

Тема лекції 3.11: Муфти

План лекції

1. Призначення та класифікація муфт.
2. Застосування муфт.
3. Конструкція муфт.
4. Короткі відомості про вибір і розрахунок муфт.

<https://www.rafk.if.ua/ebook/mech/Dokument/Lekzia/3%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%BB/3.11.htm>

1. Призначення та класифікація муфт

2. Застосування муфт

У сучасному машинобудуванні більшість машин складається зі збиральних одиниць (вузлів) і механізмів. Для забезпечення кінематичного та силового зв'язку вали вузлів з'єднують муфтами.

Муфтою називається пристрій для з'єднання валів і передачі обертового моменту без змінювання його величини та напрямку, наприклад, вали двигуна і редуктора, редуктора і виконавчого механізму (рис. 1) При цьому параметри руху, як правило, не змінюються, оскільки передаточне число муфти $u = 1$. В ряді випадків муфти додатково поглинають вібрації та поштовхи, запобігають аваріям при перевантаженнях машин, а також застосовуються для вмикання та вимикання робочого механізму машини без зупинки двигуна.

Муфти служать для з'єднання кінців валів. Також муфти використовують для включення та виключення виконавчого органу при безперервній роботі двигуна (керовані муфти), запобігання машини від перевантажень (запобіжні муфти), компенсації шкідливого впливу не співвісності валів (компенсуючі муфти), зменшення динамічних коливань (пружні муфти) тощо

Застосування муфт пов'язане з тим, що більшість машин, у тому числі і їхній привод, komponують із окремих складальних одиниць, що мають вхідні та вихідні вали. Такими складальними одиницями є, наприклад, двигун, редуктор і робочий орган машини. Безпосередній кінематичний і силовий зв'язок між двигуном і редуктором, редуктором і робочим органом здійснюється за допомогою муфт. Потреба у муфтах виникає і в тих випадках, коли довгі вали за умовами технології виготовлення і складання або транспортування слід виготовляти з кількох складових частин.

З'єднання валів і передавання обертового моменту є спільним, але не єдиним призначенням муфт. Муфти можуть виконувати і інші функції, такі як компенсування похибок взаємного розміщення валів, захист елементів

машини від перевантажень, зменшення динамічних навантажень, з'єднання і роз'єднання робочого органу машини з двигуном без його вимкнення

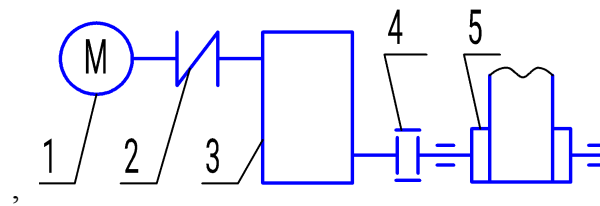


Рис.1 – Схема привода стрічкового конвеєра

У зображеному приводі використано дві муфти: швидкохідна муфта 2 з'єднує вали електродвигуна 1 та редуктора 3; тихохідна муфта 4 з'єднує вихідний вал редуктора з валом барабана 5.

Муфти можуть виконувати також інші функції:

- 1) компенсувати неспіввісність валів;
- 2) знижувати рівень динамічного навантаження в приводі;
- 3) з'єднувати та роз'єднувати вали в процесі роботи без зупинки двигуна;
- 4) охороняти машини від поломок при перевантаженнях та зміні режиму роботи.

Практично будь-яка муфта складається з ведучої та веденої півмуфт, посаджених на ведучий і ведений вали, причому з'єднання півмуфт із валами, як правило, глухе (у деяких випадках одна з півмуфт має лише кутову фіксацію). Півмуфти з'єднані між собою за допомогою або додаткових деталей, або конструктивних елементів, виконаних як одне ціле з півмуфтами.

Основні вимоги до муфт:

- 1) простота конструкції та мінімальні габарити;
- 2) високі надійність і точність передавання руху;
- 3) мінімально можлива вартість;
- 4) високий ККД.

Класифікація механічних муфт наведена на рис. 1 у вигляді структурної схеми. Усі муфти поділяють на чотири класи: некеровані, керовані, самокеровані та комбіновані. Кожний клас муфт складається з груп, а кожна група має відповідні підгрупи, види.

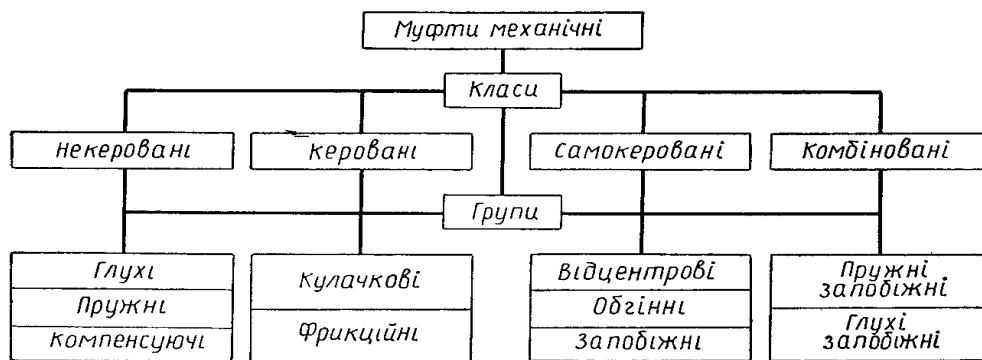


Рис. 37.2. Класифікація муфт

Рис 1 Класифікація муфт

Широко застосовувані муфти стандартизовані. Основною паспортною характеристикою муфти є значення обертового моменту, на передачу якого вона розрахована.

Класифікація муфт :

- 1) **некеровані** (постійної дії): призначені для сталого з'єднання валів
 - глухі,
 - компенсуючи пружні,
 - компенсуючі жорсткі;
- 2) **керовані**: (зчіпні), які служать для з'єднання та роз'єднання валів під час роботи
 - кулачкові,
 - зубчасті;
 - фрикційні;
- 3) **самокеровані автоматичні**: які автоматично з'єднують або роз'єднують вали в разі зміни заданого режиму роботи
 - відцентрові (самокеруються по частоті обертання),
 - запобіжні (самокеруються по моменту) вільного ходу (самокеруються по напрямку обертання).

За принципом дії муфти поділяють на класи: механічні, гідравлічні, електричні та ін. У курсі деталей машин вивчають тільки механічні муфти.

3. Конструкція муфт

Некеровані муфти

До класу некерованих муфт належать усі нерозчіпні (постійно діючі) муфти, тобто такі, в яких частини муфти (ведуча і ведена півмуфти) з'єднані між собою постійно. Цей клас муфт є найпоширенішим

Глухі муфти призначені для з'єднування співвісних валів, осі яких лежать на одній прямій. До них належать:

- 1) втулкові;
- 2) фланцеві;
- 3) поздовжньо-згвинчувані.

