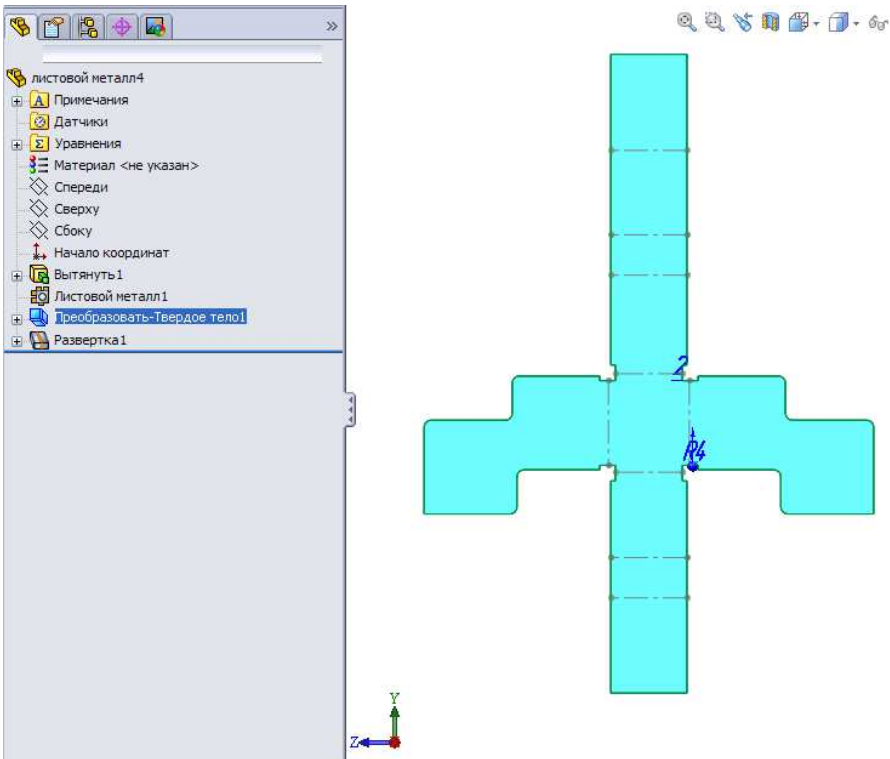


Рисунок 5.37 – Розгортка листової деталі

Поєднувати прості деталі з листового металу в одну в SolidWorks можна двома способами:

- с використанням команди "Ребро-кромка";
- с використанням команди "Базовая кромка/выступ".

Команда **"Ребро-кромка"** дозволяє об'єднати деталі шляхом з'єднання паралельних крайок деталей елементом **"Ребро-кромка"**, а команда **"Базовая кромка/выступ"** з'єднує деталі, грані яких збігаються, за допомогою базової крайки.

Об'єднання деталей с використанням команди "Ребро-Кромка". Розглянемо цю можливість на конкретному прикладі. Спочатку побудуємо дві деталі з листового металу простої конфігурації.

Товщина листа обох деталей - 1 мм. Збережемо їх під іменами "**Деталь1_Лист**" і "**Деталь2_Лист**". Перша деталь "**Деталь1_Лист**" побудована за допомогою команд "**Базовая кромка/выступ**" і "**Ребро-кромка**" (рис. 5.38), а "**Деталь2_Лист**" побудована за допомогою команд "**Базовая кромка/выступ**" та "**Каемка**" (рис. 5.39).

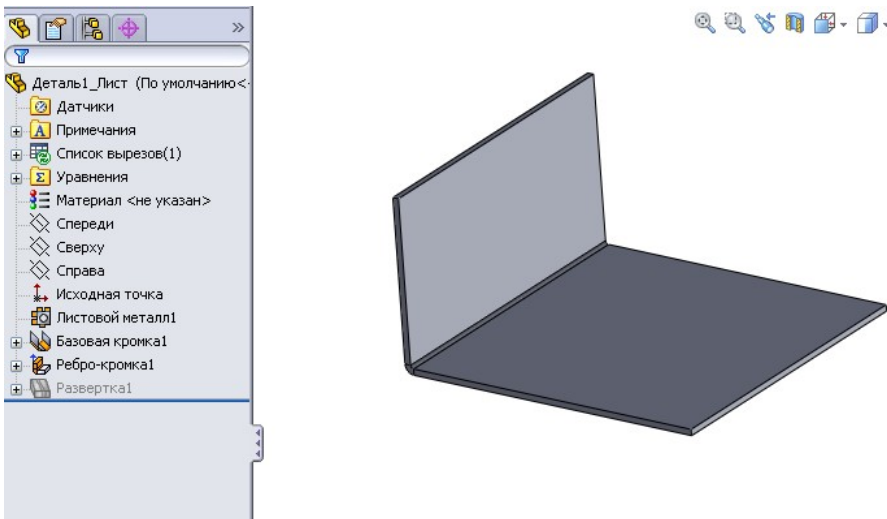


Рисунок 5.38 – Деталь побудована за допомогою команд "**Базовая кромка/выступ**" та "**Ребро-кромка**"

Щоб об'єднати ці деталі, спочатку потрібно розмістити їх в одному графічному просторі. Помістимо "**Деталь2_Лист**" у графічний простір першої деталі. Для цього відкриємо "**Деталь1_Лист**" і активізуємо команду меню "**Вставка | Деталь...**" (рис. 5.40), у результаті на екрані з'явиться вікно "**Открыть**".

Знайдіть файл деталі "**Деталь2_Лист**" і натисніть кнопку "**Открыть**". В області **PropertyManager** відкриється вікно "**Вставить деталь**", а в графічній області з'явиться напівпрозоре зображення деталі "**Деталь2_Лист**" (рис. 5.41). У вікні "**Вставить деталь**" в області "**Положение детали**" необхідно поставити прапорць у рядку "**Открыть диалоговое окно Переместить**", а також поставити пра-

порець в області "Связь", у рядку "Уничтожить связь с исходной деталью" (рис. 5.41).

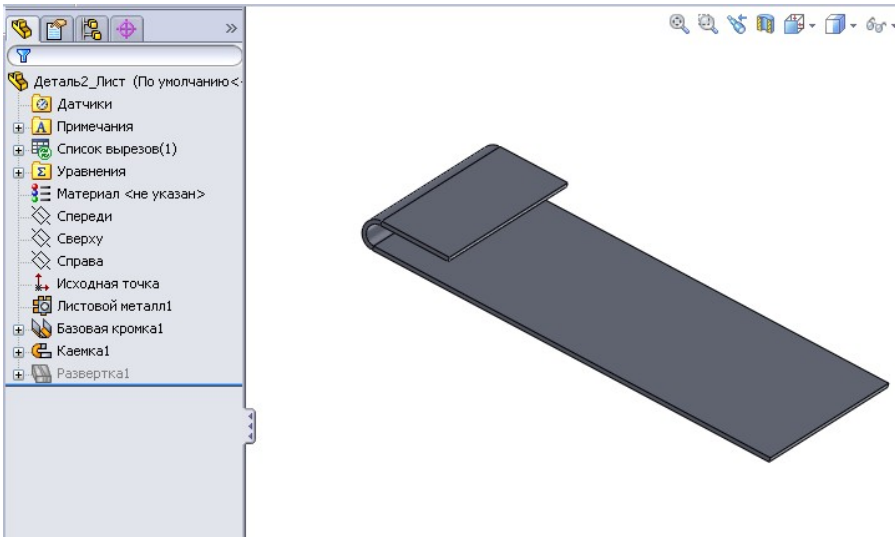


Рисунок 5.39 - Деталь побудована за допомогою команд "Базовая кромка/выступ" та "Каемка"

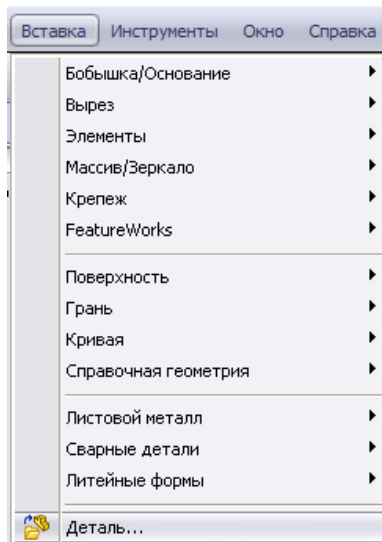


Рисунок 5.40 - Команда меню "Вставка | Деталь..."

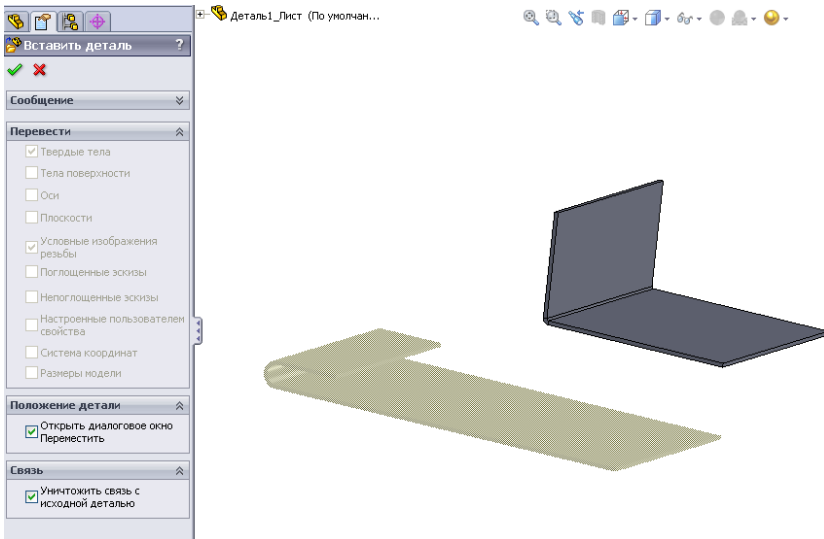


Рисунок 5.41 – Напівпрозоре зображення доданої деталі

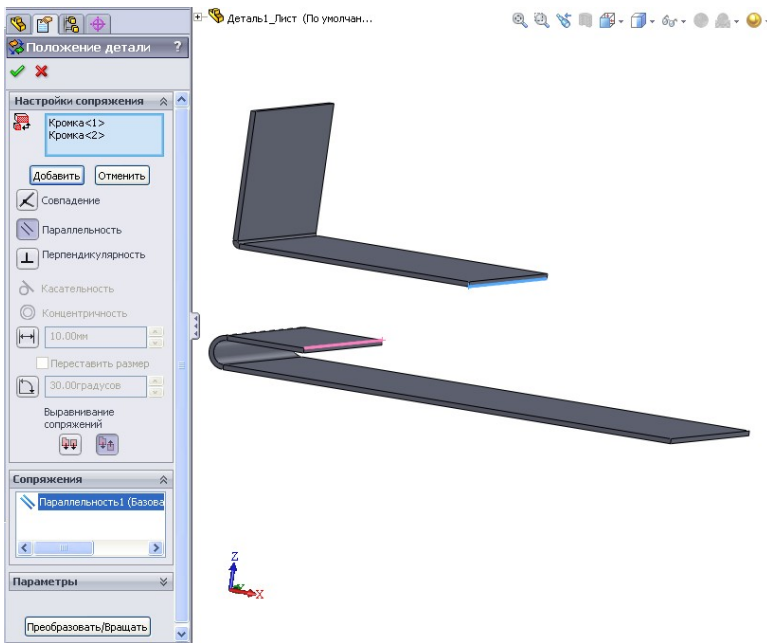


Рисунок 5.42 – Вікно налаштувань положення деталі

Тепер необхідно розмістити "**Деталь2_Лист**" у графічній області першої деталі, клацнувши лівою кнопкою миші в якому-небудь місці графічного простору. У результаті поєднувані деталі виявляться в одному графічному просторі, а в області **PropertyManager** відкриється вікно настроювань "**Положение детали**" (рис. 5.42).

Розглянемо докладніше можливості цього вікна настроювань. В області "**Настройки сопряжения**", у вікні "**Объекты для сопряжения**", необхідно вказати крайки, грані або інші об'єкти деталей, відносно до яких буде будуватися їхнє взаємне розташування в графічному просторі. Потім потрібно вибрати тип сполучення. Користувачеві пропонуються на вибір наступні сполучення:



"**Совпадение**" - створює збіг об'єктів на нескінченності;



"**Параллельность**" - розташовує об'єкт деталей паралельно один одному;



"**Перпендикулярность**" - розташовує об'єкт деталей перпендикулярно один одному;



"**Касательность**" - дозволяє розташувати по дотичній циліндричні й плоскі об'єкти;



"**Концентричность**" - розташовує окружність або циліндричні об'єкти концентрично;



"**Расстояние**" - дозволяє розмістити об'єкти деталей на зазначеній відстані один від одного;



"**Угол**" - розташовує об'єкт деталі під кутом, величина кута задається у відповідному вікні.

Також можна дзеркально змінити розташування деталей одна до одної, використовуючи кнопки "**Выравнивание сопряжений**", а також виставляючи або забираючи прапорець "**Переставить размер**" (рис. 5.42). Далі дуже важливо правильним чином розташувати деталі в просторі одну до одної.

Оскільки ми розглядаємо об'єднання деталей за допомогою команди "**Ребро-кромка**", то для цього необхідно розташувати деталі

так, щоб дві їх крайки були паралельні одна одній. Тому у вікні налаштувань **"Положение детали"** (рис. 5.42) в області **"Настройки сопряжения"**, у вікні **"Объекты для сопряжения"**, вкажемо дві крайки різних деталей **"Кромка<1>"** і **"Кромка<2>"** і виберемо сполучення **"Параллельность"**.

Натиснемо кнопку **"Добавить"**, і в результаті деталі розташуються таким чином, що їх зазначені крайки, по яких потім пройде об'єднання, стануть паралельні одна одній (рис. 5.42). При необхідності можна задати й інші сполучення між об'єктами деталей. Закінчимо створення сполучень, нажавши кнопку **ОК**.

Тепер приступимо безпосередньо до об'єднання деталей, використовуючи для цього команду **"Ребро-кромка"**. Для цього активізуємо команду **"Ребро-кромка"** на панелі інструментів **"Листовой металл"**. У вікні, що відкрилося, **"Ребро-кромка"** (рис. 5.43), в області **"Настройки кромки"**, у полі **"Кромка"** вкажемо крайку однієї з деталей, що сполучається. В області **"Длина фланца"** в рядку **"Граничное условие-длина"** виберемо умову **"До кромки и объединить"** (рис. 5.43).

