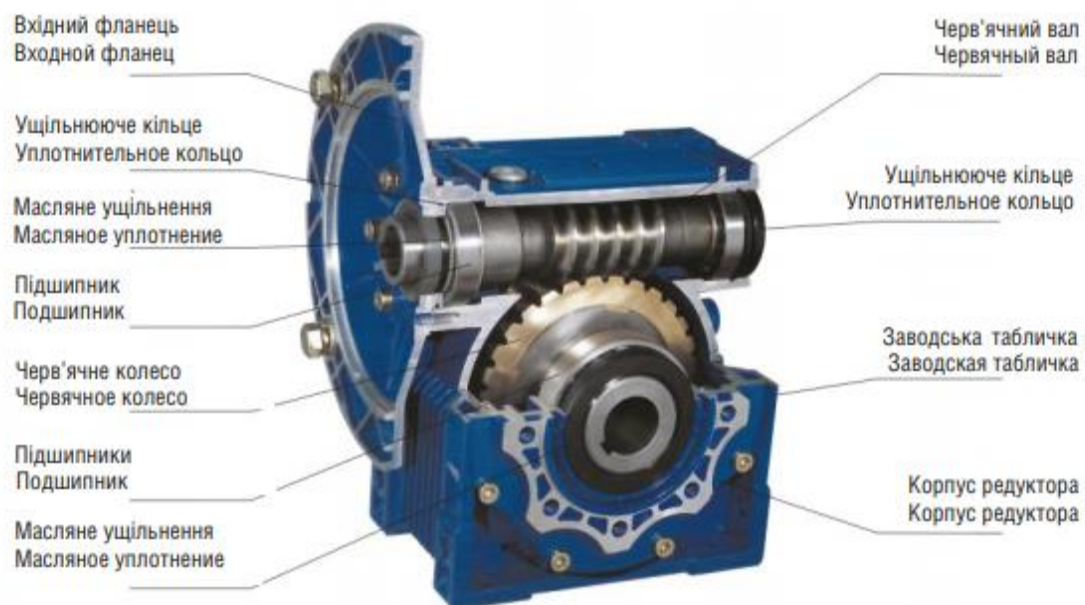


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра деталей машин та прикладної механіки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з лабораторної роботи по деталях машин

Лабораторна робота № 5
Вивчення конструкцій черв'ячних редукторів



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра деталей машин та прикладної механіки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з лабораторної роботи по деталях машин

Лабораторна робота № 5

Вивчення конструкцій черв'ячних редукторів

для студентів спеціальностей «прикладна механіка»,
«галузеве машинобудування» та «агроінженерія».

Затверджено на засіданні кафедри
„Деталі машин та прикладна механіка”

Протокол № 3 від 5.10. 2020 р.

Кропивницький 2020

Методичні вказівки по деталях машин з лабораторної роботи № 5.
Вивчення конструкцій черв'ячних редукторів

/Укладач:

доц. Невдаха Юрій Андрійович

Відповідальний за випуск

доц. Невдаха Ю.А.

Рецензент

д.т.н., проф. Філімоніхін Г.Б.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.

ЧЕРВ'ЯЧНІ ПЕРЕДАЧІ.

1.1. Загальні відомості та класифікація черв'ячних передач.

За допомогою черв'ячної передачі здійснюється передавання обертового руху між валами, осі яких мимобіжні в просторі і утворюють прямий кут. *Черв'ячна передача* (рис. 1) складається із черв'яка 1, що має форму гвинта, та черв'ячного колеса 2, яке нагадує зубчасте колесо з косими зубцями угнутої форми. Передавання обертового руху у черв'ячній передачі здійснюється за принципом гвинтової пари, де гвинтом є черв'як, а гайкою є колесо – сектор, вирізаний із довгої гайки і зігнутий по колу.

У більшості випадків ведучим є черв'як і передача працює на зменшення частоти обертання веденого вала, хоча можливе передавання обертового руху і від черв'ячного колеса до черв'яка.

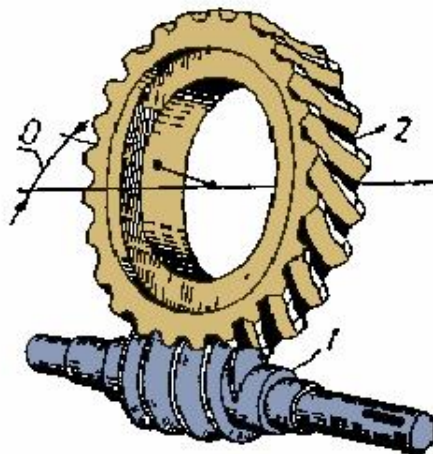


Рисунок 1.1 - Деталі черв'ячної передачі.

У зачепленні контакт вітків черв'яка та зубців черв'ячного колеса відбувається по лінії (на відміну від гвинтових зубчастих передач, де є точковий контакт зубців), до того ж із значним ковзанням. Тому через значні втрати у зачепленні черв'ячні передачі застосовують для передавання малих та середніх (до 50 кВт) потужностей, хоча зустрічаються і передачі, які здатні передавати потужність до 200 кВт.

За допомогою черв'ячної передачі можна реалізувати велике передаточне

число $u = 7 \dots 100$ і більше. Такі передачі як кінематичні, так і силові використовують у підйомно–транспортних машинах, різних металообробних верстатах, транспортних засобах тощо.

Порівняно з іншими механічними передачами черв'ячні передачі мають такі переваги:

- а) плавність та безшумність роботи при високих швидкостях;
- б) достатньо висока надійність та простота догляду в експлуатації;
- в) компактність, малі габаритні розміри при великому передаточному числі;
- г) можливість виконання передачі самогальмівною (неможлива передача обертового руху від черв'ячного колеса до черв'яка).

До недоліків черв'ячних передач належать:

- а) порівняно невисокий ККД, що не перевищує у деяких випадках 0,70–0,85;
- б) використання для черв'ячного колеса дорогих антифрикційних матеріалів;
- в) низька несуча здатність у порівнянні з зубчастими передачами.

