

Анотація

Структура і обсяг роботи. Робота складається з вступу, 3 розділів, висновків, списку використаної літератури. Містить 23 рисунків, 11 літературних посилань.

В роботі представлені результати досліджень зміни геометричної форми елементів БФМ від розподіленого навантаження й температури, запропонована нова конструкція муфти, розроблено робоче креслення та 3-D модель.

Мета роботи – виявлення недоліків діючої БФМ та створення нової конструкції муфти для їх усунення.

Для досягнення мети вирішувалися наступні задачі:

- розгляд автомобільних і тракторних трансмісій, де використовують багатодискові фрикційні муфти;
- створення 3-D моделі БФМ, яка використовується на транспортних засобах;
- дослідження зміни навантаженості БФМ методом кінцевих елементів при включенні і передачі моменту;
- аналіз НДС дисків та барабану МКЕ за допомогою програми ANSYS;
- виявлення найбільш навантажених частин дисків;
- розробка нової конструкції муфти і 3-D моделі.

Недоліком конструкції діючої муфти є неможливість гарантувати потрібну жорсткість, в разі чого утворюється перекис фрикційного пакету і погіршуються показники взаємодії фрикційних пар. Нова конструкція муфти вирішує дану проблему, особливість полягає у виготовленні барабану зі стінкою, яка буде служити жорсткішим упором для пакету фрикційних дисків в робочому стані.

Ключові слова: АВТОМОБІЛЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ, БАГАТОДИСКОВА МУФТА, НДС, МОДЕРНІЗАЦІЯ, КОНСТРУКЦІЯ

Удосконалення багатодискової фрикційної муфти трансмісії
автомобіля і трактора

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БФМ – Багатодискова фрикційна муфта;

НДС – Напружений деформований стан;

МКЕ – Метод кінцевих елементів;

ГУ – Граничні умови.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ БФМ У СУЧАСНОМУ АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ	6
2 ДОСЛІДЖЕННЯ НДС ЕЛЕМЕНТІВ БФМ ПРИ РОЗПОДІЛЕНОМУ НАВАНТАЖЕННІ І ЗМІНІ ТЕМПЕРАТУРИ	15
3 АНАЛІЗ СЕРІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ БФМ ТА ЇЇ УДОСКНАЛЕННЯ	22
ВИСНОВОК	27
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	28

ВСТУП

Високий рівень автомобілебудування та тракторобудування забезпечується виготовленням нової техніки, яка позитивно впливає на продуктивність праці та на людину в цілому. Великого значення набувають розробка та створення більш прогресивних конструкцій техніки, вдосконалення діючих агрегатів транспортних засобів, покращення їх експлуатаційних якостей.

Закладання високих технічних показників відбувається ще на етапі її проектування або модернізації. Тому необхідно приділити особливу увагу розробці та запровадженню оригінальних технічних рішень у нові вузли та агрегати машин.

Актуальними питаннями автомобілебудування та тракторобудування є покращення динамічних показників машин, зниження паливних витрат, підвищення екологічної безпеки. Одним з напрямків вирішення поставлених задач є застосування нових вдосконалених трансмісій.

В сучасних автомобілях та тракторах одним з агрегатів трансмісії є багатодискова фрикційна муфта. Даний елемент трансмісії часто виходить зі строю і потребує дослідження НДС при включенні і передачі моменту, на підставі яких можливо модернізація БФМ з метою покращення показників роботи агрегату.

1 АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ БФМ НА СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЯХ ТА ТРАКТОРАХ

На сьогоднішній день в конструкції багатьох автомобілів використовуються багатодискові зчеплення як в складі зчеплення так і елементами коробки передач. Застосування багатодискової муфти значно підвищили показники динаміки розгону автомобіля, знизили витрати палива, дозволили передавати обертальний момент без розриву потоку потужності.

Усе, що зв'язує двигун з ведучими колесами, складає трансмісію автомобіля. Трансмісія в автомобілі виконує, як правило, наступні функції:

- передає крутний момент від двигуна до ведучих коліс;
- змінює величину й напрямок крутного моменту;
- перерозподіляє крутний момент між ведучими колесами.

Залежно від виду енергії, яка перетворюється, розрізняють наступні види трансмісії:

- механічна трансмісія (передає й перетворює механічну енергію);
- електрична трансмісія (перетворює механічну енергію в електричну й після передачі до ведучих коліс – електричну в механічну енергію);
- гідрооб'ємна трансмісія (перетворює механічну енергію в енергію потоку рідини й після передачі до ведучих коліс – енергію потоку рідини в механічну енергію);
- комбінована трансмісія (електромеханічна, гідромеханічна - т.зв. «гібриди»).

Більшість сучасних роботизованих коробок передач обладнані подвійним зчепленням. Даний пристрій, крім традиційних функцій зчеплення, забезпечує попередній вибір чергової передачі при включеній іншій передачі зарахунок почергової роботи двох фрикційних муфт. При цьому крутний момент від двигуна на ведучі колеса передається безупинно.

У роботизованій коробці передач із подвійним зчепленням для парних і непарних передач використовується окреме зчеплення. По своїй суті це дві

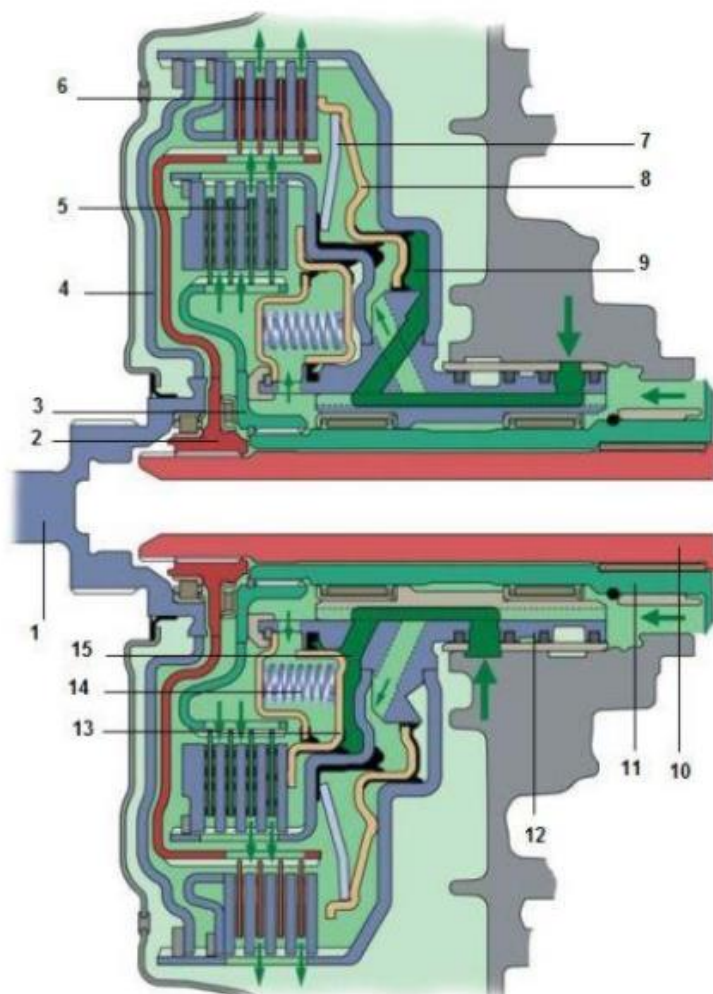
окремі коробки передач, що заходяться в одному корпусі й працюють як єдине ціле.

Застосування подвійного зчеплення в конструкції коробок передач почалося з 1980 року завдяки розробкам Porsche і Audi для своїх спортивних автомобілів. На теперішній час подвійне зчеплення використовується в наступних конструкціях коробок передач: DSG від Volkswagen; M DCT від BMW; Powershift від Ford; Speedshift від MercedesBenz; S-Tronic від Audi; Twin Clutch SST від Mitsubishi; 7DT від Porsche.

Через високу технічну складність виробників подвійного зчеплення не так багато, у тому числі: BorgWarner («мокре» зчеплення для Volkswagen); Getrag (коробки передач із подвійним зчепленням для BMW, Chrysler, Dodge, Ferrari, Ford, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Renault, Volvo); Luk («сухе» зчеплення для Volkswagen); Ricardo (коробка передач для Bugatti Veyron); ZF (коробка передач для Porsche).

