

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ФАКУЛЬТЕТ МЕТАЛУРГІЇ
КАФЕДРА «МЕТАЛУРГІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ»

ДЕТАЛІ МАШИН

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
для студентів усіх форм навчання напрямку підготовки 133 «Галузеве
машинобудування»

ЗМІСТ

Методичні вказівки до практичних занять.....	3
<i>Практичне заняття №1.</i> Розрахунок різьбових з'єднань	4
<i>Практичне заняття №2.</i> Розрахунки нероз'ємних з'єднань.....	10
<i>Практичне заняття №3.</i> Розрахунок вальниць кочення.....	18
<i>Практичне заняття №4.</i> Розрахунок валів.....	24
<i>Практичне заняття №5.</i> Розрахунок з'єднань ДМ.....	30
<i>Практичне заняття №6.</i> Вибір матеріалу зубчастих коліс.....	36
<i>Практичне заняття №7.</i> Розрахунок зубчастої циліндричної передачі....	44
<i>Практичне заняття №8.</i> Розрахунок конічної зубчастої передачі.....	52
<i>Практичне заняття №9.</i> Розрахунок черв'ячних передач.....	61
<i>Практичне заняття №10.</i> Розрахунок ланцюгових передач.....	70
<i>Практичне заняття №11.</i> Розрахунок клинопасової передачі.....	78
<i>Практичне заняття №12.</i> Компонування редуктора. Орієнтовний розрахунок валів.....	87
<i>Практичне заняття №13.</i> Кінематичний та силовий розрахунок механічного приводу.....	96
<i>Практичне заняття №14.</i> Розробка складального креслення приводу.....	105

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Курс практичних занять по дисципліні «Деталі машин» складено у відповідності до навчального плану і освітньо-професійної програми «Галузеве машинобудування» і є невід'ємною важливою частиною аудиторного комплексу занять, що дозволить студентам глибше освоїти й закріпити теоретичні положення дисципліни «Деталі машин», одержати навички їхнього практичного використання в області проектування й визначення навантажувальної здатності деталей, вузлів, механізмів, приводів і у подальшій самостійній роботі.

Практичні заняття передбачені навчальним планом в обсязі 28 годин. Завдання для практичних занять пов'язані з темами теоретичного матеріалу (лекцій) і направлені на поглиблене засвоєння матеріалу курсу і реального використання теоретичних знань.

Матеріальне забезпечення практичних занять: наочні посібники – презентації; плакати, слайди; учбова та довідкова література, методичні посібники, каталоги і атласи деталей; відео ролики з відповідних тем; натурні деталі та вузли загального призначення, моделі деталей та вузлів, стенди, програмне забезпечення.

Форма контролю практичних занять: усне опитування; перевірка знань при виконанні практичної роботи; тестовий поточний контроль знань студентів за темою заняття.

Звітність з практичних занять: на основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений звіт практичної роботи з розрахунками типових деталей і вузлів машин розглянутих на даному практичному занятті.

Практичне заняття №1

Тема: **Розрахунок різьбових з'єднань**

Мета заняття: Закріплення знань з теоретичних відомостей про різьби і різьбові з'єднання. Одержання практичних навичок у розрахунку найбільш поширених видів кріпильних різьбових з'єднань для різних випадків навантаження.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Рекомендована література

- 1 Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
- 2 Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.
- 3 Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.
- 4 Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. Часть 2 - Х.: Вища школа, 1988. – 142 с.
- 5 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, том 1, 1980. – 728 с.
- 6 Биргер И.А., Иосилевич Г.Б. Резьбовые соединения. – М.: Машиностроение, 1973.

Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекції, а також главу 1 Резьбовые соединения [2], §§ 7.1...7.12 – Резьбовые соединения [3] і главу 11 – Резьбовые соединения [4].

При ознайомленні з матеріалами лекцій та літературних джерел по темі заняття звернути увагу на:

- роль і місце різних з'єднань і зокрема різьбових в техніці;
- класифікацію різьб за основними ознаками – по призначенню, по формі стрижня, по формі перерізу витка та ін.;
- основні переваги і недоліки різьбових з'єднань та область застосування того чи іншого типу різьбових з'єднань;
- спільні риси та відмінності основних видів кріпильних з'єднань, таких як болтові, з'єднання гвинтами та шпильками;
- номенклатуру основних кріпильних деталей, таких як болти, гвинти, шпильки, гайки та допоміжних, зокрема шайб;
- способи виготовлення різьби;
- основні елементи і характеристики різьби, такі як діаметри (номінальний,

- внутрішній, середній), крок, число заходів, хід, коефіцієнт повноти;
 основні критерії роботоздатності кріпильних різьбових деталей, розрахунки
- на міцність елементів різьби;
 - матеріали і допустимі напруження при розрахунках;
 - ступінь стандартизації кріпильних деталей, забезпечення принципу рівної міцності стандартних різьбових деталей;
 - умовні позначення стандартних кріпильних деталей, класи міцності;
 - момент тертя в різьбі, момент загвинчування (відгвинчування), коефіцієнт корисної дії і умову самогальмування;
 - способи запобігання мимовільного відгвинчування (способи стопоріння) різьбових кріпильних з'єднань;
 - основні види навантаження на кріпильні деталі і їх вплив на методи розрахунків з'єднань.

1.3 Питання для самопідготовки

- 1 Які переваги різьбових з'єднань забезпечують їм поширене застосування в техніці?
- 2 Дайте визначення таким параметрам різьби: профіль, крок, хід, кут профілю і кут підйому гвинтової лінії.
- 3 Які розрізняють типи різьб по профілю, по призначенню, по кроку, числу заходів, по напрямку гвинтової лінії?
- 4 Назвіть основні способи виготовлення різьби і інструменти, які при цьому застосовуються.
- 5 За якими параметрами метрична різьба відрізняється від дюймової?
- 6 Чому метрична різьба з крупним кроком має переважне застосування в якості кріпильної?
- 7 Для яких конструкцій і умов роботи звичайно застосовують різьби з дрібним кроком?
- 8 На яких принципах основані способи стопоріння різьбових деталей?
Перелічіть всі відомі вам способи стопоріння.
- 9 З яких матеріалів виготовляють різьбові деталі?
- 10 З якою метою при виготовленні кріпильних деталей застосовують методи термічної, хіміко-термічної обробки, гальванічних покриттів?
- 11 Що характеризують числові позначення класу міцності гвинта, наприклад, клас міцності 5.6? Класу міцності гайки, наприклад, 8?
- 12 Від яких основних факторів залежить значення моменту закручування в різьбовому з'єднанні?
- 13 Які напруження виникають у перерізі болта з попереднім затягом?

14 Які методи застосовують для контролю зусилля затягу різьбового з'єднання? Чим відрізняється розрахунок з'єднання з контрольованим затягом від розрахунку з'єднання без контролю затягу?

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання на розрахунок, ознайомлення зі змістом і оформленням розрахунку, графіком виконання;
- узгодження, порядку звітності студентів по результатах самостійної роботи, форм і строків консультацій;
- видача методичної літератури, ознайомлення з порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів розрахунку
- попередження про типові помилки, які часто допускають студенти;
- виконання студентами прикладу розрахунку згідно з темою даного практичного заняття;
- аналіз етапів розрахунку, які потребують прийняття конкретних конструктивних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення заняття з аналізом помилок, що виникають у процесі розрахунку;
- аналіз результатів проведеного розрахунку, формулювання висновків;
- підведення підсумків практичного заняття, узгодження завдань на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники – плакати з рисунками і розрахунковими схемами типових різьбових з'єднань та з довідковими таблицями по вибору деталей кріпильних різьбових з'єднань
- таблиця для вибору варіантів числових значень розрахунку;
- учбова та довідкова література.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття під час його проведення не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативного покинути аудиторію і сповістити відповідні служби.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

- а) сформулювати загальну задачу розрахунку;
- б) навести вихідні дані розрахунку різьбового з'єднання.

Примітка: вихідні дані вибираються для кожної задачі окремо з таблиць варіантів вихідних даних.

3.2 Вирішення типових задач по розрахунку різьбових з'єднань:

Задача 1. Перевірити на міцність різьбу болта і гайки. З умови рівної міцності визначити висоту гайки та головки болта, діаметр опорної поверхні гайки (головки болта).

Рішення: а) перевірка різьби болта і гайки на зріз проводиться за формулою 1.12 [2], б) висота гайки з умови рівної міцності стержня болта на зріз визначається за рівнянням §1.5 виводу формули 1.14 [2]; в) для визначення висоти головки болта потрібно скористатись рівнянням §1.5 виводу формули 1.14 [2], дещо змінивши при цьому його ліву половину; г) діаметр опорної поверхні гайки знайти з умови міцності на зминання кільцевої поверхні формулу вивести самостійно.

Задача 2. Стержень з різьбою навантажений тільки осьовою статичною силою, гайка накручена, але не затягнута (хвостовик гака вантажопідіймальної машини, підвіска світильників, тощо).

Три варіанти рішень (або-або):

- а) провести перевірку з'єднання на міцність;
- б) визначити діаметр різьби;
- в) визначити граничне значення зусилля, яке може сприйняти з'єднання.

Рішення: Основою розрахунку є умова міцності стержня, ослабленого різьбою (переріз по внутрішньому діаметру різьби), на розтяг, для варіантів (а) і (б) можна скористатися формулами 8.1 і 8.2 [4], для варіанту (в) потрібно вирішити формулу 8.1 відносно зусилля. Для рішення задачі вибір матеріалу стержня і визначення допустимих напружень зручно проводити за рекомендаціями таблиць 8.3 і 8.4 та с. 95 [4].

Задача 3. Болт затягнутий, зовнішнє навантаження відсутнє (ненавантажені кришки підшипників, оглядові люки корпусів, тощо). Перевірити болт на міцність.

Рішення: Як і для попередньої задачі перевірка проводиться з умови міцності на розтяг, але зусилля діюче на болт збільшується на 30% (коефіцієнт 1,3), тим самим враховується дія в перерізі болта напружень кручення, що виникають від дії моменту закручування гайки. Потрібне зусилля затягу можна вчислити по формулі 1.17 [2], матеріал та його характеристики вибирають як для задачі 2.

Задача 4. На затягнутий болт додатково діє зовнішнє осьове навантаження (фундаментні болти, фланцеві з'єднання, кришки посудин під тиском, як правило з прокладками). Перевірити болт на міцність.

Рішення: Попередній зтяг болта повинен забезпечити герметичність або не розкриття стику під навантаженням. Під дією зовнішнього навантаження болт додатково розтягається, але на ту ж величину зменшується деформація стиснутих деталей. Отже тільки частина зовнішнього навантаження діє на болт, інша частина іде на часткове розвантаження стику.

Значення сили зтягу і коефіцієнта зовнішнього навантаження (коефіцієнта податливості стику) можна визначити за рекомендаціями 8.5.1 [4].

Задача 5. Болт стягує дві або три плоских деталі з товстолистового матеріалу.

Сили навантажують деталі у повздовжньому напрямку. Часто цю задачу формулюють як розрахунок різьбового з'єднання навантаженого силами, що здвигують. Розрахунок такого з'єднання може бути як перевірочним (перевірка на міцність), так і проектним (визначення параметрів болта).

Рішення: Конструктивне виконання такого різьбового з'єднання може передбачати два варіанти:

Варіант I. Болт поставлений з зазором в отвори деталей, що з'єднуються. Для попередження переміщення деталей болти зтягають так, щоб сила тертя на стиках деталей була більша за силу, що діє на деталі. Таким чином рішення цього варіанту базується на умові міцності різьбової частини стержня болта на розтяг.

Варіант II. Між стержнем болта і поверхнею отворів деталей зазор відсутній (болт поставлений в отвори „під розгортку“). В цьому випадку міцність з'єднання визначається умовою міцності стержня болта на зріз і умовою міцності циліндричних поверхонь контакту болта і деталей на зминання. Для вирішення цієї задачі доцільно скористатися методикою п.р.8.5.2 [4], а також потрібними для розрахунку довідковими даними глави 8 [4]. Після проведення розрахунку обов'язково проаналізувати доцільність того чи іншого варіанту такого виду з'єднань.

Задача 6. Болт навантажений зусиллям, що діє ексцентрично відносно його осі (в якості ілюстрації такого виду навантаження можна використовувати рисунок 1.28 [2] і рисунок 7.19 [3]). Перевірити болт на міцність.

Рішення: Для вирішення задачі потрібно розглянути випадок виникнення в перерізі стержня болта напружень розтягу і напружень згину. На сумісну дію цих напружень і потрібно розрахувати болт, для цього бажано вивести розрахункову формулу на основі методик наведених в §1.7 [2] та на с. 110-111 [3].

Задача 7. З'єднання групою симетрично встановлених болтів, що кріпить кришку навантажену силою, яка діє перпендикулярно площині стику і проходить через центр ваги з'єднання. Перевірити кріпильні деталі на міцність.

Рішення: для такого випадку навантаження вважають, що кожен з болтів навантажений однаково, тому величину діючого зусилля ділять на загальну кількість болтів і розраховуємо один болт по методиці задачі 2.

Задача 8. Кронштейн навантажений зусиллям, яке не проходить через центр ваги з'єднання і зсуває деталі у площині стику (рисунок 1.30) [2]. Провести перевірочний або проектний розрахунки.

Рішення: для даного і подібних випадків нерівномірного навантаження болтів з'єднання потрібно встановити, який з них навантажений максимальним зусиллям і по цьому зусиллю провести розрахунок. Наприклад, для приведених умов навантаження (рис.130), силу, яка діє на кронштейн замінюють такою ж, перенесеною у центр ваги стику і моментом. Навантаження від сили між болтами розподіляються рівномірно, а від моменту пропорційно деформаціям болтів при повороті кронштейну. Як і для задачі 5, можна розглядати два варіанти постановки болтів в отвори – з зазором, або ж без зазору. Можна прорахувати обидва варіанти і результати порівняти. Крім того можна провести оптимізацію конструкції такого з'єднання с. 47 [2].

3.3 Підсумки проведеного заняття

Після вирішення типових задач по розрахунках різьбових з'єднань необхідно провести аналіз їх результатів і зробити висновки по застосуванню того чи іншого методу розрахунку з'єднання на міцність.

3.4 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті, завершити і належним чином оформити виконані на ньому задачі.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок розглянутих на даному практичному занятті типових різьбових з'єднань.

Практичне заняття №2.

Тема: Розрахунки нероз'ємних з'єднань

Мета заняття: Закріплення знань з описового курсу про нероз'ємні з'єднання.

Одержання практичних навичок у розрахунку найбільш поширених видів (заклепкових, зварних, паяних та клейових) нероз'ємних з'єднань для різних їх конструкцій та умов навантаження.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекції 32 „Заклепкові з'єднання“, лекції 33 „Зварні з'єднання“ та лекції 34 „Паяні та клейові з'єднання“ [1], а також глави 2 - 4 [2] і глави IV та V [3].

При ознайомленні з матеріалами лекцій та рекомендованої по темі заняття літератури звернути увагу на:

- фізичну суть і технологічні методи виконання найстарішого виду нероз'ємних з'єднань - заклепкового;
- класифікацію заклепок по формі стержня і головок та класифікацію заклепкових швів по основних ознаках: по призначенню, по конструктивному виконанню (числу рядів заклепок, розташуванню рядів і деталей, що з'єднуються, тощо);
- основні переваги і недоліки заклепкових з'єднань та сучасну область застосування того чи іншого виду заклепкових з'єднань;
- матеріали заклепок і методи визначення допустимих напружень при розрахунках з'єднань на міцність;
- фізичну суть зварювання, основні способи зварювання та конкретні області застосування цих способів;
- спільні риси і особливості найбільш поширених способів зварювання – газового, електродугового, електроконтактного;
- класифікацію зварних швів по їх формі та по розташуванню деталей, що з'єднуються;
- основні принципи розрахунку зварних з'єднань на міцність;
- матеріали деталей, що з'єднуються та присадочні матеріали, способи захисту зони зварювання, визначення допустимих напружень при розрахунках швів на міцність;
- відмінності технологічних процесів пайки і зварювання;

- порівняльна характеристика процесів пайки і зварювання – область застосування нероз’ємних паяних з’єднань;
- клейові з’єднання, характерні конструктивні і технологічні особливості, переваги і недоліки, область застосування;

1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Як утворюється заклепкове з’єднання?
- 1.2.2 Перелічіть переваги і недоліки заклепкових з’єднань.
- 1.2.3 Чому заклепкові з’єднання доцільно застосовувати для сприйняття навантажень, які діють у площині стику деталей, що з’єднуються ?
- 1.2.4 По яких напруженнях звичайно розраховується заклепка міцного шва?
- 1.2.5 Що таке коефіцієнт міцності ϕ заклепкового з’єднання? Шви яких конструкцій застосовують для збільшення цього коефіцієнта?
- 1.2.6 Як можна підвищити опір утомі заклепкових з’єднань?
- 1.2.7 Які матеріали використовують для виготовлення заклепок?
Які вимоги висуваються при виборі матеріалу заклепок?
- 1.2.8 Які переваги (у порівнянні з заклепковими) мають зварні з’єднання?
- 1.2.9 Якими способами утворюють зварний шов? Типи зварних з’єднань.
- 1.2.10. Як з умови рівномірності з основним металом визначити довжину флангового або комбінованого шва нахлісточного з’єднання?
- 1.2.11 Які фактори враховують при виборі допустимих напружень при розрахунках на міцність зварних з’єднань?
- 1.2.12 Чому міцність зварних з’єднань при дії перемінних навантажень нижча чим при статичному їх навантаженні? Які зварні з’єднання доцільно застосовувати при перемінних режимах навантаження?
- 1.2.13 Якими способами можна підвищити міцність зварних з’єднань при дії на них перемінних навантажень?
- 1.2.14 Які переваги і недоліки паяних з’єднань у порівнянні зі зварними?
Область застосування цих з’єднань у техніці.
- 1.2.15 Чому паяні з’єднання виконують переважно нахлісточними?
- 1.2.16 Які переваги і недоліки мають клейові з’єднання у порівнянні зі зварними, або з паяними? Область їх застосування.
- 1.2.17 Які конструкції клейових з’єднань найбільш поширені?
- 1.2.18 Чому при склеюванні рекомендують застосовувати не одну, а дві накладки?
- 1.2.19 Як можна збільшити площу склеювання для стикового з’єднання, або ж для таврового з’єднання?

1.2.20 Чому з метою підвищення несучої спроможності доцільніше збільшувати не довжину, а ширину нахлісточного паяного або клейового з'єднання?

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.
3. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання на розрахунок, ознайомлення зі змістом і оформленням розрахунку, графіком виконання;
- узгодження, порядку звітності студентів по результатах самостійної роботи, форм і строків консультацій;
- видача методичної літератури, ознайомлення з порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів розрахунку
- попередження про типові помилки, які часто допускають студенти;
- виконання студентами прикладу розрахунку згідно з темою даного практичного заняття;
- аналіз етапів розрахунку, які потребують прийняття конкретних конструктивних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення заняття з аналізом помилок, що виникають у процесі розрахунку;
- аналіз результатів проведеного розрахунку, формулювання висновків;
- підведення підсумків практичного заняття, узгодження завдань на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники – плакати з рисунками і розрахунковими схемами типових нероз'ємних з'єднань та з довідковими таблицями
- таблиця для вибору варіантів числових значень розрахунку;
- учбова та довідкова література.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття під час його проведення не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

- а) сформулювати загальну задачу розрахунку;
- б) навести вихідні дані розрахунку того чи іншого виду з'єднання.

Примітка: вихідні дані вибираються для кожної задачі окремо з таблиць варіантів вихідних даних.

3.2 Вирішення типових задач по розрахунку нероз'ємних з'єднань:

Задача 1. Перевірити на міцність заклепковий шов з двома заклепками в ряд, що з'єднують внахліст дві деталі з листового матеріалу однакової товщини. Зусилля, які навантажують шов, діють вздовж деталей фронтально відносно шва (рис.2.4 [2]). Задані: ширина і товщина деталей, діаметр стержня заклепки і відстань між заклепками, відстань від шва до краю деталі. Матеріали заклепок і деталей задані. Розглянути всі можливі випадки руйнування шва.

Рішення: задачу можна розглядати як перевірочну або як проектну, при вирішенні задачі розглянути випадки:

а) під дією зусиль у поперечному перерізі стержні заклепки виникають напруження зрізу – скласти умову міцності на зріз і знайти або діючі напруження (перевірка), або діаметр заклепки (проектний розрахунок);

б) на поверхні контакту стержня заклепки з отвором в деталі діють напруження зминання – скласти умову міцності на зминання і знайти діючі напруження зминання в місці контакту або ж мінімальну товщину деталей, які з'єднуються (діаметр заклепки приймається згідно з результатами розрахунку а);

в) у поперечному перерізі деталей, що з'єднуються, ослабленому отворами під заклепки діють напруження розтягу – скласти умову міцності на розтяг і перевірити міцність пластин (в разі невиконання умови збільшити ширину або товщину деталей);

г) при недостатній відстані від лінії постановки заклепок до краю деталі під дією напружень зрізу метал деталі може „вирізатись“ – скласти умову міцності на зріз і перевірити відстань від заклепок до краю листа.

Примітка: при розрахунках не враховують силу тертя між деталями і вважають, що заклепки навантажені рівномірно.

Після вирішення задачі 1 провести порівняльний (на основі проведених розрахунків) аналіз найбільш поширених видів заклепкових швів (внахліст, встик з однією або ж з двома накладками, тощо), розглянути різні варіанти постановки заклепок в двохрядних і багаторядних швах (рядне, шахове). Розглянути відмінності розрахунків щільних швів від розрахунків швів силових.

Задача 2. Дві деталі, виготовлені зі штаб або листового матеріалу однакового перерізу, з'єднані зварним стиковим швом, виконаним електродуговим зварюванням. Перевірити міцність з'єднання, навантаженого силами, що діють вздовж деталей і впоперек шва.