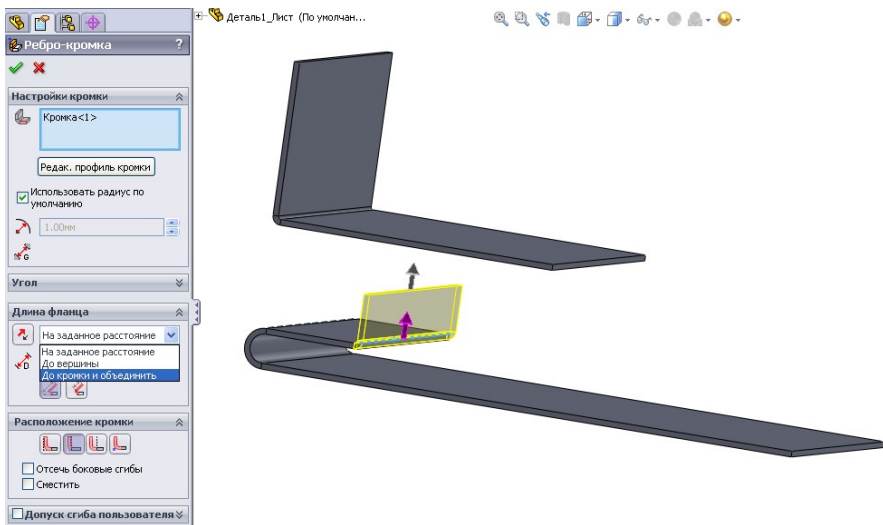


Рисунок 5.43 – Завдання параметрів з'єднання

У вікні що з'явилася в області **"Длина фланца"** рядку **"Выберите кромку ссылки"** укажіть крайку іншої деталі (рис. 5.44). Натис-

немо кнопку **OK** і в результаті ми побачимо дві деталі, об'єднані в одну (рис. 5.45). При об'єднанні деталей будуть використані радіуси округлення, зазначені для режиму " за замовчуванням".

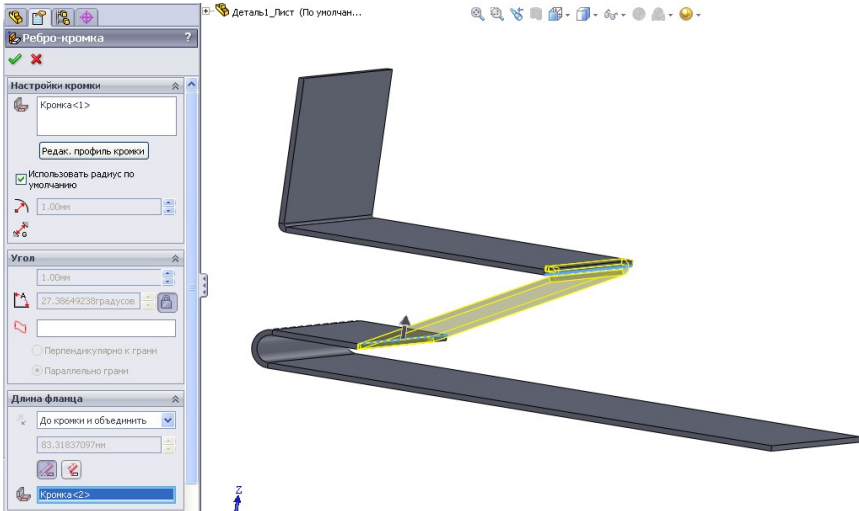


Рисунок 5.44 – Вказування кромки іншої деталі

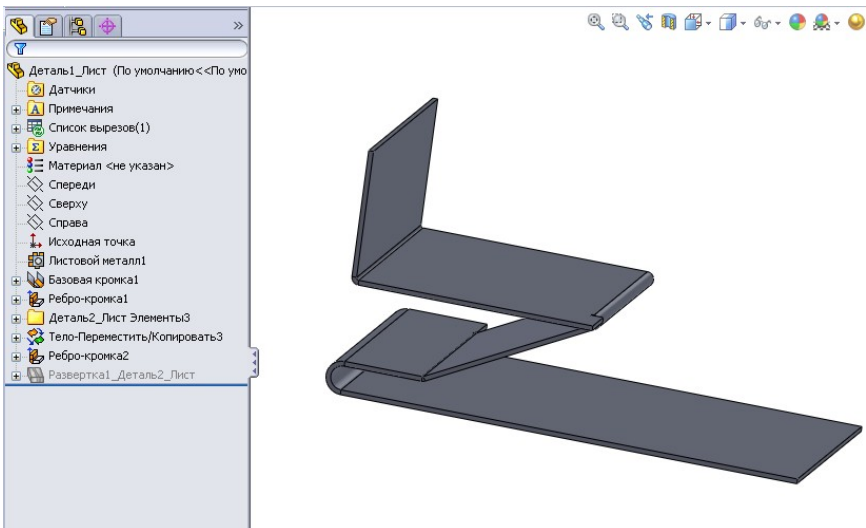


Рисунок 5.45 – Результат об'єднання двох деталей

Якщо необхідно побачити розгорнення цієї деталі, то скористайтеся командою "**Развертка**" на панелі інструментів "**Листовой металл**". Збережемо об'єднану деталь під іменем "**Деталь1_Лист12**".

Оформлення креслень деталей з листового матеріалу.

Особливість креслення деталі з листового металу полягає в тому, що звичайно на аркуші креслення крім видів деталі в зігнутому стані зображується і її розгортка. Існують два способи розміщення розгорнення на полі креслення.

Перший спосіб - досить складний - заснований на тому, що при конструюванні деталі з листового матеріалу необхідно створити два файли під різними іменами: деталь у зігнутому стані й файл деталі в розгорнутому стані. При оформленні креслення, під час розміщення трьох стандартних видів, слід звертатися до згорнутої деталі, а при побудові розгорнення, відповідно, до розгорнутої деталі. Цей спосіб був єдиним для розміщення розгорнення на полі креслення в ранніх версіях SolidWorks. Розглянемо вищеописану процедуру на прикладі, використовуючи деталь, побудовану з розгорнення.

Нехай є деталь у зігнутому стані, збережена під іменем "**Листовой металл1**" (рис. 5.46). Деталь була побудована на основі розгорнення.

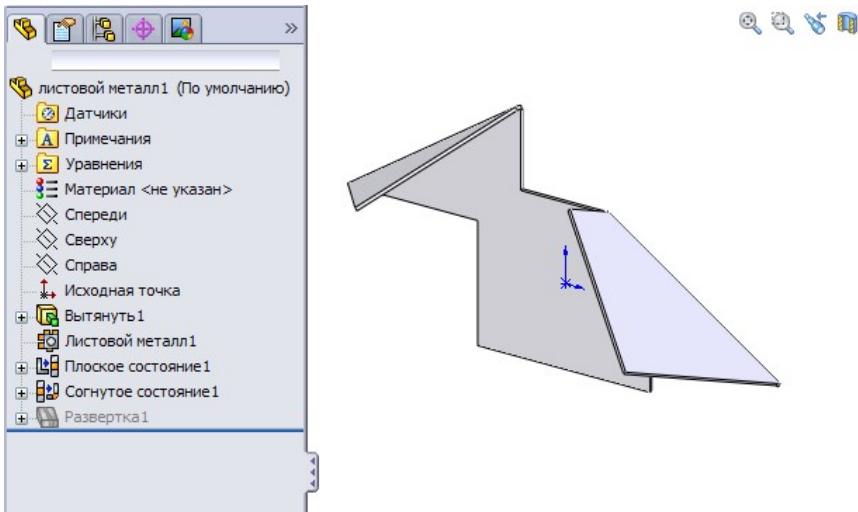


Рисунок 5.46 – Деталь у зігнутому стані

Вилучимо в дереві конструювання рядок **"Листовой металл1"** і одержимо розгорнуту деталь (рис. 5.47). Збережемо її під іменем **"Развертка1"**.

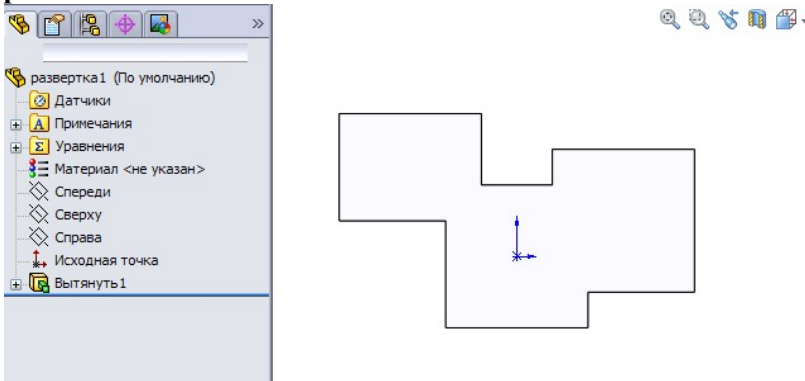


Рисунок 5.47 – Розгортка деталі

Створимо креслення, для цього виконаємо команду **"Файл | Новый..."** і виберемо шаблон **"Чертеж"**. Відкриється аркуш креслення. Виберемо кнопку **"3 стандартных вида"** на панелі інструментів **"Чертеж"** й звернемося до деталі **"Листовой металл1"**. Помістимо три стандартні види деталі в зігнутому стані на аркуш креслення (рис. 5.48).

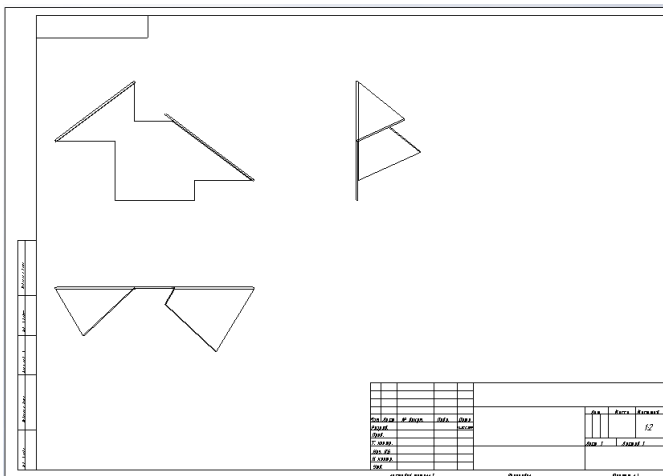


Рисунок 5.48 – Стандартні види деталі на аркуші креслення

Тепер активізуємо на панелі інструментів **"Чертеж"** кнопку **"Вид модели"** й звернемося до деталі **"Развертка1"**. Помістимо вид розгорнення на аркуш креслення (рис. 5.49).

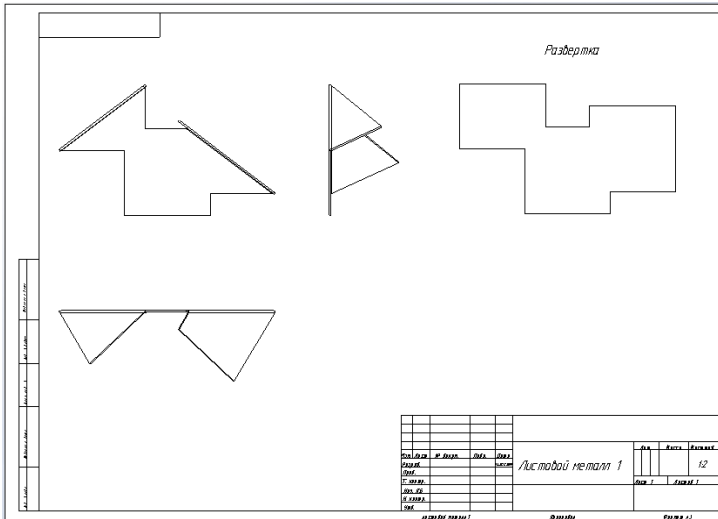


Рисунок 5.49 – Додавання розгортки на креслення

Після цього необхідно лише проставити розміри, оформити технічні вимоги й закінчити побудову креслення.

Розглянутий спосіб побудови креслення деталі з листового матеріалу можна застосовувати при використанні всіх ранніх версій програми. Однак SolidWorks дозволяє розв'язати це завдання більш простим методом.

Другий спосіб розміщення розгорнення на поле креслення менш трудомісткий. За основу беремо деталь побудовану раніше (рис. 5.50, під іменем **"Листовой металл4"**). Відкриємо шаблон **"Чертеж"**.

За допомогою кнопки **"3 стандартных вида"** на панелі інструментів **"Чертеж"** помістимо три стандартні види деталі **"Листовой металл2"** на аркуш креслення. Для розміщення розгорнення скористаємося кнопкою **"Вид модели"** на панелі інструментів **"Чертеж"**. Після чого відкриється вікно **"Вид модели"**, у якому в області **"Ориентация"** у списку **"Дополнительные виды"** поставимо прапорець **"Развертка"** (рис. 5.51) і помістимо її на аркуш креслення (рис. 5.52).

SolidWorks дозволяє при розміщенні розгорнення на поле креслення розташувати (повернути) її необхідним чином. Для цього потрібно у вікні **"Вид моделі"**, в області **"Параметри плоского масива"**, указати кут повороту розгорнення (рис. 5.51).

Якщо на розгорненні по лініях згину відобразяться примітки, то для їхнього видалення необхідно відмітити вид з розгорненням, клацнути правої кнопки миші й активізувати рядок **"Свойства..."**.

Потім у вікні, що з'явилося, **"Свойства чертежного вида"** на вкладці **"Свойства вида"** забрати прапорець **"Отобразить примечания по сгибу листового металла"**. У результаті примітки зникнуть.

Закінчимо оформлення креслення нанесенням розмірів і заповненням штампу креслення.

Контрольні запитання

1. Назвіть дві основні групи способів проектування деталей з листового матеріалу.
2. Як створюється листова деталь на основі розгорнення?
3. Як створюється листова деталь за допомогою об'єднання декількох деталей?
4. Як розділити складну деталь із листового металла на кілька простих деталей?
5. Які існують способи розміщення розгорнення на полі креслення?

Література

[1], с.21-50; [2], с.27-46; [3], с.41-115.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. СТВОРЕННЯ СКЛАДАНЬ

Мета: Засвоїти основні команди та методи створення складань тривимірних моделей деталей

6.1 Загальні відомості

SolidWorks дозволяє створювати два типи складань: складання "знизу нагору" і складання "зверху вниз".

Складання "знизу нагору" - це складання конструкції з готових деталей. Деталі повинні бути заздалегідь спроектовані в обсязі, а конструкція або вузол збираються із цих деталей аналогічно реальному складанню, необхідно тільки вказати умови їх сполучення. При необхідності внесення змін у деталі, що входять у складання, можна робити їхнє редагування як окремо, у файлах, так і в складанні, у режимі редагування деталі.

При використанні складання "зверху вниз" потрібно спочатку спроектувати складання, а вже на її основі побудувати окремі деталі. Причому якщо змінити компоновочний ескіз складання, то автоматично змінюються розміри й конфігурації складаючих її деталей.

6.2 Завдання до лабораторної роботи

Створити збірку використовуючи тривимірні моделі деталей з файлів стандартних прикладів системи SolidWorks. Оформити складальне креслення та специфікацію для створеного складання.

6.3 Порядок проведення лабораторної роботи

Складання "знизу нагору".

Розглянемо принцип побудови такого складання на прикладі двигуна внутрішнього згоряння. У нас є раніше побудовані деталі, з яких будемо створювати складання: циліндр, поршень, поршневий палець, шатун, коленвал, шатунна шийка, підшипник.

Для створення складання запустіть програму й виберіть шаблон "**Сборка**" (рис. 6.1). Після цього Ви опинитеся у віртуальному просторі, де можна розмістити безліч різних деталей.

Шаблон **"Сборка"** відрізняється від шаблону **"Деталь"** присутністю в дереві конструювання рядка **"Сопряжения"** або **"Группа сопряжений"** (рис. 6.2).