Мале значення ККД черв'ячних передач не дозволяє використовувати їх для передавання великих навантажень, оскільки суттєві втрати потужності за рахунок тертя у зачепленні призводять до значного нагрівання передачі. Тому черв'ячні передачі краще застосовувати у приводах періодичної дії

Черв'ячні передачі і їхні елементи класифікують за такими ознаками:

- за формою початкової поверхні черв'яка – *циліндричні* чи *глобоїдні*;
- за формою профілю витків черв'яка у торцевій площині – *конволютні* (черв'як ZN), *евольвентні* (черв'як ZI), *архімедові* (черв'як ZA) та ін.;
- за розміщенням черв'яка щодо колеса – з *нижнім*, *верхнім* та *бічним* розміщенням черв'яка;
- за конструктивним оформленням – *відкриті* та *закриті*, що працюють у спеціальному корпусі.

На практиці більше застосовують черв'ячні циліндричні передачі архімедовим черв'яком *ZA* як більш прості у виготовленні.

1.2. Параметри черв'ячної передачі.

Циліндричні черв'яки. Черв'як – це циліндричне тіло на поверхні якого є витки за формою гвинтової лінії (рис. 1.2). Якщо у торцевій площині витки черв'яка мають профіль архімедової спіралі, то такі черв'яки називають *архімедовими* (їх позначають *ZA*). В осьовому перерізі *A – A* (рис. 1.2, а) бічні поверхні витка черв'яка *ZA* окреслені прямими лініями з профільним кутом α .

Витки черв'яка у торцевій площині можуть мати профіль продовженої або скороченої евольвенти. Такі черв'яки називають *конволютними* (позначають *ZN*; різновидності *ZN1*, *ZN2*, *ZN3*). Черв'яки типу *ZN* (рис. 1.2, б) мають прямолінійні профілі у їх нормальному перерізі *B–B*. Кут профілю витків у нормальному перерізі α_n .

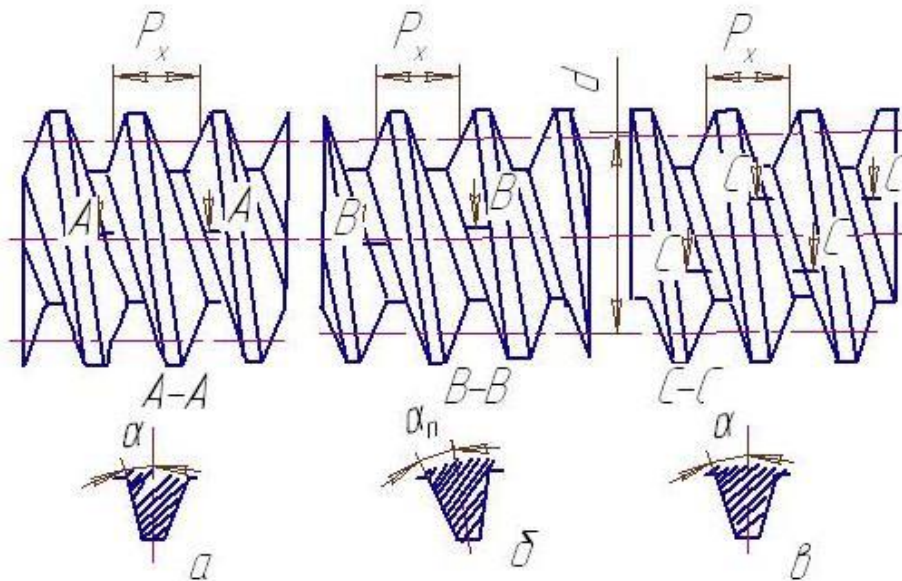


Рисунок 1.2 - Типи циліндричних черв'яків.

Якщо витки черв'яка у торцевій площині мають профіль нормальної евольвенти, то такі черв'яки називають *евольвентними* (позначають *ZI*). Евольвентні черв'яки мають прямолінійний профіль витків у перерізі

площиною $S-S$ (рис. 1.2, в), паралельною осьовій, але зміщеною на радіус основного циліндра черв'яка. Важлива перевага евольвентних черв'яків – можливість шліфування їхніх робочих поверхней плоским боком шліфувального круга.

Витки архімедових та конволютних черв'яків шліфують конічними шліфувальними кругами. Черв'як при цьому стає близьким до архімедового або конволютного, але поверхня витків дещо відрізняється від лінійчатої.

Черв'яки можуть виготовлятися із одним або кількома витками. Стандартом на силові черв'ячні передачі передбачається застосування черв'яків із числом витків $z_1 = 1; 2; 4$.

Відстань між відповідними бічними сторонами двох суміжних профілів, виміряна паралельно осі черв'яка (рис. 2), називається *осьовим кроком витків* і позначається P_x . Така ж відстань між суміжними профілями одного і того ж витка називається *ходом гвинтової лінії витка* P_z . Якщо $z_1 = 1$, то $P_z = P_x$, а в інших випадках $P_z = z_1 P_x$.

Відношення $P_x / \pi = m$ називається модулем. Для черв'яка він є осьовим, а для колеса – коловим. Стандартні значення модулів m мм, вибираються з стандартного ряду.

Черв'ячні колеса нарізають черв'ячними фрезами, які є аналогами черв'яка. Щоб зменшити номенклатуру черв'ячних фрез, введено поняття *коефіцієнта діаметра черв'яка* $q = d_1 / m$, де d_1 – ділильний діаметр черв'яка. Стандартні значення q і відповідні їм модулі наведені в таблицях.

Із урахуванням стандартного значення q ділильний діаметр черв'яка визначають за формулою

$$d_1 = qm \quad (1.1)$$

Ділильний кут підйому u витка черв'яка (рис. 1.3, а) може бути встановленим шляхом розгортки витка на площину.