Рішення: при розрахунках стикових швів прийнято розглядати деталь як цілу, але дещо ослаблену зварним швом, що враховується заниженими значеннями допустимих напружень, які, в свою чергу вибираються залежності від виду зварювання і матеріалу електрода. Якщо зусилля проходять через центр маси поздовжнього перерізу шва, то шов розраховується на чистий розтяг, якщо ж навантаження створюють згинаючий момент, то складається умова міцності на згин – розрахункові формули 3.1 [2].

Задача 3. Розрахувати на міцність з'єднання внахліст, виконане за допомогою двох кутових флангових швів і навантажене силами, що діють вздовж швів на рівній відстані від них – рисунок 3.6 [2].

Рішення: на відміну від стикових флангові кутові шви розраховують на міцність по дотичних напруженнях, які діють уздовж шва. Умовно вважається, що кутовий шов руйнується по прямокутному перерізу, в якому одна сторона бісектриса прямого кута трикутника (0,7 катета шва), а інша сторона – довжина шва рисунок 3,6 і формула 3.3 [2]. Характеристики матеріалу шва вибирають так як і для задачі 2.

Задача 4. З'єднання внахліст, описане в задачі 3 доповнене лобовим швом (рисунок 3.13) [2]. Розрахувати таке *комбіноване з'єднання* на міцність.

Рішення: комбіноване з'єднання лобовими і фланговими швами розраховують на основі принципу розподілу навантаження пропорційно несучої спроможності окремих швів. При цьому прийнято лобові шви розраховувати так

як і флангові в задачі 3, для з'єднання на рисунку 3.13 доцільно використати формулу 3.11 [2], де розрахункова довжина зварного шва являє собою суму довжин швів.

Задача 5. З'єднання листа і рівнобічного кутика, виконане двома кутовими фланговими швами, навантажене зусиллям, яке направлене вздовж і проходить через центр маси поперечного перерізу кутика (рисунок 3.8) [2].

Рішення: розрахунок такого з'єднання проводиться з урахуванням навантаження, яке приходить на кожен шов і яке розподіляється між ними обернено пропорційно відстані від центру маси перерізу кутика (лінії дії зусиль) до шва. Дотримуючись умови рівномірності, шви виконують різної довжини (згідно з формулами 3.5 і 3.6) [2].

Задача 6. З'єднання, описане в задачі 3 навантажене моментом див. рисунок 3.9 [2], скласти умову міцності з'єднання.

Рішення: Для порівняно коротких швів, які часто використовуються на практиці використовують наближений розрахунок по формулі 3.7 [2].

Задача 7. Розрахувати на міцність таврове зварне з'єднання навантажене відриваючим зусиллям і моментом (рисунок 3.16) [2].

Рішення: подібне таврове з'єднання можна виконати двома видами швів: стиковим з розділкою кромки або кутовим без розділки кромки. Для першого виду зварного шва умова його міцності представлена нерівністю 3.15 [2] (на міцність шва впливають нормальні напруження), а для кутових швів умова міцності враховує дотичні напруження – формула 3.16 [2]. Після визначення числових даних по обох варіантах бажано провести аналіз результатів розрахунку і розглянути переваги і недоліки варіантів.

Задача 8. Таврове з'єднання труби навантажене згинаючим та обертаючим моментами (рисунок 1.17) [2]. Провести перевірочний розрахунок.

Рішення: при вирішенні задачі приймають, що катет шва значно менший за діаметр труби і напруження, які виникають у шві розподілені рівномірно по кільцевій поверхні руйнування шва. Використовуючи принцип незалежності дії силових факторів, потрібно послідовно знайти значення напружень, що виникають у шві від дії обертаючого і згинаючого моментів (формули 3.17 і 3.18) [2], а потім, враховуючи, що ці напруження діють у взаємно перпендикулярних площинах, по формулі 3.19 знайти сумарні напруження і порівняти їх з допустимими.

Задача 9. З'єднання двох тонкостінних деталей внахліст (рисунок 3.18), виконане за допомогою точечного контактного зварювання. Перевірити міцність з'єднання.

Рішення: з'єднання точечним зварюванням працюють переважно на зріз. При розрахунку передбачають, що навантаження розподіляються між точками рівномірно (формула 3.20) [2]. Неточності розрахунку компенсують за допомогою зменшення допустимих напружень.

Задача 10. Дві деталі, виготовлені зі штаб або листового матеріалу однакового перерізу, з'єднані паяним стиковим швом, виконаним твердим мідно-цинковим припоєм. Вихідні дані взяти такими ж як для задачі 2 і порівняти міцність зварного і паяного швів.

Рішення: Напруження розтягу при перевірці шва на міцність визначити по формулі 4.1 [2], допустимі напруження припою за таблицею 4.1 [2].

Задача 11. Розглянути і порівняти міцність двох з'єднань внахліст паяного і клеєного, виконаних для двох деталей однакової ширини, навантажених силами, що діють вздовж цих деталей. Пайка з'єднання проведена м'яким олов'яно-свинцевим припоєм, склеювання – клеєм БФ-4.

Рішення: як для паяного, так і для клейового нахлісточних з'єднань міцність обумовлюється дотичними напруженнями в шві, які можна вичислити за формулою 4.2 [2]. Порівняння міцності швів доцільно проводити за величиною „нахлістки“ – тобто розміру l в формулі, розміру, який забезпечує відповідну площу взаємного контакту деталей, площу паяного і клеєного шва.

3.3 Підсумки проведеного заняття

Після вирішення типових задач по розрахунках нероз'ємних з'єднань необхідно провести аналіз їх результатів і зробити висновки по застосуванню того чи іншого методу розрахунку різних видів з'єднань на міцність, знайти спільні риси і розбіжності цих методів розрахунку.

3.4 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті, завершити і належним чином оформити виконані на ньому задачі.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок розглянутих на даному практичному занятті типових видів нероз'ємних з'єднань.

Тема: Розрахунок вальниць кочення

Мета заняття: Одержання практичних навичок і закріплення теоретичних знань в виборі типу вальниць кочення для валу редуктора, який працює в конкретних умовах навантажень. Визначення еквівалентного навантаження на вальницю та оволодіння методикою розрахунку ресурсу та довговічності вальниці з використанням її динамічної вантажності.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Рекомендована література

- 1 Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
- 2 Иванов М.Н. Детали машин. – М.: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.
- 3 Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: „Машиностроение“, 1989. – 496 с.
- 4 Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

1.2 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекції [1], засвоїти основні положення навчальної та навчально-методичної літератури, що рекомендована [2-5]. В процесі ознайомлення з матеріалами лекцій та літератури проаналізувати переваги і недоліки вальниць кочення (у порівнянні з вальницями ковзання), уявити область їх застосування.

Повторити класифікацію вальниць за основними ознаками: по напрямку сприйняття навантажень, за формою тіл кочення, за кількістю рядів тіл кочення, за здатністю компенсувати перекося вала, за вантажопідіймальністю.

Проаналізувати систему умовних позначень вальниць кочення, звернувши увагу на особливості знаків основного позначення для вальниць з діаметром отвору внутрішнього кільця меншим за 10 мм. Розглянути систему додаткових знаків (справа і зліва основного позначення), зокрема позначення класу точності вальниці.

Звернути увагу на спільні риси та відмінності конструктивного оформлення того чи іншого типу вальниць, а також область переважного застосування вальниць різних типів.

З'ясувати критерії роботоздатності вальниць при різних умовах експлуатації, види руйнувань їх складових частин, основні вимоги, що

пред'являються до матеріалів для їх виготовлення, матеріали та їх термообробка.

Ознайомитись з критеріями вибору типу вальниць для тих чи інших умов навантажень, метою та порядком визначення приведенного навантаження на підшипник в залежності від типу вальниці і умов її навантаження.

Розглянути формулювання та уявити суть таких показників вальниць кочення як статична і динамічна вантажність, їх застосування для того чи іншого випадку умов роботи вальниць.

Ознайомитись з методиками вибору вальниць за його статичною або динамічною вантажністю, визначення ресурсу та розрахункової довговічності.

1.3 Питання для самопідготовки

- 1 За рахунок яких переваг (над вальницями ковзання) вальниці кочення одержали широке застосування в техніці?
- 2 Наведіть класифікацію вальниць по виду навантажень на них. Різниця між радіально-упорними і упорно-радіальними підшипниками.
- 3 Наведіть класифікацію вальниць по формі тіл кочення. Для яких умов навантажень призначені вальниці з витим роликом?
- 4 З яких основних елементів складається вальниця кочення? Поясніть призначення кожного з цих елементів.
- 5 Наведіть основні принципи побудови системи умовних позначень вальниць кочення. Що характеризує кожна з семи цифр групи основного позначення?
- 6 Наведіть класифікацію вальниць по типах. Яка з вальниць радіальна Кулькова однорядна або ж роликів з коротким циліндричним роликом не може сприймати осьове навантаження?
- 7 Які класи точності вальниць ви знаєте, на якому місці записують цифри – позначення класу точності в умовному позначенні?
- 8 З яких матеріалів виготовляють елементи вальниць кочення? Для яких умов роботи призначені вальниць з бронзовими сепараторами?
- 9 Назвіть види руйнувань елементів вальниць кочення. За якими ознаками вибраковують вальниці?
- 10 Сформулюйте визначення статичної та динамічної вантажності.
- 11 Які умови роботи враховує приведенне навантаження вальниць?
- 12 Поясніть фізичну суть розрахунку довговічності вальниць по його динамічній вантажності. В чому різниця між ресурсом і довговічністю вальниць?

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання, ознайомлення з основними вимогами до об'єму, змісту, оформленню завдання, графіком його виконання;
- узгодження форм і строків консультацій, порядку звітності студентів по результатах самостійної роботи;
- видача методичної літератури, ознайомлення з її особливостями та порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів методики розрахунку, попередження про типові помилки, які часто допускають студенти;
- виконання студентами прикладу підбору вальниць кочення згідно з темою даного практичного заняття;
- аналіз проміжних етапів розрахунків по вибору вальниць, які потребують прийняття конкретних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення заняття з аналізом виникаючих у його процесі помилок, допущених студентами;
- аналіз кінцевих результатів проведеного розрахунку, формулювання висновків і рекомендацій;
- підведення підсумків практичного заняття, закріплення знань видача завдання на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники – плакати з різними видами компоновань валів на опорах з вальницями кочення;
- каталог вальниць кочення;
- учбова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття під час його проведення не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті.

У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

а) сформулювати задачу розрахунку з зазначенням основних його етапів;

б) навести вихідні дані розрахунку:

- радіальні зусилля, які діють на кожну вальницю;
- осьові зусилля що діють на вал;
- частота обертання вала;
- умови роботи (короткочасні перевантаження, температури, тощо);
- бажана довговічність підшипників.

в) навести розрахункову схему навантажень на вальниці валу.

Примітка: Якщо на вал діють дві чи більше осьові сили (часто для проміжних валів) потрібно передбачити конструктивні особливості елементів передач (напрямок зубів зубчастих передач, витків черв'яків, тощо), встановлених на даному валу так, щоб ці осьові сили компенсували одна іншу і на вальниць діяли мінімальні осьові зусилля.

При виборі вальниць для вала, який працює у реверсивному режимі і для якого осьове зусилля на валу змінює свій напрямок, рекомендується на розрахунковій схемі направити осьове зусилля на більш навантажену радіальними силами вальницю.

3.2 Вибір типу вальниць

При виборі необхідного для заданих умов роботи типу вальниць повинні бути враховані такі вимоги [5]:

- величину і напрямок навантаження (радіальне, осьове або комбіноване);
- характер навантаження (постійний, змінний, вібраційний або ударний);
- частота обертання кільця підшипника;
- необхідна довговічність (бажаний термін служби, виражений у годинах або мільйонах обертів);
- навколишнє середовище (вологість, наявність пилу, температура і т.п.);
- прийнятна вартість вальниці.

Якщо немає особливих вимог, то тип вальниці вибирається по співвідношенню осьового і радіального навантажень, що діють на опору по рекомендаціях приведеним у таблиці 2.3 [5].

3.3 Визначення еквівалентного навантаження

Еквівалентним навантаженням для радіальних, упорних та упорно-радіальних вальниць називається таке постійне навантаження, при прикладанні якого до вальниці з тугим внутрішнім кільцем, що обертається разом із валом, і вільним зовнішнім кільцем у корпусі, забезпечується така ж довговічність, яку вальниця буде мати при дійсних умовах навантаження й обертання.

Для радіальних кулькових вальниць і радіально-упорних кулькових і роликів вальниць еквівалентне навантаження визначають по формулі 2.1 [5].

Для радіальних вальниць із короткими циліндричними роликами упорно-радіальних, упорних підшипників еквівалентне навантаження обчислюють по формулах 2.3 – 2.5 [5].

При розрахунках, крім співвідношень осьового і радіального навантажень на вальницю враховується кінематика вальниці (через коефіцієнт обертання), умови його роботи (через коефіцієнт безпеки) і температурні умови.

3.4 Особливості при виборі радіально-упорних підшипників

При розрахунку зусиль радіально-упорних вальниць необхідно враховувати, що в них при радіальному навантаженні та відсутності осьового зазору і натягу завжди виникає осьова сила S . Розрахункові осьові навантаження, що діють на радіально-упорні вальниці, визначають у залежності від схеми впливу зовнішніх сил з урахуванням обраного відносного розташування вальниць. Значення осьових сил, що виникають у вальницях вираховують за формулами 2.6 і 2.7, значення результуючої осьової сили, що діє на вал та її напрямок за даними таблиці 2.10 [5].

3.5 Вибір підшипників, що працюють при перемінних режимах

Для вузлів вальниць, де розмір визначених навантажень і частота обертання змінюються в часі (наприклад, в опорах коробок передач, канатних барабанів і т.п.) підшипники вибирають по еквівалентному навантаженню і умовній частоті обертання. Еквівалентне навантаження при кожному режимі визначають по формулах 2.1, 2.3, 2.4, 2.5. [5].

Якщо навантаження змінюється по лінійному закону, то еквівалентне навантаження може бути визначене по формулі 2.14, при більш складному законі зміни частоти обертання та навантажень для визначення еквівалентного навантаження застосовують формулу 2.15 [5]. Формула (2.15) справедлива для всіх типорозмірів крім вальниць із витими роликами.

3.6 Остаточний вибір типорозміру підшипника

При виборі типорозміру вальниць звичайно застосовуються дві рівноцінних по своїй суті методики:

- 1) по каталогу вибирається вальниця визначеного типу, як правило легкої серії і виходячи з його динамічної вантажності та приведенного навантаження на нього по формулі 16.31 [2] визначається ресурс цієї вальниці у мільйонах обертів, або ж, що зручніше, знаючи частоту обертання - розрахункову довговічність в годинах по формулі 16.32 [2]. Якщо отримане значення довговічності менше за бажане, то вибирається вальниць з більшою вантажністю і розрахунок повторюється.

2) знаючи приведені навантаження, частоту обертання і бажану довговічність, або ж ресурс вальниці, по довідкових таблицях (табл. 2.13-2.15) [5] визначають співвідношення між приведеним навантаженням і динамічною вантажністю, а потім і саму динамічну вантажність, по якій і вибирається типорозмір вальниці з каталогу. Після такого вибору можна уточнити довговічність.

Примітка: інколи доцільно проводити паралельний (варіантний) розрахунок довговічності для різних серій вантажності вальниці, а потім вибирати кращий варіант. Слід відмітити, що часто буває нераціональним приймати вальниці важких серій для забезпечення ними всього терміну роботи виробу, зручніше прийняти вальниці більш легкої серії з заміною їх на нові у визначений розрахунком строк.

3.7 Висновки по розрахунку

По результатах розрахунку формулюються висновки, в яких коротко і ясно констатується хід розрахунку, наводиться позначення вальниць, які вибрано для вала, виходячи з його навантажень і умов роботи.

3.8 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті, провести і оформити вибір вальниць вала за індивідуальним завданням одержаним на даному практичному занятті.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений вибір вальниць у відповідності до схеми і розмірів, що пропонується індивідуальним завданням.

Тема: Розрахунок валів

Мета заняття: Оволодіння практичною методикою послідовного виконання етапів наближеного та уточненого розрахунків валів для найбільш поширених компоновальних схем редукторів різних типів, що мають різноманітні кінематичні та конструктивні особливості.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Рекомендована література

- 1 Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
- 2 Иванов М.Н. Детали машин. – М.: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.
- 3 Киркач Н.Ф, Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин часть 2 - Х.: „Высшая школа“, 1988. – 142 с.
- 4 Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.
- 5 Розрахунок валів. Методичний посібник. - Мелітополь, ТДАТУ, 2008.

1.2 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекції [1], уявити основні положення навчальної літератури, що рекомендована [2-4].

В процесі ознайомлення з матеріалами лекцій та літератури звернути увагу на роль і місце наближеного і уточненого розрахунків валів у системі проектних та перевірочних розрахунків на міцність.

Проаналізувати спільні положення і уточнити особливості в визначенні числових значень та напрямків складових (колових, радіальних, осьових) зусилля в найбільш поширених (зубчастих циліндричних, конічних та черв'ячних) зачепленнях. З'ясувати, які зусилля діють в передачах гнучким зв'язком (пасових та ланцюгових), з'єднувальних муфтах, визначення величини цих зусиль і яким чином вони передаються на вали привода.

Ознайомитись з методикою побудови просторових схем різних приводів, для цього згадати основні правила викреслювання аксонометричних проекцій, зокрема тіл обертання – циліндрів, дисків, тощо.

Повторити правила компоновання розрахункових схем для розрахунків валів на сумісну дію кручення і згину, а також методику знаходження напрямку

і числових значень опорних реакцій, правила визначення знаків і величини згинаючих моментів, побудову їх епюр та епюр обертаючих моментів.

З'ясувати яким чином визначаються сумарні згинальні моменти і еквівалентний момент у найбільш навантаженому перерізі, який характеризує сумісну дію деформацій кручення і згину. Ознайомитись з методикою наближеного розрахунку вала, порядком прийняття розмірів шийок, діаметри яких розрахунком не визначаються.

Уяснити фізичну сутність руйнування матеріалів від втоми і основи розрахунків деталей машин, зокрема валів на витривалість. Розглянути різні види концентраторів напружень, їх вплив на втомну міцність валу та урахування цих концентраторів при конструюванні елементів валів.

Ознайомитись з методикою уточненого розрахунку валу на втомну міцність по коефіцієнту запасу витривалості.

1.3 Питання для самопідготовки

- 1 З якою метою перед наближеним розрахунком валів рекомендують будувати просторову схему приводу?
- 2 Для яких випадків навантаження валу при розрахунку на кручення і згин потрібне застосування двох розрахункових схем валу – в горизонтальній та вертикальній площинах?
- 3 Яким чином при наближеному розрахунку валу враховують зусилля, напрямом якого у просторі неможливо точно встановити, наприклад зусилля, що виникає в муфті?
- 4 Які деформації у перерізі валу викликають осьові складові зусилля в зубчастих або черв'ячних зачепленнях?
- 5 За якими критеріями приймаються опори (шарнірно-нерухомі або шарнірно-рухомі) на розрахунковій схемі валу ?
- 6 Які основні чинники впливають на визначення необхідності виконання валу як вал-шестерня?
- 7 Поясніть сутність еквівалентного моменту, для чого його визначають при наближеному розрахунку валу?
- 8 Чому вал розраховують на втомну міцність навіть при постійному його навантаженні?
- 9 Яким чином при уточненому розрахунку валу враховують вплив концентраторів напружень в перерізах на витривалість валу?
- 10 Що враховує масштабний фактор при уточненому розрахунку валу?
- 11 В чому суть коефіцієнту запасу витривалості? Наведіть діапазон його

рекомендованих значень.

12 Перелічіть конструктивні і технологічні засоби підвищення опору валів втомі?

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- коротке опитування студентів по результатах самостійної роботи постановка задачі і формулювання мети даного заняття;
- видача методичної літератури, ознайомлення з її особливостями, порядком користування довідковими даними;
- узгодження форм і строків консультацій, порядку звітності студентів по результатах самостійної роботи;
- узгодження основних етапів методики розрахунку, попередження про типові помилки, які часто допускають студенти;
- виконання студентами прикладу наближеного і уточненого розрахунків згідно з темою даного практичного заняття;
- аналіз проміжних етапів наближеного розрахунку валу, які потребують прийняття конкретних конструктивних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення заняття з аналізом виникаючих у його процесі помилок, допущених студентами;
- аналіз кінцевих результатів проведених розрахунків формулювання висновків і рекомендацій;
- підведення підсумків практичного заняття, видача завдання на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники – плакати з довідковими таблицями по визначенню типових концентраторів напружень в перерізах валу;
- учбова та довідкова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття під час його проведення не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

У якості вихідних даних розрахунку використовуються значення обертаючих моментів та зусиль в зачепленні наведені у індивідуальному завданні для самостійної роботи студентів по темі „Ескізне компоунання. Орієнтовний розрахунок валів“. Крім того враховуються результати ескізного компоунання виконані за тим же індивідуальним завданням.

3.2 Побудова просторової схеми привода

Просторова схема приводу виконується для наглядного уявлення взаємного розташування елементів передач в просторі, визначення напрямків обертання валів привода. Просторова схема дає змогу встановити напрямки дії зусиль, які виникають в зачепленнях привода, і „прив’язати“ кожну цю силу до відповідного елемента зачеплення або до інших деталей, що базуються на даному валу, зокрема напівмуфт, шківів, зірочок. Перед побудовою просторової схеми привода доцільно скористатись ілюстраціями подібних схем [5].

Примітка: Якщо величина і напрямок зусилля на напівмуфті невідомі то слід скористатись рекомендаціями [5] і направити зусилля так, щоб воно збільшувало напруження і деформації від найбільшої, діючої на вал колової сили, прикладеної до елемента передачі (колеса, черв’яка, тощо). Величину цього зусилля звичайно визначають по емпіричних формулах у межах 20...60% від значення колової сили.