Недолік втулкових і фланцевих муфт – незручність їх монтажу та демонтажу, для чого потрібне осьове зміщення валів.

Втулкова муфта – найпростіша з глухих муфт, суцільна і насаджується на кінці валів (рис. 2 а, б), які підлягають з'єднанню. З'єднання суцільної втулки з валами може здійснюватись за допомогою штифтів, шпонок або за допомогою шліців. При монтажі або демонтажі муфти виникає потреба у відносному осьовому зміщенні валів. Тому для втулкових муфт не використовують посадки з гарантованим натягом.

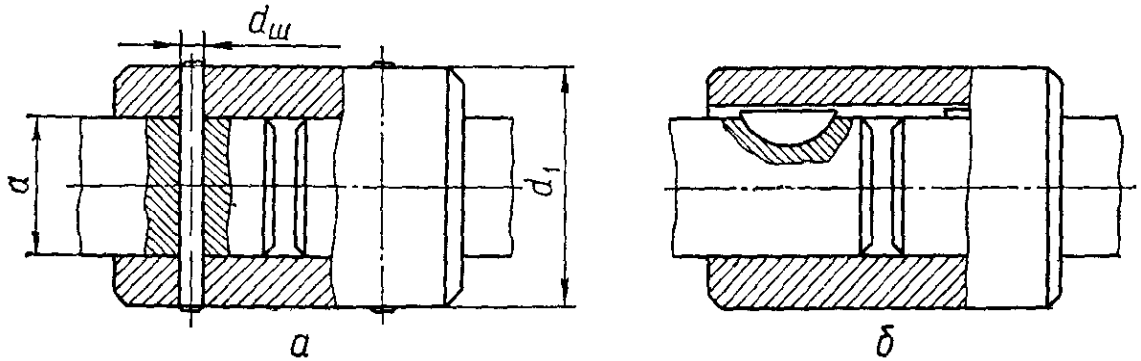


Рис 2 Втулкові муфти

Втулкові муфти застосовують для діаметрів валів $d \leq (60...70)$ мм. Матеріал втулок – сталь 40, 45, а при великих розмірах – чавун СЧ 18, СЧ 20. Штифти виготовляють із сталей 45, 50.

Міцність муфти визначається міцністю її з'єднання з валами, а також міцністю самої втулки.

Фланцева муфта (рис.2в) складається з двох виконаних у вигляді фланців півмуфт, які насаджені на кінці валів і з'єднані між собою болтами. Болти муфти ставлять із зазором (варіант I), або без зазора (варіант II).

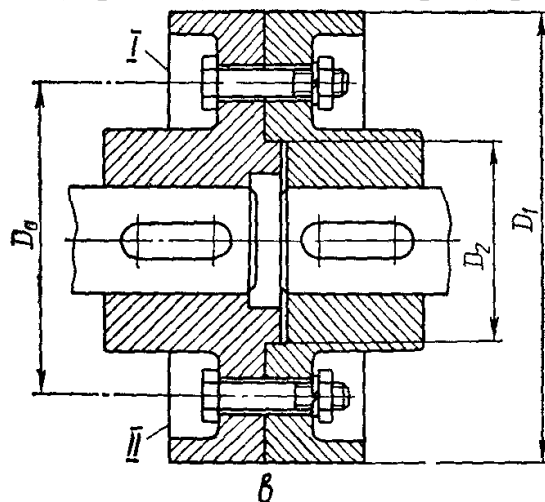


Рис 2 Втулкові муфти

У першому випадку момент T_p передається за рахунок моменту сил тертя, що виникає у площині стику півмуфт від затяжки болтів, а у другому випадку – безпосередньо болтами, які знаходяться під дією деформацій зрізу.

Фланцеві муфти стандартизовані (ГОСТ 20761–80) для валів діаметром 12–220 мм і обертових моментів 8 – 45 000 Н·м.

Півмуфти виготовляють із сталі 35, сталевого литва 35Л або з чавунного литва. Болти, що ставляться з зазором, переважно зі сталі Ст3, а болти без зазора – зі сталей 40, 45.

Міцність муфти визначається міцністю болтового з'єднання фланців.

Якщо болти у муфті поставлені з зазором, то за розрахунками маса муфти набагато більша, ніж для варіанта болтів без зазора для одного і того ж обертового моменту. Однак болти, що ставляться без зазора, вимагають підвищеної точності виготовлення для них отворів у півмуфтах і самі болти повинні бути також точно виготовленими.

Розглянуті глухі муфти прості за конструкцією, мають малі габаритні розміри, але не компенсують похибок у взаємному розміщенні валів, що вимагає досить високої точності їх центрування

Пружні муфти використовують переважно для зменшення динамічних навантажень у приводі і можуть у деякій мірі компенсувати неспіввісність валів і захисту привода від резонансних коливань. За конструкцією пружні муфти дуже різноманітні. За матеріалом пружних елементів їх поділяють на дві групи: муфти з неметалевими пружними елементами; муфти з металевими пружними елементами.

Основним матеріалом неметалевих пружних елементів є гума, оскільки вона має високі еластичність, демпфувальну здатність і діелектричні властивості. Металеві пружні елементи муфт виготовляють у вигляді гвинтових пружин, плоских пружин, сталевих пружинних стержнів, пакетів пластин. Ці елементи працюють на згин і кручення. Вони забезпечують більшу навантажувальну здатність і довговічність муфти, ніж неметалеві елементи

Широко застосовують такі муфти: пружні втулково–пальцеві; із пружним елементом у вигляді зірочки; із тороподібною пружною оболонкою та ін

Муфти з неметалевими пружними елементами:

- 1) муфта пружна втулково-пальцева (МПВП);
- 2) муфта з гумовою зірочкою;
- 3) муфта з конічним диском;
- 4) муфта з тороподібною оболонкою.

Широке використання в машинобудуванні муфти МПВП, особливо в приводах від електродвигунів, пояснюється такими її перевагами, як легкість виготовлення, простота пружних елементів, зручність її заміни та надійність. Зовнішню поверхню цих муфт можна використовувати як гальмівний шків

Муфта пружна втулково–пальцева (МПВП) складається з двох півмуфт (рис. 3), нерухомо закріплених в одній півмуфті пальців, на яких розміщені гумові гофровані втулки, що взаємодіють із другою півмуфтою.

Пружність муфти забезпечується за рахунок гофрованих втулок, здатних деформуватись при передаванні муфтою обертового моменту T_p . МПВП допускає зміщення валів: $\Delta_0 = (1 \dots 5) \text{ мм}$, $\Delta r = (0,2 \dots 0,5) \text{ мм}$ і $\Delta \alpha = (0,5 \dots 1,0)$. Однак зміщення Δr і $\Delta \alpha$ збільшують спрацювання пружних елементів і нерівномірність розподілу навантаження між пальцями муфти. Крім цього, такі зміщення додатково навантажують вали у радіальному напрямі.