Ряд автомобільних компаній у конструкції своїх коробок використовують компоненти різних виробників, наприклад, в M DCT від BMW використовується коробка передач від Getrag, а подвійне зчеплення від BorgWarner рис 1.1.

«Мокре» зчеплення має краще охолодження, тому може застосовуватися для передачі більшого крутного моменту (до 350 Н м і більше). Наприклад, «мокре» зчеплення в коробці передач Bugatti Veyron забезпечує передачу крутного моменту 1250 Н м. Межа «сухого» зчеплення – 250 Н м. Разом з тим, «сухе» зчеплення більш ефективно в експлуатації, тому що в ньому відсутні втрати потужності двигуна на привід масляного насоса.



1 – вхідна маточина; 2 – маточина першої муфти; 3 – маточина другої муфти; 4 – ведучий диск; 5 – пакет дисків другої муфти 6 – пакет дисків першої муфти; 7 – діафрагмова пружина; 8 – поршень; 9 – гідроциліндр першої муфти; 10 – первинний вал першого ряду; 11 – первинний вал другого ряду; 12 – головна маточина; 13 – поршень; 14 – виткова пружина; 15 – гідроциліндр другої муфти

Рисунок 1.1 – Схема подвійного зчеплення

Конструктивно БФМ поєднує два пакети фрикційних дисків, розміщених у корпусі. Частина дисків обох пакетів жорстко з'єднана з корпусом зчеплення. Корпус, у свою чергу, через маточини з'єднаний із двигуном. Інша частина дисків закріплена на своїх маточинах, які посаджені на первинні вали відповідних рядів передач рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Коробка DSG Audi A3

Нормальне положення зчеплення – розімкнуте. Замикання зчеплення (стиск пакетів дисків) виконується за допомогою гідроциліндрів під керуванням електрогідравлічного модуля. У вихідне положення диски повертаються за допомогою пружин.

Залежно від конструкції зчеплення пакети фрикційних дисків можуть мати:

- концентричне розташування (муфти розташовані в одній площині, перпендикулярно первинному валу);
- паралельне розташування (муфти розташовані один за одним паралельно).

Концентричне розташування муфт більш компактне, тому застосовується в трансмісії передньоприводних автомобілів (поперечне розташування двигуна). При концентричному розташуванні зовнішня муфта обслуговує непарні передачі, внутрішня - парні передачі. У силу своєї конструкції (більша площа дисків) зовнішня муфта розрахована на передачу

більшого крутного моменту. Подвійне зчеплення з паралельним розташуванням дисків застосовується, в основному, на задньопривідних автомобілях.

Багатодискові муфти використовуються в системах повного приводу Porsche Traction Management (рис. 1.3), яка включає в себе активний повний привід з електронно керованою багатодисковою муфтою, автоматичне блокування міжколісних диференціалів (ABD) та антибуксувальну систему (ASR).

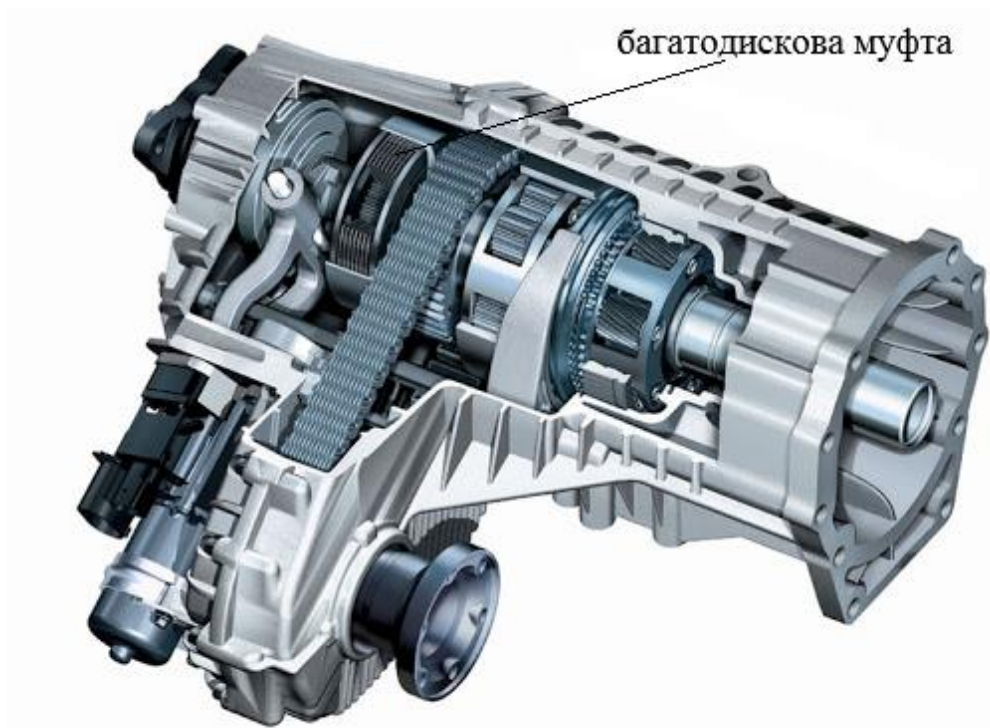


Рисунок 1.3 – Роздатна коробка передач Porsche Cayenne

Міжосьова муфта Haldex 4-го (рис. 1.4) покоління застосовується в системах повного приводу таких автомобілів як Saab (9-3 XWD), Opel (Insignia), VW Tiguan, Skoda Octavia, Superb і так далі. Системи попереднього покоління можна зустріти на машинах Volvo, Land Rover (Freelander), Ford (Kuga) і Seat в якості міжосьового диференціала.

Головний агрегат повнопривідної трансмісії цих машин - багатодискова муфта Haldex, виготовлена однойменним шведським концерном, визнаним

експертом у своїй області. Муфта являє собою окремий модуль, що стикується з редуктором заднього моста й передає на нього крутний момент через пакет фрикційних дисків, що знаходяться у масляній ванні.

На відміну від інших розповсюджених систем, частка тяги, що доводиться на задню вісь, плавно міняється залежно від дорожніх умов, режиму руху й ряду інших факторів.

Муфта Haldex разом із блоком керування, електронасосом і масляним картером утворюють єдиний модуль, що пристиковується до головної передачі задньої осі.

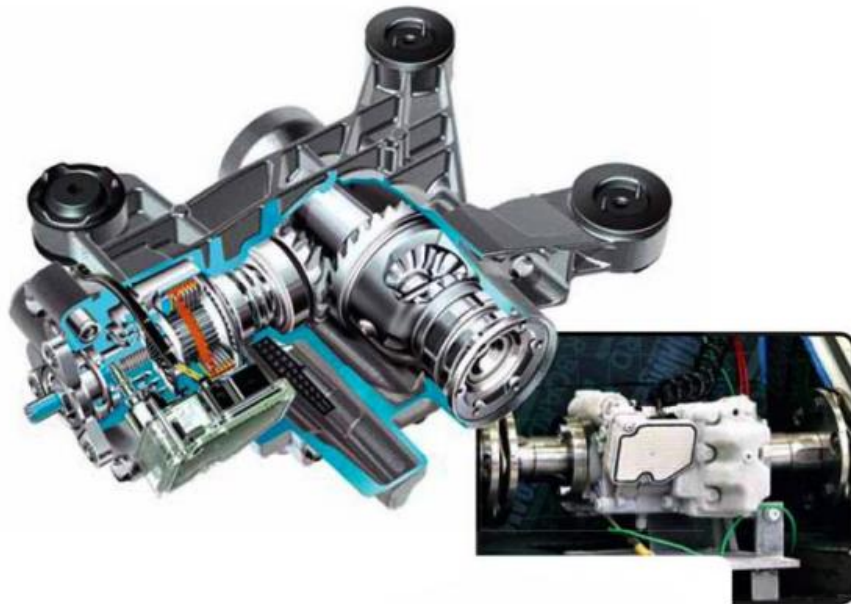


Рисунок 1.4 – Муфта Haldex

На автомобілях Skoda використовуються муфти Haldex (рис. 1.5) самого останнього четвертого покоління. У них, на відміну від більш ранніх моделей, немає механічного гідронасоса, що спрацьовував тільки при пробуксовці коліс. Тепер його замінив насос із електроприводом. Він заздалегідь створює необхідний тиск у системі, що підтримується за допомогою гідроаккумулятора й по команді електроніки через спеціальний електромагнітний клапан подається на робочі поршні, що стискають пакети дисків. За сигналом блоку керування муфта здатна вступити в роботу всього через 0,015 с.