3.3 Побудова розрахункових схем валів

Згідно з методикою, наближений розрахунок вала враховує сумісну дію деформацій кручення і згину. Реальний вал при цьому замінюється теоретичною балкою на двох ідеальних опорах (шарнірно-нерухомій та шарнірно-рухомій), сили, що діють на реальні елементи передач умовно прикладаються посередині їх маточин. У зв’язку з тим, що зусилля в більшості зачеплень вже розкладені на складові, які діють у напрямках обумовлених прямокутними координатами, а для деяких передач, зокрема передач гнучким зв’язком сили орієнтовані у просторі під тим чи іншим кутом, прийнято складати дві розрахункові схеми валу – в горизонтальній та в вертикальній площинах. Осьові зусилля, які діють в точках контакту зубів зубчастих або черв’ячних коліс чи витків черв’яків зображуються на відстані від балки рівній радіусу елемента передачі, на який вони діють. Для зручності можна спочатку виділити з просторової схеми привода просторову схему, валу, що розраховується, а потім складати розрахункові схеми.

3.4 Визначення опорних реакцій

В зв'язку з тим, що вал замінюється при розрахунку балкою на двох шарнірних опорах, яка являє собою статично визначену систему, опорні реакції у кожній площині визначаються з рівнянь статички. Після визначення числових значень в кожній площині потрібно вичислити сумарні опорні реакції, які в подальшому будуть використані для розрахунку підшипників.

3.5 Визначення згинаючих моментів і побудова їх епюр

Визначення значень згинаючих моментів в характерних точках вала проводиться як для горизонтальної, так і для вертикальної площини. За правилами опору матеріалів згинаючий момент прийнято вважати позитивним (знак „+“), якщо зовнішнє навантаження згинає балку (вал) опуклістю донизу. Якщо балка ж згинається опуклістю вгору, тоді згинаючий момент вважається негативним (знак „-“). Крім епюр згинаючих моментів у кожній площині прийнято будувати епюру сумарних згинальних моментів. Потрібно пам'ятати, що на окремих ділянках вала епюра сумарних згинаючих моментів буде мати нелінійний характер, але для зручності зображення епюр на цих ділянках апроксимуються прямолінійними відрізками. Крім того, для круглого перерізу валу не має суттєвого значення просторове розташування сумарної епюри згинаючих моментів, і тому вона зображується плоскою.

3.6 Епюра обертаючого моменту

Обертаючий момент, який навантажує ділянку валу між елементами передач, прийнято вважати величиною постійною і тому його епюра обмежується прямою лінією паралельною осі валу.

3.7 Еквівалентний момент

Для визначення еквівалентного (в деяких літературних джерелах – приведенного) моменту звичайно використовують 3-тю або ж 4-ту гіпотези міцності, частіше 3-тю. Епюру еквівалентного моменту звичайно не зображують, але в деяких випадках для більшої наочності її можна навести.

3.8 Визначення діаметра валу

При наближеному розрахунку діаметр валу визначається виходячи з величини еквівалентного моменту і допустимих напружень згину. З метою забезпечення жорсткості допустимі напруження мають дещо занижені значення. При розрахунку складних валів, наприклад валів редукторів, діаметр визначають в одному перерізі – найбільш навантаженому, який ще часто називають небезпечним перерізом.

3.9 Конструктивне оформлення валу

Після наближеного розрахунку потрібно визначитись з формою і розмірами всіх конструктивних елементів валу. При цьому доцільно керуватись рекомендаціями [3, 4]. Як правило, визначальними розмірами при конструюванні валу є діаметри шийок під підшипники; вони повинні

узгоджуватись, як з діаметром валу, одержаним в результаті наближеного розрахунку, так і з діаметром отвору підшипників – опор валу. Всі інші діаметральні розміри валу, а також довжина його шийок призначаються конструктивно, з урахуванням всіх правил конструювання ступінчастих валів [3, 4]. В результаті конструювання потрібно мати попереднє креслення валу з докладною інформацією про величину і форму перепадів діаметрів між сусідніми його ступенями (галтелей, канавок, тощо), розміри елементів кріпильних з'єднань (шпонкових, штифтових та ін.), шорсткість поверхонь шийок, посадки в сполученнях валу з маточинами елементів передач, підшипниками.

3.10 Уточнений розрахунок валу

Перевірку валу на витривалість (уточнений розрахунок) з визначенням коефіцієнта запасу витривалості потрібно проводити для всіх небезпечних перерізів валу. Ознакою такого перерізу є наявність силового фактору – згинаючого, обертаючого моментів (або ж їх сумісної дії), а також наявність концентратора напружень. Вичерпна методика розрахунку подана у [3-5].

3.11 Висновки по розрахунку

Після визначення коефіцієнту запасу витривалості у всіх небезпечних перерізах валу потрібно провести аналіз результатів і сформулювати заходи конструктивного характеру по підтриманню витривалості валу у заданих межах.

3.8 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті, провести і оформити розрахунок валів згідно з п.6-7 індивідуального завдання одержаного на попередньому практичному занятті.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок валів у відповідності до схеми і розмірів, що пропонується індивідуальним завданням.

Практичне заняття 5

Тема: Розрахунок з'єднань ДМ

Мета заняття: Ознайомлення з методикою вибору муфти та перевірки її елементів на міцність. Вивчення порядку конструювання та розробки креслень характерних деталей редуктора і привода.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Рекомендована література

- 1 Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин . - М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
 - 2 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, В 3-х т. Т.1, – М.: Машиностроение, 1982, - 736 с
 - 3 Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. Ч.2 – Харьков: Вища школа 1988 - 142 с.
- ГОСТ 2.109-73 Основные требования к чертежам

1.2 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до заняття повторити класифікацію та область застосування різних типів муфт.

Проглянути виконані розділи курсового проекту, обов'язково результати геометричних розрахунків зубчастих (черв'ячних) передач, розрахунки розмірів елементів корпусу та попереднє ескізне компонування редуктора, наближений розрахунок валів.

Переглянути та засвоїти основні положення рекомендованої навчальної літератури, звернувши увагу на ілюстрації, які демонструють приклади оформлення креслень корпусних деталей, валів, зубчастих та черв'ячних коліс.

Крім того повторити і засвоїти основні положення ГОСТ 2.109-73 у частині, що стосується змісту та основних вимог до виконання робочих креслень різних видів виробів.

1.3 Питання для самопідготовки

- 1 Типи муфт, які звичайно застосовують для з'єднання валу електродвигуна з валом редуктора, валу редуктора і валу транспортера. Порядок вибору та перевірочних розрахунків;
- 2 Місце та призначення робочих креслень деталей у системі конструкторської

- документації технічного проекту;
- 3 Мінімальне число основних видів на кресленнях деталей різної, конфігурації (корпусів, валів, коліс) додаткові види, розрізи та перетини потрібні для повного сприйняття конструкції деталі;
 - 4 Необхідна кількість обов'язкових розмірів потрібних для уявлення про конструкцію та для виготовлення деталі;
 - 5 Зв'язок проектування з технологією виготовлення;
 - 6 Граничні відхилення розмірів, допуски форми і розташування поверхонь;
 - 7 Шорсткість поверхонь, її позначення на кресленні;
 - 8 Види та зміст текстової частини креслення (пояснюючі написи та технічні вимоги).

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- розглянути порядок вибору та перевірконого розрахунку муфти (на прикладі муфти пружної втулково-пальцевої), уяснити порядок оформлення відповідного розділу пояснювальної записки;
- провести аналіз рекомендацій літературних джерел по загальним принципам та етапам конструювання деталей і оформлення креслень;
- вислухати рекомендації викладача щодо особливостей побудови та оформлення креслень найбільш характерних деталей редуктора, привода;
- розглянути вимоги та порядок формування текстової частини креслення (пояснювальних написів і технічних вимог);
- уяснити принципи формування таблиці параметрів зубчастих коліс, зірочок ланцюгових передач;
- розглянути типові помилки, що найбільш часто зустрічаються при курсовому проектуванні;
- зробити самостійний аналіз недоліків наочного посібника, що представляє креслення редуктора.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники (зразки реальних креслень);
- посібники та методичні вказівки [1...5].

2.3 Охорона праці

У зв'язку з тим, що при проведенні даного заняття не застосовуються учбові засоби, які могли би становити загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, то інструктаж на робочому місці не проводиться. Всі учасники заняття повинні керуватися загальними правилами безпеки, прийнятими у академії. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Вибір та перевірочний розрахунок муфти

З метою надійної передачі обертаючого моменту між валами привода, часткового зменшення поштовхів та вібрацій при його коливаннях, а також компенсації неточностей монтажу валів, для приводів, що розглядаються при курсовому проектуванні, звичайно застосовують компенсуючі муфти з пружними елементами. Цим вимогам цілком відповідає муфта пружна втулково-пальцева, яка і рекомендується для прийняття у курсовому проекті.

Згідно з [3 с. 84-85] ознайомитись з устроєм муфти, по значенню розрахункового моменту, який повинна передавати муфта [3 с. 81] і діаметру валу вибрати типорозмір муфти [3 с. 138, 139], виписати всі її розміри і перевірити на міцність її елементи.

Зусилля, що діє на палець муфти визначається з вираження

$$F_t = \frac{kT}{D_0 Z},$$

де k - коефіцієнт режиму роботи [3 с. 81]

Z - число пальців прийнятої муфти;

D_0 - діаметр кола розташування пальців,

Пальці муфти перевіряються на згин по формулі

$$\sigma_z = \frac{F_t l}{0,1d_{II}^3} \leq [\sigma_z],$$

де $[\sigma_z]$ - допустимі напруження згину, $[\sigma_z] = 180 \dots 200$ МПа;

Втулки муфти перевіряються на зминання

$$\sigma_{zm} = \frac{F_t}{d_{II} l} \leq [\sigma_{zm}],$$

де $[\sigma_{zm}]$ - допустимі напруження зминання, для гуми $[\sigma_{zm}] = 2$ МПа;

У разі виконання умов міцності муфта приймається, якщо ж міцність її елементів недостатня приймається більший типорозмір. Допускається застосування муфт зі зменшеними (у порівнянні з табличними) отворами під хвостовик валу. Також, у разі потреби, можна застосовувати напівмуфти з

різними діаметрами отворів під вихідний кінець валу (звичайно в межах одного типорозміру, або ж більшого на одну ступінь).

3.2 Загальні вимоги до робочих креслень деталей

1 Загальні положення [1 с. 318, 5 с. 30];

1.1 Основний напис [1 с. 318];

2 Зв'язок проектування з технологією виготовлення [5 с. 33];

3 Оформлення робочих креслень деталей [5 с. 35];

4 Завдання і постановка розмірів [1 с. 319, 5 с. 37];

4.1 Кількість розмірів – мінімальна, але достатня для виготовлення;

4.2 Групування розмірів, що відносяться до одного конструктивного елемента;

4.3 Фаски і канавки не повинні входити в ланцюжок розмірів;

4.4 Групи розмірів:

а) функціональні (визначають якісні показники деталі);

б) вільні (урахування технології виготовлення і зручності контролю);

в) довідкові (не виконуються, не контролюються по даному кресленню);

5 Граничні відхилення розмірів [1 с. 320, 5 с. 38];

5.1 Граничні відхилення – для всіх розмірів;

5.2 Граничні відхилення розмірів низької точності і вільних розмірів, що багато разів повторюються, – в технічних вимогах;

5.3 Способи постановки граничних відхилень.

6 Допуски форми і розташування поверхонь [1 с. 321, 5 с. 39];

6.1 Відхилення від круглості, циліндричності шийок під підшипники, радіальне биття і відхилення від співвісності під зубчасті колеса;

6.2 Причини перекосу підшипникових опор з-за відхилення від перпендикулярності базових торців валу і корпусу, нахилу пружної лінії валу в опорі під дією навантаження;

6.3 Визначення баз і позначення базових осей поверхонь;

7 Шорсткість поверхонь і її позначення [1 с. 322, 5 с. 41];

7.1 Умовні позначення шорсткості на елементах креслення;

7.2 Норми шорсткості різних поверхонь [1, с.323, табл. 22.2, 22.3];

8 Позначення термічної обробки [1 с. 324, 5 с. 43];

8.1 Призначення для зубчасті коліс термообробки одного виду;

8.2 Вали - можлива поверхнева термообробка окремих шийок;

9 Загальне оформлення креслення [5 с. 43];

9.1 Розташування на креслення деталі розмірів, позначень баз, допусків форми, шорсткості і технічних вимог [1, с.327].

Порядок запису технічних вимог;

- 9.2 Відповідність форми, розмірів і граничних відхилень розмірів деталей на робочих кресленнях і на кресленні редуктора;
- 9.3 Матеріал деталей [2 с.101...116, 167...169] Позначення матеріалу – залежно від способу отримання заготовок.
- 3.3 Рекомендації по виконанню креслень типових деталей привода
- До типових деталей привода відносять ступінчасті вали, вали-шестерні, вали-черв'яки, зубчасті та черв'ячні колеса, шківни, зірочки, стакани, кришки підшипників, корпусні деталі.
- Робочі креслення типових деталей розглянемо згідно з [1, с.327].
- 1 Вали, вали-шестерні [1, с.328];
- 1.1 Розміри і граничні відхилення [1, рис.22.14...22.16];
- 1.2 Робочою віссю валу є загальна вісь посадкових поверхонь під підшипники кочення. Допуски розташування залежать від типу підшипників та норми допусків [1 с.329, табл. 22.5];
- 1.3 Приклади робочих креслень валів [1 с. 31, с. 332]
- 1.4 Позначення валу погоджувати з кресленням редуктора;
- 2 Зубчасті колеса [1 с. 333];
- 2.1. Розміри і граничні відхилення [1, с.333]
- а) вплив способу виготовлення заготовки колеса на простановку розмірів [1 с.334, рис. 22.20];
- б) граничні відхилення на ширину і глибину шпонкового паза [1 с. 336];
- 2.2 Допуски форми і розташування поверхонь рекомендувати згідно з [1, с. 336, с. 335, рис. 22.24], норми допусків [1 с.336, табл. 22.10];
- 2.3 Таблиця параметрів [1 с.337], для курсового проекту можна заповнювати тільки першу її частину, або першу і третю;
- 2.4 Позначення колеса – погоджувати з кресленням редуктора;
- 2.5 Приклад виконання робочого креслення колеса [1 с.341]
- 3 Шківни пасових передач [1 с.350];
- 3.1 Кількість розмірів і допусків;
- 3.2 Позначення шківни – погоджувати із загальним видом приводу;
- 3.3 Приклад робочого креслення шківни [1 с.353];
- 4 Зірочки ланцюгових передач [1, с.352];
- 4.1 Кількість розмірів і допусків [1 с.273, рис. 19.1];
- 4.2 Таблиця параметрів, заповнюється дві частини;
- 4.3 Позначення зірочок – погоджувати із загальним видом приводу;
- 4.4 Приклад робочих креслень зірочки [1 с.354, 355];
- 5 Корпусні деталі [1 с.356];
- 5.1 Розміри і граничні відхилення [1 с.356, рис. 22.41];
- 5.2. Допуски форми і розташування на базові поверхні [1, с.359, рис. 22.41];

5.3 Позначення корпусу – відповідно до креслення редуктора;

5.4 Приклад робочого креслення корпусу [1, с.360].

3.4 Самостійна робота студентів

У якості завдання на самостійну роботу студентів пропонується практичне виконання робочих креслень трьох типових деталей, розроблених у відповідності до креслення загального виду редуктора.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє робочі креслення типових деталей редуктора.

Тема: Вибір матеріалу зубчастих коліс

Практичне заняття „Вибір матеріалів зубчастих коліс“ є першою складовою частиною тем двох послідовних практичних занять „Розрахунок циліндричної зубчастої передачі“ і „Розрахунок конічної зубчастої передачі“ по результатах кожного з яких виконується і оформлюється окремий розрахунок.

Мета заняття: Закріплення знань по критеріях роботоздатності та виходу з ладу зубчастих евольвентних передач, теорії руйнування поверхневого шару матеріалу зуба внаслідок недостатньої контактної міцності, а також об'ємного руйнування зуба внаслідок недостатньої його міцності на згин. Більш детальний розгляд залежностей контактної міцності та міцності на згин з втотою матеріалу внаслідок тривалого прикладення до поверхні та тіла зуба перемінних навантажень, врахування цього фактору коефіцієнтом довговічності. Повторення та застосування знань по матеріалознавству та термічній обробці конструкційних матеріалів, зокрема сталей, на прикладі їх вибору для виготовлення зубчастих коліс. Оволодіння методикою визначення допустимих напружень на контактну міцність, та міцність на згин.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до практичного заняття проробити матеріали лекції 2 „Механічні передачі“, зокрема розділ, який описує теорію контактної міцності, лекцій 3 „Зубчасті передачі“, 4 „Розрахунок циліндричної передачі на контактну міцність“ і 5 „Розрахунок циліндричної передачі на згин“ [1] та переглянути та засвоїти основні положення рекомендованої навчальної літератури [2-4].

З'ясувати які основні матеріали застосовуються для виготовлення зубчастих коліс, зосередивши увагу на сталях, як найбільш поширеному матеріалі.

Уявити основні види руйнування зубчастих передач (поверхневе та об'ємне), причини цього руйнування (втомні процеси, пов'язані з недостатньою контактною міцністю та міцністю зуба на згин).

Проаналізувати заходи, які можуть забезпечити достатню роботоздатність зубчастого зачеплення, насамперед пов'язані з вибором матеріалів для виготовлення коліс, забезпечення потрібних властивостей цих

вибраних матеріалів, зокрема твердості шляхом призначення раціональних методів термічної та хіміко-термічної обробки.

З'ясувати за якими міркуваннями всі сталі для виготовлення зубчастих коліс умовно поділені на дві великі групи (з твердістю нижчою за 350 НВ і твердістю, яка більша за 350 НВ).

Ознайомитись з методикою визначення допустимих напружень для розрахунків зубчастих зачеплень на контактну міцність та міцність зубів на згин, проаналізувати розрахункові формули, вияснити фізичну суть базового числа циклів навантаження, базової границі витривалості і пов'язати ці поняття з поняттям коефіцієнту довговічності передачі.

1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Зубчасті передачі, класифікація, область застосування;
- 1.2.2 Геометричні особливості евольвентного зубчастого зачеплення;
- 1.2.3 Види руйнувань зубів зубчастих передач, причини руйнувань;
- 1.2.4 Поняття контактних напружень, умови їх виникнення, особливості їх дії в зубчастих передачах;
- 1.2.5 Фізична суть руйнування від втоми, заходи, що запобігають цьому виду руйнування;
- 1.2.6 Основні види розрахунків прийняті при проектуванні закритих зубчастих передач
- 1.2.7 Матеріали, які застосовують для виготовлення зубчастих коліс, сталі, основні вимоги до них;
- 1.2.8 Види та методи термічної та хіміко-термічної обробки зубчастих коліс, технологічні аспекти поділу зубчастих коліс на дві умовні групи (твердістю більше або менше за 350 НВ) ;
- 1.2.9 Назвіть методи вимірювання твердості, які застосовують при контролі термообробки матеріалів зубчастих коліс
- 1.2.10 З яких причин твердість зуба шестерні повинна бути більшою за твердість зуба колеса?
- 1.2.11 Поняття базової границі витривалості, її визначення в залежності від виду термообробки і вплив на габарити передачі;
- 1.2.12 Як і яким чином впливає на розрахункові розміри зубчастої передачі коефіцієнт довговічності формули визначення допустимих напружень?

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: .: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин - М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
4. Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання, ознайомлення з вимогами щодо змісту завдання, його оформленню, строків виконання;
- узгодження форм і термінів консультацій, порядку звітності студентів
- видача методичної літератури, ознайомлення з її характерними особливостями, порядком користування довідковими даними;
- коротка співбесіда по темі заняття, формулювання задачі розрахунку;
- узгодження основних етапів методики розрахунку, зосередження уваги на ймовірних характерних помилках студентів;
- виконання студентами прикладу розрахунку по темі заняття відповідно до вихідних даних варіанту індивідуального завдання;
- постійний спільний (студент-викладач) аналіз проміжних етапів розрахунку, які потребують прийняття конкретних рішень;
- поточний контроль викладача за ходом проведення розрахунку з заостренням уваги на виникаючих у його процесі помилках та, невірних рішеннях допущених студентами;
- аналіз проведеного розрахунку, формулювання заключних висновків по його результатах
- підведення підсумків практичного заняття, видача завдань на домашню самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники (плакати з таблицями характеристик сталей, які застосовують для виготовлення зубчастих коліс);

- учбова та довідкова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

а) сформулювати задачу розрахунку з зазначенням основних його етапів;

Примітка: Задача розрахунку повинна включати всі етапи проведення розрахунку циліндричної передачі згідно з [5].

б) записати вихідні дані розрахунку:

- тип передачі – косозуба, прямозуба, шевронна;
- момент обертаючий на колесі;
- частота обертання колеса;
- передаточне число передачі;
- розташування коліс відносно опор – симетричне, несиметричне, консольне
- строк служби (років);
- число робочих змін;
- короточасні перевантаження, %
- тип виробництва: індивідуальний, серійний, масовий.

в) скласти та зобразити розрахункову схему передачі;

г) навести графік навантаження передачі.

3.2 Вибір матеріалів зубчастих коліс:

- перед вибором матеріалів ознайомитись з положеннями наведеними на сторінках 5-6 і переглянути додаток А [5];

- вибрати матеріал для шестерні і колеса, виписати з таблиці А1 всі його характеристики та вчислити середню твердість;

Примітка: Для учбових цілей рекомендується вибирати середньовуглецеві сталі низького легування (типу 40Х, 40ХН, тощо), які допускають застосування 5...6 різних видів термічної та хіміко-термічної обробки, наприклад для сталі

40X – це нормалізація, поліпшення, гартування об'ємне, гартування СВЧ, ціанування, азотування. З метою проведення варіантного розрахунку доцільно характеристики матеріалу групувати у таблицю по типу:

Таблиця 1 – Характеристики сталі для виготовлення зубчастих коліс

Варіант	Термообробка	Границя міцності σ_B , МПа	Границя текучості σ_T , МПа	Твердість		Середня твердість	
				серцевини	поверхні	серцевини	поверхні
1	2	3	4	5	6	7	8

Примітка: Стовпці 5 і 6 таблиці заповнюють тільки для варіантів поверхневого зміцнення матеріалів.

3.3 Визначення строку служби передачі

Визначення строку служби передачі проводиться по формулі 1 [5], прийнявши число робочих днів у році 250...300 і тривалість робочої зміни 7...8 годин.