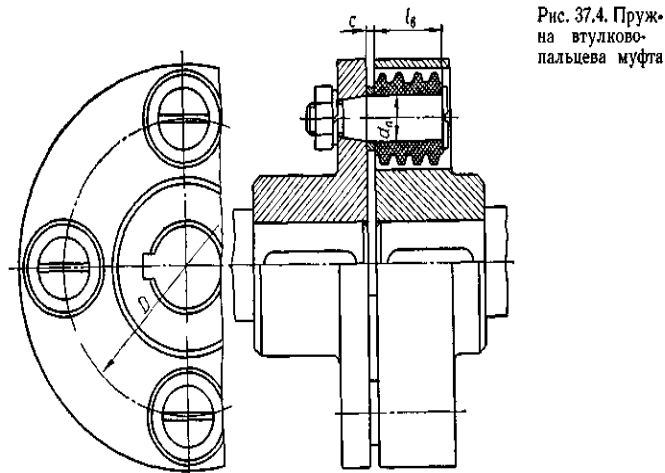


Рис 3 Муфта пружна втулково–пальцева

Перевагами МПВП є простота конструкції та заміни пружних елементів, малі габаритні розміри та маса.

МПВП стандартизовані (ГОСТ 21424–75) для валів діаметром (10...160) мм і обертових моментів 6,3–16 000 Н·м.

Півмуфти виготовляють із сірого чавуну СЧ 20, сталі 30 або 35Л. Матеріал пальців – сталь 45, а втулок – гума з границею міцності при розтягу не менш ніж 8 МПа.

Роботоздатність МПВП визначається міцністю пальців та гумових втулок. Перевірний розрахунок гумових втулок виконують за умовою обмеження тиску на поверхні їхнього контакту із пальцями, а самих пальців – за умовою міцності на згин.

Робота МПВП супроводжується втратами енергії, які можна оцінити $\text{ККД}_{\text{ї}} = 0,96 \dots 0,98$.

Муфта з пружним елементом у вигляді зірочки (рис. 4) складається з двох півмуфт, які мають торцеві кулачки. Кулачки входять у відповідні западини розміщеного між півмуфтами пружного елемента – зірочки, виготовленої з гуми. Кожна півмуфта може мати два або три торцеві кулачки. Взаємодія кулачків двох півмуфт при передаванні обертового моменту здійснюється через пружний елемент.

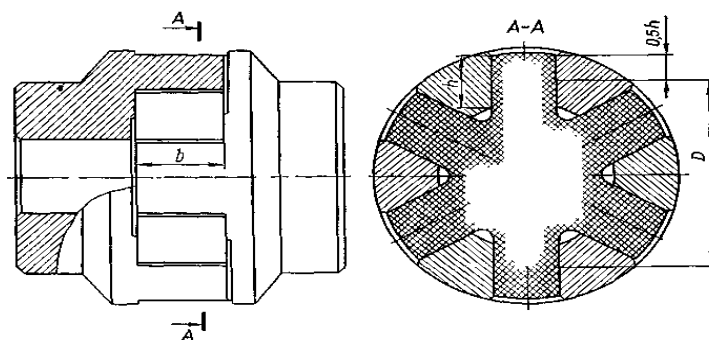


Рис. 37.5 Пружна муфта з гумовою зіркою

Рис 4 Муфта з пружним елементом у вигляді зірочки

Дана муфта досить компактна і надійна в експлуатації, має малу податливість, її роботоздатність різко спадає зі збільшенням неспіввісності валів. Цей тип муфт також стандартизований (ГОСТ 14084 – 76) для діаметрів валів 6–48 мм і обертових моментів 2,5–400 Н·м. Півмуфти переважно виготовляють із Ст3.

Муфта з пружною оболонкою (рис. 5) складається з двох півмуфт і тороподібної пружної оболонки, яка закріплюється до півмуфт гвинтами і додатковими кільцями. Оболонку виготовляють із гуми, армованої спеціальним кордом.

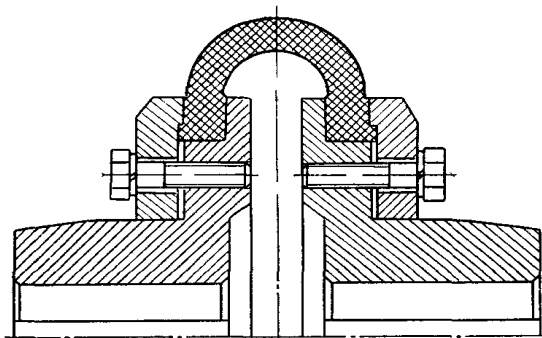


Рис. 37.6. Муфта з пружною оболонкою

Рис 5 Муфта з пружною оболонкою

Муфта має високі амортизувальні і демпфувальні властивості і може компенсувати значну неспіввісність валів: $\Delta_0 = (2 \dots 6)$ мм; $\Delta r = (1 \dots 4)$ мм; $\Delta \alpha = (2 \dots 4)$. Діаметральні габаритні розміри таких муфт більші, ніж пружних муфт інших типів. Муфти з пружною оболонкою стандартизовані (ГОСТ 20884–82) для валів із діаметром 14– 200 мм і обертових моментів 20–25000 Н·м, ККД муфти $\eta \approx 0,98$

Жорсткі компенсуючі муфти використовують для з'єднання валів із незначною неспіввісністю, спричиненою неточністю виготовлення та монтажу, а також пружними деформаціями валів. Вони підвищують надійність роботи приводів, бо призводять до незначних додаткових радіальних навантажень на вали.

Для жорстких компенсуючих муфт належать кулачково–дискові, зубчасті, ланцюгові, шарнірні та ін

Кулачково–дискова муфта (рис. 6а) складається з двох півмуфт, що взаємодіють між собою через проміжний диск. На внутрішніх торцях півмуфт є діаметрально розміщені пази, а проміжний диск має на обох торцях взаємно перпендикулярні виступи, які входять у пази двох півмуфт. Осьовий зазор δ між проміжним диском і півмуфтами дозволяє компенсувати поздовжні зміщення валів, а взаємно перпендикулярний напрям виступів на торцях проміжного диску забезпечує можливість компенсації похибок Δr і $\Delta \alpha$.

Переважно компенсаційна здатність муфти становить $\Delta_0 = (2...4)$ мм;

$\Delta r = (1...3)$ мм; $\Delta \alpha \leq 0,5^\circ$. Розміри муфти вибирають згідно з ГОСТ 20720–81 для діаметрів валів 16–150 мм і обертових моментів 16–16000 Н·м.

