

час залежить від частоти обертання ротора вентилятора. Тому окремий інтерес представляє дослідження якості лазерної обробки в залежності від частоти обертання ротора, а також дослідження якості лазерної обробки інших матеріалів.

Література

1. <https://lasergrbl.com>
2. <https://github.com/gnea/grbl/wiki>

Науковий консультант: *Єгоров П. А., доц. каф. деталей машин та ТММ*

Пивовар Дмитро Олегович, студент групи АА-31-21

Шарапата А.С., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ БАЗОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОРПУСІВ РЕДУКТОРІВ У INVENTOR

Анотація: Корпус редуктора – найбільш складна деталь і під час моделювання виникають складності і питання при прийнятті конструктивних рішень, а також у використанні інструментів і алгоритмів створення тривимірної моделі деталі. Необхідно розробити алгоритм, способи, прийоми з підвищення ефективності тривимірного моделювання корпусу двоступеневого циліндричного редуктора за кінематичною схемою для спрощення процедури моделювання і скорочення часу на виконання моделі, а також запропонувати способи діагностування помилок. Використовується практичний досвід і напрацювання в класичних технологіях виготовлення корпусів механічних редукторів за допомогою лиття і сучасні технології механічної обробки деталей. Для виконання 3D моделі деталі і перевірки роботи алгоритма використовується Inventor – програмне забезпечення від компанії Autodesk [1]. Розроблений алгоритм і запропоновані способи підвищення ефективності моделювання корпусу в короткий термін, забезпечена варіативність елементів конструкції простим і швидким шляхом.

Мета і завдання: розробити ефективний алгоритм створення тривимірної моделі корпусу редуктора, який враховуватиме властивості симетричності конструктивних елементів деталі, забезпечить уклон нижньої стінки, створить нижній фланець з посиленням уклоном, створить верхній фланець, опори і бобишки та кріпильні отвори.

Побудова основної частини корпусу

В даній роботі ми розглянемо особливості тривимірного моделювання корпусу двоступеневого циліндричного редуктора за розгорнутою схемою згідно кінематичної схеми, яка зображена на рис. 1,а. На рис. 1,б,в,г показані варіанти реальних, виготовлених редукторів. Корпуси редукторів на наш погляд

найбільш складні елементи зубчастих редукторів. Перед моделюванням потрібно ретельно ознайомитися з конструкцією корпусу і спробувати скласти певну послідовність побудови ескізів з використанням засобів тривимірного моделювання і з урахуванням наявних симетричних елементів конструкції редуктора. У редукторі, що розглядається ми маємо такі симетричні конструктивні елементи і можемо позначити площину симетрії червоною лінією (рис. 1,а).

Це в подальшому дуже допоможе скоротити час на моделювання, спростить внесення конструктивних змін, підвищить рівень технологічності моделі, допоможе суттєво скоротити кількість помилок, в двічі скоротить кількість елементів в дереві побудов. Але послідовність побудов конструктивних елементів треба спланувати так, щоб спочатку побудувати елементи з симетрією, а потім після віддзеркалення усієї деталі (усіх попередніх елементів) можна додавати елементи, які не мають властивостей симетрії. Складання плану допомагає спростити процедуру віддзеркалення в частині вибору конструктивних елементів. У разі, якщо в нас побудовані тільки ті конструктивні елементи, які потрібно віддзеркалити, ми маємо можливість обрати режим «віддзеркалити усі попередні елементи». Це також, крім того, дає можливість бачити два види корпусу: з віддзеркаленням і без нього.

Перед моделюванням були виконані відповідні розрахунки з вибору електродвигуна і розрахунки передач за методиками наданими у [2-4], а також враховані рекомендації надані у іноземних виданнях [5-8]. Геометричні розрахунки корпусу редуктора виконані за методиками і рекомендаціями наданими в [2].