3.4 Визначення числа циклів навантаження зубів колеса

Визначення цього показника проводиться формулі 2 [5], прийнявши число зачеплень зуба за оберт колеса рівним одному.

3.5 Визначення базових границь витривалості

Значення базової границі контактної витривалості, базової границі витривалості по напруженням згину та максимально допустимих напружень знаходять по формулах наведених у таблиці А3 [5]. При цьому потрібно пильнувати за тим, по яких значеннях твердості (серцевини або ж поверхні) вичислюється той чи інший показник.

Результати рекомендується записати у формі таблиці 2.

Таблиця 2 – Базові границі витривалості та максимально допустимі напруження матеріалів зубчастих коліс

Варіант	Твердість середня		σ_{Hlim}	σ_{Flim}	$[\sigma]_{Hmax}$	$[\sigma]_{Fmax}$
	серцевини	поверхні				

3.6 Визначення допустимих контактних напружень

Допустимі контактні напруження при розрахунку на втому визначаються по формулі 3 [5]. При цьому рекомендується при масовому виробництві приймати коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні зуба рівним одиниці, а при серійному або ж індивідуальному виробництві меншим за одиницю.

При розрахунках передачі з коротким терміном служби потрібно слідкувати, щоб прийняте значення коефіцієнту довговічності не перевищувало 2,4.

3.7 Визначення допустимих напружень на згин

Допустимі напруження на згин вичислюються по формулі 6 [5]. Коефіцієнт, який враховує вид заготовки слід приймати для коліс виготовлених з середньовуглецевих сталей рівним 1,7 (для поковок або штамповок).

При розрахунках передачі з коротким терміном служби потрібно слідкувати, щоб прийняте значення коефіцієнту довговічності не перевищувало 2,0.

3.8 Розрахункові значення допустимих напружень

Після знаходження значень допустимих напружень для всіх варіантів термообробки остаточно приймається вид термообробки для шестірні і колеса. Слід зауважити, що при розрахунках на контактну міцність прямозубого зачеплення у якості розрахункових приймаються допустимі напруження, визначені для варіанту термообробки колеса (менші по величині). При розрахунках ж косозубих та шевронних зачеплень для визначення розрахункових допустимих напружень потрібно керуватися формулою 5 [5].

Для проведення розрахунків зубів на згин по критерію втоми, у якості розрахункових значень напружень використовуються відповідні показники як для шестірні, так і для колеса.

Для подальшого розрахунку зубчастої передачі сформувані 2...3 варіантів сполучення видів термообробки шестірні і колеса. Значення розрахункових допустимих напружень потрібно оформити у вигляді таблиці 3.

Примітка: Записи сполучень видів термообробки у прикладі заповнення таблиці 3 наведені умовно.

Таблиця 3 – Розрахункові значення допустимих напружень

Варіант	Елемент передачі	Термообробка	Твердість	$[\sigma]_H$		$[\sigma]_F$
1	шестірня	поліпшення		$[\sigma]_{H1=}$	$[\sigma]_{H=}$	$[\sigma]_{F1=}$
	колесо	нормалізація		$[\sigma]_{H2=}$		$[\sigma]_{F2=}$
2	шестірня	гарт. об'ємне		$[\sigma]_{H1=}$	$[\sigma]_{H=}$	$[\sigma]_{F1=}$
	колесо	поліпшення		$[\sigma]_{H2=}$		$[\sigma]_{F2=}$
3	шестірня	ціанування		$[\sigma]_{H1=}$	$[\sigma]_{H=}$	$[\sigma]_{F1=}$
	колесо	гарт. СВЧ		$[\sigma]_{H2=}$		$[\sigma]_{F2=}$

3.9 Самостійна робота студентів

Матеріали даного практичного завдання дають методичне підґрунтя для вибору студентами матеріалів для виготовлення зубчастих коліс. Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити ці знання і вибрати декілька варіантів сполучень видів термообробки зубчастих коліс для подальшого розрахунку їх геометричних та силових параметрів.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє як першу частину самостійного розрахунку вибір матеріалів зубчастих коліс для передачі, що пропонується індивідуальним завданням.

Додаток А (довідковий)

Форма індивідуального завдання на розрахунок

З А В Д А Н Н Я

на виконання розрахунку по темі:

„Розрахунок циліндричної зубчастої передачі“

Студент

Група №

По списку №

Призначення передачі: Циліндрична ступінь редуктора

Тип передачі – косозуба, прямозуба, шевронна

Момент обертаючий на колесі, Н·м

$T_2 =$

Частота обертання колеса, об/хв.

$n_2 =$

Передаточне число передачі

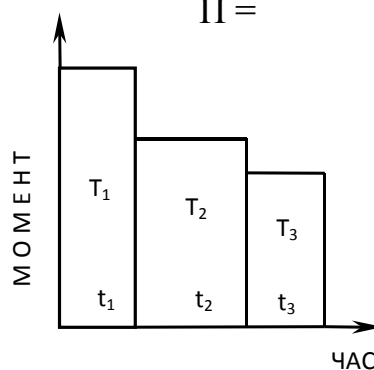
$U =$

Розташування коліс відносно опор

симетричне;
несиметричне;
консольне

Строк служби, років
 Число робочих змін
 Короткочасні перевантаження, %

$t_p =$
 $K_{3M} =$
 $\Pi =$



T_1	t_1	T_2	t_2	T_3	t_3

Розрахункова схема передачі

Графік завантаження передачі

Порядок виконання:

- 1) Вибрати матеріали коліс, визначити допустимі напруження;
- 2) Вичислити міжосьову відстань з умови контактної міцності;
- 3) Провести геометричний розрахунок передачі;
- 4) Вичислити зусилля в передачі і перевірити її на контактну міцність та згин.

Завдання отримав...../...../

Викладач...../...../

Практичне заняття №7.

Тема: Розрахунок зубчастої циліндричної передачі

Мета заняття: Закріплення знань по теорії, геометричному і кінематичному розрахунку циліндричних зубчастих евольвентних зачеплень. Практичне оволодіння методикою розрахунку зубчастих передач на контактну міцність з вибором і обґрунтуванням, на підставі вихідних даних до проектування і нормативних документів, основних параметрів, що впливають на міцність закритих зубчатих передач (як-то матеріалу, коефіцієнта концентрації навантаження, коефіцієнта ширини зубчатих коліс та ін.). Вирішення задачі по визначенню основних співвідношень і розмірів зубчатих коліс пари, визначення зусиль в зачепленні. Відпрацювання порядку перевірки зачеплення по діючих контактних напруженнях та перевірки зубів спроектованих зубчатих коліс по місцевих напруженнях згину. Аналіз результатів розрахунку.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до заняття проробити матеріали лекцій 3 „Зубчасті передачі“, 4 „Розрахунок циліндричної передачі на контактну міцність“ і 5 „Розрахунок циліндричної передачі на згин“ [1] та проглянути та засвоїти основні положення рекомендованої навчальної літератури [2-4] у частині геометрії та силових співвідношень циліндричних зубчастих зачеплень.

Уявити як впливає вид та вихідні дані графіка перемінних режимів навантаження передачі на величину розрахункового обертаючого моменту, по значенню якого проводять розрахунки.

З'ясувати, які основні види руйнування зубчастих передач (поверхневе та об'ємне) виводять з ладу зубчасті закриті передачі, причини цього руйнування та які основні види розрахунків можуть забезпечити достатню роботоздатність зубчастого зачеплення або ж уповільнити темп руйнування від втоми.

Проаналізувати формулу розрахунку міжосьової відстані з умови контактної міцності і в'яснити яким чином впливають на розміри передачі основні фактори впливу, що входять до формули у виді коефіцієнта концентрації навантаження по довжині зуба та коефіцієнта ширини колеса. В'яснити порядок вибору значень цих коефіцієнтів.

Повторити, які основні геометричні параметри характеризують евольвентні зубчасті зачеплення взаємний зв'язок цих параметрів з модулем зачеплення.

Уявити, по яких критеріях приймається ступінь точності передачі.

Ознайомитись з порядком визначення зусилля в передачі, розподілом його на складові сили, впливом цих зусиль на роботоздатність передачі.

Ознайомитись з методикою перевірки розрахованого зачеплення на контактну міцність та зубів коліс на згин.

1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Основні геометричні параметри евольвентних зубчастих передач.
Як вони між собою пов'язані?
- 1.2.2 Поняття про ступінь точності та її вплив на якісні характеристики зубчастої передачі;
- 1.2.3 Фізична суть розрахунку зубчастих передач на контактну міцність;
- 1.2.4 Якими коефіцієнтами характеризується концентрація навантаження по довжині зуба та динаміка навантаження, фактори, що впливають на них;
- 1.2.5 Як впливає ширина колеса на контактну міцність зачеплення, по яких причинах ширину обмежують? Коефіцієнт ширини колеса;
- 1.2.6 Як впливає модуль і число зубів на контактну міцність передачі?
- 1.2.7 Чим можна пояснити підвищення навантажувальної спроможності косозубих (шевронних) передач у порівнянні з прямозубими?
- 1.2.8 Особливості розрахунку косозубих (шевронних) передач;
- 1.2.9 Корегування зубчастих передач, причини його застосування;
- 1.2.10 Сили, що діють в зачепленні, визначення їх напрямків і величин;
- 1.2.11 Які фактори, що діють на передачу враховують при перевірці на контактну міцність?
- 1.2.12 Фізична суть і передумови розрахунку зуба на згин;
- 1.2.13 Поняття коефіцієнту форми зуба, його вплив на міцність, вибір;
- 1.2.14 По яких критеріях можна оцінювати правильність проведення розрахунків на міцність зубчастої передачі?

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: .: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин - М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
4. Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- вступна співбесіда по результатах попереднього розрахунку по вибору матеріалів та визначенню допустимих напружень, які будуть служити невід’ємною частиною поточного розрахунку;
- узгодження форм і термінів консультацій, порядку звітності студентів
- видача методичної літератури, ознайомлення з її особливостями, порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів методики розрахунку, зосередження уваги на ймовірних характерних помилках студентів;
- виконання студентами прикладу розрахунку по темі заняття;
- аналіз проміжних етапів розрахунку, які потребують прийняття конкретних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення розрахунку з аналізом виникаючих у його процесі помилках, допущених студентами;
- аналіз кінцевих результатів проведеного розрахунку, формулювання заключних висновків і рекомендацій;
- підведення підсумків практичного заняття, видача завдань на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники (плакати з таблицями вибору коефіцієнтів які використовують при проектному і перевірочному розрахунках);
- учбова та довідкова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

-\

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Визначення розрахункового обертаючого моменту

При проектуванні зубчастої передачі, яка буде експлуатуватись в режимі перемінних навантажень, в обчисленнях використовується значення розрахункового обертаючого моменту. Якщо режим роботи описаний графіком навантаження значення розрахункового обертаючого моменту визначається по його номінальному значенню з урахуванням коефіцієнту еквівалентності навантаження, який вичислюється по формулі 9а [5].

3.2 Міжосьова відстань передач

При обчисленні міжосьової відстані передачі з умови контактної міцності по формулі 10 [5] рекомендується провести варіантний розрахунок по різним значенням допустимих напружень, одержаних в результаті застосування прийнятих на попередньому занятті різних видів термообробки.

Значення всіх інших величин, що входять у формулу залишаються незмінними: передаточне число і коефіцієнт міжосьової відстані задані у вихідних даних, розрахунковий обертаючий момент приймається по даних пункту 3.1, коефіцієнт концентрації навантаження по довжині зуба призначається у межах 1,1...1,3 і коефіцієнт ширини колеса вибирається по рекомендаціях додатку Б [5], як правило у межах 0,315...0,4.

При аналізі результатів варіантного розрахунку потрібно звернути увагу на те, що застосування різних видів термообробки для однієї й тієї ж марки сталі дає суттєву різницю в розмірах розрахованої передачі.

Слід, однак відмітити, що на практиці для передач загального призначення рідко приймаються зачеплення з мінімальними розрахунковими габаритами. Це можна пояснити тим, що такі передачі потребують спеціального обладнання і технологій, дорожчі у виготовленні, а крім того при подальшому проектуванні

виникають проблеми з розрахунками валів та опор на підшипниках кочення. Тому для подальшого розрахунку бажано не приймати передачу з розрахунковими мінімальними габаритами.

Прийняте для подальшого розрахунку значення міжосьової відстані потрібно привести у відповідність до стандартного значення згідно ГОСТ 2185-66.

Примітка: Стандартне значення міжосьової відстані слід приймати по правилах округлення з перевагою меншого значення.

3.3 Визначення модуля зачеплення

Модуль зачеплення рекомендується приймати по ГОСТ 9563-60 в межах визначених по формулі 11 [5], при цьому слід пам'ятати, що при великому значенні модуля зубчасте колесо матиме невелике число крупних зубів, а при малому - більшу кількість, але ж невеликих зубів.

Для косозубих зачеплень попереднє значення кута нахилу зуба бажано приймати ближче до меншого значення діапазону $8...10^\circ$. Коловий (торцевий) модуль рекомендується вичислити з точністю до четвертого знаку після коми.

3.4 Визначення числа зубів шестірні та колеса

Сумарне число зубів прямозубої передачі, вичислене по формулі 13 [5] повинне дорівнювати цілому числу; для косозубої передачі сумарне число зубів округлюється до цілого по правилах округлення. Після прийняття цілого числа зубів уточнюється торцевий модуль і кут нахилу зуба (з точністю до кутових хвилин і секунд).

Для прямозубих передач мінімальне (з умови не підрізання ніжки зуба) число зубів шестірні складає 17. Щоб уникнути застосування висотної корекції при розрахунковому значенні числа зубів меншому за 17, можна дещо зменшити модуль (у межах рекомендованого діапазону) і таким чином збільшити сумарне число зубів. Якщо ж цей прийом не допомагає (наприклад при великих значеннях передаточного числа), то потрібно врахувати коефіцієнт зміщення і враховувати його при геометричному розрахунку передачі.

Фактичне передаточне число, яке уточнюється після остаточного прийняття числа зубів шестірні і колеса не повинне відрізнятися від заданого більш ніж на 2,5% при передаточному числі меншому або рівному чотирьом і на 4,5% при більшому за чотири передаточному числі.

3.5 Геометричний розрахунок передачі

При геометричному розрахунку визначаються ділильні діаметри та діаметри виступів та западин обох зубчастих коліс, ширину зубчастого вінця колеса і шестірні (на 2...5 мм більше), а також потрібний для подальших розрахунків коефіцієнт ширини шестерні.

При використанні коефіцієнту висотної корекції (коефіцієнту зміщення інструменту) дещо зміняться значення діаметрів кіл западин та виступів обох зубчастих коліс, що у результаті зміщує положення початкових кіл зачеплення (кіл, що уявно без ковзання перекочуються одне по іншому).

3.6 Колова швидкість і ступінь точності

Значення колової (лінійної) швидкості, вчислене на ділильному колі зубчастого колеса потрібне для призначення ступіні точності та подальшому визначенню коефіцієнтів, що враховують динаміку навантажень при перевірочних розрахунках передачі на контактну міцність та міцність зубів на згин.

Степінь точності передачі приймається по значенню колової швидкості та виходячи з призначення передачі.

Для підвищення кінематичних показників передачі не рекомендують приймати її нижчою за 8 ступінь (як для передач загального машинобудування). Тобто, якщо значенню колової швидкості зачеплення відповідає 9 ступінь точності, слід прийняти 8 ступінь.

3.7 Зусилля в зачепленні

Визначення складових зусилля в зачепленні потрібно починати з колового зусилля по формулі 28 [5], крім колового зусилля для прямозубого зачеплення визначається радіальне зусилля, а для косозубого – осьове.

Значення колового зусилля буде використовуватись у даному розрахунку при подальшій перевірці зубів на згин, а радіального та осьового при розрахунках валів і підшипників.

3.8 Перевірка передачі по контактних напруженнях

Перевірка проводиться по умові контактної міцності, тобто порівнянні діючих контактних напружень з допустимими їх значеннями. Для цього у формулу 31 [5] підставляються уточненні (з урахуванням швидкості та ступені точності) значення коефіцієнту концентрації навантаження по довжині зуба,

динамічного коефіцієнту та коефіцієнту розподілу навантаження між зубами (для косозубих передач).

Раціонально спроектованою передачею слід вважати передачу, завантаження якої по контактних напруження знаходиться у межах 90...105%, якщо ж завантаження сягає 110...115% можна знизити діючі напруження за рахунок деякого збільшення ширини колеса. При більших значеннях завантаження слід прийняти більшу стандартну міжосьову відстань і повторити розрахунок.

При перевірці зачеплення при перевантаженнях порівнюються напруження діючі при короткочасних перевантаженнях і максимально допустимі при перевантаженнях напруження.

3.8 Перевірка міцності зубів коліс на згин

Перевірка проводиться по умові міцності зубів колеса на згин за формулою 34 [5]. Основним силовим фактором, що діє на зуб є колова сила, розміри зуба представлені модулем та шириною колеса. Геометричні ж особливості зуба характеризує коефіцієнт форми зуба, який визначається по спеціальних графіках у залежності від числа зубів відповідного колеса.

Умови і особливості навантажень характеризуються трьома уточнюючими коефіцієнтами такими як: коефіцієнт концентрації навантаження по довжині зуба, коефіцієнт динамічності навантаження та коефіцієнт розподілу навантаження поміж зубами (для косозубих передач).

Після перевірки міцності на згин зубів колеса перевіряються на згин зуби шестерні. Розрахунок проводиться спрощеним способом (по відношенню значень коефіцієнта форми зуба шестерні до значення того ж коефіцієнта для колеса).

3.9 Висновки та оформлення заключної таблиці

Для порівняння основних параметрів шестерні і колеса передачі рекомендується закінчити розрахунок таблицею по формі таблиці 1 [5].

По результатах розрахунку формулюються висновки, в яких коротко і ясно констатується хід розрахунку і позитивні якості передачі, яку спроектували.

3.10 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті і провести і оформити розрахунок

циліндричної зубчастої передачі згідно з індивідуальним завданням одержаним на попередньому практичному занятті.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок циліндричної зубчастої передачі, що пропонується індивідуальним завданням.

Тема: Розрахунок конічної зубчастої передачі

Мета заняття: Закріплення знань по теорії, особливостях геометричного і кінематичного розрахунку конічних зубчастих зачеплень. Практичне оволодіння методикою розрахунку закритих конічних зубчастих передач на контактну міцність. Вирішення практичних задач по визначенню основних співвідношень і розмірів зубчатих коліс пари, по визначенню зусиль в зачепленні, аналізу дії цих зусиль. Закріплення методики перевірки зачеплення по діючих контактних напруженнях та перевірки зубів спроектованих зубчатих коліс по місцевих напруженнях згину, аналіз особливостей цієї методики (у порівнянні з циліндричними зубчастими зачепленнями). Аналіз результатів розрахунку.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекцій 3 „Зубчасті передачі“, лекції 7 „Конічні зубчасті передачі“ [1], проглянути та засвоїти основні положення рекомендованої навчальної літератури [2-4], звернувши увагу на суттєві особливості геометрії та силових співвідношень конічних зубчастих зачеплень.

Уявити призначення, область застосування конічних зубчастих передач і які типи зачеплень по формі зуба (прямоzubі, косозубі та з круговою формою зуба) є найбільш технологічними і найбільш поширеними.

Виходячи з особливостей геометрії конічного зубчастого зачеплення з кутом між осями 90° , з'ясувати, яким чином можна встановити залежність між кутами ділительних конусів шестірні і колеса та значенням передаточного числа.

Розглянути особливості просторового розташування та особливості визначення основних складових сили у зачепленні (колових, радіальних та осьових), зв'язок їх значень зі значеннями кутів ділительних конусів.

Вивчити, з якою метою конічне зубчасте колесо приводиться до еквівалентного циліндричного і для чого визначаються значення еквівалентного діаметра та еквівалентного числа зубів.

З'ясувати, з яких міркувань для конічного зачеплення введені такі поняття як зовнішній модуль та середній модуль, в яких розрахунках їх застосовують.

Провести порівняльний аналіз (переваги і недоліки) конічних зубчастих передач по відношенню до циліндричних у питаннях складності виготовлення, навантажувальної спроможності, вимог до конструювальних схем (осьові навантаження на опори, консольне розташування шестірні, тощо), вимог до експлуатації (потреби в регулюванні).

Ознайомитись з методикою розрахунку зачеплення на контактну міцність та перевірки зубів коліс на згин.

1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Призначення та область застосування конічних зубчастих передач;
- 1.2.2 Які типи передач конічними колесами з прямим, косим або круговим зубом одержали найбільше розповсюдження?
- 1.2.3 Поняття основного та додаткового конусів зубчастого колеса. Які співвідношення існують між твірними лініями конусів та діаметрами відповідних кіл;
- 1.2.4 Поняття середнього і зовнішнього модуля, середньої та зовнішньої конусної відстані, з якою метою введені ці поняття?
- 1.2.5 Що характеризує ширина зубчастого вінця, як її можна заміряти? Коефіцієнт ширини зубчастого вінця, його рекомендовані значення;
- 1.2.6 Для чого при розрахунках теоретично приводять зубчасте конічне колесо до еквівалентного йому прямозубого циліндричного?
- 1.2.7 Чим можна пояснити зменшення навантажувальної спроможності прямозубих конічних передач у порівнянні з циліндричними?
- 1.2.8 Яким чином по значенню передаточного числа конічної пари можна вчислити кути ділительних конусів кожного з коліс?
- 1.2.9 Корегування конічних зубчастих передач, основні причини його застосування;
- 1.2.10 Сили, що діють в конічному зачепленні, особливості визначення їх напрямків і величин;
- 1.2.11 Особливості практичного розрахунку конічних зубчастих передач на контактну міцність?
- 1.2.12 Спільні риси і особливості розрахунку зуба конічного зубчастого колеса на згин;

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.