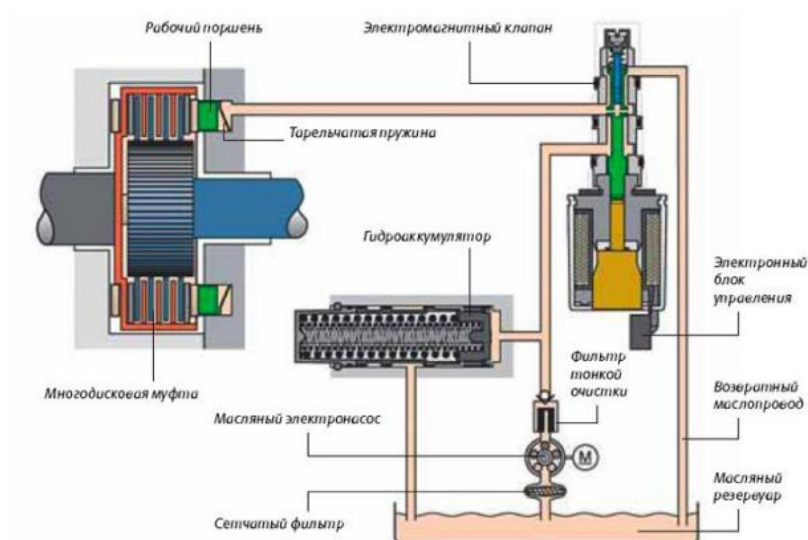


Рисунок 1.5 – Схема муфти Haldex

BMW використовують багатодискові муфти в конструкції інтелектуальної системи повного приводу xDrive (рис. 1.6). Використання багатодискових муфт у багатьох вузлах сучасних автомобілів зумовлено перевагами над іншими видами муфт.

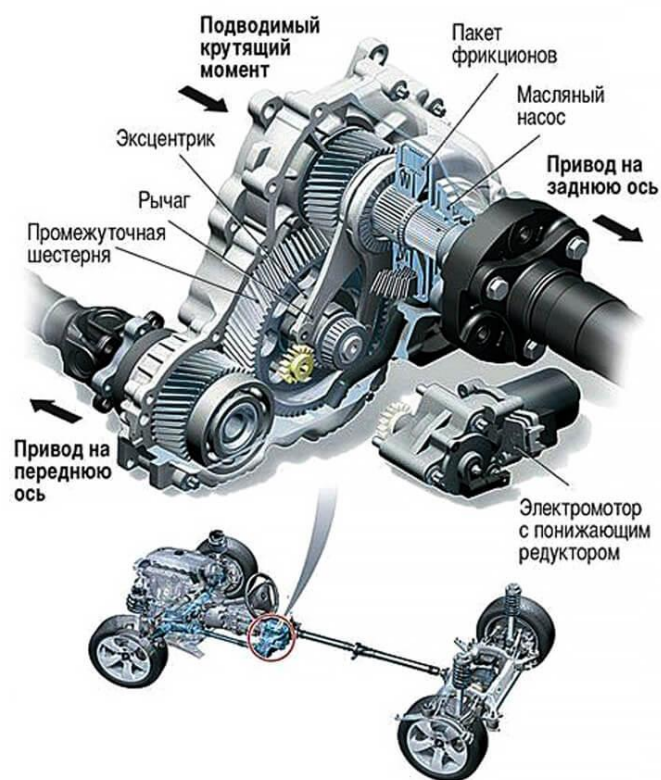
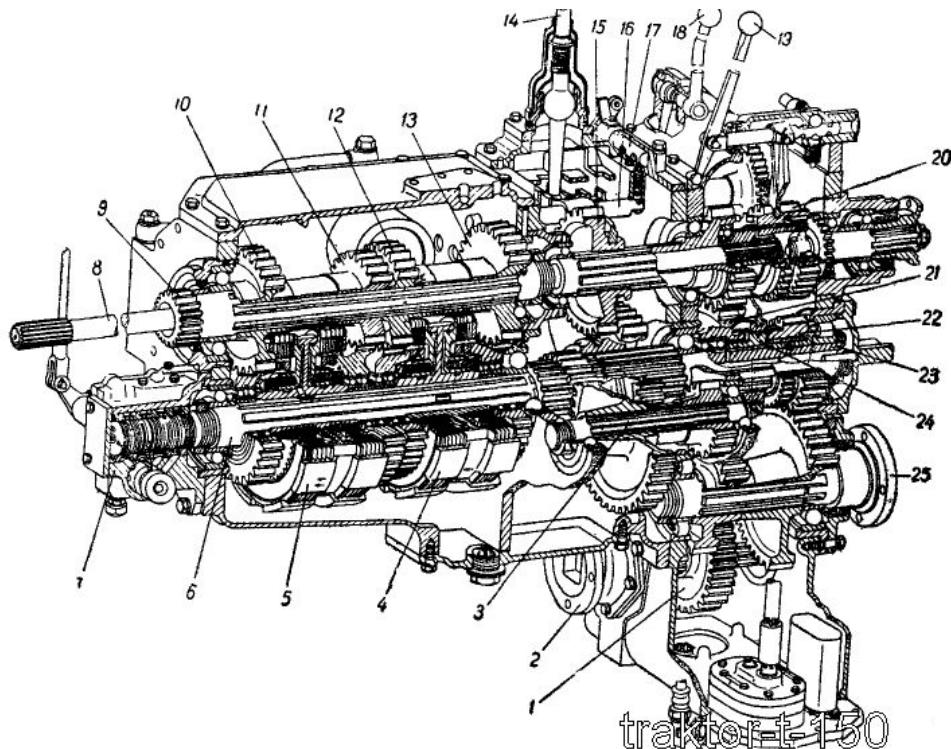


Рисунок 1.6 – Система полного привода xDrive

БФМ використовується в КП автобусів та тракторів ХТЗ рис. 1.7.



1 - рухома шестерня включення переднього моста; 2 - вал привода переднього моста; 3 - вал редуктора I діапазону; 4 - гідропіджимна муфта задня; 5 - гідропіджимна муфта передня; 6 - вторичний вал; 7 - розподільник гідросистеми КП; 8 - вал приводу ВВП; 9 - первинний вал КП; 10 - ведуча шестерня IV передачі; 11 - ведуча шестерня I передачі; 12 - ведуча шестерня II передачі; 13 - ведуча шестерня III передачі; 14 - важіль перемикання діапазонів; 15 - рухома шестерня включення заднього ходу; 16 - валик включення заднього ходу; 17 - механізм блокування перемикання діапазонів; 18 - важіль включення переднього моста; 19 - важіль включення приводу ВВП; 20 - шестерня приводу насосів і включення ВОМ; 21 - ведуча шестерня III діапазону; 22 - ведуча шестерня I I діапазону; 23 - первинний вал роздавальної коробки; 24 - зубчаста муфта перемикання діапазонів; 25 - вал приводу заднього моста.

Рисунок 1.7 – КП автобуса, трактора ХТЗ

Переваги багатодискової фрикційної муфти:

- компактність;

- при використанні багатодискової муфти значно зменшуються габарити вузла;
- передача істотного крутного моменту при малих розмірах механізму (за рахунок збільшення кількості дисків);
- плавність роботи;
- можливість співвісно з'єднувати ведучий та відомий вали.

Але даний агрегат має ряд недоліків, основні з яких це малий ресурс в разі частоті експлуатації при максимальних навантажень, згорання фрикційного покриття, різке зниження коефіцієнту тертя.

Основною проблемою щодо елементів трансмісії в наш час є задоволення максимально повної та ефективної передачі крутного моменту з забезпеченням найбільш ефективного використання автомобіля чи трактора при зменшенні витрат на керування та в експлуатації. Рішення дає можливість зменшення витрати палива, дотримання екологічних норм та покращення тягово-динамічних та техніко-економічних показників транспортного засобу. Звідси з'являється задача, пов'язана з удосконаленням процесу перемикання передач, управління зчепленням та усуненням існуючих конструктивних недоліків вузлів та агрегатів.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ НДС ЕЛЕМЕНТІВ БФМ ПРИ РОЗПОДІЛЕНОМУ НАВАНТАЖЕННІ Й ЗМІНІ ТЕМПЕРАТУРИ

Для виявлення уразливих частин муфти була створена 3-D модель і проведений розрахунок на знаходження напружень і деформацій елементів БФМ зображеної на рис. 2.1. Для оцінки цих параметрів при тепловому й механічному впливі використовувалася МКЕ програма ANSYS.