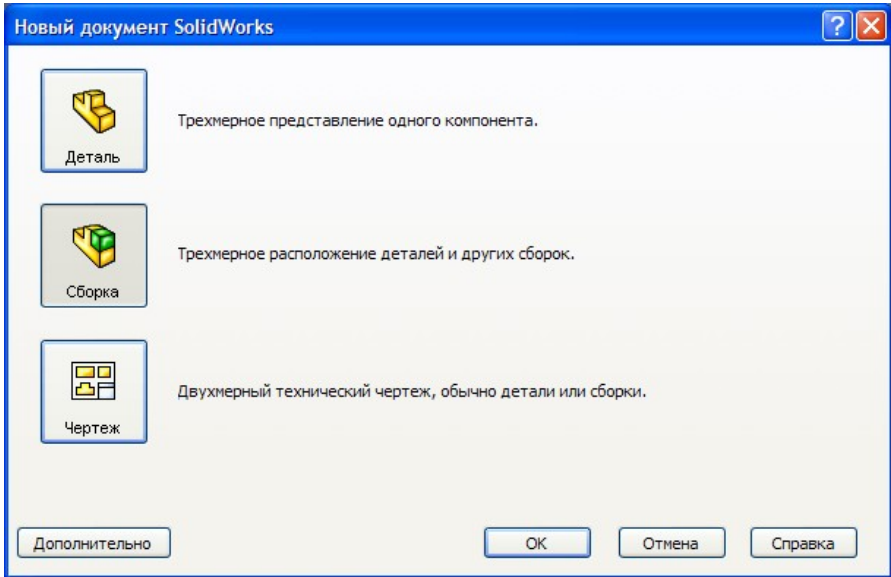


Рисунок 6.1 – Вибір типу створюваного документу

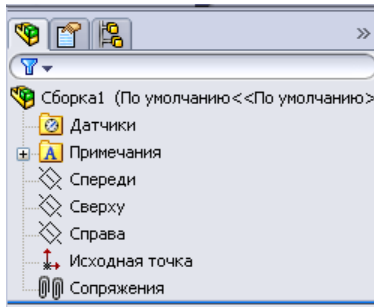


Рисунок 6.2 – Наявність шаблону "Сборка" в "Дереве конструирования"

Не забудьте настроїти панель інструментів. Для цього виберіть команду меню **"Инструменты | Настройка | Панели инструментов"** і поставте прапорець в рядку **"Сборка"**. Після цього панель інструментів **"Сборка"** з'явиться на екрані.

Наступним етапом у створенні складання є розміщення в складальному просторі деталей складального вузла. Окремі деталі, як відомо, розташовуються у відповідних файлах. Для розміщення деталі в складальному просторі виберіть команду меню **"Вставка | Компонент | Из файла"** (рис. 6.3) або скористайтеся командою - **"Вставить компоненти"** панелі інструментів **"Сборка"**.

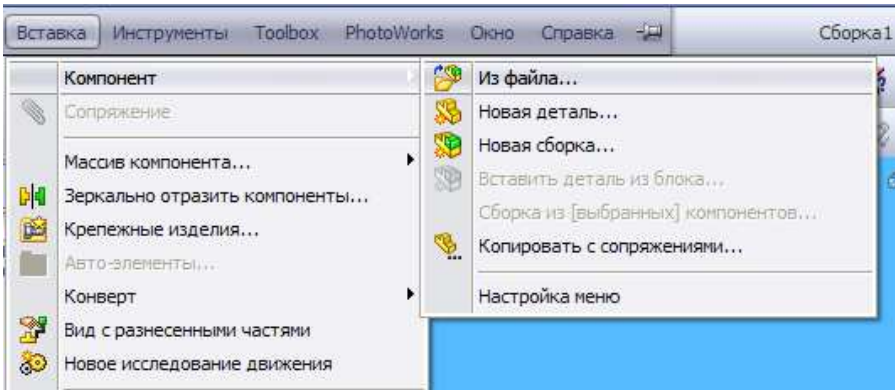


Рисунок 6.3 – Додавання деталі в складання

На екрані в області **PropertyManager** (менеджера властивостей) відкриється вікно **"Вставить компонент"**. У цьому вікні, в області **"Деталь/сборка для вставки"** для вставки, натисніть кнопку **"Обзор"**, вкажіть місце розташування та ім'я потрібного файлу у вікні **"Открыть"** й активізуйте кнопку **"Открыть"**.

Ви опинитеся в складальному просторі. Курсором укажіть місце в цьому просторі, де буде розміщена вихідна точка першої деталі складання. Можна сполучити вихідну точку складального простору з вихідною точкою першої деталі складання.

Коли точка обрана, клацніть лівою кнопкою миші, і деталь займе своє положення. У нашому прикладі в складальний простір була вставлена деталь **"Цилиндр"** (рис. 6.4).

При побудові складання в SolidWorks можна фіксувати деталі, тобто зробити їх нерухливими в просторі. Зафіксована деталь чи ні, можна побачити в дереві конструювання. Якщо напроти позначення деталі стоїть префікс **(ф)**, то вона зафіксована, якщо префікс **(-)** - не зафіксована. Перша деталь складання автоматично є зафіксованою.

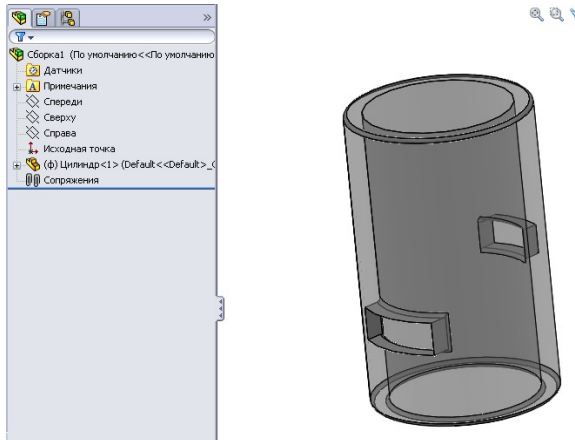


Рисунок 6.4 – Додана в складання деталь циліндр

Зафіксувати або звільнити деталь можна, клацнувши правою кнопкою миші на назві деталі в дереві конструювання, і в контекстному меню відзначити **"Зафиксировать"** або **"Освободить"** (рис. 6.5). Аналогічним чином помістимо в складальний простір деталі **"Поршень"** і **"Палец"** (рис. 6.6).

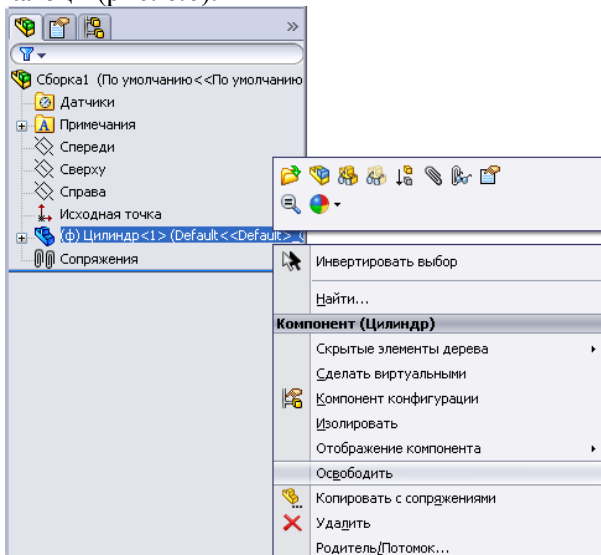


Рисунок 6.5 – Контекстне меню фіксації деталі в складанні

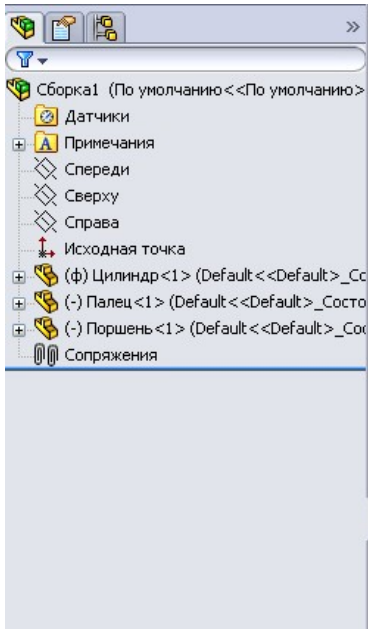


Рисунок 6.6 – Додані деталі в складання

Переміщати незафіксовані деталі в складальному просторі можна, натиснувши кнопку **"Переместить компонент"** на панелі інструментів **"Сборка"**. Повертати незафіксовані деталі дозволяє кнопка **"Вращать компонент"**.

Щоб зібрати деталі в єдину конструкцію, необхідно задати умови сполучень. Для цього на панелі інструментів **"Сборка"** потрібно активізувати команду **"Условия сопряжения"**. З'явиться вікно **"Сопряжение"**, де слід вказати об'єкти, що сполучаються (поверхні, краї, осі, грані) і тип сполучень. Об'єкти виділяємо за допомогою лівої кнопки миші, імена об'єктів, що сполучаються, будуть зазначені у вікні **"Объекты для сопряжения"**, в області **"Выбор сопряжений"** (рис. 6.7). У нашому прикладі вкажемо внутрішню поверхню циліндра й зовнішню поверхню поршня й виберемо для них тип сполучення **"Концентричность"**. Тип сполучення вказується в області **"Стандартные сопряжения"** (рис. 6.7).

У загальному випадку для створення складання можна використовувати наступні види стандартних сполучень:

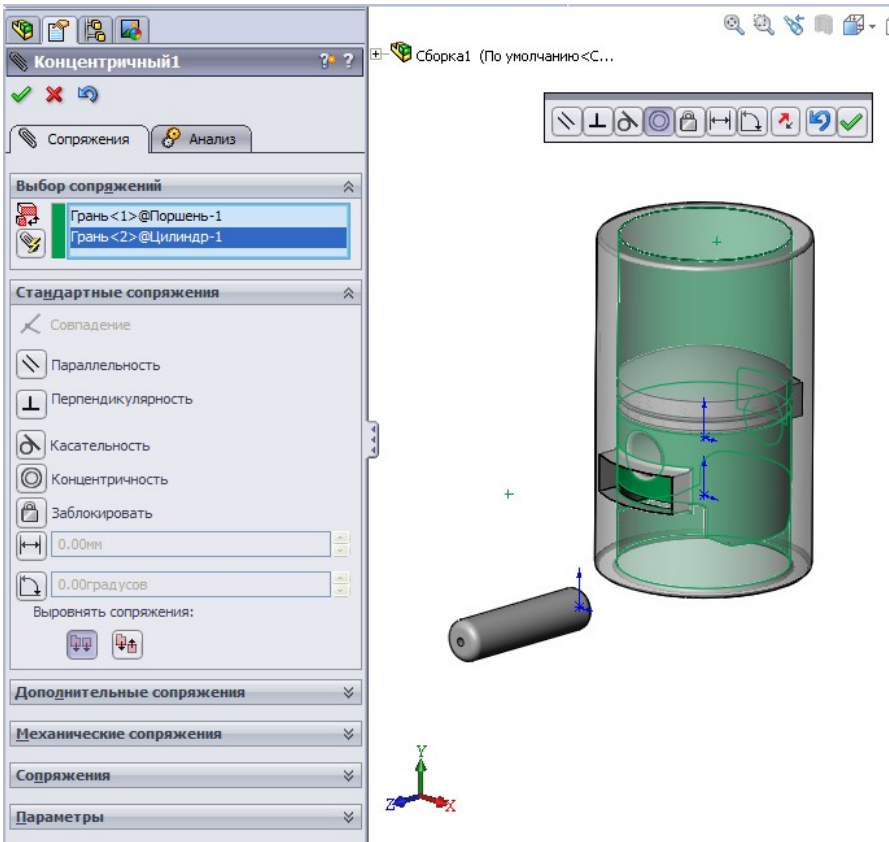


Рисунок 6.7 – Вибір типу сполучень

"Совпадение"- элементы деталей (оси, крайки, поверхности, грани) совпадают на бесконечности;

"Параллельность"- вказує на паралельне розташування граней, поверхонь, крайок або осей деталей;

"Перпендикулярность" - обрані елементи розташовуються під кутом 90 градусів;

"Касательность" - вказує на дотичність відзначених поверхонь, при цьому хоча б одна поверхня повинна бути неплоскою (сферичною, циліндричною, конічною);

"Концентричность" - вказує на концентричне розташування

циліндричних, конічних, сферичних поверхонь і крайок;

"Заблокировать" - це сполучення дозволяє прив'язати два компоненти складання одне до іншого, зберігаючи їх взаємне розташування й орієнтацію;

"Расстояние" - виділені поверхні, осі, крайки розташовуються на зазначеній відстані;

"Угол" - виділені елементи розташовуються під деяким кутом, величина якого задається у відповідному вікні.

В області **"Выровнять сопряжения"** діалогового вікна **"Стандартные сопряжения"** (рис. 6.7) розташовано два значки, які виконують ту ж функцію, що й команда **"Переставить сопряжения"** на спливаючій панелі інструментів:

"Выровнен" - активізація цієї команди приводить до того, що компоненти складання розміщуються так, щоб вектори нормалі або вектори осей для обраних граней були спрямовані в одну сторону (рис. 6.8, а).

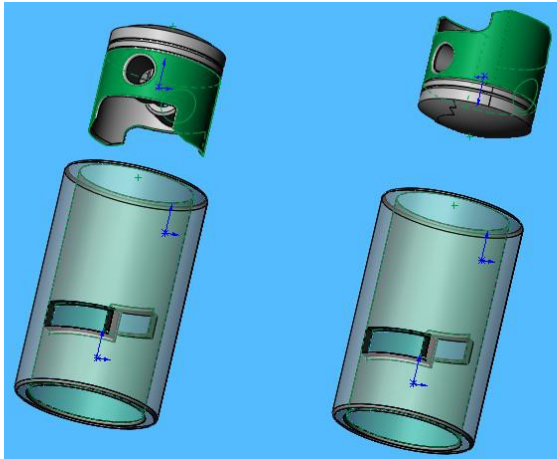


Рисунок 6.8 – Розміщення компонентів складання

"Не выровнен" - компоненти складання розміщаються таким чином, що вектори нормалі або вектори осей для обраних граней спрямовані в протилежні боки (рис. 6.8, б).

Усі вищерозглянуті типи сполучень представлені кнопками з умовними позначеннями не тільки в області **PropertyManager** (менеджера властивостей), але й на спливаючій панелі інструментів, яка

розташовується в графічній області (рис. 6.7).

У вкладці **"Сопряжения"** вікна **"Сопряжение"** є область **"Дополнительные сопряжения"** (рис. 6.9, 6.10). У цій області доступні шість типів сполучень: **"Симметричность, Ширина, Сопряжение пути, Линейный/Линейная муфта, Расстояние, Угол"**.