2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: .: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин - М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
4. Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- співбесіда по результатах практичного заняття з вибору матеріалів для виготовлення зубчастих коліс та визначенню допустимих напружень, які будуть служити вихідними даними поточного розрахунку;
- узгодження форм і термінів консультацій, порядку звітності студентів
- видача методичної літератури, ознайомлення з її особливостями, порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів методики розрахунку, попередження про цілком ймовірні типові помилки, які традиційно допускають студенти;
- виконання студентами прикладу розрахунку по темі заняття;
- аналіз проміжних етапів розрахунку, які потребують прийняття конкретних конструктивних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення розрахунку з аналізом виникаючих у його процесі помилок, допущених студентами;
- аналіз кінцевих результатів проведеного розрахунку, формулювання заключних висновків і рекомендацій;
- підведення підсумків практичного заняття, видача завдань на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники (плакати з таблицями вибору коефіцієнтів які використовують при проектному і перевірконому розрахунку);
- учбова та довідкова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Кінематичний та силовий розрахунок передачі

По значеннях потужності на конічному колесі, кутової швидкості шестерні і передаточного числа, наведених в вихідних даних, з урахуванням ККД передачі по формулах 1-3 [5] визначається кутова швидкість колеса та обертаючі моменти, що діють на колесі і шестерні.

3.2 Визначення коефіцієнта еквівалентності навантаження та еквівалентних обертаючих моментів на шестерні та колесі

На основі, заданого в вихідних даних графіка режиму роботи, визначається коефіцієнт еквівалентності навантаження (формула 4 [5]) і значення еквівалентних обертаючих моментів на шестерні та колесі.

3.3 Проектний розрахунок з умови контактної міцності

На відміну від розрахунку циліндричної зубчастої передачі, для якої при проектному розрахунку вичислюється міжосьова відстань, основним параметром, що визначається при проектному розрахунку для конічної передачі, звичайно приймають зовнішній ділительний діаметр колеса,

Вичислюють цей параметр по формулі 17 [5], в яку крім еквівалентного моменту, передаточного числа і допустимих контактних напружень входить така важлива характеристика матеріалу, як модуль пружності першого роду та два коефіцієнти. Перший з них – коефіцієнт концентрації напружень по довжині зуба, який визначається по спеціальних графіках або таблицях в залежності від коефіцієнту ширини зубчастого вінця відносно зовнішньої конусної відстані та з урахуванням твердості матеріалів зубчастих коліс.

Другий – експериментальний коефіцієнт, що характеризує зниження міцності конічної прямозубої передачі у порівнянні з циліндричною і дорівнює 0,85.

Одержане в результаті обчислень по формулі 17 [5] значення зовнішнього ділильного діаметра приводиться у відповідність з стандартними значеннями за ГОСТ 12289-76 (таблиця Г1 [5]), одночасно з округленням діаметра по тій же таблиці вибирається відповідне йому значення ширини зубчастого вінця.

Примітка: Для зручності подальших геометричних та інших розрахунків стандартне значення зовнішнього ділильного діаметра колеса рекомендують приймати за рахунок округлення в більшу сторону, по можливості з першого ряду стандартних значень.

3.4 Визначення числа зубів шестерні та колеса

Попереднє число зубів колеса вчисляють по формулі 18 [5] з урахуванням за допомогою спеціального коефіцієнта способу зміцнення зубів і не округлюють до цілого числа. Потім знайдене по формулі 19 число зубів шестерні округляють до цілого і остаточно знаходять число зубів колеса.

Для прямозубих конічних передач мінімальне число зубів шестерні може бути (в залежності від потрібного передаточного числа передачі) від 12 до 17. На відміну від циліндричних, для конічних зачеплень ширше рекомендують застосовувати методи висотного корегування. Застосовують також і тангенційне коригування, яке полягає у потовщенні зуба шестерні і відповідному потоншенні зуба колеса, саме для конічних коліс, які виготовляють за допомогою немодульного інструменту такий прийом використовувати дуже зручно.

Фактичне передаточне число, яке уточнюється після остаточного прийняття числа зубів шестерні та колеса для силових передач не повинне відрізнятись від заданого більш ніж на 4%.

3.5 Визначення модуля зачеплення

Зовнішній модуль зачеплення визначається по формулі 23 [5], при цьому слід зауважити, що можна використовувати передачі з нестандартним модулем (значення модуля звичайно округлюють до другого знаку після коми).

3.6 Основні параметри передачі

Кути ділільних конусів визначають по формулах 24 і 25 [5], обчислення яких проводиться з точністю до 10 кутових секунд.

Потім, з точністю до 0,01 мм вчисляють розміри зовнішньої та середньої конусних відстаней.

Для проведення силового розрахунку вичисляють середній модуль та діаметри середніх ділільних кіл шестерні та колеса.

При використанні висотного корегування шестерню виконують з позитивним зміщенням інструменту, а колесо з рівним по абсолютному значенню але негативним зміщенням. Значення коефіцієнтів для прямозубих конічних зачеплень встановлені ГОСТ 19624-74 і вибираються по таблиці Д1 [5].

3.7 Колова швидкість і ступінь точності

Значення колової (лінійної) швидкості, обчислюється на середньому ділільному колі зубчастого колеса.

Степінь точності як і для циліндричних передач приймається по значенню колової швидкості та виходячи з призначення передачі.

3.8 Зусилля в зачепленні

Визначення складових зусилля в зачепленні, як і для циліндричних передач, починають з колового зусилля по формулі 69 [5], умовно приймається, що це зусилля дотичне середньому ділільному колу шестерні та колеса.

Слід зауважити, що для прямозубого конічного зачеплення значення осьової сили на колесі та радіальної сили на шестерні, а також радіальної сили на колесі та осьової сили на шестерні попарно співпадають, але направлені у протилежні сторони.

Значення колового зусилля буде використовуватись у даному розрахунку при подальшій перевірці зубів по напруженнях згину, а радіального та осьового при розрахунках валів і підшипників.

3.9 Перевірка передачі по контактних напруженнях

Перевірка проводиться по умові контактної міцності – порівнянні діючих контактних напружень з допустимими їх значеннями. Для цього у формулу 32 [5] підставляються уточненні (з урахуванням швидкості та степені точності) значення коефіцієнту концентрації навантаження по довжині зуба, динамічного коефіцієнту та коефіцієнту розподілу навантаження між зубами.

Рационально спроектованою передачею слід вважати передачу, завантаження якої по контактних напруження знаходиться у межах 90...105%, якщо ж завантаження сягає 110...115% можна знизити діючі напруження за рахунок деякого збільшення ширини зубчастого вінця. При більших

перевантаженнях слід прийняти більший зовнішній ділительний діаметр колеса і повторити розрахунок.

3.10 Перевірка міцності зубів коліс на згин

Перевірка проводиться по умові міцності зубів колеса по напруженнях згину за формулою 40 [5].

Умови і особливості навантажень характеризуються трьома уточнюючими коефіцієнтами такими як: коефіцієнт концентрації навантаження по довжині зуба, коефіцієнт динамічності навантаження та коефіцієнт розподілу навантаження поміж зубами (для косозубих передач).

Основним силовим фактором, що діє на зуб є колова сила, розміри зуба представлені середнім модулем та шириною зубчастого вінця. Геометричні ж особливості зуба характеризує коефіцієнт форми зуба, який визначається по графіках у залежності від еквівалентного числа зубів відповідного колеса.

3.11 Геометричний розрахунок

При проведенні остаточного геометричного розрахунку прямозубої конічної зубчастої передачі рекомендується визначити:

- висоту голівки зуба в розрахунковому перетині шестерні і колеса;
- висоту ніжки зуба в розрахунковому перетині шестерні і колеса;
- кут ніжки зуба шестерні і колеса;
- кут голівки зуба шестерні і колеса;
- кут конуса западин шестерні і колеса;
- кут конуса вершин зубів шестерні і колеса;
- збільшення висоти голівки при переході на зовнішній торець;
- збільшення висоти ніжки при переході на зовнішній торець;
- зовнішню висоту ніжки зуба шестерні і колеса;
- зовнішню висоту зуба;
- діаметр основи ділительного конуса шестерні;
- діаметр вершин зубів шестерні і колеса;
- діаметр западин зубів шестерні і колеса.

3.11 Висновки по розрахунку

По результатах розрахунку формулюються висновки, в яких коротко і ясно констатується хід розрахунку і позитивні якості передачі, яку спроектували.

3.9 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті і провести і оформити розрахунок конічної прямозубої зубчастої передачі згідно з індивідуальним завданням одержаним на практичному занятті.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок конічної прямозубої зубчастої передачі, що пропонується індивідуальним завданням.

Додаток А
(довідковий)

Форма індивідуального завдання на розрахунок

З А В Д А Н Н Я
на виконання розрахунку по темі:
„Розрахунок конічної зубчастої передачі“

Студент

Група №

По списку №

Призначення передачі: Конічна закрита передача загального призначення

Тип передачі – прямозуба

Потужність на шестерні, кВт

$P_1 =$

Кутова швидкість шестерні, рад/с

$\omega_1 =$

Передаточне число передачі

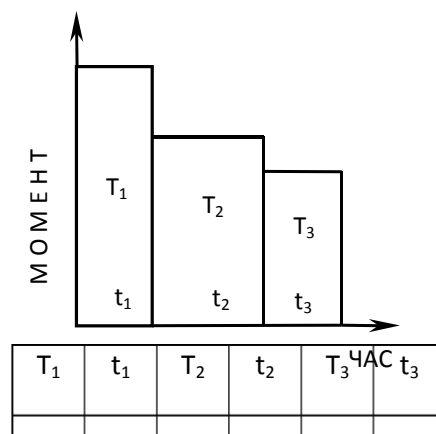
$U =$

Режим роботи

нереверсивний

Термін служби, годин

$L_h =$



Розрахункова схема передачі

Графік завантаження передачі

Порядок виконання:

- 1) Вибрати матеріали коліс, визначити допустимі напруження;
- 2) Вичислити зовнішній діаметр колеса з умови контактної міцності;
- 3) Вичислити зусилля в передачі і перевірити її на контактну міцність та згин;
- 4) Провести геометричний розрахунок передачі.

Завдання отримав...../...../

Викладач...../...../

Тема: Розрахунок черв'ячних передач

Мета заняття: Закріплення знань по теорії, особливостях геометричного і кінематичного розрахунку черв'ячних передач. Практичне оволодіння методикою вибору матеріалів та проектного розрахунку закритих черв'ячних передач. Вирішення практичної задачі по визначенню основних співвідношень і геометричних розмірів пари черв'як-колесо, по розрахунку зусиль в зачепленні, аналізу дії цих зусиль на елементи передачі, вали, опори. Закріплення методики перевірки зачеплення по діючих контактних напруженнях та перевірки зубів черв'ячного колеса по місцевих напруженнях згину, аналіз результатів розрахунку. Проведення практичного теплового розрахунку передачі, знайомство з методами запобігання перегріву черв'ячного зачеплення.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекцій 8 „Черв'ячні передачі“, лекції 9 „Розрахунок черв'ячних передач“ [1], проглянути та засвоїти основні положення рекомендованої навчальної літератури [2-4], звернувши увагу на відмінності кінематики, геометрії та силових співвідношень черв'ячних зачеплень від зубчастих.

З'ясувати переваги та недоліки черв'ячних передач, які визначають їх область застосування. Вияснити і класифікувати типи зачеплень по формі та розташуванню черв'яка та профілю (лінійчатого або ж нелінійчатого) його витка, способами виготовлення черв'яків та черв'ячних коліс, упевнитись, які з них є найбільш технологічними і найбільш поширеними у сучасному вітчизняному та закордонному машинобудуванні.

Виходячи з особливостей черв'ячного зачеплення, уявити, у який спосіб можна одержати розрахункові значення передаточного числа (від 8 до 80 і більше), які прийняті і стандартизовані для силових черв'ячних передач.

Встановити, за рахунок яких чинників черв'ячні передачі мають найнижче серед передач зачепленням значення ККД, ознайомитись з конструктивними та експлуатаційними заходами його підвищення. Вивчити основні критерії роботоздатності та методи проектного та перевірконого розрахунків передач на міцність та особливості теплового розрахунку.

Ознайомитись з принципами і методикою вибору матеріалів черв'яка та вінця черв'ячного колеса.

Розглянути особливості просторового розташування та особливості визначення основних складових сили у зачепленні (колових, радіальних та осьових), зв'язок значень цих сил з геометричними параметрами передачі.

Ознайомитись з методами коригування черв'ячних передач.

1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Призначення та область переважного застосування черв'ячних силових та кінематичних передач;
- 1.2.2 Які типи передач за формою профілю витка черв'яка (архимедовим, конволютним, евольвентним) одержали найбільше розповсюдження?
- 1.2.3 Передаточне число черв'ячної пари, поняття про число заходів черв'яка, його мінімальне та максимальне значення;
- 1.2.4 Поняття осьового модуля черв'ячної передачі, метод визначення;
- 1.2.5 Поняття коефіцієнта діаметра черв'яка, його зв'язок з модулем, кутом підйому витка черв'яка, числом заходів черв'яка;
- 1.2.6 Основні геометричні параметри передачі, черв'яка та черв'ячного колеса, які з них стандартизовані?
- 1.2.7 Чим можна пояснити низьке значення ККД черв'ячної пари (у порівнянні з іншими передачами зачепленням)?
- 1.2.8 Основні види руйнування і причини виходу з ладу елементів черв'ячної передачі, заходи по запобіганню руйнуванню;
- 1.2.9 Корегування черв'ячних передач, причини його застосування, засоби його здійснення;
- 1.2.10 Сили, що діють у черв'ячному зачепленні, особливості визначення їх напрямків і величин;
- 1.2.11 Критерії вибору матеріалів черв'яка та черв'ячного колеса;
- 1.2.12 Особливості практичного розрахунку черв'ячних передач на міцність;
- 1.2.13 Критерії доцільності спроектованої передачі;
- 1.2.14 Фізична суть теплового розрахунку черв'ячної передачі.

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.

3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин - М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
4. Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання, ознайомлення з основними вимогами до об'єму, змісту, оформленню завдання, графіком його виконання;
- узгодження форм і термінів консультацій, порядку звітності студентів по результатах самостійної роботи;
- видача методичної літератури, ознайомлення з її особливостями, порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів методики розрахунку, попередження про цілком ймовірні типові помилки, які традиційно допускають студенти;
- виконання студентами прикладу розрахунку згідно з темою даного практичного заняття;
- аналіз проміжних етапів розрахунку, які потребують прийняття конкретних конструктивних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення розрахунку з аналізом виникаючих у його процесі помилок, допущених студентами;
- аналіз кінцевих результатів проведеного розрахунку, формулювання заключних висновків і рекомендацій;
- підведення підсумків практичного заняття, видача завдань на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники (плакати з таблицями вибору коефіцієнтів які використовують при проектному і перевірочному розрахунку);
- учбова та довідкова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю

та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

а) сформулювати задачу розрахунку з зазначенням основних його етапів;

Примітка: Задача розрахунку повинна включати всі етапи проведення розрахунку черв'ячної передачі згідно з [5].

б) записати вихідні дані розрахунку:

- потужність на валу черв'яка;
- кутова швидкість вала черв'яка;
- передаточне число передачі;
- розташування черв'яка відносно черв'ячного колеса;
- реверсивність передачі;
- термін служби (років);
- змінність роботи;

в) скласти та зобразити розрахункову схему передачі;

г) навести графік навантаження передачі.

3.2 Визначення терміну служби передачі

Визначення терміну служби передачі в годинах проводиться згідно з рекомендаціями [5], прийнявши число робочих днів у році 250...300 і тривалість робочої зміни 7...8 годин. Слід прийняти до уваги примітку [5] про те, що термін служби стандартних черв'ячних редукторів відповідно до нормативів наведених ГОСТ 16162-78 складає 20 тисяч годин.

3.3 Попередні параметри передачі

З метою одержання в результаті розрахунку найбільш раціональної компоновки передачі слід вибрати рекомендовані у додатку А [5] значення числа заходів черв'яка, число зубів колеса та коефіцієнта діаметра черв'яка.

3.4 Вибір матеріалу черв'яка та вінця черв'ячного колеса

Матеріали для виготовлення черв'яка та вінця черв'ячного колеса вибираються за рекомендаціями додатку Б [5] з урахуванням попереднього значення діапазону швидкості ковзання витка черв'яка по зубу колеса, яке визначається за формулою 2 на сторінці 10 [5]. При виборі матеріалу для вінця черв'ячного колеса крім значення швидкості ковзання потрібно враховувати тип виробництва, його серійність, масовість з метою визначення способу відливки вінця (відцентрова, у кокіль, у землю).

3.5 Розрахунок допустимих напружень

Допустимі контактні напруження та напруження на згин визначаються для черв'ячного колеса, як для елемента, що є менш міцним і більше зношується. При визначенні обов'язково враховується коефіцієнт зносу.

Рекомендується [5] визначати коефіцієнт зносу як для меншої, так і для більшої межі діапазону попередньо вичисленої швидкості ковзання та в результаті одержувати певний діапазон розрахункових значень допустимих напружень.

Вибір конкретного значення допустимих напружень звичайно проводять уникаючи значень близьких до верхньої межі діапазону, це забезпечить достатній запас міцності. Вибране значення розрахункових допустимих напружень можна округлювати до значень, що відповідають стандартному ряду чисел.

3.6 Проектний розрахунок міжосьової відстані

Попереднє значення міжосьової відстані з умови контактної міцності проводиться по формулі п. 2.5 [5].

Силовим фактором, який визначає розміри передачі є обертаючий момент на черв'ячному колесі. На відміну від розрахунків зубчастих передач, для яких обертаючий момент задається у вихідних даних, при розрахунку черв'ячної пари цей параметр вичислюється по значеннях потужності на валу черв'яка, кутової швидкості черв'яка та передаточного числа з обов'язковим урахуванням ККД передачі, значення якого у значній мірі залежать від попередньо прийнятих у п. 3.3 параметрів черв'ячної передачі, зокрема числа заходів черв'яка і визначається по таблиці А3 [5].

Коефіцієнт концентрації навантажень при змінному режимі навантаження визначається по формулі додатку Г [5] в залежності від відповідного значення початкового коефіцієнта, який, в свою чергу, приймається по графіках того ж додатку Г [5] і залежить від значень передаточного числа та прийнятого числа заходів черв'яка.

Одержане по формулі [5] значення міжосьової відстані приводиться у відповідність з стандартними значеннями за ГОСТ 2144-76 (таблиця А1 [5]).

Примітка: Для одержання в результаті проектного розрахунку компактної передачі стандартне значення міжосьової відстані вибирається по правилах округлення (тобто ближче менше або більше значення), для зручності подальших обчислень вибір рекомендується здійснювати, по можливості, з першого ряду стандартних значень.

3.7 Визначення модуля зачеплення

Модуль зачеплення визначається по формулі п. 2.6 [5] і його стандартне значення приймається у відповідності до ГОСТ 2144-76.

3.8 Корегування передачі

Після прийняття стандартних значень міжосьової відстані та модуля передачі визначається коефіцієнт зміщення інструменту (п. 2.7 [5]) і при його значенні, що не виходить за межі $\pm 0,7$ приймається рішення про висотне корегування передачі, коефіцієнт при цьому можна округлити до сотих.

Примітка: На відміну від зубчастих передач для яких зміщення інструменту обов'язкове при нарізанні обох елементів зачеплення (шестерні та колеса) для черв'ячних передач черв'як виготовляють без зміщення, а при нарізанні зубів колеса черв'ячну фрезу (аналог черв'яка) зміщують на відповідну величину. Цей захід виконують з метою „вписування“ в стандартне або задане значення міжосьової відстані. Значення коефіцієнту зміщення допускають до $\pm 1,0$, але це веде до підрізання та загострення зубів черв'ячного колеса.

3.9 Основні геометричні параметри передачі

При визначенні основних геометричних параметрів передачі вчисляють:

- фактичне значення міжосьової відстані;
- ділильні діаметри черв'яка та черв'ячного колеса;
- початковий діаметр черв'яка;
- ділильний кут підйому витка черв'яка (до кутових секунд);
- початковий кут підйому витка черв'яка (до кутових секунд);
- діаметр вершин витків черв'яка та зубів колеса;
- діаметр западин витків черв'яка та зубів колеса;
- найбільший діаметр черв'ячного колеса;
- ширину вінця черв'ячного колеса (округлюють до нормального ряду);
- довжину нарізаної частини черв'яка (округлюють до нормального ряду);
- умовний кут обхвату черв'яка колесом (до кутових секунд).

3.10 Дійсна швидкість ковзання

Значення швидкості ковзання обчислюється на ділільному колі черв'яка за формулою п. 2.9 [5].

Якщо дійсна швидкість ковзання не виходить за межі її попереднього значення перерахунок діючих значень допустимих напружень не проводять.

3.11 Уточнений ККД та обертаючий момент

При уточненні загального ККД передачі враховуються втрати на тертя в зачепленні, в підшипниках та втрати на розбризкування мастила.. Розрахунок проводиться по уточненому значенню ділільного кута підйому витка черв'яка.

Уточнення номінального обертаючого моменту на черв'ячному колесі проводять по тій же формулі, що і для попереднього значення, але з урахуванням уточненого значення ККД.

3.12 Зусилля в зачепленні

Визначення складових зусилля в зачепленні починають з колового зусилля на черв'ячному колесі (йому дорівнює осьове зусилля на черв'яку), потім визначають колове зусилля на ділільному колі черв'яка (відповідне йому значення осьового зусилля на колесі) і потім – радіальні зусилля.

Значення колового зусилля на черв'ячному колесі буде використовуватись у даному розрахунку при подальшій перевірці зубів колеса по напруженнях згину, а радіального та осьового при розрахунках валів і підшипників.

3.13 Перевірка передачі по контактних напруженнях

Перевірка проводиться по умові контактної міцності – порівнянні діючих контактних напружень з допустимими їх значеннями. Для цього у формулу п.2.13 [5] підставляються уточненні значення обертаючого моменту та ділільні діаметри черв'яка та колеса.

3.14 Перевірка міцності зубів черв'ячного колеса на згин

Перевірка проводиться по умові міцності зубів колеса по напруженнях згину за формулою п. 2.15 [5]. Коефіцієнт форми зуба визначають по табл. 2Г по значенню еквівалентного числа зубів колеса.