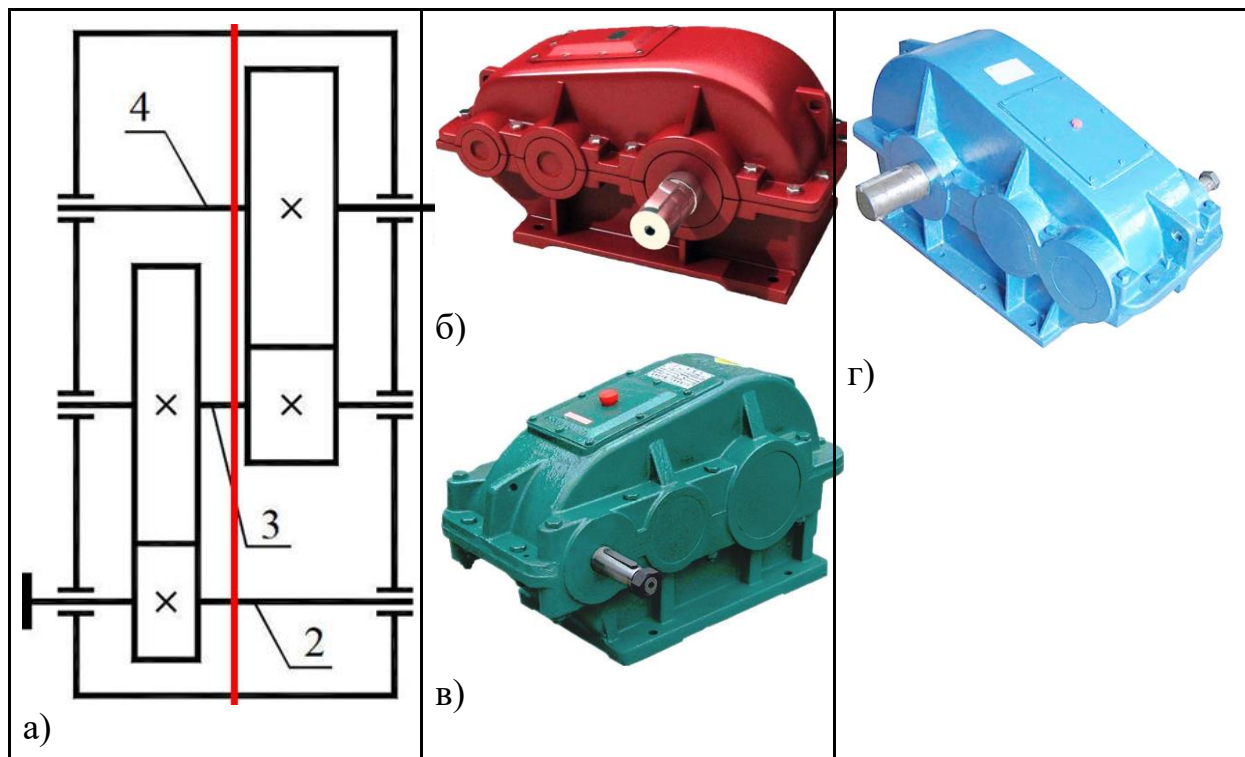


Рисунок 1 – Циліндричний двоступеневий редуктор

а – кінематична схема; б, в, г – варіанти виготовлення редуктора

На рис. 2 показано перший ескіз, з якого ми радимо починати побудову корпусу циліндричного двоступеневого редуктора згідно розгорнутої схеми. Цей ескіз розташований в площині симетрії корпусу.