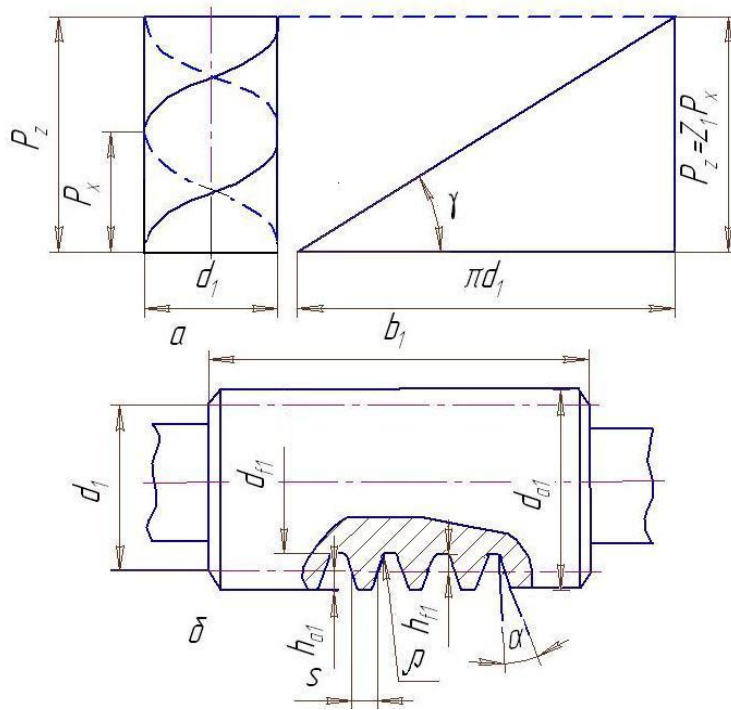


Рисунок 1.3 - Параметри черв'яка.

Тому можна записати

$$\operatorname{tg} \gamma = P_x \cdot (\pi d_1) = z_1 \cdot \pi \cdot m / (\pi \cdot m \cdot q) = z_1 / q \quad (1.2)$$

Розміри елементів витків черв'яка при модулі $1 \leq m \leq 25$ мм визначаються параметрами початкового черв'яка за ДСТУ 19036–81, які мають такі значення: кут профілю витків $\alpha = 20^\circ$ (для черв'яків ZA – в осьовому перерізі; для черв'яків ZN та ZI – у нормальному до витків перерізі); коефіцієнт висоти головки витка $h_a^* = 1$; коефіцієнт радіального зазора $c^* = 0,2$; коефіцієнт висоти ніжки витка $h_f^* = h_a^* + c^* = 1,2$; коефіцієнт радіуса кривини перехідної кривої витка $\rho_f^* = 0,3$; коефіцієнт розрахункової товщини витка $s^* = 0,5$ л.

Згідно з параметрами стандартного початкового черв'яка розміри елементів

– витків (рис. 3, б) визначають за формулами:

– висота головки витка $h_{a1} = h_a^* \cdot m = m$;

– висота ніжки витка $h_{f1} = h_f^* m = 1,2m$;

– радіус кривини перехідної кривої витка $\rho_f = \rho_f^* \cdot m = 0,3m$;

– розрахункова товщина витка $s = s^* m = 0,5\pi m$.

Інші розміри вінця черв'яка:

$$\text{діаметр вершин витків} \quad d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = d_1 + 2 \cdot m; \quad (1.3)$$

$$\text{діаметр впадин} \quad d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m; \quad (1.4)$$

довжина нарізаної частини черв'яка (ДСТУ 19650–74)

$$b_1 \geq (11 + 0,06z_2) \cdot m \quad \text{при} \quad z_1 = 1 \text{ або } 2; \quad (1.5)$$

$$b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2) \cdot m \quad \text{при} \quad z_1 = 14. \quad (1.6)$$

Тут z_2 – число зубців черв'ячного колеса. Формули для визначення b_1 записані для випадку, коли коефіцієнти зміщення $x = 0$. Для черв'яків, робочі поверхні яких шліфують, знайдене за формулами (1.5) та (1.6) значення b_1 треба збільшити на 25 мм при $m < 10$ мм і на (35...40) мм при $m = (10...16)$ мм.

Черв'ячні колеса. Особливістю геометрії черв'ячного колеса є те, що бічні поверхні його зубців утворюються інструментом (черв'ячною фрезою), різальні кромки якого у верстатному зачепленні відтворюють у просторі початковий твірний черв'як. Параметри початкового твірного черв'яка за ДСТУ 19036–81: кут профілю витків $\alpha = 20^\circ$; коефіцієнт висоти головки витка $h_{ao}^* = h_a^* + c^* = 1,2$; коефіцієнт висоти ніжки витка h_{fo}^* не регламентується; коефіцієнт висоти головки витка до початку закруглення $h_{ako}^* \geq 1$; коефіцієнт радіуса закруглення кромки на вершині витка $\rho_{ko}^* = 0,3$.

Для черв'ячного колеса розміри вінця і зубців задаються у його середньому перерізі площиною, що проходить через вісь черв'яка перпендикулярно до осі черв'ячного колеса. Тому модуль зубців черв'ячного колеса рівний модулю витків m в осьовому перерізі черв'яка, а кут нахилу зубців черв'ячного колеса дорівнює ділильному куту підйому у витків черв'яка.

Розміри вінця черв'ячного колеса з числом зубців z_2 визначають за формулами (рис. 1.4):

$$\text{ділильний діаметр} \quad d_2 = m \cdot z_2; \quad (1.7)$$

$$\text{діаметр вершин зубців} \quad d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m; \quad (1.8)$$

$$\text{діаметр впадин} \quad d_{f2} = d_2 - 2,4 \cdot m. \quad (1.9)$$

Ширина вінця b_2 та найбільший діаметр черв'ячного колеса d_{aM2} , які відповідають куту обхвату черв'яка $2\delta = 90 \dots 110^\circ$.

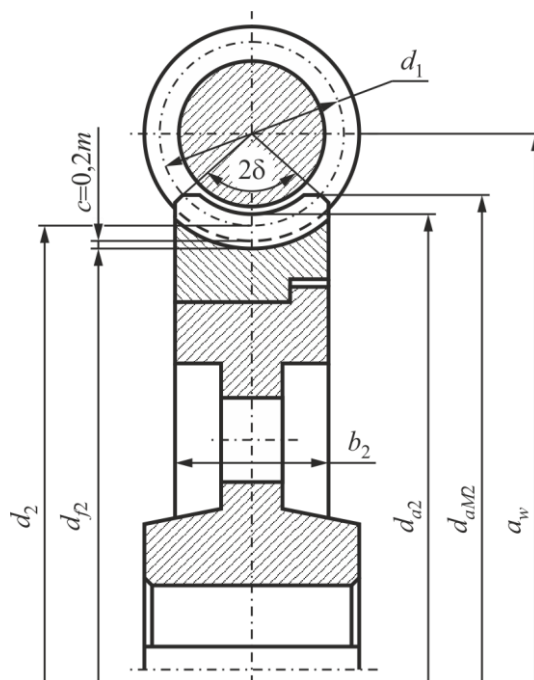


Рисунок 1.4 - Параметри черв'яка.