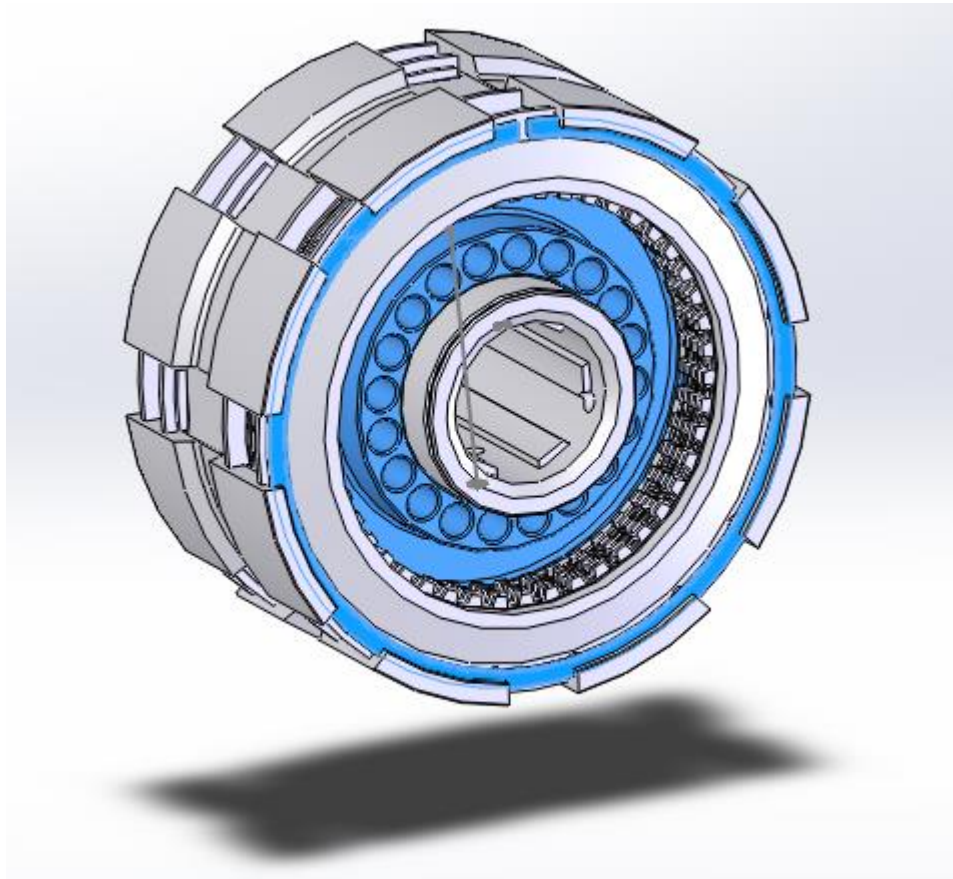


Рисунок 2.1 – 3-D модель БФМ

Для розрахунку температурного поля елементів муфти використовувалося відоме рівняння теплопровідності у вигляді:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) + Rt + Q = 0,$$

$$t|_{s_t} = t_0,$$

$$q|_{s_q} = - \left(\lambda_x \frac{\partial t}{\partial x} n_x + \lambda_y \frac{\partial t}{\partial y} n_y + \lambda_z \frac{\partial t}{\partial z} n_z \right),$$

$$\alpha(t - t_{cp})S_\alpha = - \left(\lambda_x \frac{\partial t}{\partial x} n_x + \lambda_y \frac{\partial t}{\partial y} n_y + \lambda_z \frac{\partial t}{\partial z} n_z \right),$$

де t – температура поверхні деталі;

Q – внутрішнє джерело теплоти;

R – внутрішнє джерело теплоти, пропорційне температурі;

α – коефіцієнт тепловіддачі на поверхні S_α ;

t_{cp} – температура середовища;

$\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ – коефіцієнти теплопровідності у напрямку осей анізотропії, для ізотропного матеріалу $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$;

n_x, n_y, n_z – керуючі косинуси зовнішньої нормалі;

q – тепловий потік на поверхні S_t .

ГУ відповідають теплообміну із зовнішнім середовищем за законом Ньютона.

Для випадку ГУ 3-го роду й відсутності внутрішніх джерел теплоти рішення знаходимо шляхом мінімізації відповідного функціонала:

$$\Phi(t) = \frac{1}{2} \iiint_V \left(\lambda_x \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right)^2 + \lambda_y \left(\frac{\partial t}{\partial y} \right)^2 + \lambda_z \left(\frac{\partial t}{\partial z} \right)^2 \right) dv + \frac{1}{2} \iint_S \alpha (t - t_{сеп}) t dS \rightarrow \min.$$

Постановка задачі в напругах і деформаціях у програмному комплексі розглядається в такий спосіб:

$$\sigma = D \cdot \varepsilon_d,$$

де σ – вектор напруги;

ε_σ – вектор деформацій;

D – матриця жорсткості;

$$\varepsilon_x = \alpha_x \Delta T + \frac{\sigma_x}{E_x} - \frac{\mu_{xy} \sigma_y}{E_x} - \frac{\mu_{xz} \sigma_z}{E_x},$$

$$\varepsilon_y = \alpha_y \Delta T - \frac{\mu_{xy} \sigma_x}{E_x} + \frac{\sigma_y}{E_y} - \frac{\mu_{yz} \sigma_z}{E_y},$$

$$\varepsilon_z = \alpha_z \Delta T - \frac{\mu_{xz} \sigma_x}{E_x} - \frac{\mu_{yz} \sigma_y}{E_y} + \frac{\sigma_z}{E_z},$$

де $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ – деформації у напрямку осей x, y, z ;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – напруги у напрямку осей x, y, z ;

ε_{xy} – деформації зрушення у напрямку площини xy ;

σ_{xy} – напруги зрушення у площини xy ;

При виконанні досліджень приймалася температура навколишнього середовища 60°C . Максимальна температура поверхні тертя диска задавалася 150°C . Інші теплофізичні й механічні характеристики задавалися для матеріалів муфти рис. 2.2:

диски – сталь 65Г;

барабан – сталь 40Х;

поршень – алюмінієвий сплав Д1.

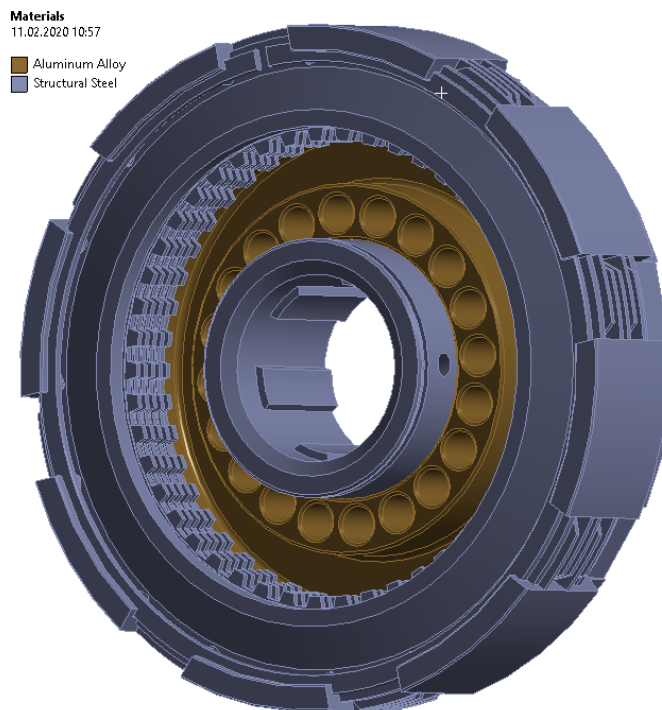


Рисунок 2.2 – Використанні матеріали в БФМ

Величина механічного впливу на поверхні тертя задавалася гранично припустимими значеннями питомого тиску $1,2 \text{ МПа}$ фрикційних пар для

мокрих дискових зчеплень, які широко використовуються в автомобільній промисловості.