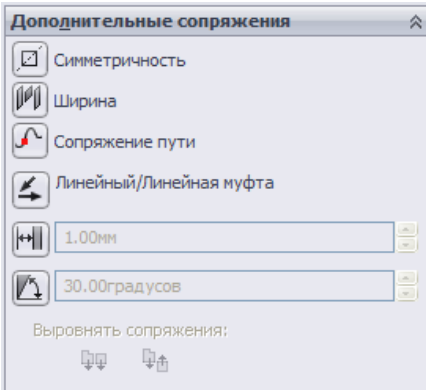


Рисунок 6.9 – Вікно вибору додаткових сполучень

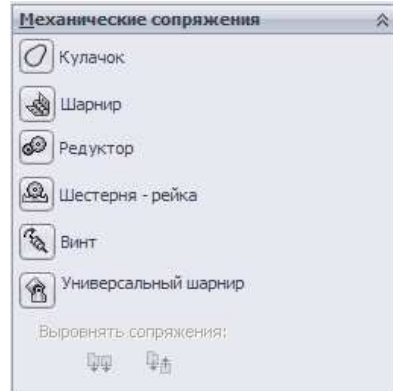


Рисунок 6.10 – Вікно вибору механічних сполучень

Розглянемо докладніше можливості сполучень області **"Дополнительные сопряжения"**.

Сполучення **"Симметричность"** дозволяє розташувати два схожі елементи симетрично щодо площини або плоскої грані. Використовувати це сполучення можна для наступних об'єктів: точки (вершини), лінії (крайки, осі), площини, плоскі грані, сфери рівних радіусів, циліндричні поверхні з рівними радіусами.

За допомогою сполучення **"Ширина"** можна центрувати виступ деякої деталі по ширині канавки іншої деталі, що сполучається. Необхідно тільки спочатку вказати дві паралельні або непаралельні плоскі грані, що належать канавці, а потім об'єкти (дві плоскі грані, одну циліндричну грань або вісь), що належать виступу.

"Сопряжение пути" обмежує переміщення обраної точки об'єкта деякою траєкторією (шляхом).

Сполучення **"Линейный/Линейная муфта между двумя компонентами"** призначене для встановлення взаємозв'язку між переміщеннями двох компонентів складання. Таким чином можна встанови-

ти переміщення одного компонента складання за умови переміщення іншого компонента на зазначену величину.

"Расстояние" та **"Угол"** дозволяють переміщатися компонентам складання в зазначеному діапазоні відстаней і кутів. При використанні цих сполучень необхідно задати мінімальну й максимальну відстані (кут) між об'єктами, для чого потрібно вказати в областях **"Максимальное значение"** й **"Минимальное значение"** відповідні величини. У результаті відстань між об'єктами буде зафіксовано в певних межах при їх переміщенні один відносно одного.

У вікні **"Сопряжение"** є ще одна область - **"Механические соприжения"**. У цій області розташовуються команди для завдання наступних типів сполучень: **"Кулачок, Шарнир, Редуктор, Шестерня — рейка, Винт, Универсальный шарнир"** (рис. 6.10).

Розглянемо ці сполучення з області **"Механические соприжения"**.

Сполучення **"Кулачок"** дозволяє встановити дотичне розташування або збіг поверхні якої-небудь деталі з поверхнею кулачка.

"Шарнир" - це сполучення забезпечує обертання одного компонента складання навколо осі іншого компонента, тобто моделюється робота з'єднання типу шарнір. Сопряжение **"Шарнир"** тотожно одночасному завданню двох сполучень - **"Концентричность"** і **"Совпадение"** (при цьому виключається переміщення уздовж осі).

Сполучення **"Редуктор"** дозволяє здійснювати в складанні обертання двох компонентів (наприклад, зубчастих коліс) відносно один одного навколо обраної осі. Для такого сполучення необхідно вказати осі обертання й пропорцію (передатне відношення).

"Шестерня - рейка" - цей тип сполучення дозволяє зв'язати компоненти складання таким чином, що лінійний поступальний рух одного компонента спричиняє обертання зв'язаного компонента складання.

Сполучення **"Винт"** задає обертання одного компонента складання при переміщенні іншого компонента уздовж осі, а також навпаки, переміщення компонента при обертанні пов'язаного з ним компонента складання. Для цього типу сполучення необхідно задати крокове відношення (кількість обертань одного компонента на одиницю довжини переміщення іншого компонента).

"Универсальный шарнир" - цей тип сполучення дозволяє здійснювати обертання одного компонента (вихідного вала) навколо

своєї осі, обумовлене обертанням іншого компонента складання навколо своєї осі.

У нашому прикладі задамо наступні умови сполучення:

- між зовнішньою циліндричною поверхнею поршня й внутрішньою циліндричною поверхнею циліндра - концентричність;
- між поверхнею поршневого пальця й циліндричною поверхнею бобишки поршня - концентричність;
- між торцевою поверхнею поршневого пальця й зовнішньою поверхнею поршня - дотичність.

Складання показано на рис. 6.11.

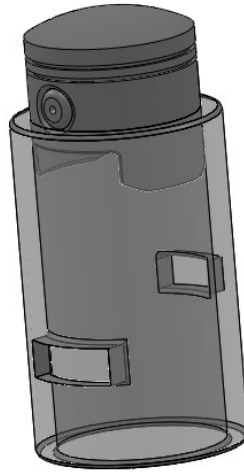
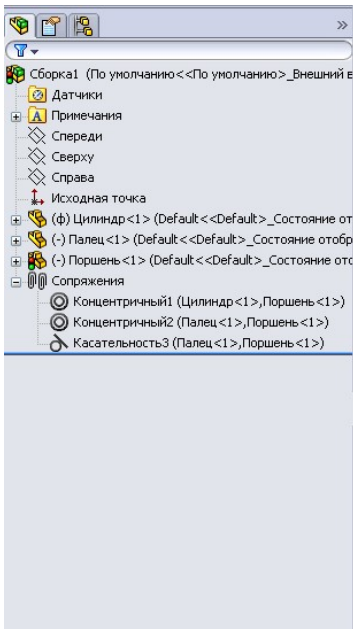


Рисунок 6.11 – Для наочності рисунка додано прозорості циліндру

У цьому випадку для наочності малюнка додана "прозорість" циліндра. Аналогічним чином до складання приєднуються деталі **"Шатун, Шатунная шейка, Коленвал"** (2 штуки) і **"Подшипник"** (2 штуки). У результаті закінчене складання здобуває вид, представлений на рис. 6.12. Показником правильно виконаного складання є

відсутність конфліктних сполучень у дереві конструювання й можливість безперешкодного руху, подібно руху двигуна. Активізувати рух можна за допомогою кнопки **"Переместить компонент"**, обертаючи колінчатий вал.

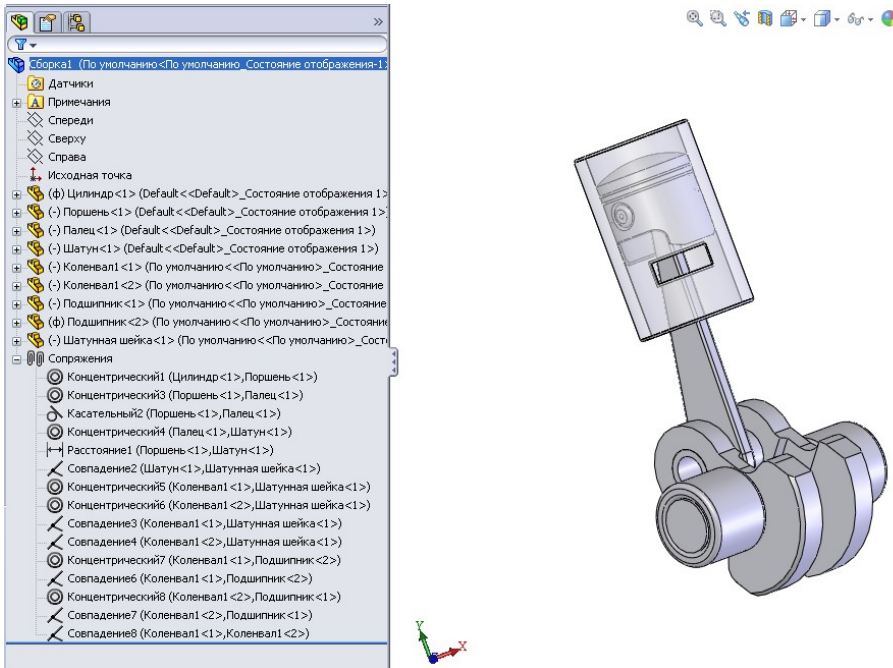


Рисунок 6.12 – Закінчене складання

Складання "зверху вниз".

Розглянемо побудову складання "зверху вниз" на прикладі ре- мінної передачі, що складається із двох шківів і ременя. Для проекту- вання складання такого типу виконаємо наступні дії.

Відкриємо SolidWorks і виберемо режим роботи програми зі складаннями, виконавши команду **"Файл | Новый... | Сборка"**.

Виберемо в дереві конструювання площину, наприклад **"Спе- реди"**, і ввійдемо в ескіз. Створимо ескіз складання. При малюванні ескізу обов'язково задайте взаємозв'язки між елементами - розташуйте лінії відносно до окружностей. У цілому ескіз повинен бути визначе- ний (рис. 6.13).

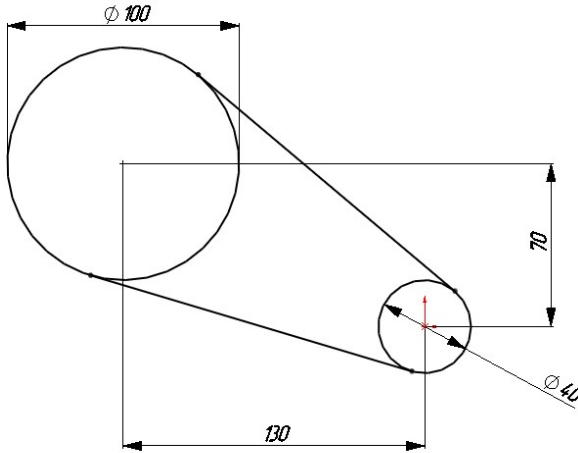


Рисунок 6.13 – Ескіз складання

Коли закінчите створення ескізу, вийдіть із нього. При цьому в дереві конструювання перед рядком **"Сопряжения"** з'явиться рядок **"Эскиз1"**. Це і є компоновальний ескіз складання.

Тепер збережемо деталь під іменем **"Ременная передача"**.

Спроекуємо на основі ескізу складання деталь **"Шкив1"**. Для цього виберемо команду меню **"Вставка | Компонент | Новая деталь..."** (рис. 6.14) або скорестаймося командою **"Создать"**, яка розташована на панелі інструментів **"Сборка"**.

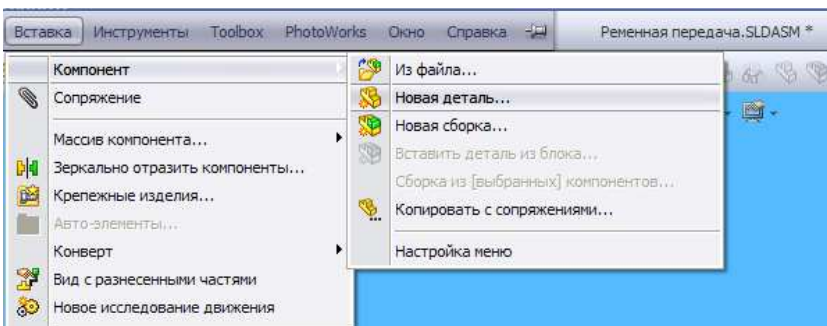


Рисунок 6.14 – Створення нової деталі

Нова деталь відобразиться в дереві конструювання у вигляді

імені (ф) [Деталь1^Ременная передача]<1> (рис. 6.15). Квадратні дужки, у які записано ім'я деталі, вказують на те, що деталь є віртуальним компонентом складання, тобто зберігається усередині файлу складання, а не у вигляді самостійного файлу деталі.

Для того щоб зберегти віртуальний компонент складання в окремому файлі, клацніть правою кнопкою миші по імені цього компонента в дереві конструювання й виберіть у контекстному меню команду **"Сохранить деталь (во внешнем файле)"** (рис. 6.15).

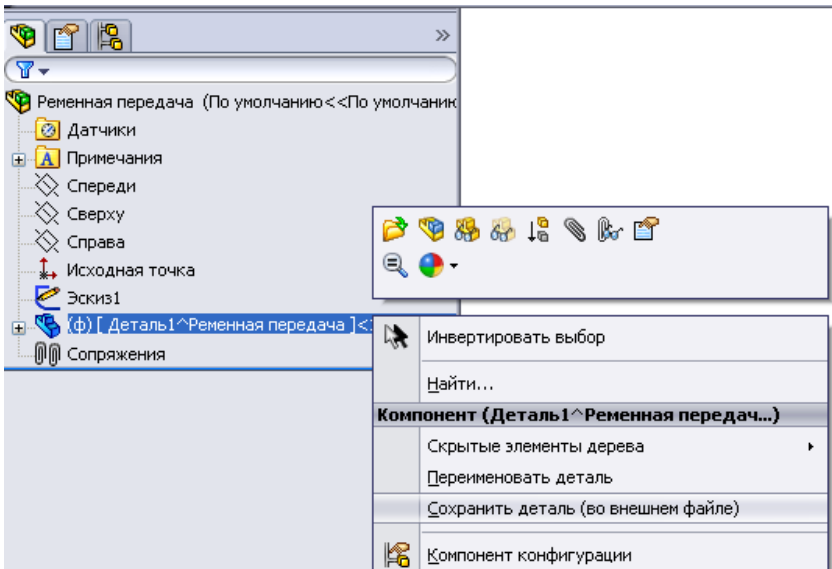


Рисунок 6.15 – Контекстне меню створення нової деталі

Якщо вас не влаштовує ім'я, привласнене деталі автоматично, то її можна перейменувати. Для цього необхідно виділити ім'я компонента в дереві конструювання й клацнути правою кнопкою миші. Потім у контекстному меню, що з'явилося, потрібно активізувати команду **"Переименовать деталь"** (рис. 6.15). Однак перейменування деталі можливо тільки в тому випадку, якщо вона є віртуальним компонентом.

Перейменуємо деталь, привласнивши деталі ім'я **"Шкив1"**, і ввійдемо в режим редагування цієї деталі, нажавши правою кнопкою миші на її імені й активізувавши в контекстному меню, що з'явилося,

команду **"Редактирование детали"**.

Тепер відкріємо вкладене дерево конструювання нової деталі й виберемо площину для проектування. При цьому ескіз складання залишається на екрані в якості допоміжного об'єкта. При побудові складання "зверху вниз" слід чітко розрізняти між собою ескіз складання (компонувальний ескіз) та ескізи похідних деталей.

Для побудови шківів в дереві конструювання виберемо площину, на якій створимо ескіз шківів. Ця площина повинна збігатися із площиною ескізу складання. У цьому випадку такою площиною є площина **"Спереди"**. Після вибору площини ввійдіть у режим побудови ескізу деталі, активізувавши команду **"Эскиз"**, розташовану на одній-меншій панелі інструментів.

Намалюємо ескіз шківів, який має вигляд окружності (рис. 6.16).