Черв'ячна передача. Для черв'ячної передачі без зміщення міжосьова відстань визначається як півсума ділільних діаметрів черв'яка та черв'ячного колеса (див. рис. 1.4):

$$a_w = a = 0,5 \cdot (d_1 + d_2) = 0,5 \cdot m \cdot (q + z_2). \quad (1.10)$$

Іноколи черв'ячну передачу виготовляють із зміщенням (коригованою) для того, щоб вписати її у задану або стандартну міжосьову відстань.

Для нарізування черв'ячних коліс із зміщенням і без зміщення на практиці використовують один і той же інструмент (черв'ячні фрези). Тому черв'як (аналог інструмента) завжди нарізають без зміщення.

При заданій міжосьовій відстані a_w коефіцієнт зміщення

$$x = (a_w - a)/m = a_w/m - 0,5 \cdot (q + z_2). \quad (1.11)$$

Відповідно міжосьова відстань черв'ячної передачі зі зміщенням

$$a_w = 0,5m \cdot (q + z_2 + 2x), \quad (1.12)$$

а діаметри вершин та впадин черв'ячного колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2m \cdot (1 + x); \quad d_{f2} = d_2 - 2m \cdot (1,2 - x).$$

За умовою непідрізання зубців коефіцієнт зміщення x у більшості випадків беруть $-1 < x < +1$.

1.3. Кінематика і точність виготовлення черв'ячних передач

Обертання черв'яка і черв'ячного колеса відбувається у двох взаємно перпендикулярних площинах. Тому швидкості точок контакту витків черв'яка та зубців черв'ячного колеса неоднакові за модулем та напрямом (рис. 1.5).

Колова швидкість точки контакту А витка черв'яка

$$v_1 = 0,5 \cdot \omega_1 \cdot d_1, \quad (1.13)$$

а колова швидкість точки контакту А зубця колеса (на рис. 1.5 заштрихований)

$$v_2 = 0,5 \cdot \omega_2 \cdot d_2. \quad (1.14)$$

Швидкість ковзання витків черв'яка по зубцях колеса напрямлена вздовж дотичної до витка черв'яка, є відносною швидкістю і може бути визначена за формулою

$$v_s = v_1 / \cos \gamma \quad (1.15)$$

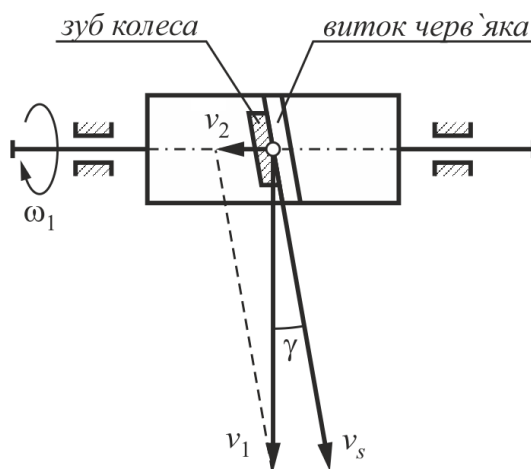


Рисунок 1.5 - До визначення швидкості ковзання у черв'ячній передачі.

Якщо $v_2/v_1 = \tan \gamma$, то на основі рівностей (1.13) та (1.14) запишемо

$$(\omega_2 d_2) / (\omega_1 d_1) = \tan \gamma, \quad (1.16)$$

звідки передаточне число черв'ячної передачі можна визначити за співвідношенням

$$u = \omega_1 / \omega_2 = d_2 / (d_1 \tan \gamma) = z_2 / z_1. \quad (1.17)$$

Оскільки кут підйому γ витків черв'яка практично менший від 30° , у черв'ячній передачі колова швидкість колеса v_2 завжди значно менша від колової швидкості черв'яка v_1 , а швидкість ковзання v_s у зачепленні більша від v_1 .

Значне ковзання у зачепленні передачі є причиною низького ККД, підвищеного спрацювання зубців та їхньої здатності до заїдання.

Точність виготовлення черв'ячних передач вибирають залежно від швидкості ковзання v_s .

У ДСТУ 3675–81 для черв'ячних передач встановлено 12 ступенів точності (за аналогією з евольвентними зубчастими передачами). Ступені 3, 4, 5 і 6 рекомендують для передач високої кінематичної точності, а ступені 6, 7, 8 і 9 – для силових черв'ячних передач. Основи стандарту на точність черв'ячних передач такі самі, як і для зубчастих.

Велику увагу слід надавати нормам точності черв'ячних передач при складанні їх. Вісь черв'яка завжди повинна знаходитись у середній площині черв'ячного колеса. Для цього передбачають можливість регулювання положення колеса щодо черв'яка. На практиці правильність зачеплення контролюють за розмірами сліду контакту зубців колеса з витками черв'яка

1.4. Матеріали і конструкції деталей черв'ячної передачі.

Наявність високих швидкостей ковзання у зачепленні ставить до матеріалів черв'ячної передачі такі вимоги, як високі антифрикційні властивості, стійкість проти спрацювання та стійкість до заїдання.

Черв'яки здебільшого виготовляють із якісних вуглецевих сталей (45, 50, 40Г2), а у передачах відповідального призначення – із легованих сталей (40Х, 40ХН, 35ХГСА та ін.). Термообробка до твердості $H_1 \geq (45.. 55) \text{ HRC}$ і подальше шліфування та полірування робочих поверхонь витків черв'яка дозволяють суттєво підвищити несучу здатність та довговічність передачі, оскільки зменшують можливість заїдання робочих поверхонь у контакт. У допоміжних, невідповідальних та тихохідних передачах можуть використовуватись черв'яки з твердістю витків $H_1 = (300...320) \text{ HB}$.

Вінці черв'ячних коліс виготовляють переважно з бронзи, а інколи з латуні та чавуну. Олов'яні бронзи БрО10НіФ1, БрО10Ф1 та інші є кращими матеріалами для вінців черв'ячних коліс при високих швидкостях ковзання ($v_s > 5$ м/с), однак вони дорогі та дефіцитні. Тому такі бронзи використовують лише для відповідальних черв'ячних передач. Менш дефіцитні і дешевші безолов'яні бронзи БрА10Ж4Н4, БрА9ЖЗЛ та ін. Вони мають достатньо високі показники міцності, але дещо гірші антифрикційні властивості і меншу здатність до пропрацьовування. Безолов'яні бронзи вимагають високої твердості та чистоти робочих поверхонь витків черв'яка і застосовуються при середніх швидкостях ковзання $v_s = (2...5)$ м/с.