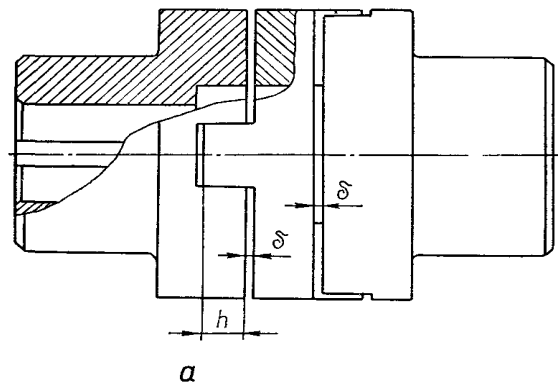


Рис 6 Кулачково–дискова муфта

Неспіввісність валів спричинює ковзання виступів проміжного диску у пазах півмуфт і їхнє спрацювання. Інтенсивність спрацювання зростає зі збільшенням неспіввісності та кутової швидкості валів.

Деталі кулачково–дискових муфт виготовляють із сталей Ст5 або 45Л. Для важко навантажених муфт застосовують леговані сталі типу 15Х, 20Х із цементацією робочих поверхонь.

Роботоздатність кулачково–дискової муфти визначається стійкістю робочих поверхонь проміжного диска і півмуфт проти спрацювання. Тому на вказаних поверхнях обмежують напруження зминання при передаванні муфтою обертового моменту.

Спрацювання деталей муфти можна зменшити змащуванням поверхонь тертя твердими мастильними матеріалами на основі графіту або дисульфиду молібдену (рідкі і пластичні мастила не утримуються на деталях муфти під час її обертання).

Зубчасті муфти широко використовують у машинобудуванні завдяки їх перевагам: невеликим габаритам і масі, великій навантажувальній здатності, яка визначається великим числом зубців, що зчіплюються одночасно; припустимості високих колових швидкостей (до 25 м/с і більше); технологічності.

Зубчаста муфта (рис. 6 в) складається з півмуфт 1 і 2, що мають зубчасті вінці, і роз'ємної обойми 3 з двома внутрішніми зубчастими вінцями.

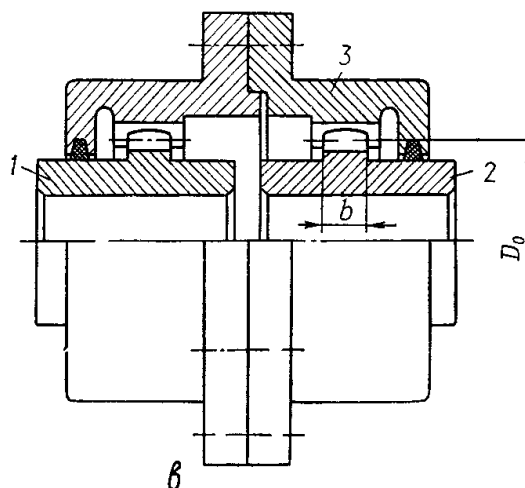


Рис 6 Зубчаста муфта

Дві половинки обойми з'єднуються між собою за допомогою болтів або гвинтів. Зубці півмуфт і обойми мають евольвентний профіль, аналогічний профілю зубців зубчастих коліс, що дає змогу нарізати їх нормальним зуборізним інструментом.

Зубчаста муфта компенсує осьове, радіальне і кутове зміщення валів, бо її зубчасте зачеплення виготовляють із гарантованим боковим зазором і з можливістю вільного осьового зміщення спряжених зубців, а самі зубці мають бочкоподібну форму зі сферичною зовнішньою поверхнею. Компенсаційна здатність зубчастих муфт: $\Delta_0 = (3...4)$ мм; $\Delta r = (1,5...2)$ мм; $\Delta \alpha = (0,5... 1,0)^\circ$.

Широке використання зубчастих муфт пояснюється їхніми перевагами: невеликою масою і габаритними розмірами; високою несучою здатністю, що визначається великою кількістю зубців у зачепленні; допускає високі коллові швидкості.

Зубчасті муфти стандартизовані для діаметрів валів 40–200 мм і обертових моментів 1000–63 000 Н·м.

Деталі зубчастих муфт виготовляють із вуглецевих сталей марок 45, 50 або 40Х. Для підвищення стійкості проти спрацювання зубці півмуфт піддають термообробці до твердості не менше, ніж 45 HRC, а зубці обойми – не менше, ніж 40 HRC. Тихохідні муфти виготовляють з твердістю зубців $H \leq 350$ HB.

Компенсація неспіввісності валів під час роботи муфти супроводжується неперервним ковзанням у контакті зубців і відповідним їхнім спрацюванням. Практикою експлуатації зубчастих муфт виявлено, що спрацювання зубців є основною причиною виходу їх із ладу. Для зменшення спрацювання в обойму муфти заливають рідке мастило високої в'язкості.

Ланцюгова муфта (рис. 7) складається з двох півмуфт що виконані у формі двох зірочок із однаковим числом зубців, охоплених одно- або дворядним ланцюгом.

Рис. 37.8. Ланцюгова муфта

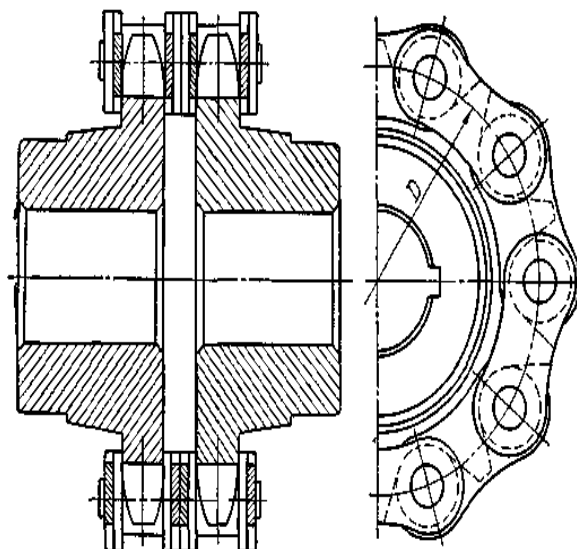


Рис 7 Ланцюгова муфта

За допомогою ланцюгових муфт можна компенсувати кутові $\Delta\alpha = (0,5...1,0)^\circ$ і радіальні $\Delta r = (0,5...1)$ мм зміщення валів. Зазори у зачепленні ланцюга з півмуфтами забезпечують значний вільний хід, тому не можна рекомендувати використовувати ланцюгові муфти у приводах із частими реверсами.

Для ланцюгових муфт характерні простота конструкції, відносно невеликі габаритні розміри, зручність монтажу і демонтажу без осьових зміщень валів. Габаритні розміри ланцюгових муфт приблизно у 1,5 раза менші, ніж пружних втулково-пальцевих муфт.