Модель багатодискової фрикційної муфти була розбита за методом кінцевих елементів на 550 тис. вузлів рис. 2.3.

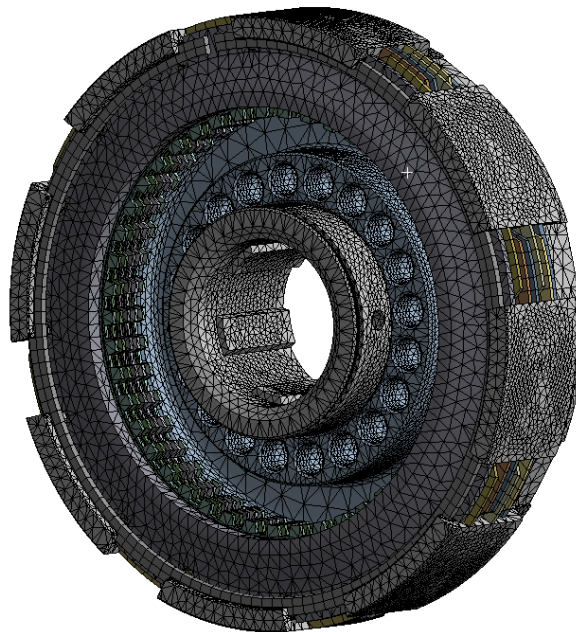


Рисунок 2.3 – КЕ модель БФМ

Для барабану БФМ деформації показані на рис. 2.4. Максимальна й мінімальна деформація по площині поверхні барабану становить 0 мм і 0,015 мм. Максимальні деформації виникають на краях барабану (в канавках для розташування стопорного кільця). В результаті утворених деформацій можливе виникнення перекосу, що призведе до швидшого зносу фрикційних поверхонь та більшого пробуксовування на високих обертах.

Деформації фрикційного диску нерівномірно розподілені по поверхні від 0,012 мм до 0,019 мм рис. 2.5. Максимальні значення деформацій розташовані в області внутрішнього радіусу диску. Таке розподілення негативно впливає на рівномірність зношення фрикційного покриття.

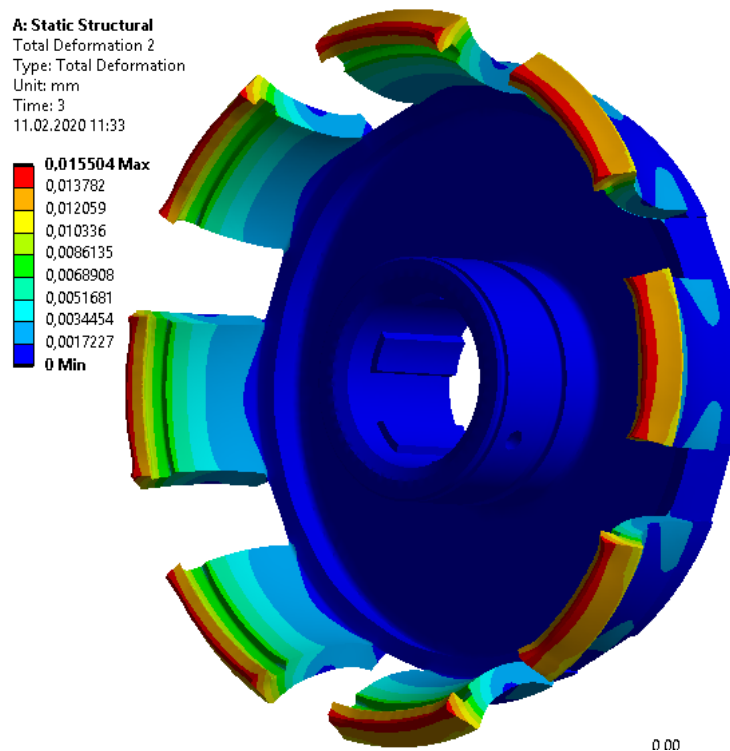


Рисунок 2.4 – Деформація барабану БФМ при тиску 1,2 МПа

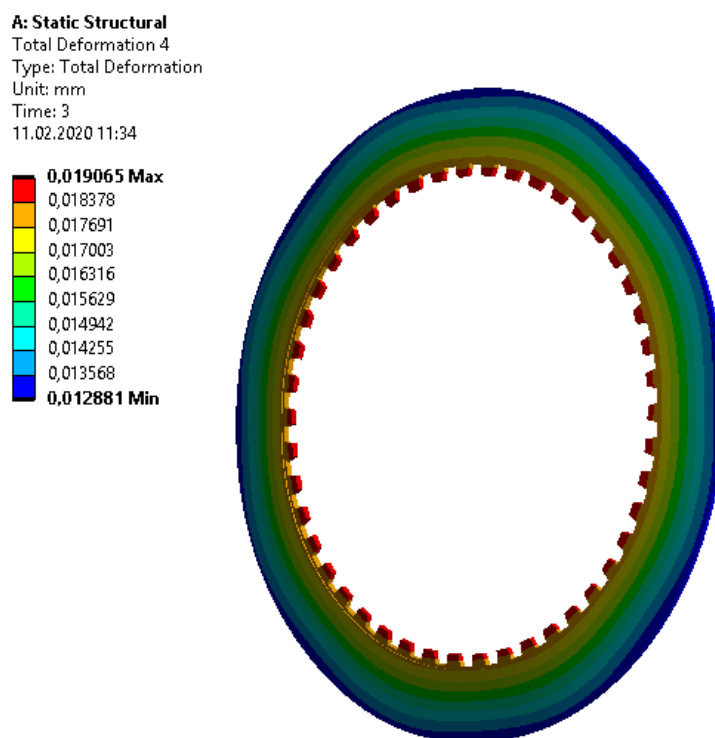


Рисунок 2.5 – Деформація поверхні фрикційного диску БФМ при тиску 1,2 МПа

Сумарні деформації у відомому диску показані на рис. 2.6. Переміщення розподілені нерівномірно від 0,011 до 0,017 мм, таким чином утворюються прогини в середині диска.

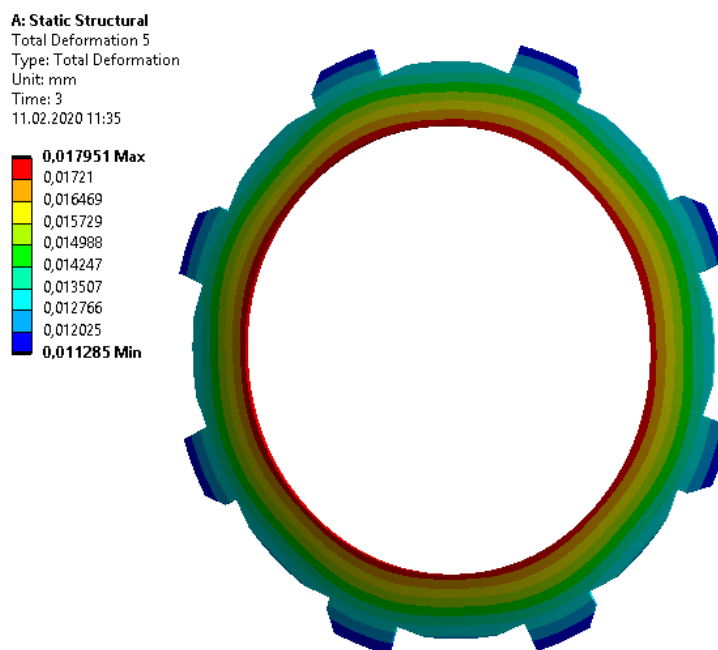


Рисунок 2.6 – Деформації у відомому диску під тиском 1,2 МПа

Для кращого бачення залежності прогину дисків від робочої температури представлена діаграма, яка в відсотках показує величину прогину при різних температурах рис. 2.7.