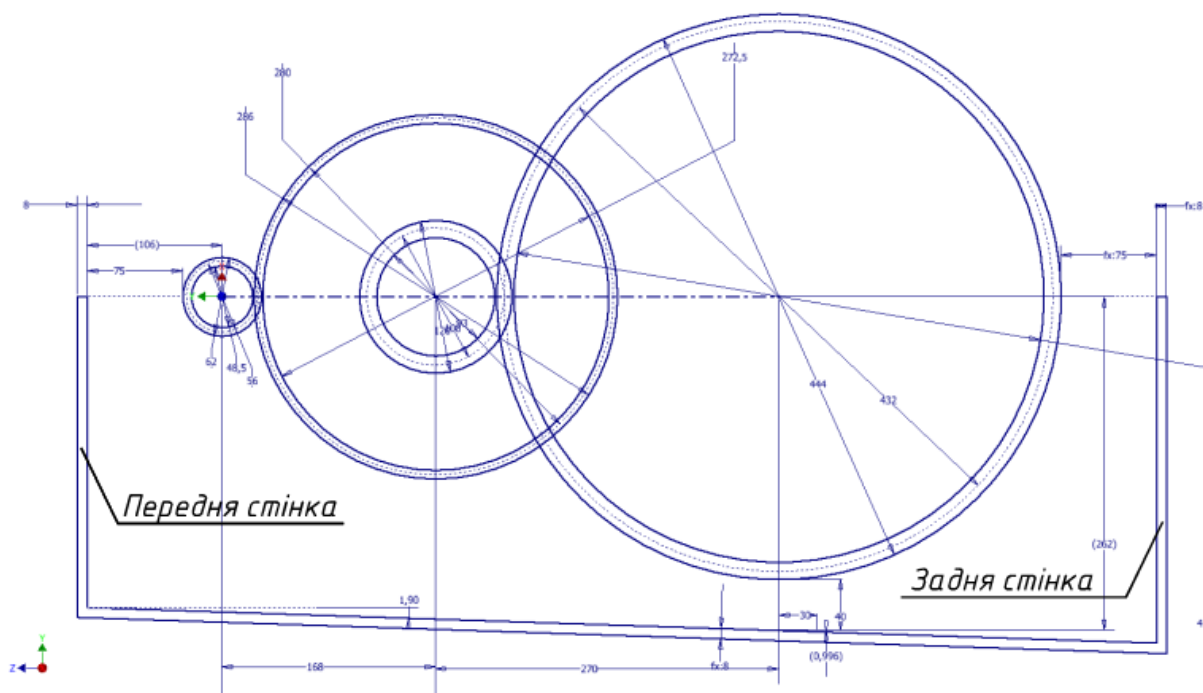


Рисунок 2 – Перший ескіз

На цьому рисунку ми бачимо, з першого погляду, достатньо складний ескіз. Але слід сказати, що тут треба відокремлювати дві частини. Перша частина – це 12 окружностей певних радіусів і розташованих в певних місцях, які обумовлені наявністю в редукторі двох послідовних циліндричних зубчастих передач. А друга частина – це елемент у вигляді перевернутої літери П, яка означає передню і задню стінки редуктора, а також нижню стінку редуктора з уклоном.

Починаючи саме з цього ескізу (рис. 2) ми можемо перевірити точність і правильність геометричних розрахунків зубчастих зачеплень, врахувати симетричність редуктора відносно поздовжньої вертикальної площини (рис. 1,а), вказати у першому наближенні довжину внутрішньої порожнини редуктора і виконати нижню стінку редуктора з уклоном для злива мастила і для влаштування природної вентиляції завдяки конструктивним особливостям. У разі впевненості в розрахунках можна оменувати першу частину.

На рис. 3 і 4 показаний результат вичавлення ескізу (рис. 2) з різних сторін.

Наступним кроком ми пропонуємо зробити нижній фланець корпусу редуктора. Цей елемент конструкції можна виконати за допомогою вичавлення ескізу, який зображений на рис. 5. Цей ескіз складніший за другу частину у попередньому і потребує підвищеної уваги з боку розробника для створення замкненого контуру, накладання всіх геометричних і розмірних залежностей.

Результати створення нижнього фланця корпусу редуктора ми можемо бачити на рис. 6.