Ланцюгові муфти стандартизовані (ГОСТ 20742–81) для валів діаметром 20–130 мм і обертових моментів 63–8000 Н·м.

Шарнірні муфти застосовують при значних зміщеннях з'єднаних валів. За конструкцією та розмірами вони бувають дуже різноманітні. Схеми деяких типів шарнірних муфт зображені на рис. 8.

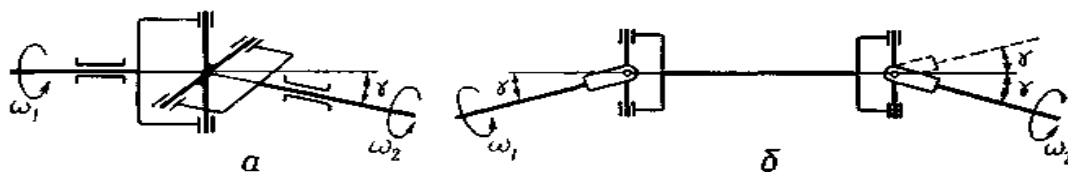


Рис. 37.9. Схеми шарнірних муфт

Рис 8 Схеми шарнірних муфт

Найпростішою шарнірною муфтою є одинарна муфта (рис. 8а), яка складається з двох півмуфт у вигляді вилок, розміщених під прямим кутом, і шарнірно з'єднаної з вилками хрестовини. Недоліком такої муфти є те, що при рівномірному обертанні ведучого вала ведений вал обертається нерівномірно.

Щоб забезпечити обертання веденого вала з постійно кутовою швидкістю або щоб була можливість передавати обертовий рух між паралельними валами, а також збільшити кут γ між валами вище від граничного для одинарної муфти, слід застосовувати здвоєні шарнірні муфти

(рис.8б). Потрібними умовами сталості кутової швидкості веденого вала є вимога, щоб обидва вали ведучий і ведений були паралельні і нахилені відносно проміжного вала здвоєної шарнірної муфти під однаковим кутом, а дві вилки проміжного вала лежали в одній площині.

Шарнірні муфти допускають перекося осей валів до 40– 45°. За габаритними розмірами шарнірні муфти поділяють на малогабаритні, що передають невеликі навантаження, і великогабаритні, які призначені для передавання середніх і великих навантажень.

Малогабаритні одинарні і здвоєні шарнірні муфти стандартизовані (ГОСТ 5147–80) для валів діаметром 8–40 мм і обертових моментів 11,2–1120 Н·м.

До класу **керованих належать муфти**, за допомогою яких з'єднують і роз'єднують вали під час зупинки і роботи привода за допомогою обов'язкового пристрою – механізму керування. Ці муфти поділяють на кулачкові і фрикційні.

За принципом роботи такі муфти поділяють на дві підгрупи – синхронні, що базуються на зчепленні, та асинхронні з використанням сил тертя.

Синхронні муфти використовують при значному навантаженні, стиснених габаритах, нечастих вмиканнях і співвісних валах. Вони забезпечують жорсткий кінематичний зв'язок півмуфт. Їх умикають у строго визначеному положенні і лише на тихому ході, причому вмикання відбувається з ударами та шумом. Якщо синхронні муфти вмикають часто, то для зменшення ударів і шуму використовують синхронізатори – фрикційні муфти, які вмикаються попередньо для того, щоб вирівняти швидкості веденої та ведучої півмуфт синхронної муфти.

До **керованих синхронних муфт** належать:

- 1) кулачкові;
- 2) зубчасті зчіпні.

Асинхронні муфти забезпечують плавне з'єднування та роз'єднування обертальних валів у широкому діапазоні кутових швидкостей і передаваного навантаження. Завдяки плавному вмиканню вдається запобігти великим прискоренням і шуму. Проте при вмиканні має місце ковзання і, отже, спрацювання деталей машин. Проковзування може відбуватися також у разі перевантажень, муфта при цьому виконує функцію запобіжного пристрою.

До **керованих асинхронних муфт** належать:

- 1) фрикційні дискові;
- 2) фрикційні конусні.

Кулачкові муфти. У найпростішому вигляді кулачкова муфта (рис.9 а) складається з двох півмуфт, на торцях яких розміщені кулачки. Одна півмуфта закріплюється на валу нерухомо, а інша, що знаходиться на другому валу, може переміщатись уздовж цього вала. Рухому півмуфту переміщують за допомогою спеціального пристрою – механізму керування муфтою. Вилку

механізму керування розміщують у кільцевому пазу рухомої півмуфти. Із введенням у зачеплення кулачків двох півмуфт здійснюється передавання обертового моменту від одного вала до другого (на рис. 9 а муфта показана у розімкненому стані).

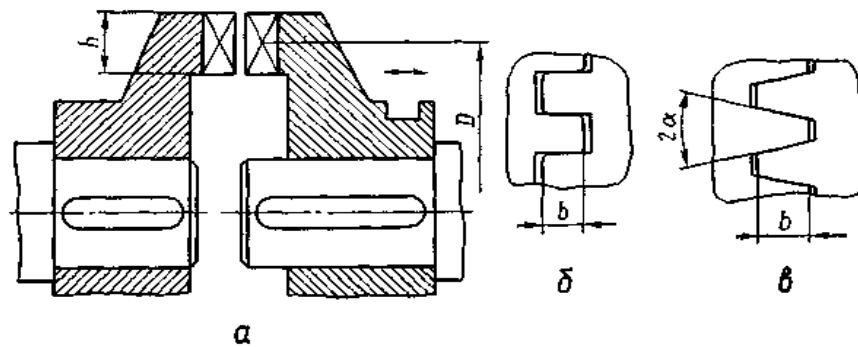


Рис. 37.10. Кулачкова муфта

Рис 9 Кулачкова муфта

Кулачкова муфта вимагає достатньо високої точності центрування валів, оскільки перекоси різко зменшують надійність її роботи. Дуже часто кулачкові муфти застосовують для з'єднання або роз'єднання із валом розміщених на ньому зубчастих коліс (наприклад, у коробках швидкостей). У цьому випадку муфта і зубчасті колеса розміщуються на одному і тому ж валу.

Вмикання кулачкових муфт під час обертання валів завжди супроводжується ударами, які можуть спричинити руйнування кулачків. Тому такі муфти не рекомендують використовувати для вмикання приводів під навантаженням і при великих швидкостях відносного обертання валів (відносна колова швидкість кулачків $v > 1$ м/с).

Розповсюджені форми кулачків показані на рис.9б, в. *Прямокутний профіль* вимагає точного взаємного розміщення півмуфт у момент вмикання. Крім цього, у муфтах із прямокутним профілем кулачків завжди наявні технологічні зазори і пов'язані з цим удари при зміні напрямку обертання. *Трапецієвидний профіль* не вимагає точного взаємного розміщення півмуфт у момент вмикання, а бокові зазори тут компенсуються зміною глибини заходу кулачків. Муфти з трапецієвидним профілем кулачків застосовують переважно у приводах із реверсуванням навантаження.