Для допоміжних, малонавантажених та тихохідних ($v_s < 2$ м/с) черв'ячних передач можливе виготовлення черв'ячного колеса із чавуну (СЧ15, СЧ18) або пластмас (текстоліту, поліамідів).

Конструктивно черв'яки виготовляють у більшості випадків разом із валом як одну деталь (рис.1.6,а) і лише у рідких випадках насадними (рис.1.6, б).

З метою економії кольорових металів черв'ячні колеса виготовляють складеними з двох частин (рис. 1.6, в, г): бронзового вінця, який з'єднується з чавунним або сталевим колісним центром по відповідній посадці і закріплюється додатково гвинтами або болтами. Можливі інші варіанти з'єднання колісного центра з вінцем черв'ячного колеса. При малих діаметрах черв'ячних коліс або чавунних колесах застосовують суцільні черв'ячні колеса (рис. 1.6, д).

Зубці черв'ячних коліс – найслабкіші елементи у черв'ячних передачах. Значні швидкості ковзання в зачепленні спричиняють спрацювання та заїдання. Ці явища посилюються невідповідними умовами змащування контакту, бо напрям швидкості ковзання утворює малий кут із напрямом лінії контакту витків та зубців.

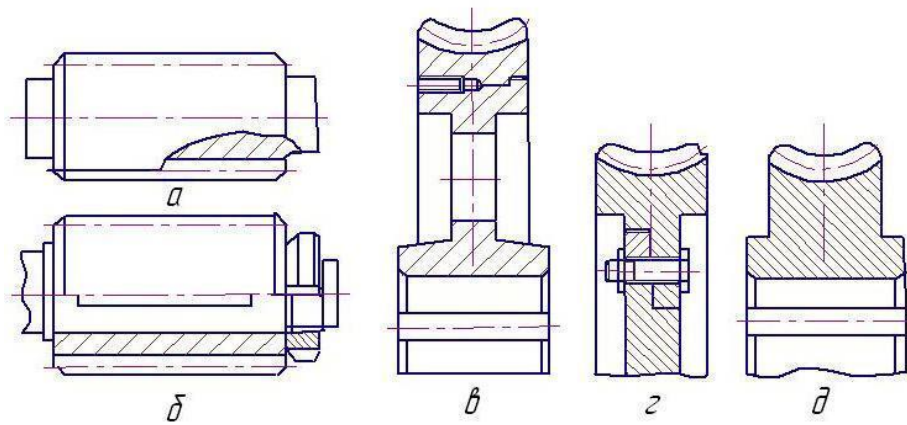


Рисунок 1.6 - Конструкція черв'яків та черв'ячних коліс.

Обмеження можливості виникненню заїдання в зачепленні може бути досягнуте не тільки вибором відповідних матеріалів черв'яка та колеса, але й обмеженням контактних напружень. Інтенсивність спрацювання зубців черв'ячного колеса також залежить від рівня контактних напружень. Отже, для забезпечення тривалої роботоздатності черв'ячної передачі слід обмежити контактні напруження на активних поверхнях зубців черв'ячного колеса. Треба брати до уваги, що несуча здатність черв'ячних передач із колесами, виготовленими з олов'яних бронз, обмежується втомною міцністю активних поверхонь зубців, а передач із колесами, виготовленими з безолов'яних бронз та чавунів,— заїданням. Імовірність поломок зубців черв'ячного колеса від дії циклічних напружень згину суттєва тільки для маломодульних черв'ячних коліс.

2. Практична частина.

Лабораторна робота №5

Вивчення конструкцій черв'ячних редукторів

Мета роботи - ознайомитись із конструктивними схемами черв'ячних редукторів, вивчити конструкцію черв'ячного редуктора, одержати навички регулювання підшипників валів черв'яка, черв'ячного колеса, пята контакту черв'ячного зачеплення, а також визначити параметри черв'ячної передачі.

2.1. Теоретична частина.

Черв'ячні редуктори виконують в вигляді окремої складальної одиниці для пониження кутової швидкості та збільшення обертового моменту. Діапазон передаточних чисел $u = 8 \dots 80$. При більших передаточних числах використовують двохступінчасті черв'ячні редуктори, або комбіновані зубчасто-черв'ячні редуктори. В залежності від розміщення черв'яка та черв'ячного колеса, редуктори виконують такими варіантами (рис. 2.1):

- 1) Черв'як під колесом - при колових швидкостях черв'яка до $4 \dots 5$ м/с, змащування - зануренням черв'яка (рис. 2.1. а);
- 2) Черв'як над колесом - переважно в швидкохідних передачах, змащування - зануренням черв'ячного колеса (рис. 2.1.б);
- 3) Черв'як із горизонтальною віссю, в зачепленні із колесом з вертикальною віссю (рис. 2.1 в);
- 4) Черв'як з вертикальною віссю, розміщений збоку колеса (рис. 2.1 г);

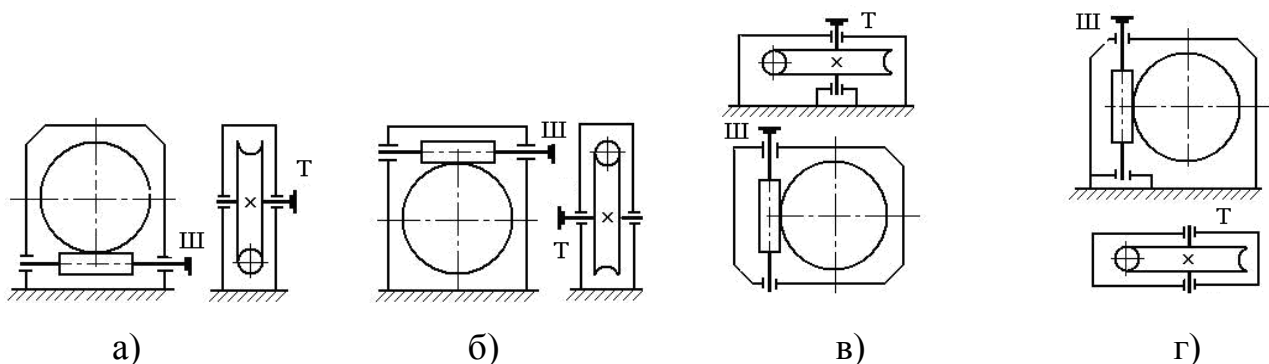


Рисунок 2.1 - Черв'ячні редуктори.