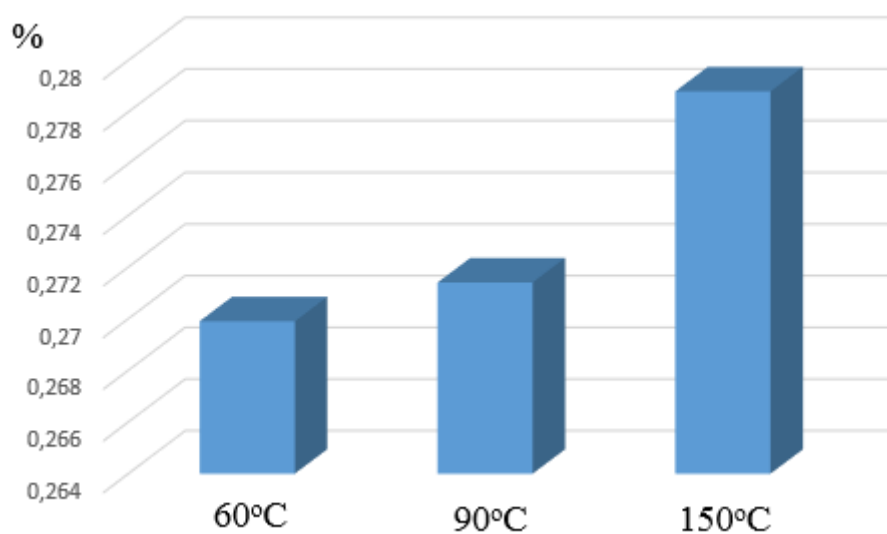


Рисунок 2.7 – Діаграма прогинів

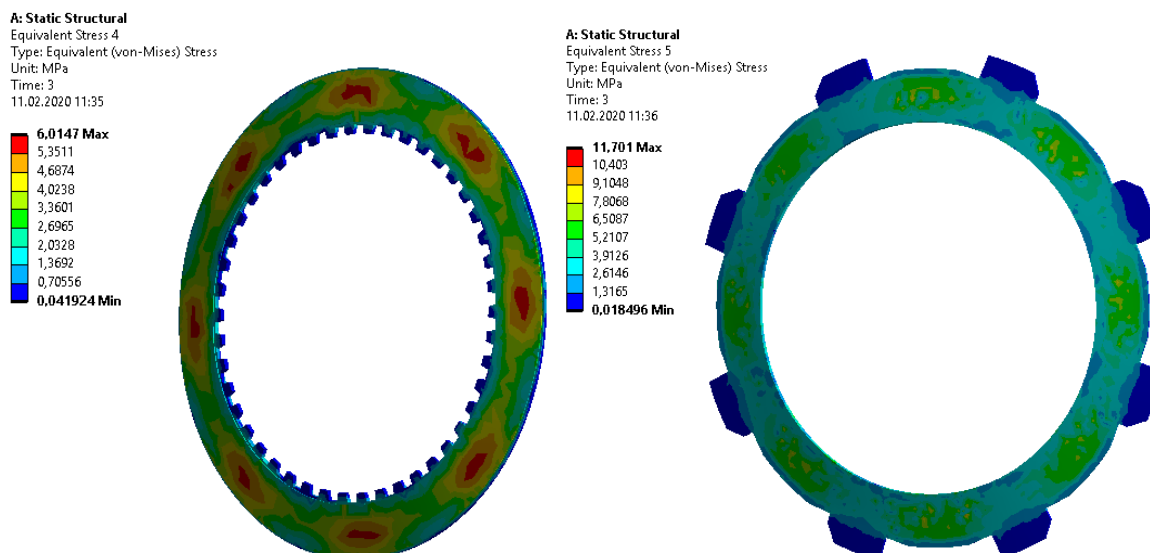


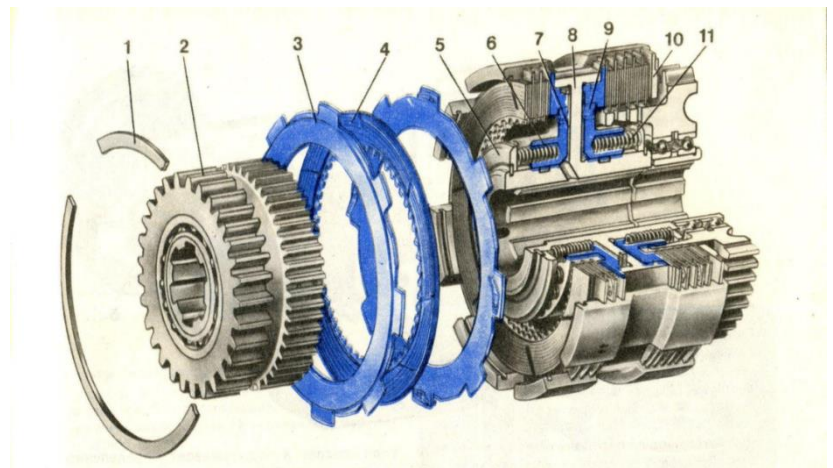
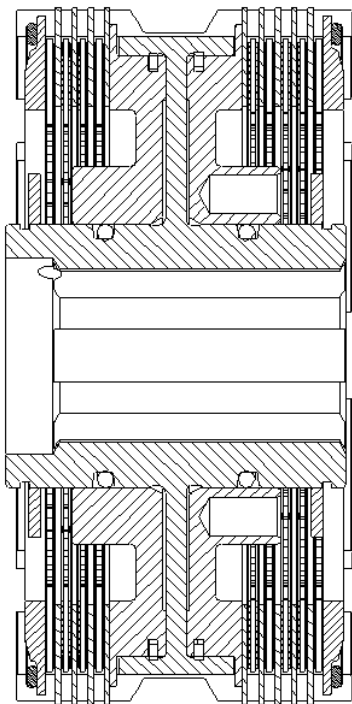
Рисунок 2.8 – Виникнення напружень у ведучому та відомому дисках

Розподілення напружень по поверхні дисків нерівномірне від 0,019 МПа до 11,701 МПа рис. 2.8. Виявленні характерні області на поверхнях дисків, які витримують більші навантаження порівняно з іншими частинами

Найбільші деформації, що впливають на роботу муфти, виникають в площині внутрішніх діаметрів дисків та краях пелюсток барабану, при цьому розподілені нерівномірно по поверхні. Поява таких деформацій зумовлена недоліком конструкції муфти, яка не може гарантувати потрібну жорсткість, утворюючи перекіс у фрикційному пакеті.

3 АНАЛІЗ СЕРІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ БФМ ТА ЇЇ УДОСКНАЛЕННЯ

В конструкції багатодискової фрикційної муфти використовується барабан з пакетом фрикційних дисків, який стискається поршнем під дією напору гідравлічної рідини рис. 3.1. Після стискання фрикційний пакет упирається в стопорне кільце рис. 3.2, яке розміщене і зафіксовано на торці барабану. Аналіз даної конструкції показав, що в робочому стані при передачі моменту опорний диск фрикціонів, рух якого обмежений стопорним кільцем може деформуватися сумісно з ведучими та відомими фрикційними дисками. Перекіс дисків може призводити до нерівномірного їх навантаження, підвищенню буксування. Таким чином може спостерігатися зниження показників ефективності роботи багатодискової муфти, що може привести до суттєвому скороченню ресурсу.



- 1 – стопорне кільце; 2 – шестерня; 3 – ведучий диск; 4 – ведомий диск;
 5 – ущільнююче кільце; 6 – поршень; 7 – порожнина (бустер);
 8 – барабан; 9 – зливний клапан; 10 – упорний диск; 11 – пружина

Рисунок 3.1 – Збірка і креслення багатодискової фрикційної муфта КП автобуса, трактора ХТЗ