У муфтах із трапецієвидним профілем кулачків виникають осеві сили, які можуть розімкнути півмуфти і затруднити їхнє вмикання. Тому кут α трапецієвидного профілю вибирають у межах $\alpha = (2... 5)^\circ$, щоб забезпечити самогальмування силами тертя між кулачками і невелике постійне зусилля з боку механізму керування муфтою.

Півмуфти кулачкових муфт виготовляють із сталей, що підлягають цементації, 15, 20, 15X, 20X, а при великих розмірах – із сталей 45, 40X, 40XH. Твердість кулачків повинна бути $H \geq 50...55$ HRC.

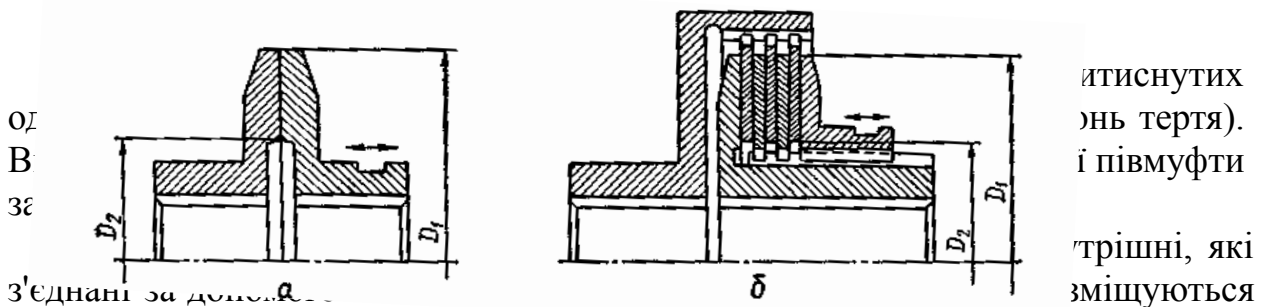
Роботоздатність кулачкових муфт оцінюється в основному стійкістю кулачків проти спрацювання, яка залежить від напружень зминання на робочих поверхнях.

Фрикційні муфти передають обертовий момент за рахунок моменту сил тертя на робочих поверхнях їхніх деталей.

Під час вмикання фрикційних муфт обертовий момент на веденому валу зростає поступово і пропорційно збільшенню сили притискання поверхонь тертя. Це дозволяє з'єднувати вали під навантаженням і зі значною початковою різницею їх кутових швидкостей. У процесі вмикання муфта пробуксовує, а розгін веденого вала відбувається плавно без ударів. Фрикційна муфта може виконувати також функції запобіжного пристрою через можливе проковзування при перевантаженнях привода.

Фрикційні муфти за формою робочих поверхонь бувають таких видів: *дискові*, робочими поверхнями яких є плоскі торцеві поверхні дисків; *конусні*, робочі поверхні яких мають конічну форму; *циліндричні*, які мають циліндричну робочу поверхню.

Дискові фрикційні муфти бувають із однією парою поверхонь тертя і з багатьма парами поверхонь тертя. На рис. 10 а показано приклад найпростішої дводискової муфти, а на рис. 10 б – багатодискової муфти.



з'єднанні за допомогою двох валів. Вмикання або вимикання муфти здійснюється осьовим переміщенням натискного диска механізмом керування. Використання багатодискової конструкції дозволяє зменшити осьову силу F_a стиснення дисків, що потрібна для передавання певного обертового моменту T_p .

Таким чином, із застосуванням багатодискових муфт можна збільшити передаваний обертовий момент у z разів порівняно з дводисковою муфтою, якщо зберігається та сама сила стиснення дисків і їхні діаметри.

Найвідповідальнішими деталями фрикційних муфт є диски. Матеріали дисків повинні задовольняти ті самі вимоги, що ставляться до матеріалів деталей фрикційних передач. На практиці широко розповсюджені такі комбінації матеріалів: загартована сталь по загартованій сталі або сталь по чавуні при достатньому змащуванні; азбестові або обкладки зі спеченого матеріалу по сталі або чавуні без змащування.

Основним критерієм роботоздатності фрикційних муфт є стійкість проти спрацювання поверхонь тертя.

Щоб зменшити нерівномірність спрацювання дисків фрикційних муфт, слід рекомендувати співвідношення розмірів поверхонь тертя $D_1/D_2 = 1,5 \dots 2,0$.

Конусна фрикційна муфта (рис. 11) має дві півмуфти, які стикаються між собою по конічних поверхнях. Вмикання або вимикання муфти здійснюється осьовим переміщенням на валу однієї з півмуфт.

Конусні муфти порівняно з дисковими фрикційними мають більші габаритні розміри. Вони вимагають підвищеної точності центрування валів. Півмуфти в конусних фрикційних муфтах виготовляють із сталі або чавуну. Інколи застосовують облицювання однієї з поверхонь тертя матеріалами, що мають підвищені фрикційні властивості

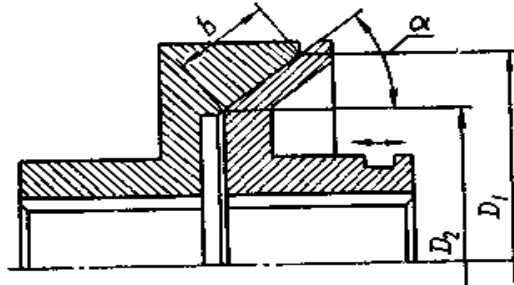


Рис. 37.12. Фрикційна конусна муфта

Рис 11 Фрикційна конусна муфта

Із зменшенням кута конуса α зменшується також потрібна сила F_a притискання півмуфт. Однак використовувати дуже малі кути α не рекомендується, оскільки може відбутись самозаклинювання півмуфт, що створить труднощі під час роз'єднання їх. Щоб запобігти самозаклинюванню, треба мати $\alpha > \arctg f$. Переважно беруть $\alpha \approx 15^\circ$.

Самокеровані муфти

Самокеровані (самодіючі або автоматичні) муфти автоматично роз'єднують і з'єднують вали :

- 1) при збільшенні швидкості (муфти відцентрові або граничної швидкості);
- 2) при перевантаженнях (муфти запобіжні);
- 3) при зміні напрямку руху (муфти обгінні, які передають рух тільки в одному напрямку).

Відцентрові муфти використовуються для підвищення плавності пуску; розганяння механізмів і машин, які мають значні моменти інерції, двигунами з малими пусковими моментами.

До запобіжних муфт належать:

- 1) муфти з елементом, що руйнується;
- 2) фрикційні автоматичні нормально замкнені;
- 3) пружинно-кулачкові;
- 4) пружинно-кулькові.