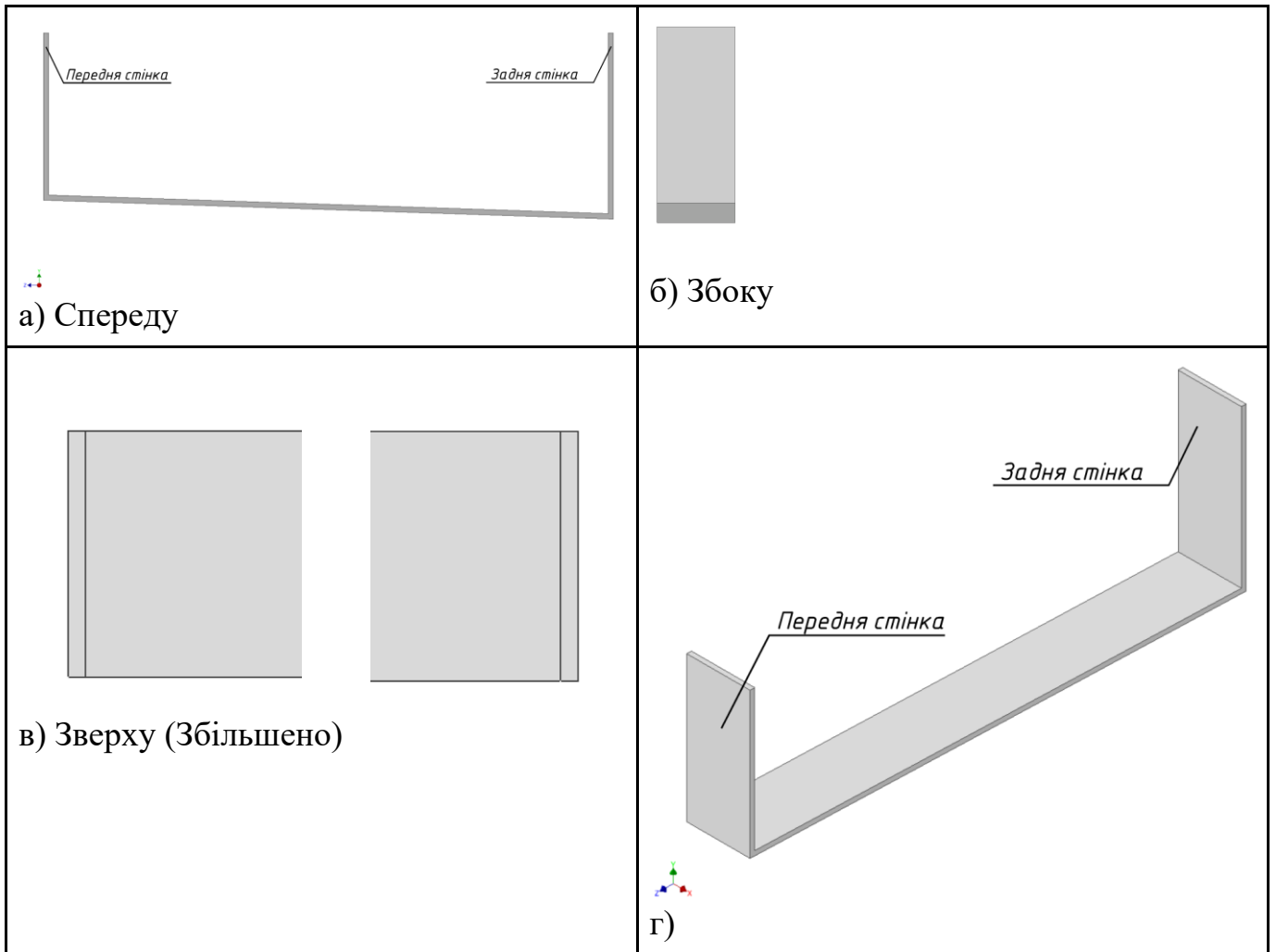


Рисунок 3 – Результат вичавлення першого ескізу

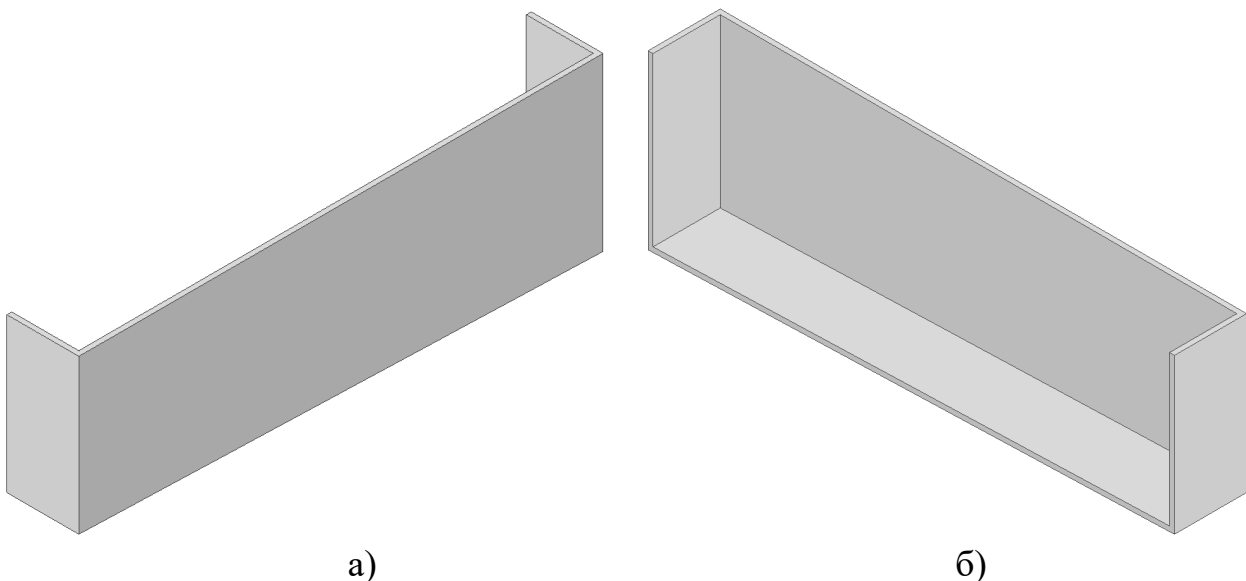


Рисунок 4 – Результат створення бокової вертикальної стінки

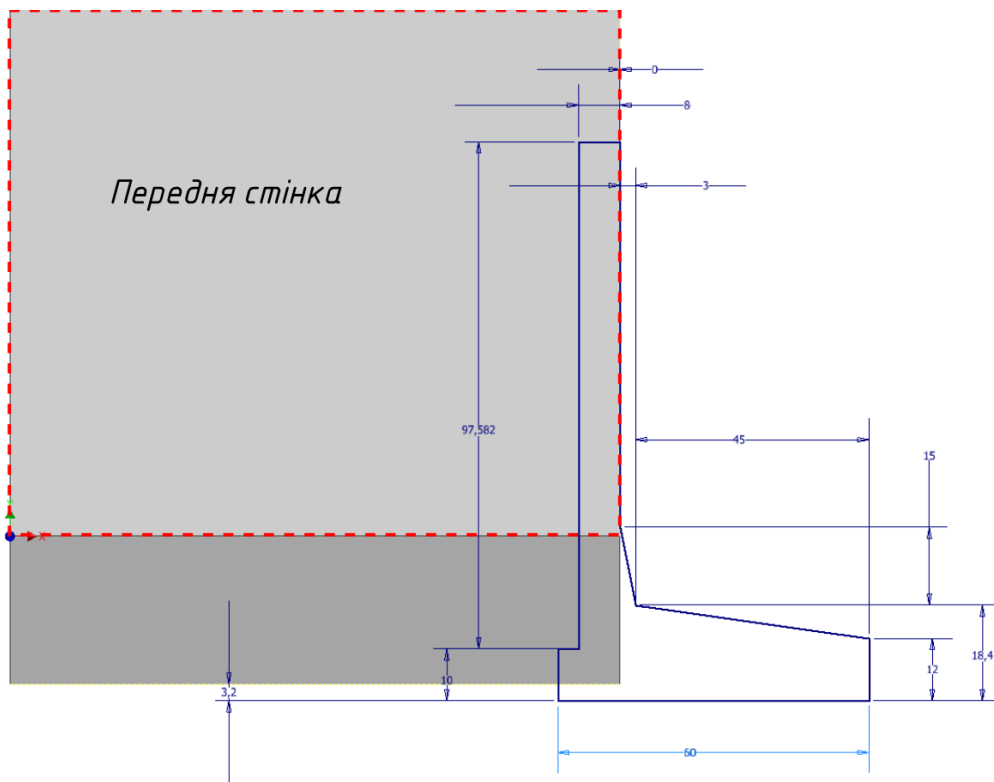


Рисунок 5 – Ескіз нижнього фланця

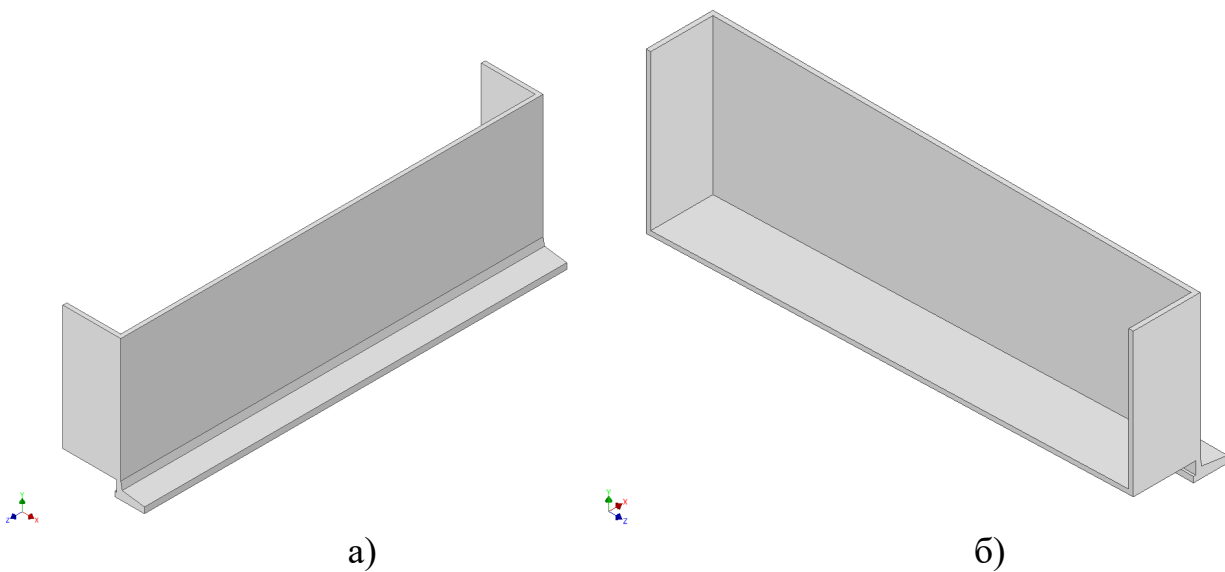


Рисунок 6 – Нижній фланець

На рис. 6,а і б ми вже можемо бачити ледь помітний, небажаний, конструктивний артефакт у нижній частині на стику стінки