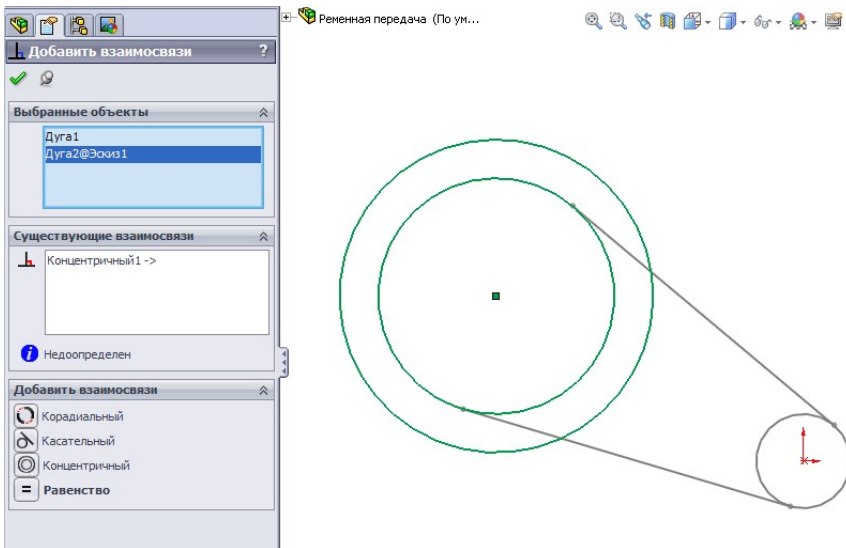


Рисунок 6.16 – Ескіз шківів

Визначимо взаємозв'язки: окружність ескізу деталі **"Шкив1"** концентрична з **"Дугой1"** на ескізі складання, а також ці окружності рівні між собою. Взаємозв'язки, які задаються між об'єктами ескізу деталі й ескізу складання, є по своїй суті зовнішніми посиланнями, тобто розміри й конфігурація елемента ескізу повністю залежать від елемента, розташованого в іншому ескізі.

Для успішного створення зовнішніх посилань зверніться до меню **"Инструменты | Параметры | Настройки пользователя"** й активізуйте рядок **"Внешние ссылки"**. Потім у полі **"Сборки"** зніміть прапорець **"Не создавать внешние ссылки для модели"**.

Потім, не виходячи з ескізу, натисніть кнопку **"Вытянутая бобышка/основание"** й витягніть цю окружність на 20 мм. У результаті з'явиться об'ємне зображення шківів, а в дереві конструювання - нова гілка **(ф)[Шкив1^Ременная передача]<1>** з усіма етапами побудови цієї деталі (рис. 6.17).

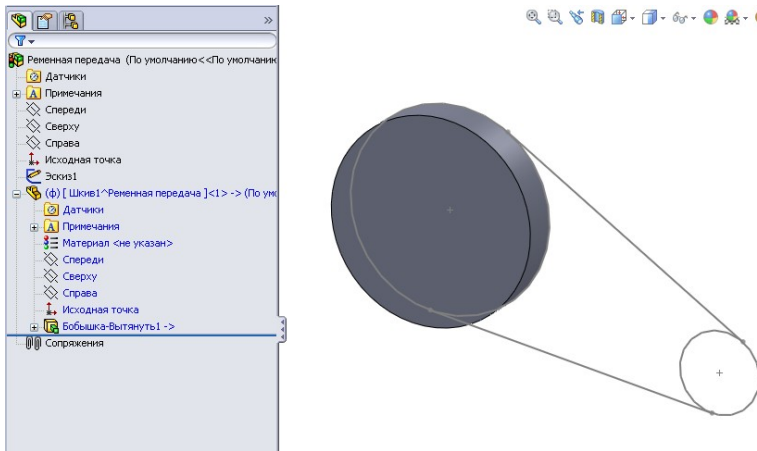


Рисунок 6.17 - Об'ємне зображення шківів

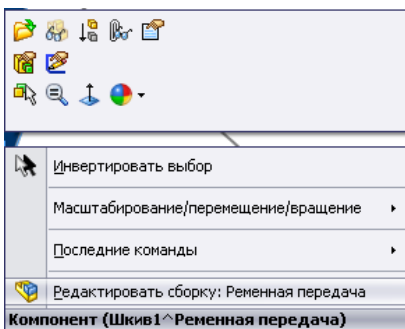


Рисунок 6.18 – Контекстне меню редагування складання

Тепер на деталі **"Шкив1"** можна оформити канавки, отвори й інші елементи. Шків створений, але поки ще неможливо приступити до створення другої деталі, тому що складання не оновлене (не відредатоване). Для редагування складання потрібно натиснути правою кнопкою миші на деталь у графічній області. На екрані з'явиться контекстне меню, у якому слід вибрати команду **"Редактировать сборку: Ременная передача"** (рис. 6.18).

Складання буде перебудовано, а ви одержите можливість створити інші деталі. Аналогічно створимо деталі "Шкив2" і "Ремінь". При проектуванні деталі "Ремінь" необхідно створити ескіз, який повністю співпадає з ескизом складання. У цьому ескизі слід визначити наступні взаємозв'язки:

- концентричність окружностей в ескизі ремня й ескизі складання;
- рівність окружностей в ескизі ремня й ескизі складання;
- дотичність прямих до окружностей в ескизі ремня.

Потім необхідно вилучити дуги окружностей, що не беруть участь у формуванні геометрії ремня (внутрішні дуги) (рис. 6.19).

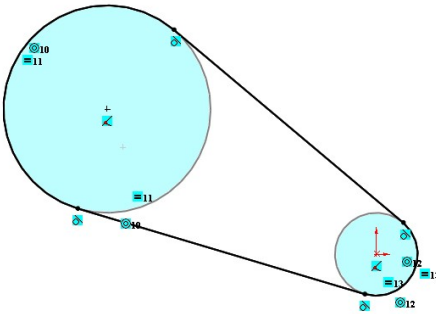


Рисунок 6.19 – Видалення дуг кіл

Далі, витягнемо контур ремня на 20 мм, використовуючи кнопку "Витягнута бобышка/основание" на панелі інструментів "Элементы". Витягнути ремінь потрібно як тонкостінний елемент. Для цього у вікні "Витянуть" необхідно поставити прапорець "Тонкостенный элемент". Нехай товщина ремня буде 1 мм (рис. 6.20).

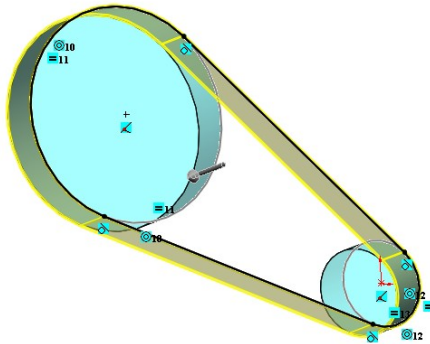
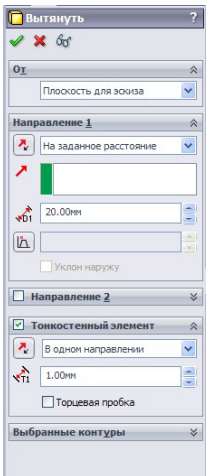


Рисунок 6.20 – Створення ремня передачі

Після побудови деталей **"Шкив1, Шкив2 и Ремень"** вийде складання, вид який представлений на рис. 6.21.

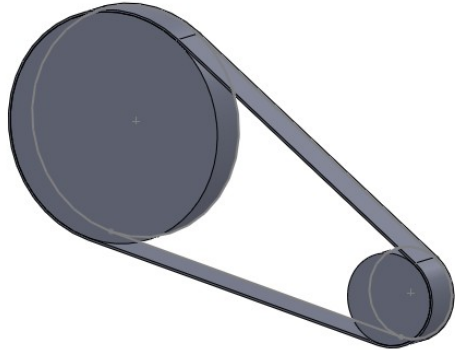
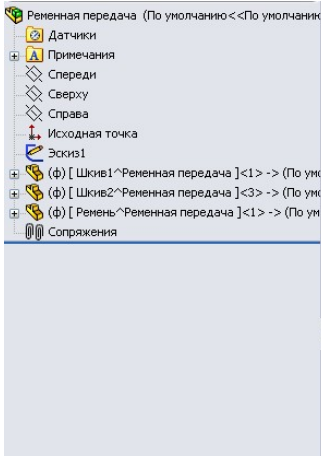


Рисунок 6.21 – Створене складання передачі

При побудові складання "зверху вниз" під час проектування деталей на основі компоувального ескізу усередині файлу складання були створені віртуальні компоненти (деталі) з іменами **"Шкив1, Шкив2 и Ремень"**. При необхідності можна зберегти віртуальні деталі як реальні, для чого потрібно виділити ім'я компонента в дереві конструювання, клацнути правою кнопкою миші й у контекстному меню активізувати команду **"Сохранить деталь (во внешнем файле)"**. Потім слід вказати місце розташування файлу деталі що зберігається (компонента складання) і зберегти деталь.

Таким чином, будуть створені файли компонентів складання, які мають розширення деталі **sldprt**. Усі складання в SolidWorks мають розширення файлів **sldasm**.

Основна перевага складання "зверху вниз" полягає в тому, що при редагуванні ескізу складання відбувається автоматична зміна

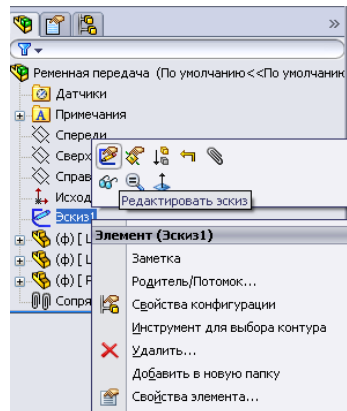


Рисунок 6.22 – Контекстне меню редагування ескізу

всього складання й деталей, що входять у неї. Розглянемо перебудування складального ескізу на конкретному прикладі. Перебудуємо ескіз складання. Для цього в Дереві Конструювання необхідно клацнути правою кнопкою миші на "Ескиз1" (ескіз складання) і вибрати в контекстному меню команду "Редактировать эскиз" (рис. 6.22).

Увійдемо в ескіз і змінимо радіус "Шкива1" з 100 до 150 мм. Потім просто вийдемо з ескізу. Ви побачите, що складання перебудувалося повністю (рис. 6.23). Одночасно, автоматично були змінені файли деталей "Шкив1" і "Ремень".

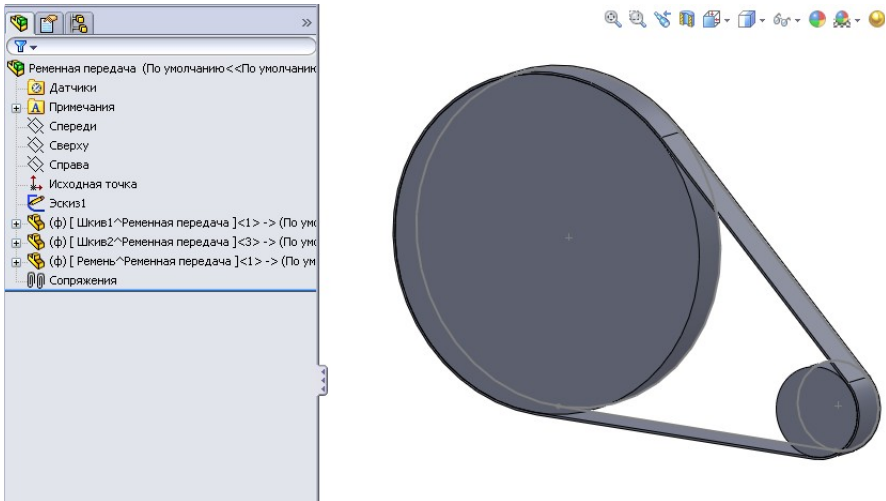


Рисунок 6.23 – Змінені розміри шківів

Масиви в складанні.

Досить часто в складанні доводиться мати справу з деталями, що належать масиву. Якщо використовувати звичайну процедуру складання, то приєднання більшої кількості однакових деталей утрудняє й збільшує трудомісткість роботи.

В SolidWorks існує можливість прискорити процес складання деталей, що відносяться до масиву. Розглянемо конкретний приклад.

Побудуємо підставу, яка являє собою пластину прямокутної форми. Розміри пластини 100x200 мм, товщина - 20 мм. В основі є отвори під гвинти, розташовані по лінійному масиву. Діаметр отворів - 10 мм. Загальна кількість отворів становить 15 шт., і вони розташовані в

три ряди по п'ять отворів у кожному (рис. 6.24). Збережемо цю деталь у файлі "**Основание**". Побудуємо деталь "**Винт**", яка буде розміщуватися в отворах основи (рис. 6.25). Діаметр різьбової частини гвинта 10 мм, довжина 15 мм. Головка гвинта має вигляд шестигранника з діаметром вписаної окружності 12 мм, висотою 7 мм. Збережемо цю деталь у файлі "**Винт**".

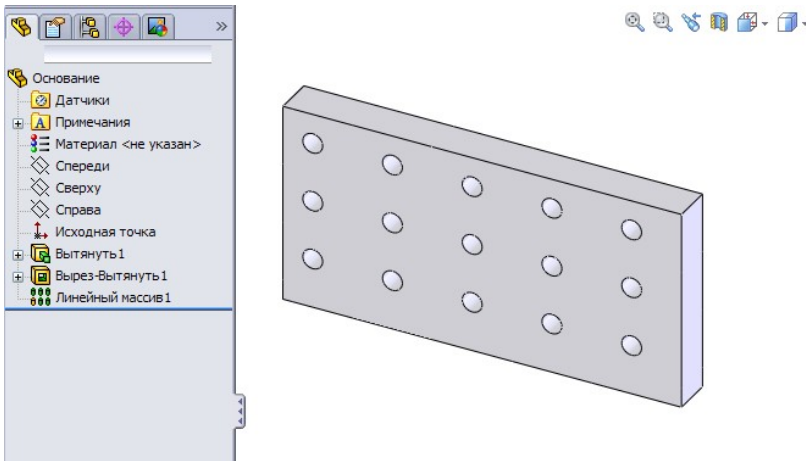


Рисунок 6.24 – Массив отворів

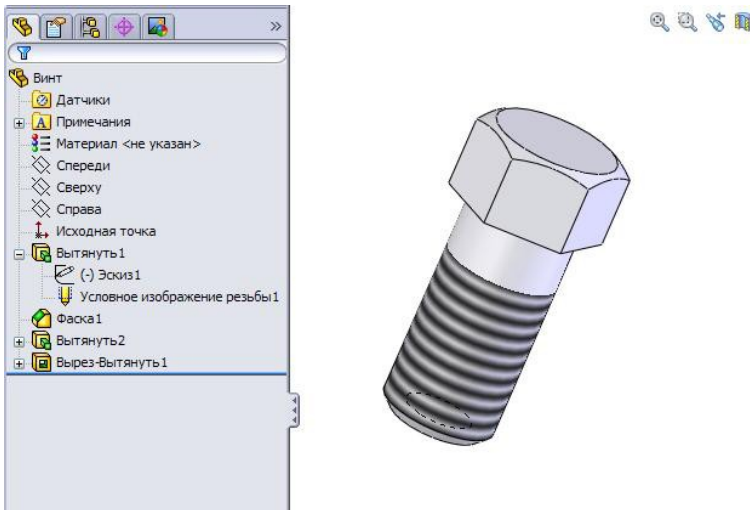


Рисунок 6.25 – Деталь майбутнього складання

Створимо складання з використанням масиву. Для цього відкриємо шаблон **"Сборка"** і помістимо в складальний простір деталі **"Основание"** і **"Винт"** (рис. 6.26).