До обгінних муфт належать:

- 1) зубчасто-храпові;
- 2) кулачко-храпові;
- 3) роликові обгінні.

Самокеровані муфти автоматично з'єднують або роз'єднують вали, якщо параметри роботи машини недопустимі за тими чи іншими показниками. В разі потреби з'єднання валів залежно від швидкості обертання одного з них

застосовують відцентрові муфти; із обмеженням напряму обертання і передавання навантаження використовують обгінні муфти, а із обмеженням робочого навантаження – запобіжні муфти.

Відцентрові муфти автоматично з'єднують (роз'єднують) вали з досягненням певної кутової швидкості. Такі муфти керуються відцентровою силою.

Відцентрові муфти для з'єднання валів при певній кутовій швидкості використовують: для автоматичного вмикання або вимикання робочого органу машини за допомогою регулювання кутової швидкості двигуна; для розгону машин із великими обертовими масами при малому пусковому моменті двигуна; для підвищення плавності пуску машини в дію тощо. Муфти для з'єднання валів при заданій кутовій швидкості переважно використовують для обмеження високих швидкостей робочих органів машини, наприклад з метою запобігання їхньому руйнуванню.

За конструкцією відцентрові муфти дуже різноманітні. На рис.12 зображена принципова схема відцентрової муфти, що застосовується для з'єднання валів при досягненні певної кутової швидкості. Муфта складається зі з'єднаної з ведучим валом півмуфти 1, у пазах якої розміщені колодки 2, що утримуються пружинами 3, і півмуфти 4 у вигляді барабана, закріпленої на веденому валу.

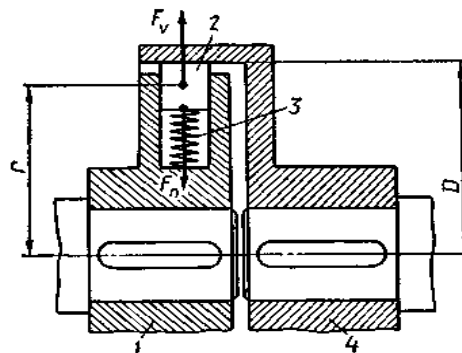


Рис. 37.13. Принципова будова відцентрової муфти

Рис 12 Принципова будова відцентрової муфти

Під час обертання ведучого вала колодки знаходяться під дією відцентрової сили F_v та сили пружини F_n . Якщо швидкість вала мала, то $F_n > F_v$ і колодки не притиснуті до барабана, тобто муфта не передає обертового моменту (ведений вал не обертається). Із збільшенням кутової швидкості ω_1 зростає і відцентрова сила F_v , а при $F_v > F_n$ колодки стикаються з барабаном і за рахунок сил тертя між колодками і барабаном передається обертовий момент до веденого вала (вал почне обертатись). Відповідно зі зменшенням кутової швидкості ведучого вала муфта розмикається.

Обгінні муфти передають обертовий момент тільки в одному напрямі. Якщо кутова швидкість веденого вала більша, ніж ведучого, то відбувається автоматичне розмикання кінематичного ланцюга привода. Такі муфти широко

застосовують у різних верстатах, автомобілях, мотоциклах, велосипедах та інших машинах.

Обгінні муфти за способом з'єднання півмуфт поділяють на храпові і фрикційні. Переважне використання мають фрикційні обгінні муфти з роликами, оскільки у них майже повністю відсутній вільний хід і вони працюють безшумно.

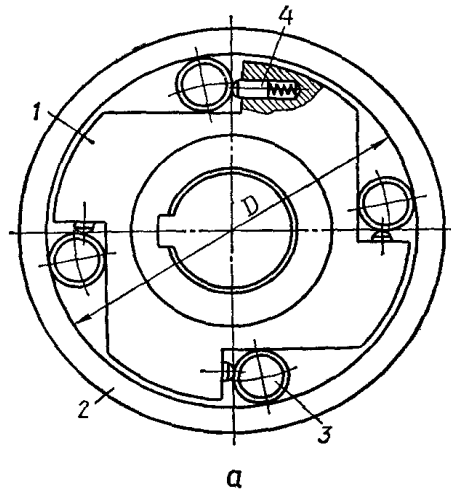


Рис. 37.14. Обгінна роликова муфта

Рис 13 Обгінна роликова муфта

Роликова обгінна муфта (рис. 13а) складається з зірочки 1, зовнішньої обойми 2, роликів 3 і притискних пристроїв 4, які забезпечують мінімальний вільний хід і сприяють рівномірному розподілу навантажень на ролики. Зірочки переважно розміщують на валу, а обойма може бути з'єднана із зубчастим колесом, шківом або іншою деталлю. В деяких випадках обойма розміщується на іншому валу привода. В муфті на рис. 13а зірочка може бути ведучою ланкою під час її обертання за годинниковою стрілкою, а обойма – під час обертання проти годинникової стрілки. Під час роботи муфти ролики силами тертя затягуються в бік звуження зазора між обоймою та зірочкою і заклинюються. Притискні пристрої у муфті утримують ролики у постійному стиканні з обоймою та зірочкою.

В обгінних муфтах переважно використовують стандартні ролики із роликотітників, а обойму і зірочку виготовляють із сталей ШХ15, 20Х (твердість $H \approx 60$ HRC після цементації та гартування робочих поверхонь).

Запобіжні муфти використовують для захисту окремих органів машини від перевантажень. Вони бувають із неруйнованими елементами та з руйнованими елементами.

Запобіжні муфти із неруйнованими елементами поділяють на кулачкові, кулькові та фрикційні. Такі муфти спрацьовують, коли обертовий момент перевищує деяке наперед задане значення.

Кулачкові запобіжні муфти (рис. 14 а) подібні до керованих кулачкових муфт, але вони не мають механізму примусового керування.

Тут півмуфти замикаються зусиллям стиснутих пружин. Кут профілю кулачків α у цих муфтах вибирають великим ($\alpha \geq 40^\circ$). При перевантаженнях ($T_p > T_{max}$) зачеплення кулачків порушується через осьове зміщення рухомої півмуфти. Кулачкові запобіжні муфти стандартизовані для діаметрів валів 8–48 мм і обертових моментів 4–400 Н·м

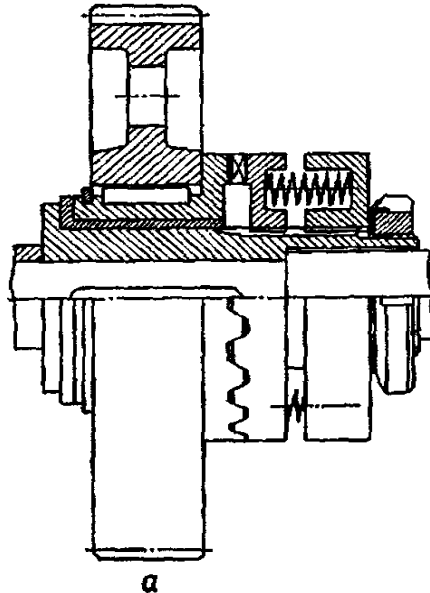


Рис. 37 15 Запобіжні муфти

Рис 14 Запобіжні муфти

Кулькові запобіжні муфти (рис. 14б) за принципом дії схожі до кулачкових. При перевантаженнях під дією осьових зусиль, обумовлених формою впадин в одній із півмуфт, кульки зміщуються в осьовому напрямі і відбувається розмикання муфт. За ГОСТ 15621–77 для діаметрів валів 8–48 мм такі муфти допускають обертові моменти 4–400 Н·м.