редуктора і фланця. У разі уклону нижньої стінки корпусу нам ніяк не вдалося запобігти виникненню цього артефакту, якщо розраховувати геометричні параметри за стандартними методиками. Він може з'явитися або назовні редуктора або в середині. Але в будь якому разі цей артефакт можна усунути вичавлюванням або вирізанням відповідно.

Логічна схема алгоритму послідовності побудови конструктивних елементів корпусу редуктора зображена на рис. 7. Ця схема запропонована на основі багаторічного досвіду моделювання корпусів редукторів при викладанні дисципліни «Деталі машин».

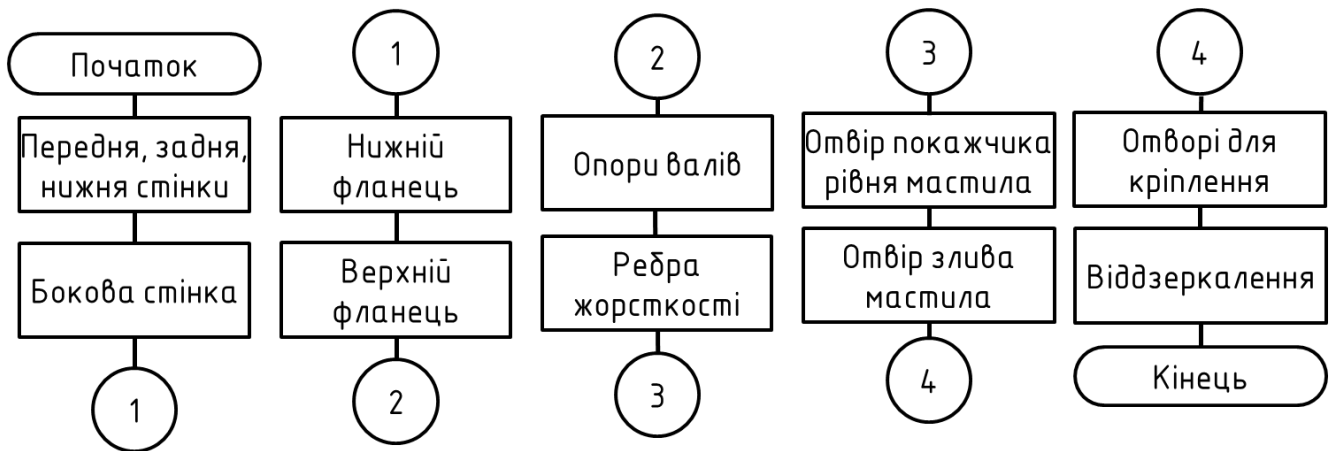


Рисунок 7 – Структурна схема алгоритму створення корпусу

Побудова верхнього фланця

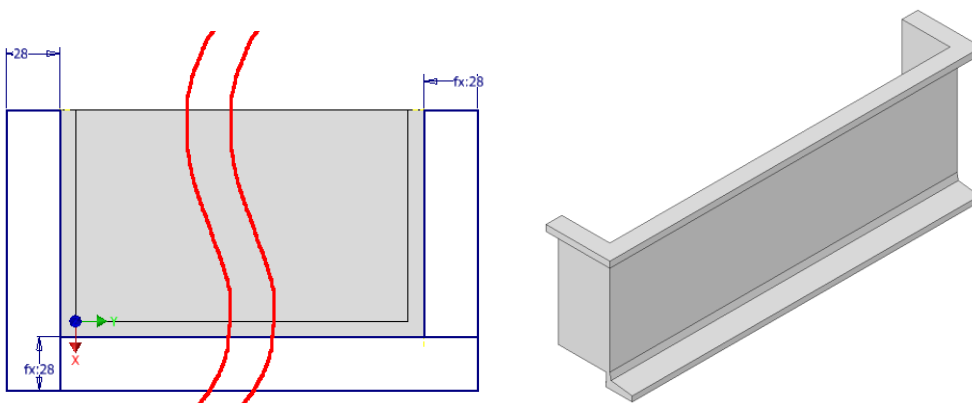


Рисунок 8 – Верхній фланець корпусу

Далі можемо створити простий конструктивний елемент – верхній фланець корпусу редуктора. Відповідний ескіз і результат показані на рис. 8.