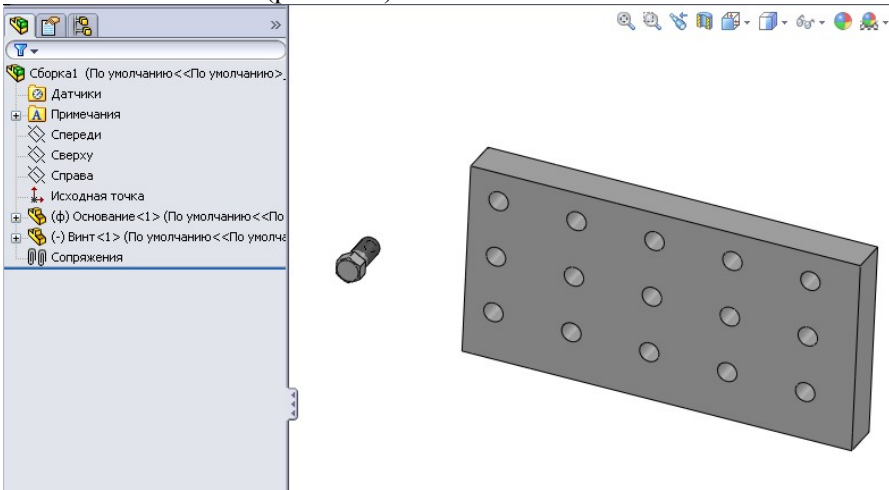


Рисунок 6.26 – Додавання деталей у складання

Задамо сполучення між деталями. Для цього активізуємо кнопку **"Условия сопряжения"** на панелі інструментів **"Сборка"**. Встановимо тип сполучення **"Концентричность"**, між різьбовою частиною гвинта й отвором, а також **"Совпадение"** між верхньою площиною основи й нижньою частиною головки гвинта. Одержимо проміжний вид складання (рис. 6.27).

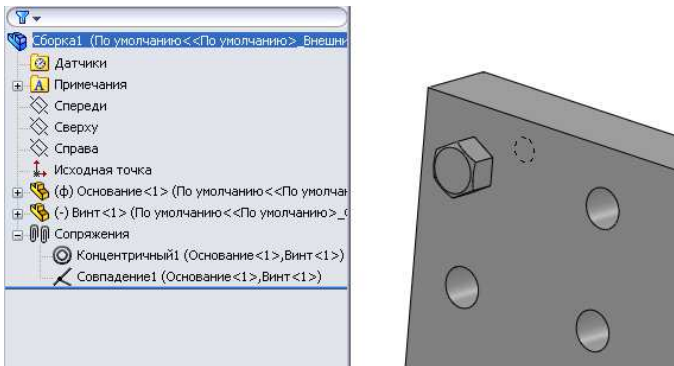


Рисунок 6.27 – Проміжний вигляд складання

Помістимо гвинти в інші отвори основи. Для цього скористаємося командою меню **"Вставка | Массив компонента | Управляемый элемент..."** (рис. 6.28) або командою **"Массив компонентов, управляемых элементами"**, яка розташована на панелі інструментів **"Сборка"**.

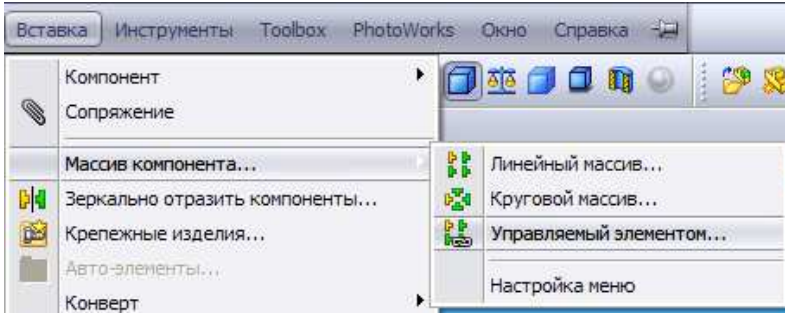


Рисунок 6.28 – Контекстне меню управління масивом

На екрані в області **PropertyManager** (менеджера властивостей) з'явиться вікно **"Управляемый элемент"** (рис. 6.29). В області цього вікна **"Компоненты для массива"** необхідно вказати деталь, яка буде збиратися по масиву. У цьому випадку такою деталлю є **"Винт"**. Щоб виділити гвинт, слід клацнути лівою кнопкою миші по головці гвинта. В області **"Производный элемент"** помістимо назву лінійного масиву (рис. 6.29). Для цього достатньо клацнути лівою кнопкою миші по будь-якому отвору з масиву на деталі **"Основание"**. Закінчимо побудову, нажавши кнопку **ОК**.

У результаті гвинти займуть усі отвори в основі (рис. 6.30), а в дереві конструювання з'явиться рядок **"Производный линейный массив1"**. При створенні складання можна встановити гвинти не в усі отвори. Для цього необхідно або на етапі побудови у вікні **"Управляемый элемент"** (рис. 6.29), або після створення складання в режимі редагування визначення у вікні **"Производный линейный массив"**, в області **"Пропустить экземпляры"**, вказати ті гвинти, які не потрібно використовувати в складанні (рис. 6.31). Завершимо побудову, нажавши кнопку **ОК**. У результаті складання прийме вид, представлений на рис. 6.32. Ми розглянули основні можливості SolidWorks при створенні складань, тепер перейдемо до розгляду особливостей оформлення складальних креслень.

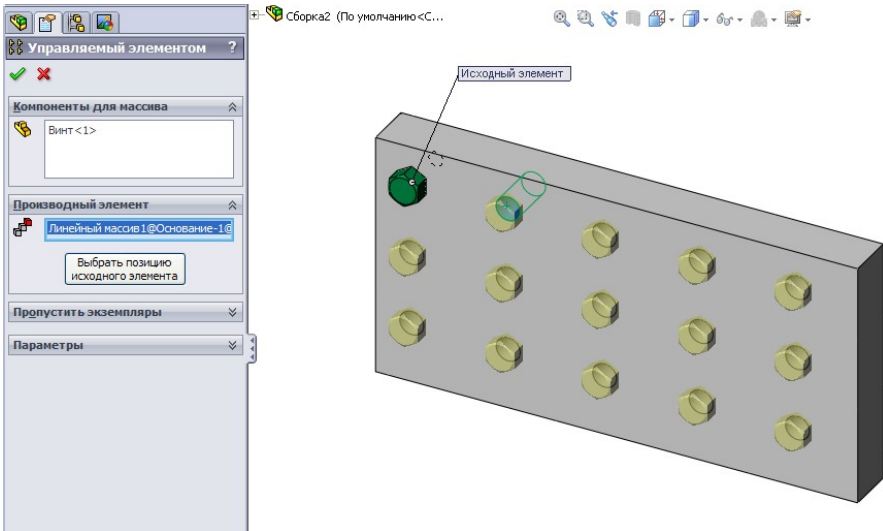


Рисунок 6.29 – Створення масиву компонентів складання

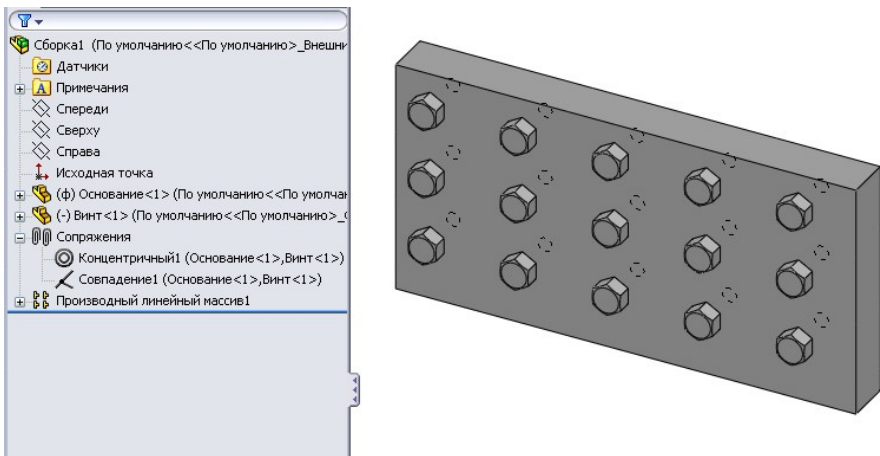


Рисунок 6.30 – Створене складання масиву компонентів

Оформления складального кресления.

Перед створенням складального креслення необхідно зберегти складання й зв'язані з ним деталі. Складальне креслення являє собою конструкторський документ, що містить зображення складальної оди-

ниці та інші дані, що мають значення для складання, виготовлення й контролю.

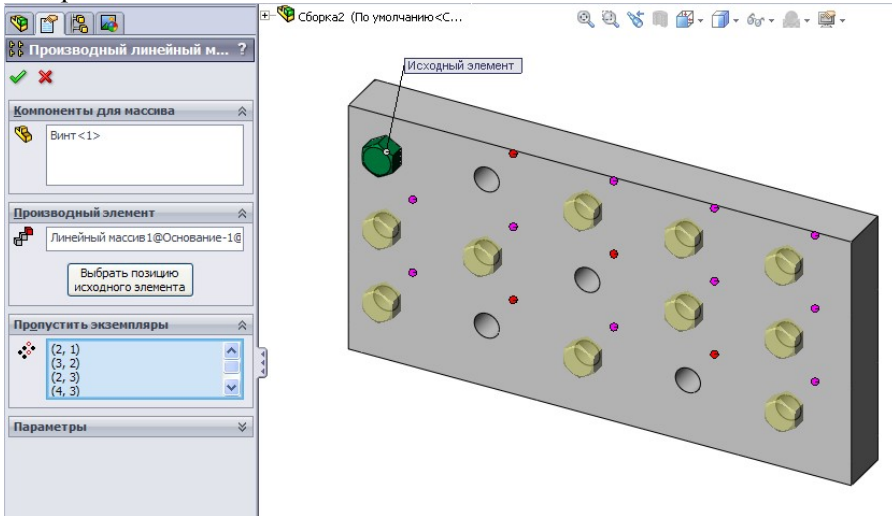


Рисунок 6.31 – Видалення елементів зі складання

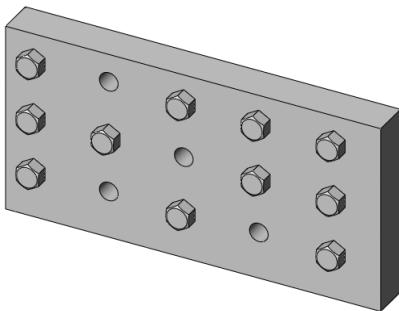


Рисунок 6.32 – Кінцевий вигляд складання з видаленими елементами

У загальному випадку складальне креслення повинно містити: зображення складальної одиниці; необхідні розміри (габаритні, настановні та ін.); номери позиційні; технічні вимоги й технічну характеристику виробу (при необхідності).

Розглянемо приклад створення складального креслення. За основу беремо раніше побудоване складання **"Сборка1"**.

Відкрийте об'ємне зображення складання. Натисніть кнопку **"Создать чертеж из детали/сборки"**, яке перебуває на панелі інструментів **"Стандартная"**, або зверніться до команди меню **"Файл |Создать чертеж из сборки"**. На екрані з'явиться вікно **"Формат листа/Размер"** (рис. 6.33), де необхідно вибрати **"Стандартный размер листа"** з наявних шаблонів. Виберіть аркуш, що відповідає стандартному й позначений у списку **ESKD_a3_1**. Натисніть кнопку **OK**.

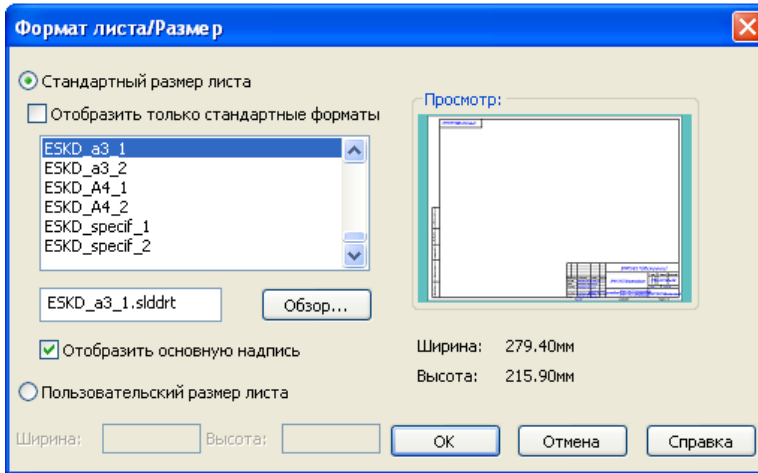


Рисунок 6.33 – Вибір формату креслення

На екрані праворуч відкриється вікно **"Палитра видов"**. У цім вікні виділіть необхідну орієнтацію виду, наприклад **"Спереди"**, і помістіть його на поле креслення, перетягнувши цей вид з вікна **"Палитра видов"**. Аналогічним чином розмістіть на аркуші креслення інші види складання (рис. 6.34).

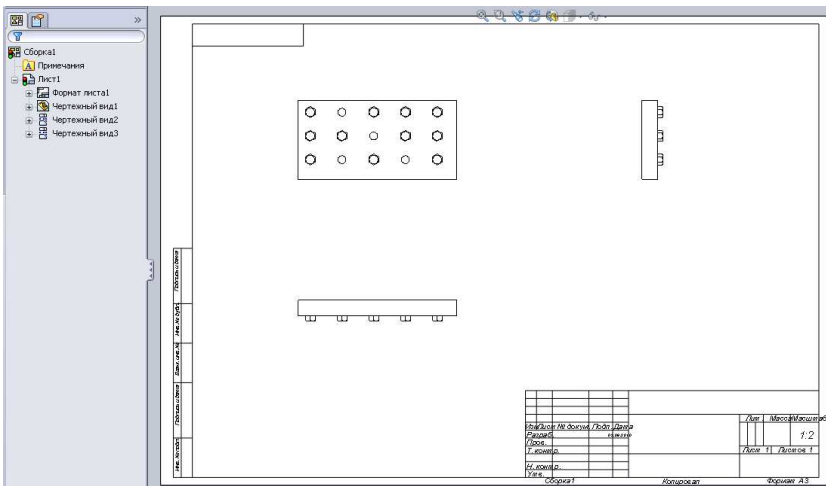


Рисунок 6.34 – Додавання видів складання у креслення

Для розміщення видів на аркуші креслення можна також скористатися командами **"3 стандартных вида"**, **"Проекционный вид"** і **"Вид модели"**, які розташовані на панелі інструментів **"Чертеж"**. При побудові складального креслення можна використовувати іншу послідовність дій.

Відкрийте аркуш креслення. Для цього виберіть команду меню **"Файл | Новый..."**. На екрані відобразиться вікно **"Новый документ SolidWorks"**, у якому потрібно вибрати шаблон **"Чертеж"**. Після цього з'явиться нове вікно **"Формат листа/Размер"** (рис. 6.33). У цьому вікні в області **"Стандартный размер листа"** виберіть необхідний шаблон, наприклад, **"ESKD_a3_1"**. На екрані відобразиться креслярський аркуш із рамкою й штампом, на який, надалі, помістимо види складання.