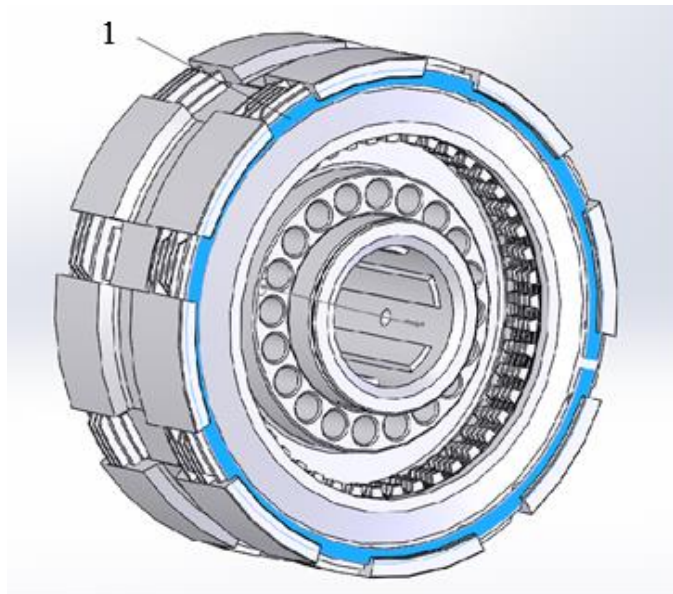
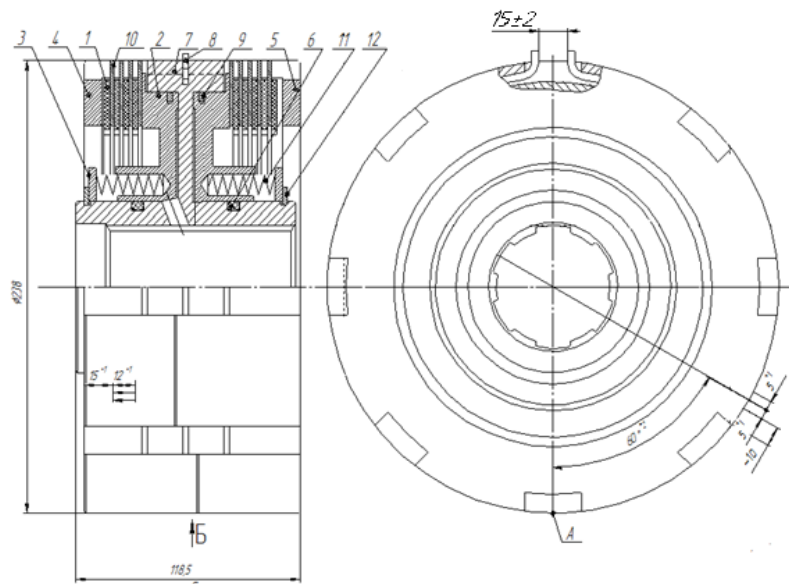


Рисунок 3.2 – Розміщення стопорного кільця опорного диску на барабані БФМ

Для усунення недоліків існуючих муфт була розглянута нова конструкція муфти рис. 3.4 і розроблено 3D-моделі рис 3.5. Відмінність конструкції полягає у виготовленні барабану зі стінкою, яка буде служити жорсткішим упором для пакету фрикційних дисків в робочому стані.



- 1 – фрикційний диск; 2 – поршень; 3 - пружина ; 4, 5 – дно опорних дисків;
 7 – маточина; 6, 8, 9, 12 – стопорні кільця; 10 – відомий диск;
 11 – пружина;

Рисунок 3.3 – Креслення нової конструкції муфти

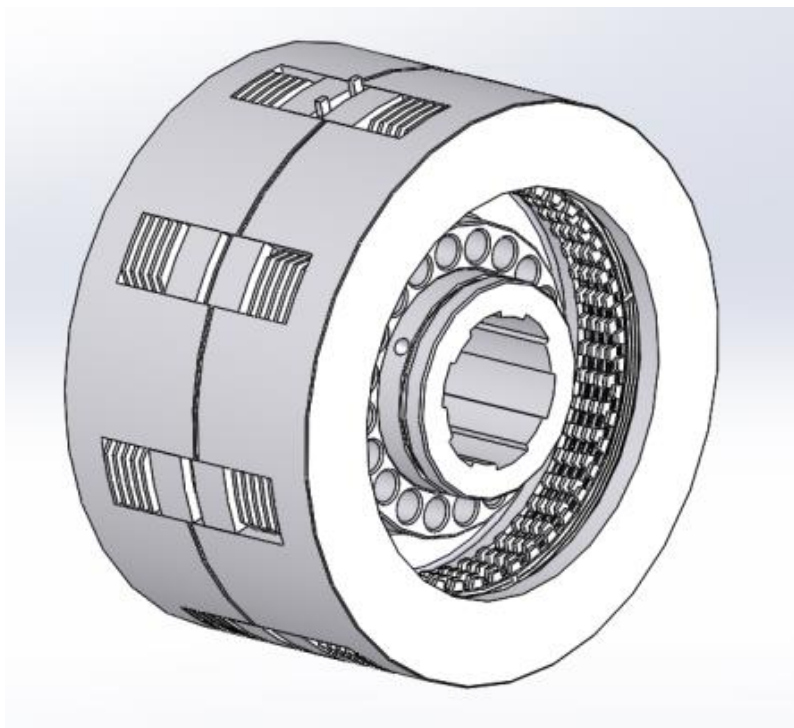


Рисунок 3.4 – 3-D модель муфти з удосконаленим збірним барабаном

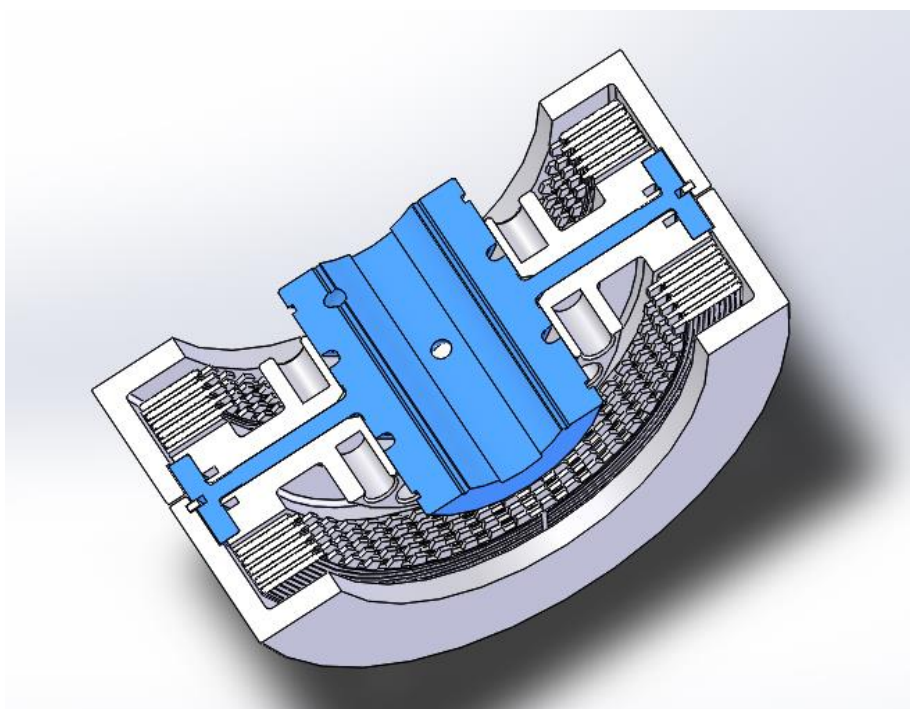


Рисунок 3.5 – Розріз нової муфти

Розріз нової муфти показаний на рис. 3.5, збірка нової муфти на рис. 3.6.

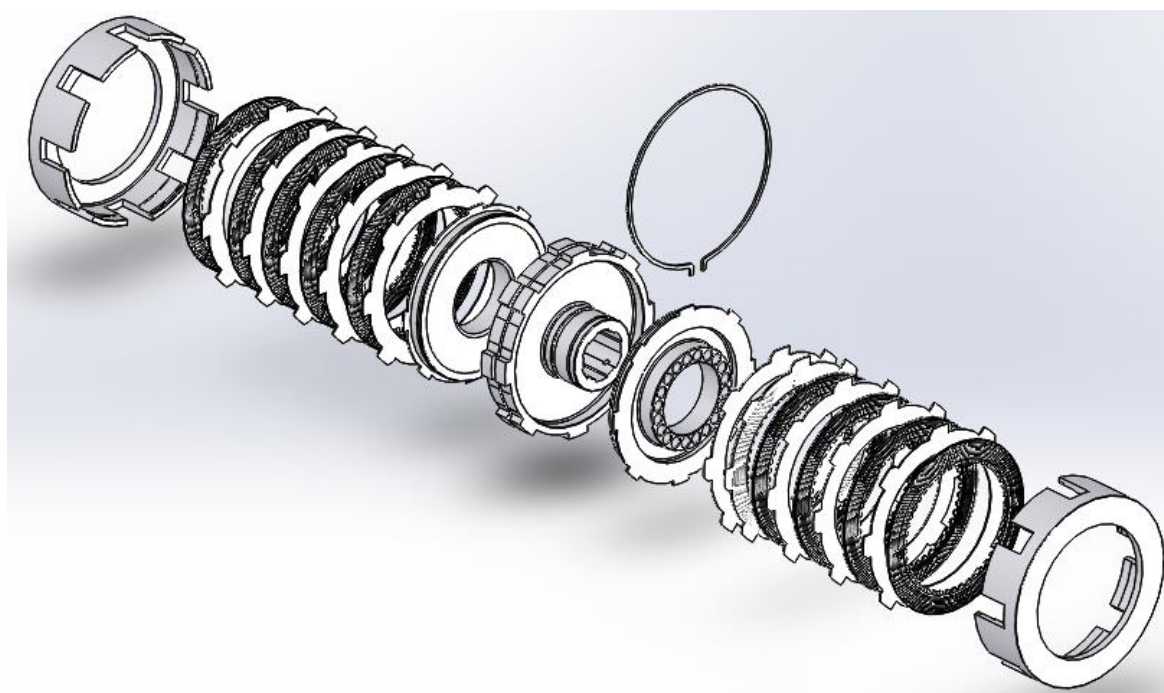


Рисунок 3.6 – По елементна збірка муфти

На відміну від барабану діючих муфт рис. 3.7, барабан нової муфти має жорстку опору у вигляді сталеві стінки рис. 3.8, яка являється одним цілим з барабаном, що сприятиме ліквідації перекоосу дисків фрикційного пакету.