Ось таким послідовним нашаровуванням конструктивних елементів за запропонованим алгоритмом ми досягаємо нашої мети на рис. 9.

На рис. 9,а видно зображення готової тривимірної моделі корпусу редуктора. Можна побачити нижній фланець з посиленням уклоном і місця отворів для кріплення корпусу фундаментними болтами до рами тощо. У верхній частині зображення ми бачимо верхній фланець з конструктивними корпусними елементами, бобишками і отворами для опор валів та отворами для кріплення кришки корпусу і кришок підшипників до корпусу.

На рис. 9,б ми бачимо частину корпусних елементів редуктора, яка зрештою віддзеркалюється відносно вертикальної поздовжньої площини для

утворення повної замкненої конструкції корпусу і внутрішньої його порожнини.

На рис. 9,в на задній стінці ми можемо бачити більший отвір для кріплення корпусу покажчика рівня мастила і знизу невеличкий отвір для злива масла.

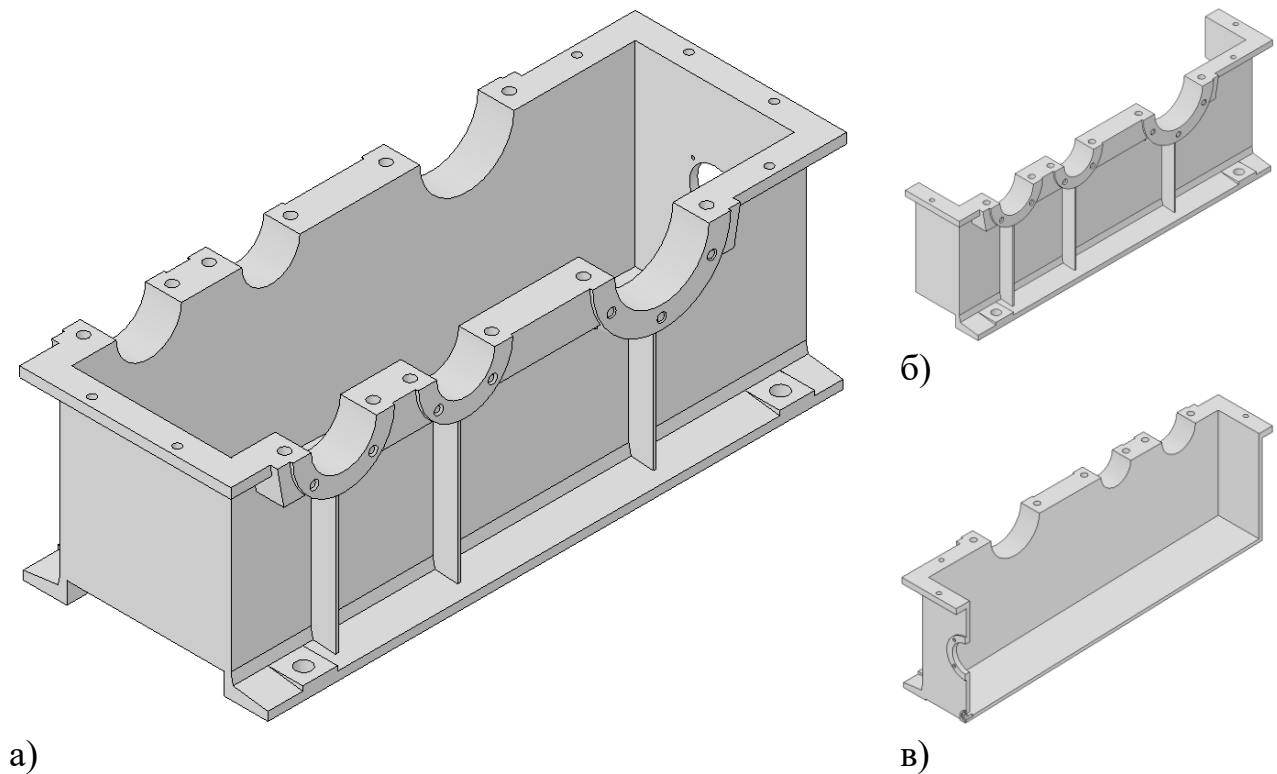


Рисунок 9 – Готовий корпус редуктора

a – корпус редуктора; *б* – базова частина корпусу; *в* – симетрична частина корпусу

Далі покажемо приклад використання інструменту «переріз деталі» для аналізу наближення отворів кришок підшипників і отворів у бобишках (рис. 10). Це допомагає проаналізувати відстань між отворами і уникнути їх сполученню.