Для розміщення видів складання натиснемо кнопку **"3 стандартных вида"** на панелі інструментів **"Чертеж"**.

Щоб вказати складання, для якого будуватиметься креслення, у вікні **"Деталь/сборка для вставки"** в області **"3 стандартных вида"** вкажемо шлях до документа, у якому збережено складання, і натиснемо кнопку **ОК**.

У результаті на аркуші креслення будуть розміщено три стандартні види складання (див. рис. 6.34).

На складальному кресленні необхідно вказати габаритні розміри виробу, настроювальні й приєднувальні розміри, номери позицій деталей. Розглянемо особливості проставлення позицій.

На складальному кресленні всі складові частини складальної одиниці нумерують у відповідно номерами позицій, зазначеним в специфікації. Номера позицій розташовуються на полках ліній-винесень, проведених від зображень деталей. Лінії-Винесення закінчуються на зображенні видимою точкою (або стрілкою, якщо деталь зачернена). Лінії-Винесення не повинні перетинатися між собою й бути паралельними лініям штрихування, не повинні перетинати, по можливості, розмірні лінії й елементи зображення.

Зовнішній вигляд позиції, який буде потім використовуватися за замовчуванням, можна настроїти попередньо. Для цього необхідно вибрати команду меню **"Инструменты | Параметры | Свойства документа | Примечания | Позиции"**. Відкриється вікно **"Свойства документа — Позиции"** (рис. 6.35).

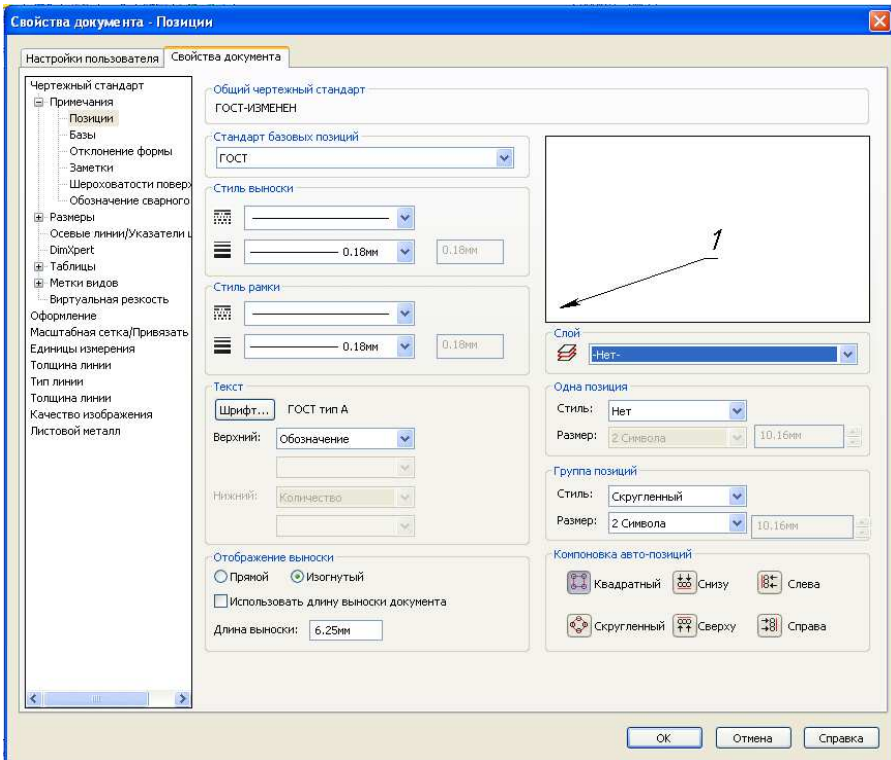


Рисунок 6.35 – Налаштування параметрів документа

У цім вікні необхідно зробити налаштування зовнішнього вигляду позиції. В області **"Одна позиция"** в списку, що розкривається, **"Стиль"** виберемо вид **"Нет"**. Це означає що текст позиції не буде укладений у рамку. У загальному випадку можна вибрати стиль: **"Скругленный, Треугольник, Шестиугольник"** і т.п., тоді текст позиції буде розташований у відповідній геометричній фігурі.

В області **"Текст"**, в списку, що розкривається, впливає **"Верхний"**, вибрати **"Обозначение"** - тут мається на увазі позначення деталі. У списку, що розкривається, **"Нижний"** можна вказати **"Количество"**, мається на увазі кількість деталей, або **"Настройка"**, тобто текст користувача. В області **"Отображение выноски"** можна налаштувати зовнішній вигляд винесення позиції й вказати її довжину (ви-

беріть "Изогнутый"). В області "Стиль выноски" вказується тип і товщина лінії, за допомогою якої це винесення відображається.

SolidWorks дозволяє проставляти позиції як вручну, так і в автоматичному режимі. Область "**Компоновка авто-позиций**", яка розташовується у вікні "**Свойства документа - Позиции**" праворуч унизу (рис. 6.35), дозволяє вибрати тип розташування групи позицій. Позиції в групі можуть бути розташовані особистими способами щодо виду: по квадрату, по колу, зверху, знизу і т.п.

Необхідно також визначитися з видом значка, яким приєднується позиція до деталі. Для цього виберемо команду меню "**Инструменты | Параметры... | Свойства документа | Примечания**", де в області "**Присоединения**" виберемо значок приєднання у вигляді зафарбованої точки (рис. 6.36). Також у цьому вікні можна задати довжину винесення з полицею.

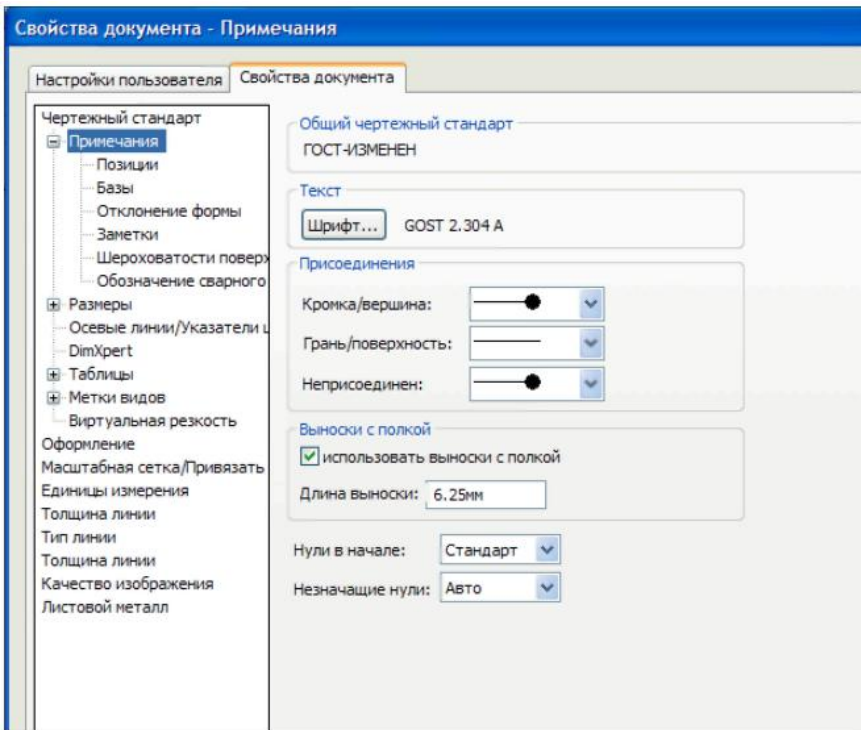


Рисунок 6.36 – Вибір стандартів оформлення креслення

Тепер розставимо позиції на кресленні складання. Для розміщення позицій у ручному режимі необхідно активізувати кнопку **"Позиція"** на панелі інструментів **"Примечания"**.

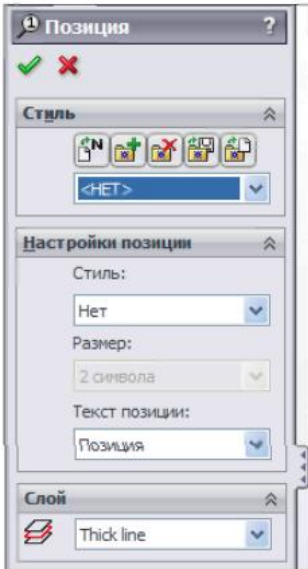


Рисунок 6.37 – Діалогове вікно "Позиция"

На екрані в області **PropertyManager** (менеджера властивостей) відкриється вікно **"Примечания"** (рис. 6.37). У цьому вікні в області **"Настройки позиции"** вкажіть **"Стиль"** (геометричну фігуру, у якій буде розташований текст позиції) і **"Текст позиции"** (зміст тексту). Виберемо **"Стиль - Нет"**, а **"Текст позиции - Позиция"**.

Потім переведемо курсор у поле креслення й розставимо позиції (рис. 6.38). Закінчимо побудови, нажавши кнопку **ОК**. Для проставляння позицій в автоматичному режимі натисніть кнопку **"Автопозиция"** на панелі інструментів **"Примечания"**. Потім вкажіть лівою кнопкою миші той вид, на якому необхідно розставити позиції. Позиції з'являться на аркуші креслення й будуть відповідати раніше обраним налаштуванням. Закінчіть оформлення складального креслення, проставивши габаритні розміри й технічні вимоги (рис. 6.39).

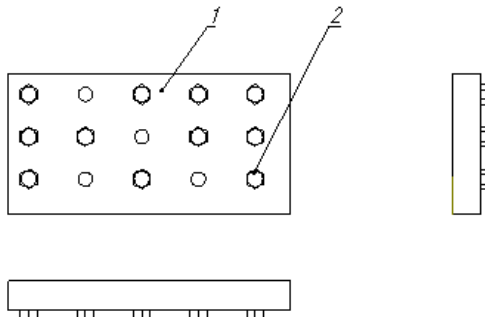


Рисунок 6.38 – Встановлення позицій деталей

Крім складального креслення невід'ємною частиною документа-

ції на складання є специфікація. Розглянемо можливості SolidWorks в оформленні специфікацій.

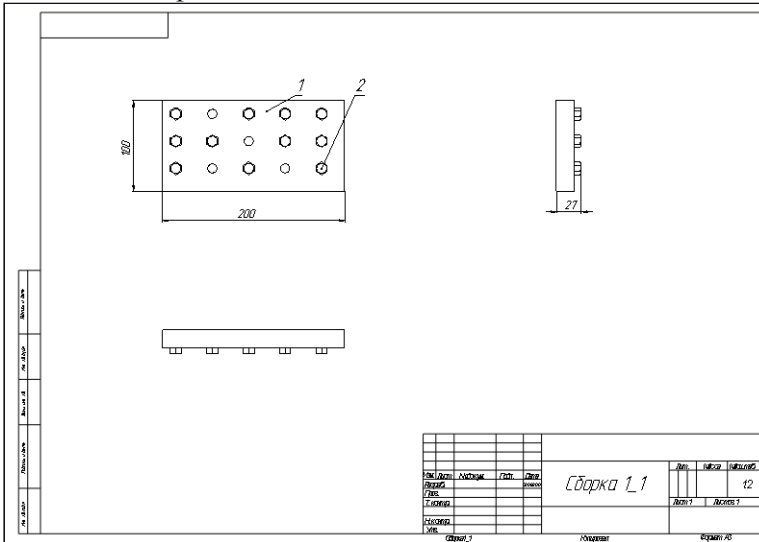


Рисунок 6.39 – Завершене креслення складання

Специфікація.

Відповідно до ЄСКД, специфікація являє собою текстовий документ і є обов'язковою складовою складального креслення. В SolidWorks можна створити конструкторську специфікацію декількома способами: вручну; на основі таблиці SolidWorks; за допомогою таблиці Excel. Відповідно до єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) специфікація може бути розташована як на окремому аркуші, так і на кресленні складання. SolidWorks дозволяє реалізувати обидва способи оформлення специфікацій.

Специфікація на аркуші креслення розташовується в тому випадку, якщо складання утримує короткий перелік деталей і якщо на аркуші креслення складання є вільне місце. За своєю формою специфікація в SolidWorks є таблицею. В SolidWorks є кілька шаблонів таблиць, які можуть бути розміщені на аркуш креслення: **"Спецификация, Таблица отверстий, Таблица изменений, Списки вырезов сварного изделия, Таблица параметров, Общая таблица"**.

Усі ці шаблони розміщені в папці **lang**. При необхідності можна

створити свій, користувацький, шаблон таблиці або специфікації. Команди для вставки таблиць розташовані на панелі інструментів **"Таблиця"**. Крім цього SolidWorks може створювати специфікації в автоматичному режимі, витягаючи всю необхідну інформацію із властивостей файлу деталі й зі складального креслення.

Таким чином, специфікація, будучи текстовим документом, може бути оформлена в SolidWorks за допомогою команд, відповідальних за написання тексту на полі креслення. У той же час специфікація є таблицею, і SolidWorks дозволяє оформити її за допомогою пакета Microsoft Office, а саме за допомогою програми Excel.

Створення специфікації за допомогою таблиці SolidWorks.

Звичайно специфікації, які створюються за допомогою таблиці, розміщують на полі креслення. Для розміщення специфікації на аркуші креслення проведемо необхідні побудови.

Відкриємо креслення складання. Налаштуємо параметри специфікації, для чого виберемо команду меню **"Інструменти | Параметри... | Свойства документа | Таблицы | Спецификации"**. У вікні, що відкрилося, **"Свойства документа — Спецификация"** (рис. 6.40) в областях **"Отражение нулевого количества и Отсутствующий компонент"** вкажіть способи відображення відсутнього компонента й нульової кількості деталей.

Щоб налаштувати шрифти для специфікації, зверніться до області **"Текст"**, нажав кнопку **"Шрифт..."**. У вікні, що відкрилося, **"Выбрать шрифт"** укажіть **"Шрифт - GOST 2.304 А"**, **"Начертание - курсив"** і необхідний розмір шрифту.

Закінчіть налаштування специфікації, нажавши кнопку **ОК**. Для розміщення специфікації на аркуші креслення натисніть кнопку **"Спецификация"**, яка розташована на панелі інструментів **"Таблиця"**. Можна також скористатися командою меню **"Вставка | Таблицы | Спецификация..."**.

На екрані з'явиться повідомлення про необхідність вибрати креслярський вид. Оберемо той вид, на якому розташовані позиції.

В області **PropertyManager** відкриється вікно **"Спецификация"** (рис. 6.41), де можна задати налаштування специфікації. Зокрема, в області **"Шаблон таблицы"** можна вибрати шаблон специфікації. Для цього потрібно натиснути кнопку **"Открыть шаблон таблицы для Спецификации"** й на екрані з'являться всі доступні для викорис-

тання шаблони.

Виберемо шаблон **bom-standard** - стандартний вид специфікації. Укажіть також на відповідних вкладках точку прив'язки таблиці, тип специфікації та інші параметри. Закінчіть настроювання параметрів специфікації натисканням кнопки **ОК**.