3.15 Тепловий розрахунок

Площа поверхні редуктора потрібна для передачі в навколишнє середовище теплоти, що виникає при роботі черв'ячної передачі вчислюється по значенню потужності на валу черв'яка з урахуванням ККД передачі та середнього коефіцієнту теплопередачі.

3.15 Висновки по розрахунку

По результатах розрахунку формулюються висновки, в яких коротко і ясно констатується хід розрахунку і позитивні якості передачі, яку спроектували.

3.16 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті і провести і оформити розрахунок черв'ячної передачі згідно з індивідуальним завданням одержаним на практичному занятті.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок черв'ячної передачі, що пропонується індивідуальним завданням.

Додаток А
(довідковий)

Форма індивідуального завдання на розрахунок

З А В Д А Н Н Я
на виконання розрахунку по темі:
„Розрахунок черв'ячної передачі“

Студент Група №
По списку №

Призначення передачі: Закрита редукторна черв'ячна передача	
Потужність на валу черв'яка, кВт	$P_1 =$
Кутова швидкість черв'яка, рад/с	$\omega_1 =$
Передаточне число передачі	$U =$
Розташування черв'яка	- нижнє - верхнє
Режим роботи	нереверсивний
Термін служби, років	$t_p =$
Змінність роботи	$K_{зм} =$

Розрахункова схема передачі

Порядок виконання:

- 1) Вибрати матеріали, визначити допустимі напруження;
- 2) Вичислити міжосьову відстань з умови контактної міцності;
- 3) Провести геометричний розрахунок передачі.
- 4) Вичислити зусилля в передачі і перевірити її на контактну міцність та згин;

Завдання отримав...../...../
Викладач...../...../

Тема: Розрахунок ланцюгових передач

Мета заняття: Закріплення знань по теорії і розрахунку ланцюгових передач.

Практичне оволодіння методикою розрахунку приводної ланцюгової передачі (вибір типу ланцюга і визначення числа зубів зірочок, визначення коефіцієнту експлуатації і кроку ланцюга, геометричний та силовий розрахунок, перевірка передачі на зносостійкість, на допустиму частоту обертання, на розривну міцність, на довговічність – по числу ударів). Закріплення знань по визначенню зусиль, що діють в передачі. Рішення практичних задач по конструюванню зірочок розрахованої ланцюгової передачі.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекції 13 „Ланцюгові передачі“ [1], засвоїти основні положення навчальної літератури, що рекомендована [2-4], звернувши увагу на специфічні риси ланцюгової передачі, що відноситься по типу до передач зачепленням і одночасно до передач гнучким зв'язком.

З'ясувати переваги ланцюгових передач по відношенню до зубчастих, як представників передач зачепленням та по відношенню до пасових, як представників передач гнучким зв'язком. Визначити область застосування ланцюгових передач і вияснити, які недоліки обмежують цю область.

Класифікувати передачі по типах стандартизованих приводних ланцюгів і уяснити конструктивні особливості, що дають можливість їх використання в передачах з різними вимогами до них та з різними умовами експлуатації.

Звернути увагу на специфічні особливості роботи ланцюгових передач, такі як перемінність миттєвого передаточного відношення, удари ланок ланцюга об зуби зірочок при вході в зачеплення та ін.

Розглянути характер і причини відмов ланцюгових передач та види розрахунків, за допомогою яких можна запобігти цим відмовам. Переглянути та проаналізувати основні формули, за якими проводяться розрахунки.

Встановити, які сили діють в передачі: колові, відцентрові, від власної ваги ланцюга, формули для їх визначення.

Ознайомитись, яким чином за допомогою коефіцієнту експлуатації враховуються реальні умови роботи передачі, визначитись з основними складовими цього коефіцієнту, порядком їх визначення.

Уявити, які геометричні параметри характеризують приводні зірочки ланцюгової передачі, зокрема роликів ланцюгом і проаналізувати розрахункові формули для їх визначення.

1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Які типи приводних ланцюгів найбільш поширені в механічних приводах?
- 1.2.2 Які достоїнства ланцюгової передачі забезпечують їй широке застосування і в яких областях?
- 1.2.3 Чому в багатоступінчастих приводах ланцюгова передача, як правило, займає місце тихохідної ступіні?
- 1.2.4 З чим пов'язані нерівномірність руху ланцюгової передачі, удари шарнірів ланцюга по зубах зірочки і коливання гілок ланцюга?
- 1.2.5 Чому при великих швидкостях доцільно використовувати приводні ланцюги з малим кроком?
- 1.2.6 Для яких випадків застосовують багаторядні ланцюги?
- 1.2.7 Які зусилля виникають у гілках ланцюга при його роботі?
- 1.2.8 Основні причини виходу з ладу елементів ланцюгової передачі, заходи по запобіганню відмов передачі.
- 1.2.9 Від яких чинників залежить інтенсивність зносу ланцюга?
 - 1.2.10 Чим обумовлені обмеження мінімального числа зубів малої зірочки передачі?
 - 1.2.11 Чому зношений ланцюг втрачає зачеплення з зірочкою (спадає з зірочки) і як це враховують при виборі числа зубів великої зірочки?
 - 1.2.12 Які умови роботи передачі враховує коефіцієнт експлуатації?
 - 1.2.13 Який основний вид розрахунку застосовують при проектуванні ланцюгової передачі?
 - 1.2.14 Які види розрахунків використовують для ланцюгової передачі у якості перевіірочних?

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.

2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: .: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин - М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
4. Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання, ознайомлення з основними вимогами до об'єму, змісту, оформленню завдання, графіком його виконання;
- узгодження форм і термінів консультацій, порядку звітності студентів по результатах самостійної роботи;
- видача методичної літератури, ознайомлення з її особливостями, порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів методики розрахунку, попередження про цілком ймовірні типові помилки, які традиційно допускають студенти;
- виконання студентами прикладу розрахунку згідно з темою даного практичного заняття;
- аналіз проміжних етапів розрахунку, які потребують прийняття конкретних конструктивних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення розрахунку з аналізом виникаючих у його процесі помилок, допущених студентами;
- аналіз кінцевих результатів проведеного варіантного розрахунку, вибір раціонального варіанту формулювання заключних висновків і рекомендацій;
- підведення підсумків практичного заняття, видача завдань на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники – плакати з таблицями вибору коефіцієнтів;
- учбова та довідкова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття під час його проведення не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально

становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

а) ознайомитись з загальними відомостями, наведеними у [5].

б) сформулювати задачу розрахунку з зазначенням основних його етапів;

Примітка: Задача розрахунку повинна коротко відображати всі етапи проведення розрахунку ланцюгової передачі у відповідності з [5].

в) навести вихідні дані розрахунку:

- потужність на ведучому валу;
- обертаючий момент на ведучому валу;
- частота обертання ведучої зірочки;
- передаточне число передачі;
- кут нахилу передачі до горизонту;
- режим роботи (пускові навантаження, число змін роботи);

г) скласти та зобразити розрахункову схему передачі;

3.2 Вибір типу ланцюга і визначення числа зубів зірочок

Тип ланцюга вибирають за рекомендаціями [5] у залежності від призначення передачі потужності, яку потрібно буде передати та частоти обертання ведучого валу. При проведенні даного практичного заняття доцільно розглянути приклад розрахунку передачі роликів привідним ланцюгом, як найбільш поширеної у машинах сільськогосподарського та переробного призначення.

Рекомендоване мінімальне число зубів ведучої зірочки визначається у залежності від передаточного числа передачі [5] і приймається непарним (для зменшення вібрацій гілок ланцюга). З метою мінімізації габаритів передачі можна вибирати число зубів ведучої зірочки меншим за рекомендоване, але граничним є число 7 для роликів та число 13 для зубчастих ланцюгів.

Після визначення і прийняття числа зубів веденої зірочки обчислюється фактичне передаточне число передачі та на разі відмінності його від номінального вичисляють відсоток відхилення (не більший за $\pm 5\%$).

3.3 Коефіцієнт експлуатації передачі

Складові частини коефіцієнту експлуатації визначаються згідно з рекомендаціями додатку В [5].

Якщо визначене значення коефіцієнту експлуатації перевищує число 3, потрібно прийняти рішення конструктивного характеру по його зменшенню, тобто поліпшенню роботи передачі (змінити принцип змащення, тип регулювального пристрою, збільшити довжину ланцюга).

3.4 Визначення кроку ланцюга

З умови забезпечення зносостійкості шарнірів ланцюга і тим самим зменшення інтенсивності його подовження тиск у шарнірі не повинен перевищувати допустимого значення. Допустимий тиск в шарнірі наведений у таблиці Г1 додатку Г [5] і визначається в залежності від частоти обертання малої зірочки та кроку ланцюга з урахуванням числа зубів малої зірочки.

Таким чином, з метою прийняття раціонального рішення, проводиться варіантний розрахунок тиску в шарнірі для кількох стандартних значень кроку ланцюга по формулі 6 [5].

Одержані значення тиску порівнюються з нормативними (знайденими інтерполяцією по таблиці Г1), після чого приймається розрахункове значення допустимого тиску і по формулі 5 [5] визначається крок ланцюга.

Слід відмітити, що формула 5 враховує зменшення кроку за рахунок коефіцієнту рядності, тобто прийняття багаторядного (до 4-х рядів) ланцюга. Якщо передача не має конструктивних обмежень з габаритів по ширині, то для неї доцільне застосування двохрядного або з більшим числом рядів ланцюга.

Стандартний ланцюг приймається згідно з додатком А, після чого записується його умовне позначення та наводяться основні розміри ланки, розривне зусилля та погонна маса.

3.5 Швидкість ланцюга та колове зусилля в передачі

Для проектного розрахунку ланцюгової передачі швидкість ланцюга вчисляють за формулою 9 [5], а колове зусилля за формулою 8 [5].

Уточнене значення середнього тиску в шарнірі ланцюга визначається по значенню колового зусилля і площі опорної поверхні шарніра.

Слід відмітити, що при великій різниці (у меншу сторону) між значеннями уточненого і допустимого тиску можна прийняти ланцюг меншого стандартного кроку і заново перерахувати значення швидкості, зусилля та тиску в шарнірі. Це дасть можливість суттєво зменшити розміри передачі.

3.6 Перевірка передачі по допустимій частоті обертання

Перевірка проводиться у порівнянні допустимої частоти обертання малої зірочки для прийнятого кроку ланцюга і числа її зубів з дійсною (заданою) частотою обертання. Допустима частота прямо пропорційно залежить від числа зубів ведучої зірочки та зворотно пропорційно від кроку ланцюга і визначається за формулою 11 [5].

3.7 Міжосьова відстань передачі

Величина міжосьової відстані ланцюгової передачі при її попередньому визначенні може залежати від таких двох умов:

а) ланцюгову передачу потрібно „вписувати“ у вже існуючу конструкцію (при її модернізації), або ж в конструкцію, що проектується (для нової машини, положення валів якої в просторі визначені специфічними для даної машини (технологічними, конструктивними, тощо) умовами, закріпленими за допомогою попереднього ескізного компонування);

б) розміри ланцюгової передачі ніякими умовами особливо не лімітуються.

У першому випадку необхідно взяти у якості попереднього значення міжосьової відстані конкретне значення розміру між осями валів, а для другого випадку керуватись умовами раціональної роботи передачі і призначати міжосьову відстань по рекомендаціях [5], тобто у межах 30...50 кроків ланцюга.

3.8 Довжина ланцюга і уточнена міжосьова відстань

Попереднє значення розрахункової довжини визначається по формулі 13 [5]. Потім визначається число ланок ланцюга і з метою зручності з'єднання (без додаткової сполучної ланки) приймається парне число ланок ланцюга.

Після вибору уточнюється значення міжосьової відстані, яке зменшується для забезпечення провисання ланцюга на 0,0002...0,0004 від його значення.

3.9 Перевірка міцності ланцюга

Перевірка проводиться по порівнянню дійсного коефіцієнту запасу міцності ланцюга з нормативним (таблиця Г3) [5]. Коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою 14 [5], як відношення розривного зусилля ланцюга до суми зусиль, що діють на його ведучу гілку (колового, відцентрового та зусилля від власної ваги). Колове зусилля корегується коефіцієнтом, який враховує характер навантаження.

3.10 Перевірка ланцюга на довговічність

Довговічність ланцюга оцінюється по числу ударів ланцюга при набіганні його на зуби зірочок та збіганні з них, яке визначається за формулою 15 [5] і порівнюється з допустимими (таблиця Д1, додаток Д).

3.11 Зусилля тиску на вали

Зусилля, що діють на вали передачі складається з суми колового зусилля та подвоєного зусилля від власної ваги, відцентрові зусилля на вали не діють.

3.12 Геометричні параметри зірочок

При визначенні геометричних параметрів ланцюгової передачі, що проектується, рекомендується дотримуватись такої послідовності:

- прийняти профіль зубів зірочок (увігнуто-опуклий, прямолінійний, прямолінійно-опуклий, опуклий) за додатком Д [5];
- визначити діаметри ділільних кіл зірочок;
- розрахувати діаметри виступів, радіус западин і діаметр западин зірочок;
- вчислити ширину зубчастого вінця зірочок;
- визначити радіус закруглення зуба зірочки;
- вчислити відстань від вершини зуба до лінії центрів дуг заокруглень;
- вчислити і прийняти діаметр і довжину маточини, діаметр ободу.

3.13 Висновки по розрахунку

По результатах розрахунку формулюються висновки, в яких коротко і ясно констатується хід розрахунку, наводиться позначення ланцюга, який вибрано для передачі і позитивні якості розрахованої передачі.

3.14 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті і провести і оформити розрахунок ланцюгової передачі приводним роликним ланцюгом згідно з індивідуальним завданням одержаним на чинному практичному занятті.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок ланцюгової передачі, що пропонується індивідуальним завданням.

Додаток А
(довідковий)

Форма індивідуального завдання на розрахунок

З А В Д А Н Н Я
на виконання розрахунку по темі:
„Розрахунок приводної ланцюгової передачі“

Студент Група №
По списку №

Призначення передачі: Відкрита передача загального призначення
Потужність на ведучому валу, кВт $P_1 =$
Обертаючий момент на ведучому валу, Н·м $T_1 =$
Частота обертання ведучої зірочки, об/хв. $n_1 =$
Передаточне число передачі $U =$
Кут нахилу передачі до горизонту $\Theta =$
Режим роботи (пускові навантаження, число змін роботи)

Розрахункова схема передачі

Порядок виконання:

- 1) Вибрати тип ланцюга, визначити числа зубів зірочок;
- 2) Прийняти складові коефіцієнту експлуатації, визначити крок ланцюга;
- 3) Перевірити передачу по допустимій частоті обертання;
- 4) Визначити міжосьову відстань передачі та довжину ланцюга;
- 5) Перевірити ланцюг на міцність та довговічність;
- 6) Вичислити зусилля, що діє на вали передачі;
- 7) Визначити геометричні параметри зірочок.

Завдання отримав...../...../
Викладач...../...../

Практичне заняття №11.

Тема: Розрахунок клинопасової передачі

Мета заняття: Закріплення знань по теорії і розрахунку клинопасових передач.

Практичне оволодіння методикою розрахунку приводної пасової передачі по тяговій спроможності (вибір типу перерізу клинового паса і його розмірів, визначення діаметрів шківів, міжосьової відстані, розрахункової довжини паса, кута обхвату меншого шківа, поправочних коефіцієнтів, розрахункової потужності, яку передає один пас та визначення кількості пасів в комплекті). Закріплення знань по визначенню зусиль, що діють в передачі, розмірів пристосування для натягу пасів. Відпрацювання методики інженерного варіантного розрахунку з аналізом одержаних результатів та вибором раціонального варіанту передачі. Рішення практичних задач по конструюванню шківів для клинових пасів.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекцій 10 „Пасові передачі“, лекції 11 „Передачі клиновим та поліклиновим пасом“ [1], простудіювати та засвоїти основні положення рекомендованої навчальної літератури [2-4], звернувши увагу на відмінність принципу дії та конструктивного оформлення передач тертям від передач зачепленням.

Уявити, які саме переваги пасових передач визначають їх пріоритетну область застосування, та які саме недоліки обмежують, або ж зовсім не дають можливості використання подібних передач у певних конструктивних та експлуатаційних умовах.

Класифікувати передачі по розташуванню шківів у просторі та по формі перерізу паса, зокрема проаналізувати конструкцію та особливості пасів з клинковою (трапецеїдальною) формою перерізу: вузьких (вентиляторних), широких (варіаторних) та з нормальним перерізом (приводних), уточнити принципи та порядок їх умовних позначень.

Переглянути та проаналізувати основні формули, за якими проводиться розрахунок геометричних та кінематичних співвідношень найбільш поширеної (відкритої) пасової передачі.

Встановити, які сили діють в передачі: нерухомій, на холостому ходу, під навантаженням взаємодія цих сил, які напруження виникають у перерізі паса і як ці напруження впливають на роботоздатність та довговічність паса.

Розглянути фізичну сутність та природу пружного ковзання в передачі, уявити зв'язок між цим явищем та тяговою спроможністю передачі, принципи побудови графіків кривої ковзання та ККД, вибору оптимальної зони.

Ознайомитись з основними видами пристроїв для натягу пасових передач.

1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Які види пасових передач розрізняють за формою поперечного перерізу паса, як класифікують клинові паси?
- 1.2.2 Які переваги та недоліки мають пасові передачі в порівнянні з іншими видами механічних передач?
- 1.2.3 Чому в багатоступінчастих приводах пасова передача, як правило, займає місце швидкохідної ступіні?
- 1.2.4 Які зусилля діють на гілки пасової передачі в стані покою, на холостому ходу, під час робочого навантаження?
- 1.2.5 Як вичисляють напруження у відповідних перерізах гілок паса при роботі передачі? Поясніть вплив кожного з них на роботу, довговічність передачі;
- 1.2.6 У чому сутність пружного ковзання паса по шківках? Чому воно виникає і чи можна його усунути?
- 1.2.7 У чому різниця між пружним ковзанням і буксуванням паса? Яке значення пружного ковзання можна вважати допустимим?
- 1.2.8 Основні види руйнування і причини виходу з ладу елементів пасової передачі, заходи по запобіганню руйнуванню;
- 1.2.9 Що таке тягова спроможність пасової передачі? Які фактори і яким чином впливають на неї?
- 1.2.10 Які переваги та недоліки передачі клиновим пасом у порівнянні з передачею плоским пасом? Чим пояснити більшу навантажувальну спроможність передачі клиновим пасом?
- 1.2.11 Чому при огинанні шківів однакових діаметрів напруження у перерізі клинового паса значно більші чим у плоского?
- 1.2.12 Чому обмежують число клинових пасів у комплекті?

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: .: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин - М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
4. Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання, ознайомлення з основними вимогами до об'єму, змісту, оформленню завдання, графіком його виконання;
- узгодження форм і термінів консультацій, порядку звітності студентів по результатах самостійної роботи;
- видача методичної літератури, ознайомлення з її особливостями, порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів методики розрахунку, попередження про цілком ймовірні типові помилки, які традиційно допускають студенти;
- виконання студентами прикладу розрахунку згідно з темою даного практичного заняття;
- аналіз проміжних етапів розрахунку, які потребують прийняття конкретних конструктивних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення розрахунку з аналізом виникаючих у його процесі помилок, допущених студентами;
- аналіз кінцевих результатів проведеного варіантного розрахунку, вибір раціонального варіанту формулювання заключних висновків і рекомендацій;
- підведення підсумків практичного заняття, видача завдань на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники – плакати з таблицями вибору коефіцієнтів;
- учбова та довідкова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

а) сформулювати задачу розрахунку з зазначенням основних його етапів;

Примітка: Задача розрахунку повинна включати всі етапи проведення розрахунку клинопасової передачі згідно з [5].

б) записати вихідні дані розрахунку:

- потужність на ведучому валу;
- частота обертання ведучого шківів;
- обертаючий момент на ведучому шківі;
- передаточне відношення передачі;
- кут нахилу передачі до горизонту;
- режим роботи (вид двигуна);
- короткочасні перевантаження;
- число змін роботи;

в) скласти та зобразити розрахункову схему передачі;

3.2 Вибір перерізу клинового паса та діаметра ведучого шківів

Типорозмір перерізу клинового паса вибирають по графіку додатку А [5] у залежності від потужності, яку потрібно буде передати та частоти обертання ведучого (меншого) шківів.

Діапазон орієнтовного розрахункового діаметра меншого шківів визначається по формулі 1 [5] і на основі цього розрахунку по додатку А [5] приймається ряд стандартних значень меншого шківів для проведення варіантного (по 3...5 варіантах) розрахунку. Результати варіантного розрахунку передачі доцільно групувати у формі таблиці.

3.3 Швидкість паса

Швидкість паса обчислюється як колова швидкість на меншому шківі по формулі 2 [5]. Для варіанту розрахунку, швидкість паса якого перевищує 30 м/с подальший розрахунок не проводиться.

3.4 Діаметр більшого шківів та передаточне відношення

Діаметр більшого шківів визначається по формулі 3 [5] і по додатку А вибирається його стандартне значення по значенню якого вичислюється фактичне передаточне відношення. При цьому рекомендується приймати значення пружного ковзання 0,01...0,02. У випадку відхилення значення фактичного передаточного відношення від заданого більш ніж $\pm 5\%$ дозволяється застосування шківів нестандартного діаметра.

3.5 Міжосьова відстань

На величину міжосьової відстані пасової передачі при її попередньому визначенні можуть впливати такі дві наступні умови:

а) клинопасову передачу потрібно „вписати“ в існуючу конструкцію (при її модернізації), або в конструкцію, що проектується (для нової машини, положення валів якої в просторі визначається специфічними (технологічними, конструктивними, тощо) умовами, закріпленими попереднім ескізним компонуванням);

б) розміри клинопасової передачі нічим особливо не лімітуються.

У першому випадку необхідно взяти у якості попереднього значення міжосьової відстані конкретний розмір між осями валів, а для другого випадку керуватись умовами раціональної роботи передачі і призначати міжосьову відстань по діаметру більшого шківів у залежності від передаточного числа [5].