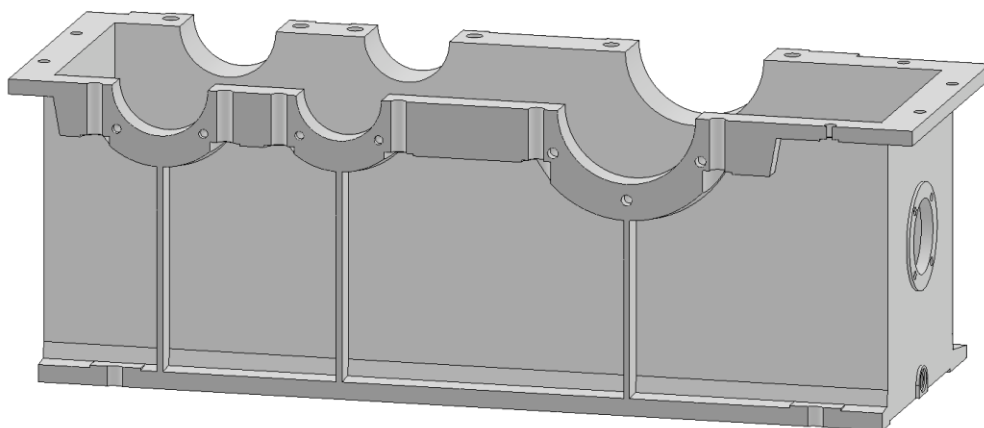


Рисунок 10 – Аналіз наближення отворів кришок підшипників і отворів у бобишках

Висновок

Створений алгоритм тривимірного моделювання (рис. 7) і сама модель корпусу циліндричного двоступеневого редуктора (рис. 9,а). Запропоновані способи і прийоми скорочення часу моделювання і спрощення процедури моделювання. Врахована симетричність елементів конструкції корпусу, а також запропонований спосіб створення віддзеркалення і подальшого його використання. Забезпечений уклон нижньої стінки редуктора (рис. 2, рис. 3,а). Створений нижній фланець з посиленням уклоном і запропонований спосіб усунення небажаних артефактів (рис. 5 і 6). У верхній частині корпусу створені: верхній фланець, корпусні конструкції опор і бобишок для валів (рис. 8, 9 і 10). Назовні створені ребра жорсткості (рис. 9,а,б і 10). На задній стінці створені отвори: для злива масла і монтажу покажчика рівня масла (рис. 9,в і 10). Також проведений аналіз перетинання отворів кріплення корпусу і отворів кріплення кришок підшипників (рис. 10).

Таким чином ми досягли не тільки поставленої мети і виконали завдання, а і показали, що тривимірне моделювання допомагає студентам у створенні, вивченні і аналізі будови деталей складної форми, в пошуку і усуненні розрахункових, конструктивних помилок і помилок моделювання.

Література

1. Autodesk | 3D Design, Engineering Construction Software : веб-сайт. URL: <https://www.autodesk.com/> (дата звернення: 25.03.2024)
2. Курмаз Л. В. (2010) Основи конструювання деталей машин. Kurmaz L. V. (2010) Osnovy konstruyuvannya detaley mashyn [Fundamentals of designing machine parts]
3. Момот Д. І., Шарапата А. С. Передачі зачепленням. Розрахунок на міцність. Харків, ХНАДУ, 2007, 183 с.
4. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин / [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с.
5. Farag M. M. Materials and process selection for engineering design. – CRC Press, 2020.
6. Wickert J., Lewis K. An introduction to mechanical engineering. – Cengage Learning, 2020.
7. Robert C., JUVINALL M., KURT M. FUNDAMENTALS OF MACHINE COMPONENT DESIGN. – John Wiley & Sons, 2019.
8. Ugural A. C., Chung Y., Ugural E. A. Mechanical design of machine components: SI version. – Taylor & Francis, 2018.