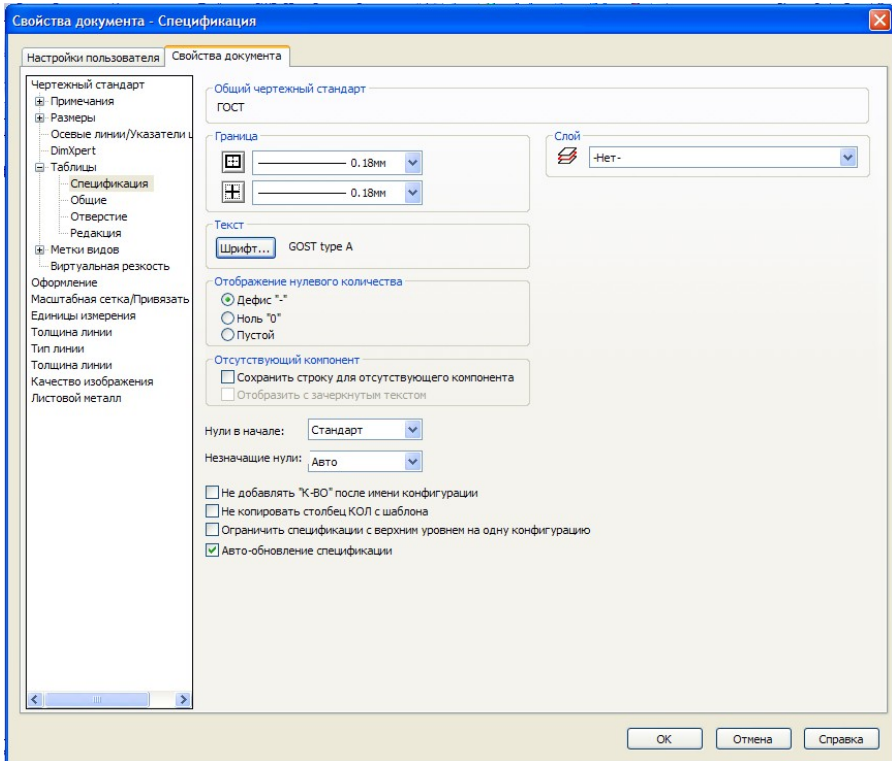


Рисунок 6.40 – Настроювання параметрів специфікації

Укажіть курсором місце на аркуші для розташування специфікації (рис. 6.42). Зовнішній вигляд специфікації, яка з'явиться на аркуші креслення, може не відповідати вимогам ЄСКД. Її вид легко привести до стандартного, тому що програма SolidWorks дозволяє редагувати зовнішній вигляд таблиць.

Відредагуємо одержану специфікацію. Специфікація, відповідно до ЄСКД, повинна містити сім стовпців. Додамо відсутні стовпці. Для

цього наведемо покажчик миші на перший стовбець. Клацнемо правою кнопкою миші й виберемо в контекстному меню команду **"Вставка | Столбец слева"** (рис. 6.43).

У вікні, що відкрилося, укажіть тип стовпця, вибравши цей тип зі списку, що розкривається, а також, при необхідності, виберіть ім'я властивості. Закінчивши додавання стовпця, клацніть лівою кнопкою миші по полю креслення.

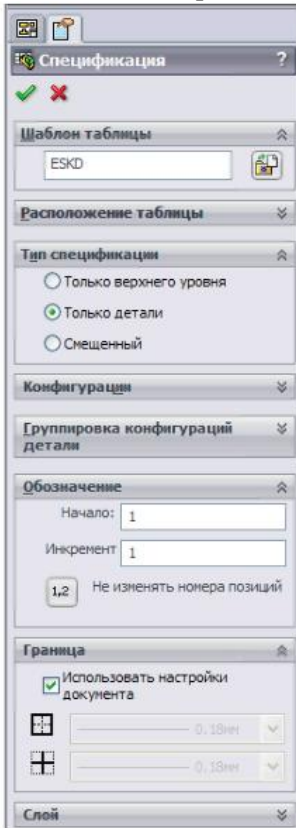


Рисунок 6.41 – Діалогове вікно "Спецификация"

У специфікації з'явиться додатковий стовпець, ліворуч від стовпця **"Позиции"**. Назвемо цей стовпець **"Формат"**. Для введення заголовка стовпця необхідно двічі клацнути лівою кнопкою миші по верхньому рядку, а потім у полі, що відкрилося, набрати заголовок (рис. 6.44). Напис **"Формат"**, у стандартній специфікації, повинна розташовуватися вертикально. Для редагування напису клацніть лівою кнопкою миші по гнізду заголовка. На екрані з'явиться спливаюче вікно (рис. 6.45), у якому задають формат тексту таблиці. У спливаючому вікні можна вказати спосіб розташування тексту в гнізді відносно границь гнізда, також повернути текст, змінити шрифт. Для того щоб повернути напис, натисніть кнопку - **"Вращать"** (рис. 6.45), у результаті текст розвернеться на 90 градусів (рис. 6.46). Діючи аналогічним чином, приведемо специфікацію до стандартного виду. Цю специфікацію можна зберегти у вигляді шаблону й використовувати в інших документах. Для цього клацніть по специфікації (у дереві конструювання або на поле креслення) правою кнопкою миші й виберіть із випливаючого меню команду **"Сохранить как..."**.

Назвемо цей шаблон **ESKD**, вкажемо тип файлу - **"Шаблон"** з розширенням **sldbomtblt**, а також уточнимо місце розташування шаблону, що зберігається. Ми розмістили специфікацію-таблицю на аркуші креслення, відредагували її відповідно до ЄСКД і зберегли у ви-

гляді шаблону. В SolidWorks можна також використовувати специфікацію, яка є таблицею Excel.

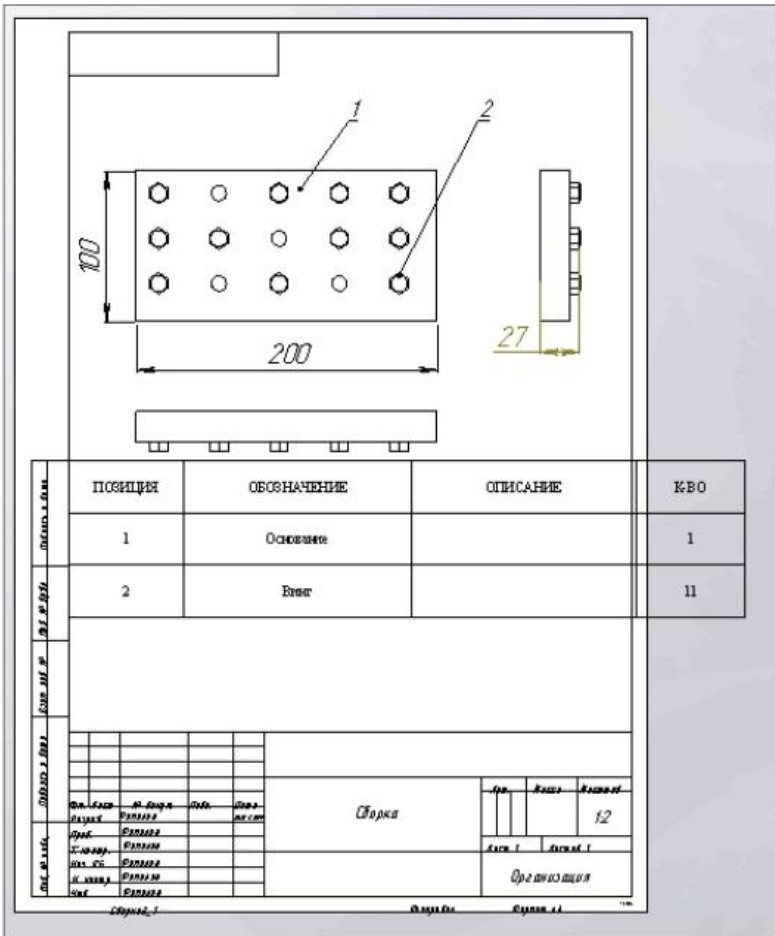


Рисунок 6.42 – Додавання специфікації у лист креслення

Створення специфікації за допомогою таблиці Excel.

Розглянемо етапи створення специфікації в кресленні SolidWorks за допомогою таблиці Excel. Розмістіть види складання на кресленні й позначте позиції. Активізуйте той вид, на якому позначені основні позиції складання. Потім вставте специфікацію.

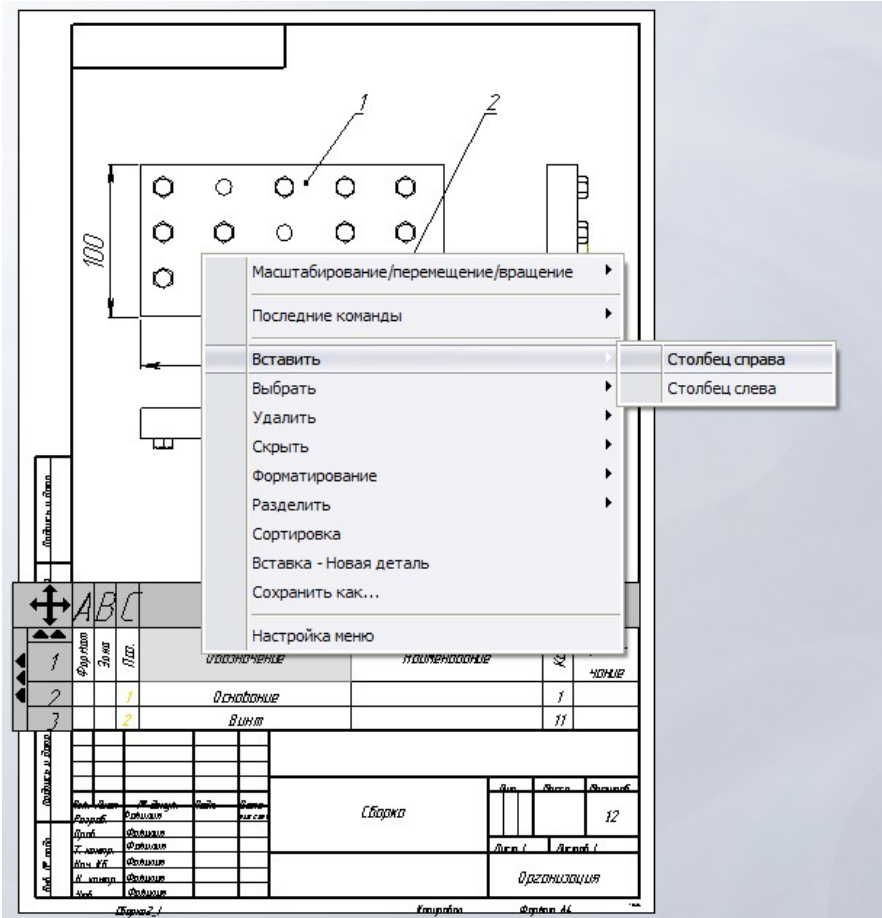
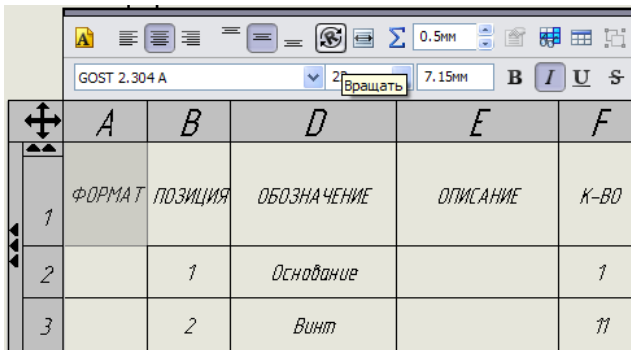


Рисунок 6.43 – Редагування специфікації за допомогою контекстного меню

Для розміщення специфікації натисніть кнопку **"Спецификация в файле Excel"** на панелі інструментів **"Таблица"**. На екрані з'явиться вікно, де буде запропоновано вибрати шаблон специфікації у форматі Excel. Виберемо шаблон, наприклад, **bomtemp.xls** і натиснемо кнопку **ОК**. На екрані відкриється вікно **"Свойства спецификации"**, де можна настроїти вид специфікації й подивитися її зміст на вкладці **"Содержание"** (рис. 6.47).

<i>ФОРМАТ</i>	<i>ПОЗИЦИЯ</i>	<i>ОБОЗНАЧЕНИЕ</i>	<i>ОПИСАНИЕ</i>	<i>К-ВО</i>
	1	<i>Основание</i>		1
	2	<i>Винт</i>		11

Рисунок 6.44 – Вибір заголовку



	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
	<i>ФОРМАТ</i>	<i>ПОЗИЦИЯ</i>	<i>ОБОЗНАЧЕНИЕ</i>	<i>ОПИСАНИЕ</i>	<i>К-ВО</i>
1			<i>Основание</i>		1
2		1	<i>Винт</i>		11

Рисунок 6.45 – Редагування заголовку специфікації

<i>ФОРМАТ</i>	<i>ПОЗИЦИЯ</i>	<i>ОБОЗНАЧЕНИЕ</i>	<i>ОПИСАНИЕ</i>	<i>К-ВО</i>
	1	<i>Основание</i>		1
	2	<i>Винт</i>		11

Рисунок 6.46 – Відредагований заголовок специфікації

Розмістіть специфікацію на поле креслення (рис. 6.48). Цю специфікацію також можна відредагувати відповідно до ЄСКД і зберегти як шаблон. Усі розглянуті раніше специфікації розміщуються на полі креслення й заповнюються автоматично. Такі специфікації зручні для складань, що складаються із малої кількості деталей. Специфікації більших складань звичайно містяться на окремих аркушах і для їхньо-

го оформлення зручно використовувати спеціальні шаблони.

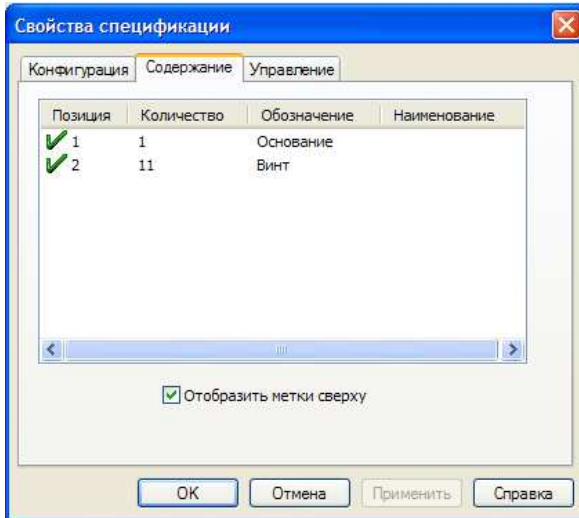


Рисунок 6.47 – Редагування специфікації через діалогове вікно

Позиция	Количество	Обозначение	Наименование
1	1	Основание	
2	11	Винт	

Рисунок 6.48 – Розміщення специфікації на полі креслення

Контрольні запитання

1. Що називається складанням?
2. Що може входити в складання?
3. Як створити складання?
4. Як додати деталь у складання?
5. Які команди використовуються для взаємного позиціонування деталей?
6. Які дії потрібно виконати для додавання в збірку стандартних деталей?
7. Що таке точка сполучення?
8. Перелічіть види сполучень.

Література

[1], с.55-97; [2], с.34-37, 41-46, 48-52, 93-97.

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)