Черв'ячний редуктор складається із черв'яка 1 і черв'ячного колеса 2 (рис. 2.2). З метою економії кольорових металів черв'ячні колеса виконують із зубчастим вінцем із антифрикційних матеріалів (бронз, латуней, антифрикційних чавунів) і чавунним центром. Бронзовий вінець на чавунний центр напресовується із натягом. При нагріванні посадка може ослабнути, в зв'язку з тим, що коефіцієнт лінійного розширення бронзи більше ніж у чавуна. З метою попередження зсуву вінця відносно колісного центра в стик між вінцем і центром загвинчуються гвинти 3, які потім зрізаються.

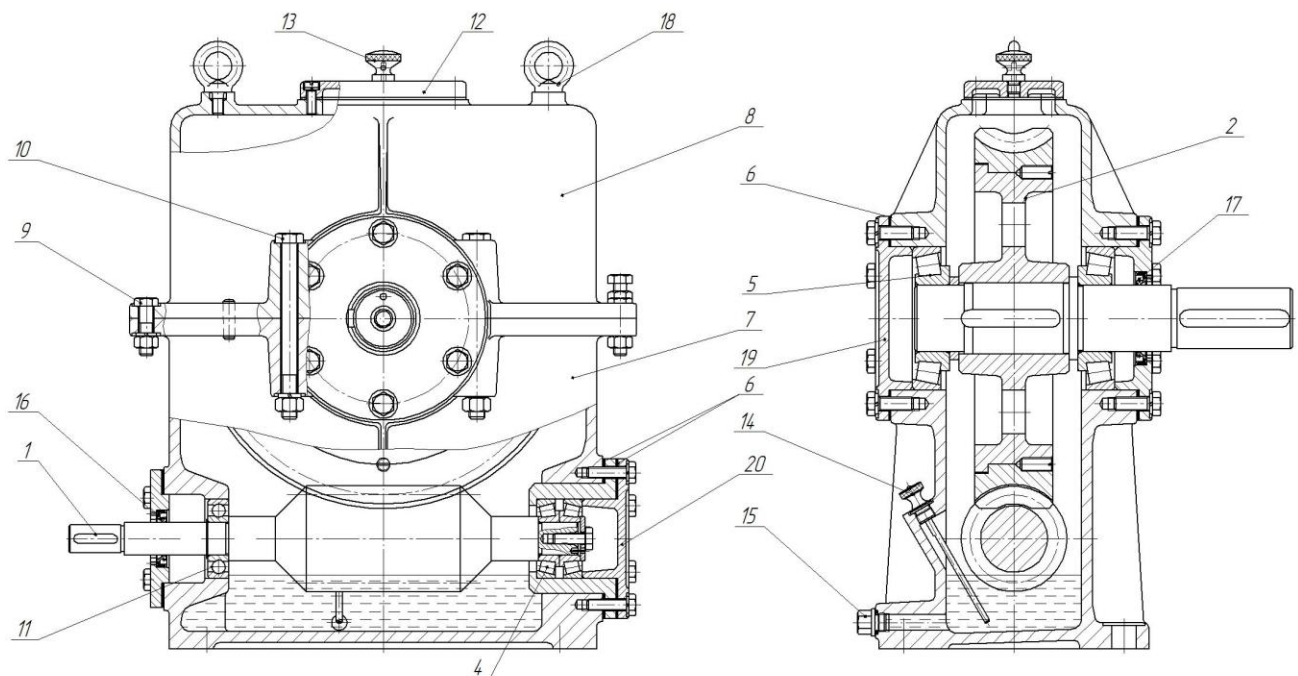


Рисунок 2.2 - Черв'ячний редуктор.

Вали черв'яка і черв'ячного колеса встановлюють на радіально-упорних підшипниках 4, 5. Для регулювання зазорів в підшипниках і плями контакту в зачепленні конструкції редуктора передбачають регулювальні пристрої, наприклад сталі регулювальні прокладки 6.

Традиційно черв'ячний редуктор виконують із корпусу 7 і кришки 8, які з'єднують між собою болтами 9, 10. Одну опору черв'яка краще виконувати плаваючою 11, а другу нерухомою в осьовому напрямі 4

(особливо при довгих черв'яках). Регулювальні прокладки (набір) 6 встановлюють під кришками підшипників. При зменшенні товщини прокладки зазор в підшипниках зменшується, при збільшенні - збільшується. При регулюванні плями контакту в зачепленні загальна товщина прокладок повинна бути незмінною.

Для заливання мастила і контролю якості зачеплення в редукторі передбачено люк 12, в якому часто розмішують віддушину 13 для вирівнювання тиску парів в редукторі з атмосферним тиском. З допомогою мастилопоказника 14 контролюють рівень мастила в редукторі, який не повинен бути вищим середини нижнього тіла кочення підшипника. Відпрацьоване мастило зливають для переробки і утилізації з допомогою пробки 15. Ущільнення валів черв'яка 16 та черв'ячного колеса 17 забезпечує попередження проникнення пилу та грязі в редуктор і вихід мастильних матеріалів із редуктора.

Для транспортування редукторів використовують гвинти вантажні (рим-болти) 18.

2.2. Порядок виконання роботи.

- Ознайомитися з конструкцією промислового черв'ячного редуктора. Розібрати редуктор.

- Згідно виміряним параметрам черв'яка і черв'ячного колеса виконати ескізний проект черв'ячного зачеплення.

- Визначити розрахункові параметри і розміри елементів черв'ячного зачеплення і порівняти їх із фактичними вимірами.

Зібрати редуктор.

Відрегулювати підшипники вала черв'яка і колеса, провести регулювання черв'ячного зачеплення.

Зробити висновки по роботі та оформити звіт.

2.3. Порядок розбирання, складення та регулювання редуктора.

За схемою (рис. 2.2.) гайковим ключем відгвинтити болти кріплення кришок підшипників 19, 20 та гайки болтів кріплення кришки редуктора до корпуса 9,10 і зняти кришку редуктора. Зняти вал черв'ячного колеса з підшипниками, попередньо відокремив від корпуса і кришки редуктора регулювальні прокладки 6. Легким поштовхом рукоятки молотка відокремити вал черв'яка 1 з підшипниками від корпуса редуктора 7.