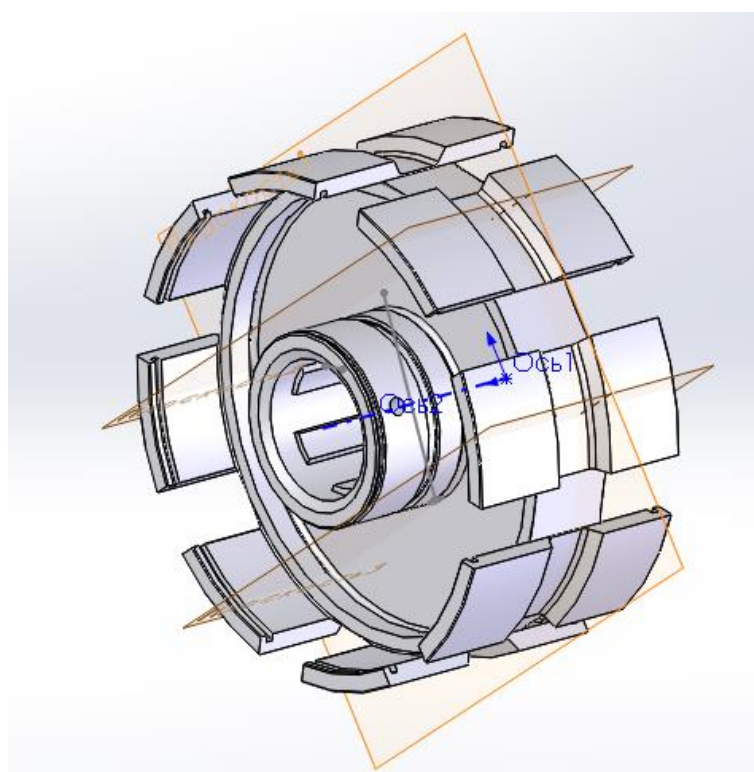


Рисунок 3.7 – Діючий барабан

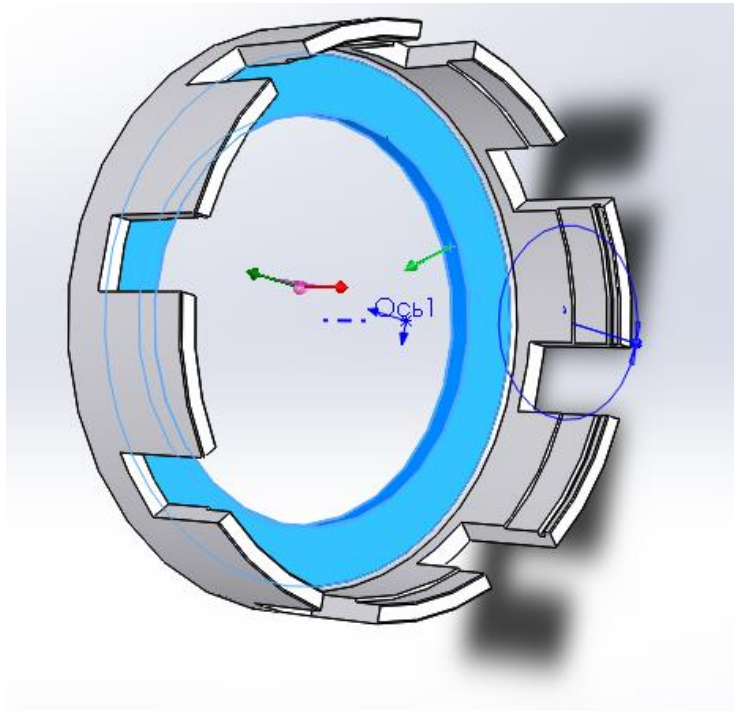


Рисунок 3.8 – Новий барабан

Нова муфта, креслення якої показано на рис. 3.3, має вимоги збірки:

1. У зібраній муфті відомі диски повинні зсуватися у радіальному напрямку під дією власної ваги.
2. Поршні під тиском 0,4 МПа (стиснутого повітря) повинні без зазору притискати відповідні пакети дисків до дна опорних дисків, а під впливом пружин повертатися назад.
3. У зібраній муфті сумарний просвіт між дисками збоку 5-ти дисків повинен знаходитися у межах – 2,16...6,17 мм.

ВИСНОВОК

На підставі результатів отриманих розрахунків можна визначити недоліки роботи багатодискової фрикційної муфти. Найбільш уразливим елементами фрикційної муфти є диски та барабан. Розподілення напружень по поверхні дисків нерівномірне від 0,019 МПа до 11,701 МПа. Деформація дисків становить від 0,011 до 0,017 мм, поява таких деформацій зумовлена недоліком конструкції муфти, яка не може гарантувати потрібну жорсткість опорних елементів. В разі чого утворюється перекис фрикційного пакету.

Рішення даної проблеми лежить у розробці нової конструкції муфти, з використанням модернізованого барабану. Головною відмінністю якого є опора у вигляді стінки, яка виготовлена сумісно з барабаном.

Впровадження нової муфти дозволить зменшити зношування фрикційного покриття, зменшити тривалість буксування, збільшити ресурсність муфти, навіть при умовах підвищеної навантаженості.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Алукер И.Г. Приближенный учет теплоотдачи с поверхности трения при расчете температур фрикционных элементов // Машиноведение. 1980. – №6. – С. 93 – 96.
2. Бриджмен, П.У. Исследования больших пластических деформаций и разрыва: влияние высокого гидростатического давления на механические свойства материалов / П.У. Бриджмен. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 448 с.
3. Гаспарянц Г.А. Конструкция, основы теории и расчёта автомобиля: Учебник для машиностроительных техникумов по специальности «Автомобилестроение». – М.: Машиностроение, 1978. – 351с.
4. Гольд Б.В. Конструирование и расчёт автомобиля. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1962. – 464с.
5. Захарик Ю.М., Захарик А.М. и др. Многофакторное моделирование работы сцепления автомобиля // Автомобильный транспорт. Сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – Вып.16. – С. 189 – 191.
6. Измайлов, В.В. О параметрах удельной силы трения и методиках их определения / В.В. Измайлов, М.В. Новоселова, С.А. Чаплыгин // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 9. Тверь: ТвГТУ, 2016. С. 8–15.
7. Основы трибологии: учебник [для вузов]; под ред. А.В. Чичинадзе. - М.: Центр «Наука и Техника», 1995. - 778 с.
8. Основы трибологии; под ред. А.В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2001. - 663 с.
9. Сергієнко М.Є., Скрипник І.А., Твердохліб О.А. та інші. Вплив параметрів конструкції багатодискової муфти на стабільність характеристик // Матеріали XVII міжнародної н.-практ. конф. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я – Харків: НТУ «ХП», 2009. – Ч.1. – С.100.

10. Трение, износ и смазка. Трибология и триботехника; под ред. А.В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2003. - 575 с.

11. Яценко В.Ю., Свідло В.С., Сергієнко М.Є., Соболев Є.Ф. Результаты работы опублик. Матеріали XIII Міжнародна н.-практ. конф. студентів і аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (19 -22 листопада 2019 року). Харків НТУ «ХПІ», 2019. – С. 598.