3.6 Довжина паса

Попереднє значення розрахункової довжини (по нейтральній лінії перерізу) визначається по формулі 6 [5]. Потім з номенклатури пасів вибирається найближче значення у відповідності з ГОСТ 1284.1-80 стандартної довжини паса (додаток Б [5]). Після вибору уточнюється значення міжосьової відстані та визначається кут обхвату меншого шківів.

3.7 Визначення числа пасів у передачі

Згідно з довідковими даними ГОСТ 1284.3-80 номінальна потужність, яку може передати один пас відповідного типорозміру, призначається по таблицях або ж графіках в залежності від частоти обертання меншого шківів з урахуванням його розрахункового діаметра.

Реальні умови експлуатації передачі враховуються за допомогою коефіцієнтів: кута обхвату, довжини паса, передаточного числа і режиму роботи. В результаті розрахункова потужність, яка може передаватися одним пасом дещо відрізняється від номінальної, як правило в меншу сторону.

Попереднє число пасів визначається як частка від ділення потужності, яку потрібно передати на розрахункову потужність, що передається одним пасом.

З урахуванням нерівномірності навантаження пасів комплекту (за допомогою коефіцієнту числа пасів) визначається розрахункове число пасів, яке потім потрібно прийняти цілим числом.

Прийняття кінцевого числа пасів рекомендується проводити по правилах округлення, оцінку правильності вибору дає відсоток завантаження, який для клинопасових передач може досягати 115%.

3.8 Зусилля в передачі

Для проектного розрахунку клинопасової передачі звичайно визначаються два види зусиль, які можуть конкретно характеризувати передачу: зусилля попереднього натягу гілки паса і сила, що діє на вали передачі.

Зусилля попереднього натягу гілки паса вичисляють за формулою 13 [5] з урахуванням впливу відцентрових сил.

Сила, що діє на вали передачі визначається за формулою 14 [5].

3.9 Основні габаритні розміри шківів

У якості оціночного критерію варіантного розрахунку пасової передачі визначаються зовнішні діаметри більшого і меншого шківів та їх ширину. Розрахунки проводяться по даних додатку А [5].

3.10 Відносна вартість комплекту пасів

Відносну вартість комплекту пасів, що складається з вартості таких елементів передачі як паси, шківви, натяжний пристрій, огороження та інші частини передачі визначається по формулі 17 [5] по даних таблиці Б1 [5].

3.11 Вибір раціонального рішення варіантного розрахунку

При виборі раціонального рішення потрібно враховувати число пасів в комплекті, габарити передачі (міжосьова відстань, зовнішні розміри шківів), відсоток завантаження передачі, зусилля, які діють в передачі (початкового натягу та тиску на вали) та відносну вартість. З досвіду проектування

найчастіше раціональними передачами вважають передачі з двома або трьома пасами, саме вони мають невеликі габарити, вартість, хоча силові показники для цих передач дещо вищі ніж передачі з одним пасом. Передачі з чотирма і більше пасами часто маючи невеликі габарити по діаметрах мають більші габарити по ширині та значно більшу нерівномірність навантаження пасів комплекту.

3.12 Регулювання міжосьової відстані

Регулювання міжосьової відстані передбачається насамперед для створення потрібного натягу паса, а також компенсації відхилень від номіналу по довжині паса, його подовження (витяжки) під час експлуатації та зручності монтажу пасів під час їх заміни.

Діапазон регулювання натяжного пристрою знаходиться як різниця між максимальною і мінімальною міжосьовою відстанню, значення яких вичислюється у встановлених нормативами розмірах.

Найменше значення міжосьової відстані повинне відповідати довжині паса зменшеній на 2% (при довжині меншій за 2 м) або на 1% при довжині більшій за 2 м. Найбільше значення міжосьової відстані встановлюється з розрахунку довжини паса збільшеної на 5,5%.

3.13 Конструктивне оформлення елементів передачі

За рекомендаціями [3 с. 260-264] вибрати матеріал шківів та спосіб їх виготовлення, розробити ескізи шківів з зазначенням основних їх розмірів. Діаметр отвору шківа під вал і довжину його маточини визначити по формулах 19 і 20 [5], одержані розміри привести у відповідність до нормального ряду чисел.

Прийняти у відповідності до рекомендацій рисунків 20.1 і 20.2 [3] спосіб кріплення шківів на валах і зобразити на ескізах.

Ураховуючи кут нахилу передачі до горизонту та рекомендації [3 с. 264-272], вибрати спосіб натягу пасів, дати його короткий опис і привести схематичне зображення натяжного пристрою.

3.14 Висновки по розрахунку

По результатах розрахунку формулюються висновки, в яких коротко і ясно констатується хід розрахунку, наводиться позначення пасів, які вибрано для передачі і позитивні якості передачі, яку спроектували.

3.15 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті, провести і оформити розрахунок приводної відкритої клинопасової передачі згідно з індивідуальним завданням одержаним на чинному практичному занятті.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок клинопасової передачі, що пропонується індивідуальним завданням.

Додаток А
(довідковий)

Форма індивідуального завдання на розрахунок

З А В Д А Н Н Я
на виконання розрахунку по темі:
„Розрахунок клинопасової передачі“

Студент Група №
По списку №

Призначення передачі: Клинопасова передача загального призначення
Потужність на ведучому шківі, кВт $P_1 =$
Частота обертання ведучого шківів, об/хв. $n_1 =$
Передаточне відношення передачі $i =$
Кут нахилу передачі до горизонту $\Theta =$
Режим роботи (вид двигуна)
Короткочасні перевантаження, %
Число змін роботи $K_{зм} =$

Розрахункова схема передачі

Порядок виконання:

- 1) Вибрати типорозмір клинового паса;
- 2) Вичислити діаметри шківів, міжосьову відстань, довжину паса;
- 3) Визначити число пасів в передачі;
- 4) Вичислити зусилля в передачі і ціну комплекту пасів;
- 5) Вибрати раціональний варіант передачі;
- 6) Навести конструктивне оформлення передачі та натяжного пристрою.

Завдання отримав...../...../
Викладач...../...../

Тема: Компонування редуктора. Орієнтовний розрахунок валів

Мета заняття: Закріплення знань та одержання навичок в проведенні орієнтовного розрахунку валів, як першої попередньої стадії визначення діаметра валу. Проведення аналізу компоувальних схем сполучень вал-зубчасте колесо, підшипникових вузлів. Ознайомлення з основними принципами конструювання та визначення розмірів елементів корпусних деталей редукторів загального призначення. Оволодіння практичною методикою послідовного виконання етапів ескізного компоування редукторів різних типів, що мають різноманітні кінематичні та конструктивні особливості.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до даного практичного заняття проробити матеріали лекції 16 „Вали та осі“ [1], засвоїти основні положення навчальної літератури, що рекомендована [2-4]. В процесі ознайомлення з матеріалами лекцій звернути увагу на основну відмінність в термінології „вал“ або „вісь“ і спільні риси в призначенні і конструкції, які поєднують ці деталі, що обслуговують передачі

Класифікувати вали та осі за основними ознаками: за формою геометричної осі, за формою перетину, за загальним виглядом, за кількістю і розташуванням опор, за місцем валів у приводі, тощо.

Звернути увагу на термінологію назв елементів валів найбільш поширеної ступінчастої форми (цапфи, шийки, шипи, п'яти і т.п.).

З'ясувати критерії роботоздатності валів та осей, види їх руйнувань, основні вимоги, що пред'являються до валів та осей, вимоги матеріалів для їх виготовлення, порядок вибору матеріалів та їх обробки.

Розглянути види та методи перевірочних та проектних розрахунків валів та осей, їх етапи і доцільність використання у тих чи інших випадках.

Ознайомитись з методикою найбільш поширеного простого розрахунку валів на міцність - орієнтовного розрахунку. Визначити умовні допущення, які лежать в основі цього розрахунку, переглянути та проаналізувати формули, за якими проводяться розрахунки.

Встановити призначення, роль і місце ескізного компоунання у процесі проектування – підготовки до другого етапу, більш точного, розрахунку валів на міцність - наближеного розрахунку валу.

Ознайомитись з принципами і послідовністю ескізного компоунання редукторів різних типів, видів з різними конструктивними особливостями.

1.2 Питання для самопідготовки

1.2.1 Під дією яких деформацій перебувають вал або ж вісь при роботі. В чому основна відмінність осі від вала?

1.2.2 Наведіть класифікацію валів по призначенню. Які види валів вивчають в курсі „Деталі машин“?

1.2.3 Наведіть класифікацію валів по формі. Чому частіше застосовують ступінчасту форму валів?

1.2.4 Поясніть основні терміни, якими характеризують елементи валів (цапфа, шийка, шип, п'ята, тощо).

1.2.5 Наведіть класифікацію валів по кількості і розташуванню опор. Чому частіше застосовують двохопорні вали з рознесеними опорами?

1.2.6 З якою метою використовують порожнинні вали?

1.2.7 Наведіть основні критерії працездатності валів і осей та поясніть за якими параметрами їх оцінюють?

1.2.8 Сформулюйте основні вимоги до матеріалів валів. Які матеріали і види обробки найчастіше використовуються при виготовлення валів механічних приводів?

1.2.9 По яких основних критеріях проводять розрахунки валів?

1.2.10 Сформулюйте мету проектного розрахунку валу на міцність. Який діаметр валу при цьому звичайно визначають і чому?

1.2.11 Сформулюйте мету перевірного розрахунку валу на міцність? Які параметри є результатом цього розрахунку?

1.2.12 З якою метою при проектних розрахунках валу виконують його ескізне компоунання?

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: .: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.

3. Киркач Н.Ф, Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин часть 2 - X.: „Высшая школа“, 1988. – 142 с.
4. Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання, ознайомлення з основними вимогами до об'єму, змісту, оформленню завдання, графіком його виконання;
- узгодження форм і строків консультацій, порядку звітності студентів по результатах самостійної роботи;
- видача методичної літератури, ознайомлення з її особливостями, порядком користування довідковими даними;
- узгодження основних етапів методики розрахунку і побудови ескізного компонування, попередження про типові помилки, які за звичай часто допускають студенти;
- виконання студентами прикладу ескізного компонування згідно з темою даного практичного заняття;
- аналіз проміжних етапів побудови ескізного компонування, які потребують прийняття конкретних конструктивних рішень;
- контроль викладача за ходом проведення заняття з аналізом виникаючих у його процесі помилок, допущених студентами;
- аналіз кінцевих результатів проведеного розрахунку і побудови ескізного компонування, формулювання висновків і рекомендацій;
- підведення підсумків практичного заняття, видача завдання на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники – плакати з довідковими таблицями по визначенню розмірів елементів корпусу і кришки редуктора;
- учбова та довідкова література, методичні посібники.

2.3 Охорона праці

Дане практичне заняття під час його проведення не передбачає застосування учбових, допоміжних та інших засобів, які могли б потенціально

становити реальну загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних на розрахунок:

а) сформулювати задачу розрахунку з зазначенням основних його етапів;

Примітка: У зв'язку з тим, що орієнтовний розрахунок валів редуктора і виконання ескізного компонування є першим етапом розрахунку валів, задача розрахунку формулюється як на дане практичне заняття, так і на послідує. Вона повинна відображати всі етапи проведення розрахунку у відповідності з рекомендаціями наведеними в [5].

б) навести вихідні дані розрахунку:

- обертаючі моменти на валах редуктора;
- основні розміри елементів передач, які потрібно встановити на валах;
- складові зусилля в зачепленнях (колові, радіальні, осьові);

Примітка: Як правило у якості завдання на практичне заняття використовується схема двохступінчастого редуктора: зубчастого (циліндричного, конічно-циліндричного) або ж комбінованого (циліндрично-черв'ячного, черв'ячно-циліндричного), тому, в залежності від схеми потрібно навести:

- для двохступінчастого циліндричного редуктора – ділильні діаметри та ширину шестерень і коліс обох ступіней;

- для конічно-циліндричного редуктора – зовнішні ділильні діаметри коліс і довжину зуба швидкохідної ступіні, ділильні діаметри та ширину шестерні і колеса тихохідної ступіні;

- для циліндрично-черв'ячного або черв'ячно-циліндричного – ділильні діаметри черв'ячної пари, довжину черв'яка і ширину черв'ячного колеса, ділильні діаметри та ширину шестерні і колеса циліндричної пари;

3.2 Вибір матеріалу валів

Матеріали валів вибирають враховуючи рекомендації [2, 4, 5], для валів редукторів звичайно вибирають середньовуглецеві сталі 45, 50, 40Х з термообробкою нормалізація або поліпшування.

3.3 Орієнтовний розрахунок валів

Згідно з методикою розрахунку орієнтовний розрахунок виконується умовно тільки на деформацію кручення, а вплив на міцність вала деформацій згину концентраторів напружень та характеру навантажень компенсуються значно заниженими значеннями допустимих напружень.

Діаметр вала визначається по формулі (1) [5] і повинен бути округленим до числа кратного п'яти.

3.4 Вибір підшипників для валів

На етапі попереднього ескізного компоновання у якості опор валів рекомендують використовувати кулькові однорядні радіальні підшипники легкої або ж середньої серії. Основні розміри підшипників діаметри внутрішнього і зовнішнього кілець і ширину визначаються за каталогом підшипників, за довідниками або за таблицею 2 [5].

3.5 Розміри елементів корпусу редуктора

Визначення основних розмірів корпусних деталей проводиться на прикладі литого чавунного роз'ємного корпусу. За [5] рекомендується розрахувати:

- товщину стінок корпусу і кришки редуктора;
- товщину фланців – верхнього і нижнього корпусу та нижнього кришки;
- ширину фланців – верхнього корпусу та нижнього кришки;
- ширину нижнього фланця (лап) корпусу;
- товщину підйомної петлі;
- товщину ребер корпусу і кришки;
- діаметри болтів (гвинтів):
 - а) фундаментних;
 - б) стяжних – біля підшипників і на периферії фланця;
 - в) кришки оглядового люка;
 - г) відривного (для полегшення роз'єднання корпусу і кришки);
- діаметр штифтів;
- відстані від осей болтів до стінки корпусу і кришки;
- діаметри та глибину цековки під головки болтів і гайок.
- кількість фундаментних болтів.

3.6 Ескізне компоновання редуктора

Мета ескізного компоновання – визначення розмірів валів по довжині, зокрема відстаней між серединами опор і серединами елементів передач, які

базуються на даному валу. Ці розміри у подальшому будуть використовуватись при наближеному розрахунку валу (розрахунку на спільну дію кручення і згину).

Ескізна компоновка редуктора звичайно виконується на міліметровому папері бажано в масштабі 1:1 олівцем в контурних лініях і повинна містити ескізне зображення редуктора і основний надпис. При комп'ютерному виконанні компоновку проводять на офісному папері формату А4 у будь-якому стандартному масштабі).

Розглянемо порядок компоновання циліндричного двохступінчастого редуктора, воно проводиться у такій послідовності [5]:

- 1) Вибрати масштаб і намітити розташування компоновки;
 - 2) Провести осьові лінії валів на відстані $a_{вш}$ і $a_{вт}$ одна від одної;
 - 3) Побудувати швидкохідну ступінь у відповідності з розмірами, які було отримано при розрахунку зубчастих передач: $d_{a1ш}$, $d_{a2ш}$, $b_{1ш}$, $b_{2ш}$, $d_{1ш}$, $d_{2ш}$.
 - 4) Побудувати тихохідну ступінь дотримавши зазор $0,8\delta$ між швидкохідним колесом і тихохідною шестерню за розмірами: $d_{a1т}$, $d_{a2т}$, $b_{1т}$, $b_{2т}$, $d_{1т}$, $d_{2т}$.
 - 5) На відстані $1,2\delta$ від торця шестерень і кіл виступів зубчастих коліс провести контур внутрішньої поверхні корпусу редуктора.
 - 6) Розташувати підшипники так, щоб торцем вони знаходилися на внутрішній поверхні корпусу, а їх вісь співпадала з віссю валів. Розміри підшипників d_i , D_i , B_i були прийняті при орієнтовному розрахунку валів.
 - 7) Викреслити вали діаметрами d_i , які були прийняті при орієнтовному розрахунку валів. Довжина ділянок валів: $f_{\phi} = k_3 + \delta - B_1 + 2d_1$; $f_{\phi} = k_2 + \delta - B_3 + 2d_3$.
 - 8) Визначити графічно a , b , c – відстані між точками прикладення сил.
- Один з варіантів ескізної компоновки розробленої в комп'ютерному виконанні показаний на рисунку 1 [5].

Ескізні компоновки редукторів інших типів проводять аналогічно

3.7 Висновки по розрахунку

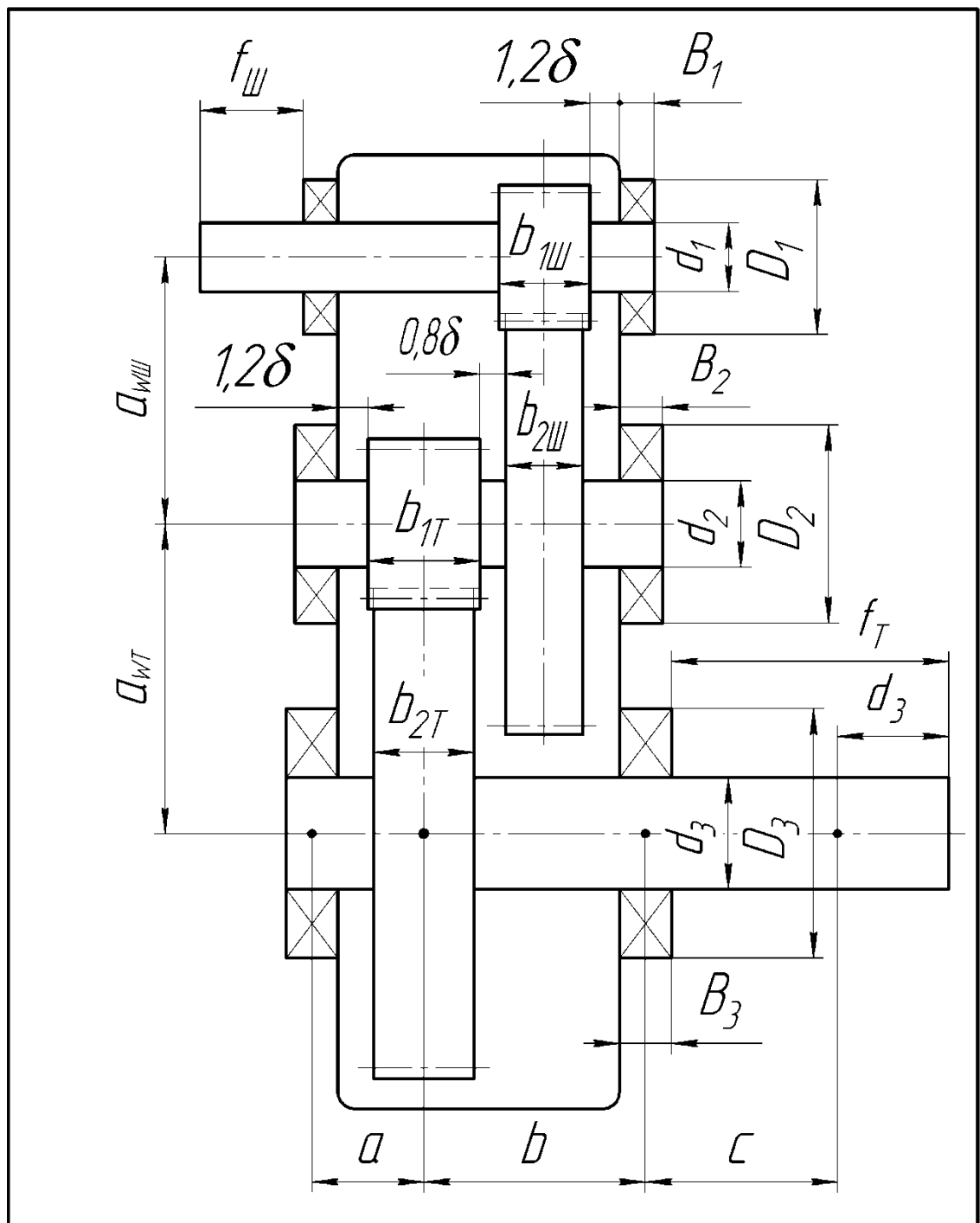
По результатах розрахунку формулюються висновки, в яких коротко і ясно констатується хід розрахунку, наводиться результати ескізного компоновання, які будуть використані у подальшому проектуванні.

3.8 Самостійна робота студентів

Під час самостійної підготовки студенти повинні закріпити знання, одержані на практичному занятті, провести і оформити розрахунок валів та виконати ескізне компонування редуктора згідно з п.1-5 індивідуального завдання одержаного на даному практичному занятті.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє виконаний і належним чином оформлений розрахунок валів і ескізне компонування редуктора у відповідності до схеми і розмірів, що пропонується індивідуальним завданням.



					<i>01ДМК.112.000000</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Компоновка циліндричного двохступінчастого редуктора</i>	<i>Літ.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Петренко</i>				<i>i</i>		<i>1:4</i>
<i>Перев.</i>		<i>Ковязін</i>				<i>Аркцш</i>	<i>Аркцшів</i>	<i>1</i>
<i>Т.контр.</i>						<i>ТДАТУ, ДМ, 305М</i>		
<i>Н.контр.</i>								
<i>Затв.</i>								

Рисунок 1 – Приклад виконання ескізної компоновки редуктора

Додаток А
(довідковий)

Форма індивідуального завдання на практичне заняття

ЗАВДАННЯ
на виконання розрахунку по темі:
„Розрахунок валів редуктора“

Студент Група №
По списку №

Призначення редуктора: Редуктор загального призначення
Обертаючі моменти на валах редуктора, Н·м:

- ведучому $T_{III} =$
- проміжному $T_{II} =$
- веденому $T_I =$

Розміри елементів передач:

- ділильні діаметри і ширина $d_{1III} =$ $b_{1III} =$
 $d_{2III} =$ $b_{2III} =$
 $d_{1T} =$ $b_{1T} =$
 $d_{2T} =$ $b_{2T} =$

Зусилля в зачепленнях:

- колові $F_{tIII} =$ $F_{tT} =$
- радіальні $F_{rIII} =$ $F_{rT} =$
- осьові $F_{aIII} =$ $F_{aT} =$

Кінематична схема редуктора

Порядок виконання:

- 1) Вибрати матеріал валів;
- 2) Визначити попередні значення діаметрів валів редуктора;
- 3) Вибрати попередньо підшипники для валів;
- 4) Визначити основні розміри корпусу і кришки редуктора;
- 5) Виконати ескізне компонування редуктора;
- 6) Провести наближений розрахунок валу;
- 7) Визначити коефіцієнт запасу витривалості в небезпечних перерізах валу.