2.4. Визначення параметрів черв'яка і черв'ячного колеса.

Параметри черв'ячного зачеплення визначити з допомогою штангенциркуля. Вимір кожного елемента необхідно виконувати три рази і середнє значення занести в табл. 2.1.

Приблизна послідовність визначення параметрів зачеплення: порахувати число зубців черв'ячного колеса z_2 та число витків (заходів) черв'яка z_1 . Визначити передаточне число передачі

$$u_m = \frac{z_2}{z_1}$$

Виміром визначити діаметр виступів d_{a2} колеса в осьовому перерізі (рис. 2.3).

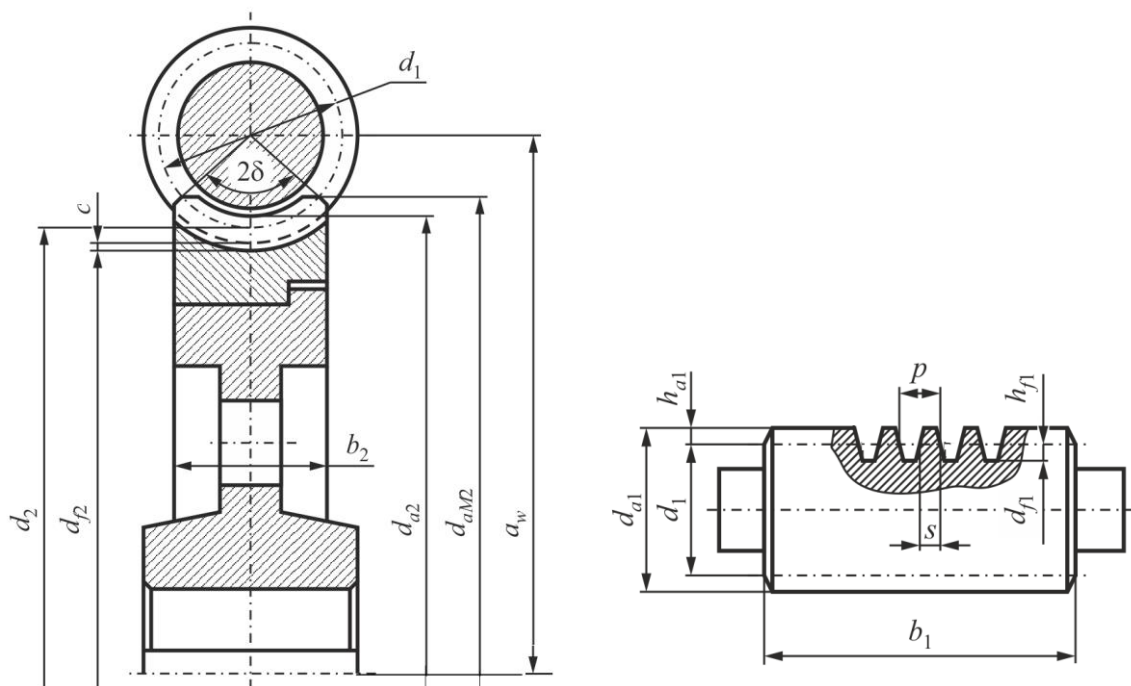


Рисунок 2.3 - Геометричні параметри черв'ячного зачеплення.

Визначити розрахунком модуль зачеплення в осьовому перетені:

$$m = \frac{d_{a1}}{z_2 + 2}$$

Одержане значення модуля заокруглити до стандартного по ДСТУ 2144-76 з ряду:

1; 1,25; 1,5; 1,6; 2; 2,5; 3; 3,15; 3,5; 4; 5; 6; 6,3; 7; 8; 10; 12; 12,5; 14; 16; 20.

Виміром визначити діаметр виступів черв'яка d_{a1} (рис. 2.3).

Визначити розрахунком коефіцієнти діаметра черв'яка

$$q = \frac{d_{a1} - 2m}{m}$$

Визначити ділильну міжосьову відстань

$$a_w = a = 0,5(q + z_2) \cdot m,$$

Інколи черв'ячну передачу виготовляють із зміщенням (коригованою) для того, щоб вписати її у задану міжосьову відстань. При відомій міжосьовій відстані a_w коефіцієнт зміщення

$$x = a_w / m - 0,5(q + z_2).$$

Відповідно

$$a_w = 0,5m \cdot (q + z_2 + 2x)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m \cdot (1 + x)$$

$$d_{f2} = d_2 - 2m \cdot (1,2 - x)$$

Коефіцієнт зміщення x у більшості випадків беруть $-1 < x < +1$.

Ділильний діаметр колеса $d_2 = m \cdot Z_2$

Розрахунковий діаметр виступів колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2m$$

Розрахунковий діаметр впадин колеса

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m$$

Таблиця 2.1 Параметри черв'яка і черв'ячного колеса

Величини	Позна-чення	Оди-ниця виміру	Числові значення	
			виміряні	обчислені
Число зубців черв'ячного колеса	z_2			—
Число витків (заходів) черв'яка	z_1			—
Передаточне число передачі	$u_{\text{чп}}$		—	
Діаметр виступів черв'ячного колеса	d_{a2}	мм		
Модуль зачеплення	m	мм	—	
Діаметр виступів черв'яка	d_{a1}	мм		—
Коефіцієнт діаметра черв'яка	q		—	
Міжосьова відстань	a_w	мм	—	
Коефіцієнт зміщення	x		—	
Ділильний діаметр колеса	d_2	мм	—	
Діаметр впадин колеса	d_{f2}	мм		
Ширина вінця колеса	b_2			
Найбільший діаметр черв'ячного колеса	d_{am2}	мм		
Ділильний діаметр черв'яка	d_1	мм	—	
Діаметр вершин черв'яка	d_{a1}	мм		
Діаметр впадин черв'яка	d_{f1}	мм		
Довжина нарізаної частини черв'яка	b_1	мм		
Ділильний кут підйому витків черв'яка	γ		—	
Розрахунковий крок черв'яка	p	мм	—	