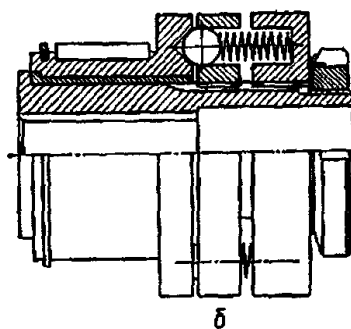


Рис 14 Запобіжні муфти

Фрикційні запобіжні муфти (рис. 14в) відрізняються від фрикційних керованих муфт відсутністю механізму керування. Ці муфти замикаються постійним зусиллям стиснутих пружин. Згідно з ГОСТ 15622–77 передбачають фрикційні запобіжні муфти для діаметрів валів 9–48 мм і обертових моментів 6,3–400 Н·м.

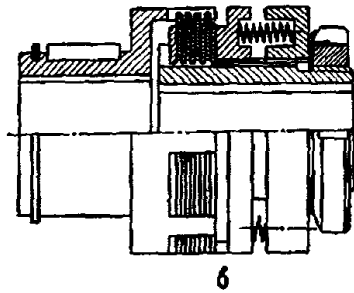


Рис 14 Запобіжні муфти

У всіх розглянутих запобіжних муфтах регулювання обертового моменту $T_{\max}$, при якому відбувається розмикання муфти, здійснюється відповідним стисканням пружин за допомогою гайок.

Запобіжні муфти із зруйнованим елементом застосовують при відносно рідких перевантаженнях привода машини. Недоліком цих муфт є потреба заміни зруйнованих елементів.

На рис. 37.16, а зображена муфта із запобіжним штифтом. Тут обертовий момент від однієї півмуфти до іншої передається через штифт, який зрізається при перевантаженні. Для відновлення роботи муфти штифт замінюють.

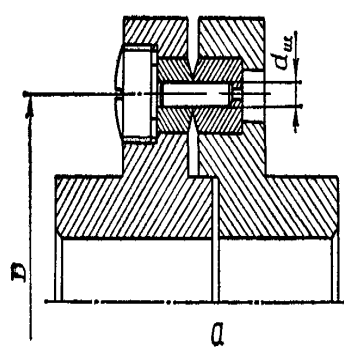


Рис. 37.16 Муфти із зрізним штифтом (а) та комбінована (б)

Рис 15 Муфти із зрізним штифтом

Загартовані втулки, в яких знаходиться штифт, запобігають зминанню більш м'якого матеріалу півмуфт штифтом і тим самим наближають дійсні умови зрізу штифта до розрахункових. Переважно число штифтів у муфті $z = 1$, рідше $z = 2$. Матеріал штифтів – середньовуглецева сталь.

Комбіновані муфти застосовують у тих випадках, коли жодна з розглянутих вище муфт не може повністю задовольнити усі вимоги, що ставляться до з'єднання валів приводного механізму.

На практиці використовують комбінації пружних муфт із запобіжними або керованими муфтами. На рис. 15 б зображена пружна запобіжна муфта – комбінація пружної втулково–пальцевої муфти та запобіжної муфти зі зрізаним штифтом. Така муфта об'єднує переваги МПВП (зменшення динамічних навантажень, деяка компенсація неспіввісності валів) і одночасно захищає привод від перевантажень.

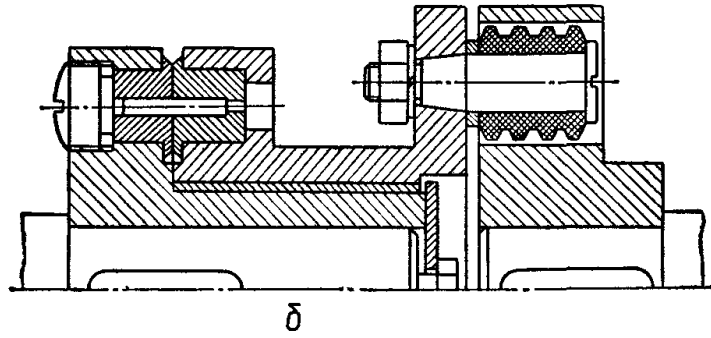


Рис 15 Муфта комбінована

4. Короткі відомості про вибір і розрахунок муфт.

Клас муфти визначається її призначенням у запроектованій машині, а конструктивний варіант муфти того чи іншого типу визначається величиною передаваного обертаючого моменту, кутовою швидкістю обертання з'єднаних валів, а також її вартістю, дефіцитністю потрібних для її виготовлення матеріалів.

Найбільш важливі деталі муфти, яку вибрали за каталогом чи довідником, піддають перевірочному розрахунку, де перевіряють деталі на міцність зносостійкість.

Як приклад можна взяти перевірний розрахунок найбільш навантажених деталей широко застосованої втулково-пальцевої муфти (МУВП). Тут розраховують пальці муфти і гумові кільця. Стальні пальці муфти перевіряють на міцність за напругою згину в небезпечних перерізах- у місці їх закріплення у півмуфті. Якщо всі пальці муфти навантажені однаково, то навантаження P на один палець

$$P = \frac{2T_p}{zD_1},$$

де T_p – розрахунковий обертаючий момент, який передає муфта;

D_1 – діаметр кола розміщення пальців;

Орієнтовно $D_1 \approx (0,7 \div 0,8)D$

Умова міцності пальців на згин.

$$\sigma_F = \frac{P \cdot 0,5l_n}{0,1d_n^3} \leq [\sigma_F]$$

де l_n – довжина пальця;

d_n – діаметр пальця;

$[\sigma_F]$ – допустима напруга на згин.

Пружні втулки перевіряють на зминання по поверхні стикання пальців з отворами втулок за формулою

$$\sigma_{ci} = \frac{P}{l_a d_n} \leq [\sigma_{ci}]$$

де l_6 —довжина втулки;
 $[\sigma_{\zeta i}]$ допустима напруга зминання , для гумових втулок її приймають від 1,8 до 2,0 Мпа.