Обчислене значення q заокруглюють до стандартного по ДСТУ 2144-76 відповідно модулів табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Відповідність модулів m і коефіцієнтів діаметра черв'яка q

m , мм	q	m , мм	q	m , мм	q
2	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	3,5	10; 12*; 14*	6,3	8; 10; 12,5; 14; 16; 20
2,5	8; 10; 12; 12,5; 16; 20	4	8; 9; 10; 12*; 12,5; 16; 20	7	12
3	10;12	5	8; 10; 12,5; 16; 20	8	8; 10; 12; 12,5; 16; 20
3,15	8; 10; 12,5; 16; 20	6	9; 10	10	8; 10; 12; 12,5; 16; 20

- - тільки для числа витків $Z_1 = 1$

Ширину вінця колеса b_2 і найбільший діаметр черв'ячного колеса d_{am2} визначають вимірюванням. При узгодженні розмірів користуються формулами наведеними в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 Найбільший діаметр і ширина черв'ячного колеса

Число витків, Z_1	d_{am2}	b_2
1	$\leq d_{a2} + 2m$	$\leq 0,75 d_{a1}$
2	$\leq d_{a2} + 1,5m$	$\leq 0,75 d_{a1}$
4	$\leq d_{a2} + m$	$\leq 0,67 d_{a1}$

Розрахункові розміри черв'яка:

ділильний діаметр $d_1 = mq$

діаметр вершин $d_{a1} = d_1 + 2m$

діаметр впадин $d_{f2} = d_1 - 2,4m$

Довжину нарізаної частини черв'яка b_1 визначають заміром і узгоджують з ДСТУ 19650-74 при $x = 0$

$$b_1 \geq (11 + 0,006z_2)m \quad \text{при } Z_1 = 1 \text{ або } 2;$$

$$b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2)m \quad \text{при } z_1 = 4$$

Ділильний кут підйому витків різьби черв'яка і кут нахилу зубців колеса

$$\gamma = \arctg \frac{z_1}{q}$$

Розрахунковий крок черв'яка і зубців колеса $p = \pi \cdot m$

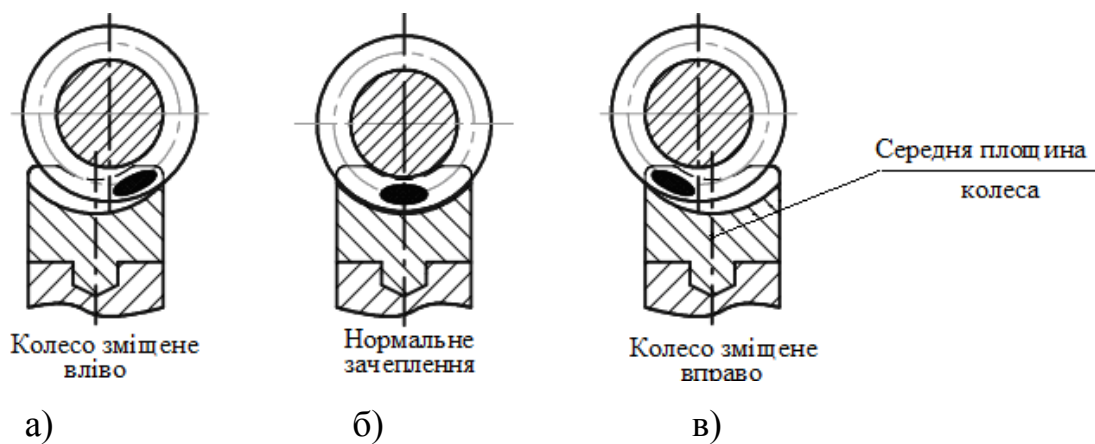


Рисунок 2.4 - Розміщення плями контакту.

2.5. Перевірка правильності зачеплення.

Для правильного зачеплення необхідно, щоб середня площина черв'ячного колеса проходила через центр черв'яка (рис. 2.4б).

При цьому пляма контакту повинно бути розміщено симетрично відносно головної площини. Якщо пляма контакту зміщене праворуч (рис. 2.4а) або ліворуч (рис. 2.4в), то необхідно переставити регулювальні прокладки 6 (рис. 2.2) і добитися симетричного розміщення плями контакту.

При виконанні лабораторної роботи (на відміну від промислових умов) складання редуктора відбувається без використання мастильних матеріалів і без особливих затрат на випресування та запресування.

2.6. Висновки.

В висновках привести коротку характеристику редуктора: Габаритні розміри, розміри для приєднання; відповідність основних параметрів черв'ячного зачеплення стандартам.

2.7. Звіт.

Звіт про виконання лабораторної роботи повинен мати: тему, мету, ескіз загального вигляду редуктора, ескіз черв'ячного зачеплення.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 . Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник - К. : Вища школа, 19-93 – 556 с.
- 2 . Расчет и проектирование деталей машин, ч. 1. Киркач Н. Ф., Баласанян Р. А.— 2-е изд., перераб. и доп.— Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987.—136 с.
- 3 . Детали машин в примерах и задачах: [Учеб. пособие, В.Ф. Калачев и др.]; под общ. ред. С.Н. Ничипорчика. — 2-е изд. — Мн.: Вища шк. 1981. — 432 с., ил.

Зміст

1. Теоретична частина. Черв'ячні передачі.....	5
1.1. Загальні відомості та класифікація черв'ячних передач.....	5
1.2. Параметри черв'ячної передачі.....	7
1.3. Кінематика і точність виготовлення черв'ячних передач.....	12
1.4. Матеріали і конструкції деталей черв'ячної передачі.....	13
2. Практична частина. Лабораторна робота №5. Вивчення конструкцій черв'ячних редукторів.....	16
2.1. Теоретична частина.....	16
2.2. Порядок виконання роботи.....	18
2.3. Порядок розбирання, складення та регулювання редуктора.....	19
2.4. Визначення параметрів черв'яка і черв'ячного колеса.....	19
2.5. Перевірка правильності зачеплення.....	23
2.6. Висновки.....	24
2.7. Звіт.....	24
Література.....	24
Зміст.....	25

Методичні вказівки з лабораторної роботи по деталях машин.

Лабораторна робота № 5. Вивчення конструкцій черв'ячних редукторів

Укладач:

к.т.н., доц. Невдаха Ю.А.

Підписано до друку 5.10.2020р

Формат А4 Ум. друк. арк. Тираж прим. Зам. №

РВЛ ЦНТУ, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8.

Тел. 597-541, 390-551, 559-245.