Завдання отримав...../...../

Викладач...../...../

Тема: Кінематичний та силовий розрахунок механічного приводу

Мета заняття: Закріплення, шляхом вирішення конкретних практичних задач, знань і навичок по читанню, складанню кінематичних схем механічних передач. Оволодіння методикою визначення втрат в елементах передач (підшипниках, зубчастих і черв'ячних парах, пасових і ланцюгових ступенях, муфтах та ін.), а також у кінематичних ланцюжках приводів в цілому. Знайомство з основними типами і характеристиками електродвигунів загального призначення, методикою вибору їх по каталогу. Відпрацювання умінь, з урахуванням можливостей і особливостей кожного типу передач, які входять в привод, вибирати, розраховувати і призначати відповідно до нормативних вимог передаточні відношення (передаточні числа) цих передач, визначати кутові швидкості (частоту обертання), потужності і обертаючі моменти на всіх валах та інших елементах кінематичної схеми привода.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до практичного заняття проробити матеріали лекції „Механічні передачі“ переглянути та засвоїти основні положення рекомендованої навчальної літератури.

Вивчити та вміти вільно оперувати такими поняттями як передаточне відношення передачі, передаточне число передачі, загальне передаточне відношення механічного привода.

Знати фізичну суть і вміти визначати такі параметри на валах привода як потужність, частота обертання (кутова швидкість), обертаючий момент, використовувати відповідні формули для їх розрахунку.

Повторити формулювання коефіцієнта корисної дії механічної передачі (ККД), як показника втрат потужності при роботі даної передачі, вміти знаходити значення загального ККД привода.

Користуючись літературними посібниками і методичними вказівками кафедри ознайомитись з методикою вибору електродвигуна привода, основними параметрами двигунів загального призначення, зокрема трьохфазних асинхронних електродвигунів серії 4А з короткозамкненим ротором, їх типорозмірами, принципами маркування.

Крім того вміти складати кінематичні схеми різноманітних видів механічних приводів, користуючись зображеннями умовних позначень елементів кінематичних схем згідно з ГОСТ 2.770-68.

Ознайомитись з вимогами до текстових документів технічної документації на прикладі оформлення розділів пояснювальної записки технічного проекту.

1.2 Питання для самопідготовки

1.2.1 Поняття машини-двигуна, машини-знаряддя, узгодження їх швидкісних та силових параметрів;

1.2.2 Механічний привод, його призначення область застосування;

1.2.3 Основні кінематичні та силові параметри, що характеризують привод, співвідношення між ними, формули визначення;

1.2.4 Поняття механічної передачі, її основні та додаткові функції;

1.2.5 Загальні характеристики механічних передач: передаточне відношення, коефіцієнт корисної дії;

1.2.6 Класифікація основних видів механічних передач, доцільність використання тієї чи іншої передачі у різних ступенях привода;

1.2.7 Загальне передаточне відношення механічного привода, критерії раціонального розподілу його між різними ступенями привода;

1.2.8 Типи двигунів, що застосовуються для механічних приводів, зокрема електричні трьохфазні асинхронні, їх характеристики, критерії та порядок вибору;

1.2.9 Основні критерії визначення доцільності остаточного вибору показників елементів механічного привода

1.3 Рекомендована література

1. Деталі машин і основи конструювання. Конспект лекцій. ТДАТА, 2002.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: .: „Высшая школа“, 1991. – 383 с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин - М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
4. Проектирование механических передач. / Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

6. ГОСТ 2.770-68 Обозначения условные элементов кинематических схем.
- М.: Издательство стандартов, 1997.

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- видача індивідуального завдання, ознайомлення з основними вимогами до об'єму, змісту, оформленню завдання, графіком його виконання;
- узгодження форм і термінів консультацій, порядку звітності студентів по ходу виконання завдання;
- видача методичної літератури по темі, ознайомлення з її характерними особливостями, порядком користування довідковими даними;
- ознайомлення з правилами оформлення текстових документів, зокрема пояснювальних записок технічних проектів;
- пояснення основних принципів варіантного розрахунку і критерії визначення раціональних варіантів;
- самостійне виконання студентами прикладу розрахунку по темі заняття відповідно до вихідних даних варіанту індивідуального завдання;
- поетапний спільний (викладач-студент) аналіз проміжних ключових моментів розрахунку, що потребують прийняття конкретних рішень;
- постійний контроль викладача за якістю проведення розрахунку з загостренням уваги на найбільш ймовірних помилках і недоробках, що часто допускають студенти, при подібних розрахунках;
- прийняття остаточного рішення по результатах проведеного розрахунку, формулювання кінцевих висновків;
- підведення підсумків проведеного практичного заняття, видача завдань на самостійну роботу студентів.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники (плакати з умовними позначеннями елементів схем зразки кінематичних схем приводів);
- література та методичні вказівки [1, 3, 5, 7].

2.3 Охорона праці

При проведенні даного практичного заняття не застосовуються учбові, допоміжні та інші засоби, які могли би потенціально становити загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, тому інструктаж на робочому місці перед початком заняття не проводиться.

Всі присутні на занятті повинні керуватися загальними правилами безпеки при проведенні аудиторних занять, прийнятими в університеті. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Оформлення вихідних даних:

- визначити і записати задачу розрахунку з зазначенням основних його етапів;
- записати вихідні дані розрахунку:

а) для приводу транспортера: діаметр барабана для стрічкового або зірочки для ланцюгового, швидкість робочого органу – стрічки або ланцюга і зусилля на робочому органі;

б) для приводів інших типів: потужність на валу машини-знаряддя і частота обертання (кутова швидкість) цього вала;

- скласти та зобразити кінематичну схему привода з нумерацією валів і, якщо потрібно, нумерацією всіх кінематичних елементів передач (зубчастих коліс, черв'ячних пар, шківів, зірочок, тощо).

Примітка: При складанні схеми слід враховувати досвід конструювання приводів, наведений в учбовій літературі, розглядати і аналізувати приводи для машин-аналогів. Наприклад для приводів транспортерів найчастіше застосовують приводи, які складаються з передачі гнучким зв'язком (пасової або ланцюгової) і редуктора, причому пасова передача, яка краще працює при високих швидкостях застосовується для передачі руху від двигуна до редуктора, а ланцюгова частіше від редуктора до робочого органу. Редуктори можуть мати одну, дві або ж три ступіні, одноступінчасті – зубчасті (циліндричні та конічні) або черв'ячні. Найбільш поширені двохступінчасті циліндричні та конічно-циліндричні редуктори, рідше черв'ячно-циліндричні та циліндрично-черв'ячні.

Досить рідко у приводах застосовують трьохступінчасті редуктори (циліндричні та конічно-циліндричні), практично не використовують двохступінчасті черв'ячні та трьохступінчасті з черв'ячною парою. Цілком прийнятна схема для учбового процесу привод з двома передачами гнучким зв'язком (пасовою та ланцюговою) і одноступінчастим редуктором. Слід відмітити, що редуктори можуть мати конструктивні особливості – роздвоєні ступені, співвісні, тощо.

3.2 Визначення потужності, яка потрібна для приводу:

- визначити потужність на веденому валу привода;
- визначити частоту обертання веденого вала привода;
- з урахуванням всіх можливих втрат потужності при передачі її від ведучого до веденого вала привода визначити загальний ККД привода (довідкові дані по ККД типових елементів привода наведені в [3, 4, 5]);
- визначити потужність потрібну для приводу в дію робочого органу (або машини-знаряддя) та подолання сумарних втрат енергії при її передачі;

3.3 Вибір електродвигуна:

- вибір типу електродвигуна проводиться з урахуванням конкретних умов роботи привода (змінення швидкісного режиму в процесі роботи, вид графіка завантаження, температура, вологість, запиленість, тощо); рекомендується перед вибором типу ознайомитись з параграфом 2.2 [4]. Для приводів загального призначення рекомендовано вибирати трьохфазні асинхронні двигуни серії 4А (ГОСТ 19523-81) закритого виду з обдувом (довідкові дані по потужностях та частотах обертань наведені у [3, 4, 5], ескізи двигунів з їх основними розмірами виконання ІМ1081 (з лапами) у [5], виконання ІМ2081 (з лапами та фланцем) та виконання ІМ3081 (з фланцем) у [3]);
- по значенню потужності, яка потрібна на привод вибирається електродвигун і перевіряється його завантаження, при цьому бажано, щоб двигун був завантажений повністю або мав деяке перевантаження (на 10...12%); експлуатація двигуна з низьким навантаженням недоцільна, до того ж при цьому збільшується матеріалоємність та вартість привода;
- якщо в індивідуальному завданні відсутнє значення синхронної частоти обертання двигуна, то доцільне проведення варіантного розрахунку, при якому порівнюються електродвигуни з однаковою потужністю, але з різною синхронною частотою обертання (750, 1000, 1500 і 3000 об/хв.) такий розрахунок зручно проводити у формі таблиці (таблиця 1 [5]) у яку заносять основні показники двигунів, як то позначення марки, номінальну частоту обертання, масу, габаритні розміри, відносну вартість.

3.4 Загальне передаточне відношення і його розподіл по ступінях:

- при проведенні варіантного розрахунку загальне передаточне відношення привода знаходять для кожного з варіантів як частку від ділення частот обертання ведучого і веденого валів привода;
- перед розподілом загального передаточного відношення по ступінях привода потрібно провести аналіз його кінематичного ланцюжка, звернувши

увагу на число його ступіней, наявність передач гнучким зв'язком та тип та конструктивні особливості редуктора.

- при розподілі загального передаточного відношення привода по ступенях потрібно додержуватись основного принципу – співрозмірності його елементів.

Примітка: Для зменшення розмірів найбільш габаритних передач гнучким зв'язком рекомендовано обмежити для них значення передаточного відношення, а передаточні числа швидкохідних ступіней редукторів повинні прийматися більшими за передаточні числа тихохідних ступіней. Слід враховувати, що передаточні числа зубчастих та черв'ячних передач повинні відповідати стандартам.

- розподіл передаточного відношення по ступінях найбільш доцільно проводити у такій послідовності:

а) прийняти попереднє значення передаточного відношення передачі (або передач) гнучким зв'язком у межах, що не перевищують середніх значень, які рекомендовані для них;

б) визначити попереднє передаточне число редуктора або, якщо він багатоступінчастий – передаточні числа його ступіней та прийняти стандартні значення цих передаточних чисел;

в) визначити кінцеве значення передаточного числа редуктора та фактичне передаточне відношення передачі (або передач) гнучким зв'язком.

3.5 Вибір раціонального варіанту привода

При прийнятті рішення по вибору раціонального варіанту привода з чотирьох розглянутих варіантів слід враховувати такі міркування:

- при однаковій номінальній потужності трьохфазні асинхронні електродвигуни з різною синхронною частотою обертання мають різні габарити, масу та вартість. Причому для двигунів з низькою частотою обертання ці показники максимальні. Високообертові двигуни дешевші, легші і менші, але ж ресурс їх підшипникових вузлів менший;

- при проектуванні зубчастих та черв'ячних передач не рекомендують приймати їх передаточні числа близькими до граничних, тому що збільшення передаточного числа веде до збільшення габаритів передачі і, як правило, погіршення умов змащування, а для черв'ячних передач ще й до зниження ККД. Крім того потрібно враховувати, що для більшості типових компоновань редукторів, на основі досвіду їх проектування, встановлені рекомендовані та граничні діапазони передаточних чисел, прийняття передаточних чисел поза рамками такого діапазону може привести до досить нераціональної конструкції привода;

- при проектуванні пасових передач у якості швидкохідної ступені приводу слід враховувати, що при високих частотах обертання габарити передачі зменшуються, але зростання відцентрових зусиль і числа пробігів паса знижують тягову спроможність та довговічність передачі;

- робота ланцюгової передачі при підвищених частотах обертання супроводжується ударами, шумом, а крім того підвищеним зносом шарнірів ланцюга, що веде до зменшення його строку служби.

Таким чином, з урахуванням цих міркувань, при виборі варіанту приводу потрібно вирішити компромісну задачу і прийняти раціональний варіант, який забезпечить конструювання приводу з малими габаритами, масою, вартістю та доцільним розподілом передаточних чисел по ступінях.

Після прийняття кінцевого рішення зобразити ескіз електродвигуна з позначенням його габаритних та приєднувальних розмірів.

3.6 Визначення основних параметрів на валах приводу:

- визначити частоту обертання всіх валів приводу, починаючи з вала електродвигуна. Перевірити співпадання значень частоти обертання веденого вала, визначеної на початку розрахунку з результатами даних обчислень. Крім частоти обертання потрібно вичислити кутові швидкості валів приводу;

- визначити значення потужності на кожному валу приводу, починаючи з веденого вала з урахуванням ККД; значення потужності на ведучому валу приводу (валу електродвигуна) повинне співпадати зі значенням потужності потрібної на привод (дивися п. 3.2);

- визначити обертаючі моменти на валах приводу, використовуючи значення потужностей на валах та частот обертання (кутових швидкостей) валів.

3.7 Оформлення довідкової сторінки

Для підведення підсумків і наочного представлення результатів розрахунку оформити на окремій сторінці кінематичну схему приводу з позначенням валів та елементів. На схемі відобразити передаточні відношення передач гнучким зв'язком та передаточні числа черв'ячних та зубчастих передач. Значення параметрів: частоти обертання (кутової швидкості) валів, потужності та обертаючого моменту на валах оформити у вигляді таблиці.

3.8 Висновки по розрахунку

При формулюванні загальних висновків по даному розрахунку потрібно коротко і чітко констатувати виконання всіх етапів розрахунку з зазначенням основних його результатів (значення загального ККД, який двигун вибрано – його марка, передаточні відношення по ступінях – їх значення, тощо).

3.9 Самостійна робота студентів

У якості самостійної роботи студентів пропонується виконання розрахунку по темі заняття (форма індивідуального завдання прикладається). При проведенні розрахунку потрібно чітко і якісно, з додержанням всіх вимог, що пред'являються до технічної документації оформити даний розрахунок.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє як виконану самостійну роботу кінематичний та силовий розрахунок приводу, на основі вихідних даних індивідуального завдання.

Додаток А
(довідковий)

Форма індивідуального завдання на розрахунок

З А В Д А Н Н Я
на проведення розрахунку по темі:
„Кінематичний та силовий розрахунок привода“

Студент

Група №

По списку №

Призначення привода: Привод стрічкового транспортера

Діаметр барабана

$D_6 = \dots\dots\dots$ мм

Швидкість стрічки

$V = \dots\dots\dots$ м/с

Зусилля на стрічці

$F = \dots\dots\dots$ Н

РЕДУКТОР: КОНІЧНО - ЦИЛІНДРИЧНИЙ

ПЕРЕДАЧА ГНУЧКИМ ЗВ'ЯЗКОМ: від редуктора до транспортера - ланцюгова

Схема привода

Порядок виконання:

- 1) Вибрати електродвигун (за допомогою варіантного розрахунку);
- 2) Вичислити загальне передаточне відношення і розподілити його по ступінях;
- 3) Знайти значення частоти обертання, кутової швидкості кожного валу привода;
- 4) Вичислити потужність та обертаючий момент на валах привода;

Завдання отримав...../...../

Викладач...../...../

Тема: Розробка складального креслення приводу

Мета заняття: Вивчення методики розробки складального креслення загального виду механічного приводу

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО ЗАНЯТТЯ

1.1 Завдання для самостійної підготовки

Під час підготовки до заняття проглянути виконані розділи курсового проекту, зокрема ескіз прийнятого електродвигуна, результати геометричних розрахунків передач гнучким зв'язком (пасової, ланцюгової), розміри муфти. Переглянути та засвоїти відповідні положення рекомендованої навчальної літератури, звернувши увагу на ілюстрації, що демонструють різні види компонування механічних приводів, натяжних пристроїв передач гнучким зв'язком. Крім того повторити і засвоїти основні положення ГОСТ 2.108-68 по формі та змісту специфікації та ГОСТ 2.109-73 у частині, що стосується змісту та вимог до виконання складальних креслень різних видів виробів.

1.2 Питання для самопідготовки

- 1.2.1 Призначення складального креслення виробу та його місце у системі конструкторської документації технічного проекту;
- 1.2.2 Мінімальне число основних видів, додаткових видів та перетинів, які потрібні для повного сприйняття конструкції приводу;
- 1.2.3 Необхідна кількість обов'язкових розмірів (габаритних, приєднувальних, установочних) та інших довідкових розмірів;
- 1.2.4 Види та зміст текстової частини креслення (технічна характеристика виробу та технічні вимоги);
- 1.2.5 Умовності, які дозволяється використовувати на складальних кресленнях, спрощення в зображеннях елементів виробу;
- 1.2.6 Специфікація, її форма, місце розташування та порядок заповнення, постановка позначень складових частин на кресленні;
- 1.2.7 Система позначень складових частин приводу, прийнята в академії, згідно з [7].

1.3 Рекомендована література

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, В 3-х т. Т.1, – М.: Машиностроение, 1982, - 736 с
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. – М.: Машиностроение. 1980. - 559 с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин – М.: „Высшая школа“, 1985. – 416 с.
4. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. Ч.1 – Харьков: Вища школа 1987 - 136 с.

5. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. Ч.2 – Харьков: Вища школа 1988 - 142 с.
6. ГОСТ 2.109-73 Основные требования к чертежам,

2 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

2.1 Програма практичного заняття

- розглянути наочний посібник складального креслення привода з аналізом доцільності прийнятих конструктивних рішень;
- вислухати рекомендації наведені викладачем щодо особливостей побудови та оформлення складального креслення загального виду привода;
- розглянути вимоги та порядок формування текстової частини креслення (технічної характеристики і технічних вимог);
- уяснити принципи формування специфікації і порядок присвоєння кожному виробу умовного позначення;
- розглянути типові помилки, що найбільш часто зустрічаються при курсовому проектуванні;
- зробити самостійний аналіз недоліків наочного посібника, що представляє складальне креслення привода.

2.2 Оснащення аудиторії

- наочні посібники (зразки реальних креслень);
- довідники, посібники та методичні вказівки [1...5, 7].

2.3 Охорона праці

У зв'язку з тим, що при проведенні даного заняття не застосовуються учбові засоби, які могли би становити загрозу здоров'ю та життю учасників заняття, то інструктаж на робочому місці не проводиться. Всі учасники заняття повинні керуватися загальними правилами безпеки, прийнятими у академії. У разі виникнення небезпечної ситуації (пожежа, землетрус, тощо) слід оперативно покинути аудиторію і сповістити відповідні служби порятунку.

3 ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТТЯ

3.1 Аналіз рекомендацій по конструюванню привода

3.1.1 Розглянути приклад компонування [3 с. 366] привода транспортера з вертикальним двохступінчастим циліндричним редуктором та ланцюговою передачею, а також компонування приводів, представлені на плакатах наочних посібників. Звернути увагу на розташування основних видів креслення з точки зору їх інформативності, необхідну кількість додаткових видів та перерізів;

3.1.2 Зробити аналіз конструкції рами приводу її конфігурації, матеріалоемності, технологічності виготовлення та монтажу;

3.1.3 Проаналізувати систему постановки необхідних розмірів та пояснювальних інформаційних написів на полі креслення;

3.1.4 Уявити зміст і розташування технічних вимог до виробу та технічної характеристики приводу.

3.2 Рекомендації по виконанню складального креслення приводу

3.2.1 Загальні положення

Креслення приводу виконується на аркуші формату А1 з необхідною кількістю проєкцій у будь-якому стандартному масштабі з метою максимального заповнення площі аркуша.

При викреслюванні приводу слід врахувати раніше прийняту в пояснювальній записці та на кресленні виду загального редуктора конфігурацію деталей і складових частин, їх розміри, спосіб кріплення шківів (зірочок), спосіб натягнення пасів (ланцюга), кількість клинових пасів, або рядність ланцюга.

3.2.2 Послідовність виконання креслення приводу з клинопасовою передачею:

Креслення, як правило, виконується в двох проєкціях з застосуванням необхідних додаткових видів.

На головному виді викреслити електродвигун з натяжним пристроєм типу ползків [4 с. 128], або з іншою конструкцією пристосування, що забезпечує натяг пасів (для великих значень кута нахилу пасової передачі до горизонту більш придатна конструкція з поворотом двигуна [4 с. 129]).

Викреслити на валу електродвигуна ведучий шків пасової передачі з показом у розрізі способу його кріплення на валу.

З урахуванням міжосьової відстані і кута нахилу лінії центрів пасової передачі викреслити ведений шків також з зображенням способу його кріплення на хвостовику ведучого валу редуктора.

Викреслити контур редуктора з урахуванням його габаритів, установчих та приєднувальних розмірів.

Призначити довжину рами (L), по якій вибрати [5 с. 118] кількість і діаметр фундаментних болтів [5, табл.10.3], призначити розміри швелера для основних елементів рами приводу і по діаметру болтів кріплення, розміри косих шайб [5, табл. 10.4].

Викреслити раму зі встановленими на ній ползками і редуктором, вирівнюючи різниці рівнів рами за допомогою підставок і пластиків [3 с.311...315], [5 с. 116...117]. Для зручності монтажу вузлів приводу на рамі, швелери слід розташувати полицями назовні.

Зобразити один з фундаментних болтів, прийнявши його найпростішу конструкцію [3 с. 317], показати місце розташування решти болтів. Варіанти кріплення рами до фундаменту приведені в [3 с. 5, с. 117].

На виді зверху викреслити, дотримуючи проекційний зв'язок, полозки натяжного пристрою електродвигун, редуктор і пасову передачу з робочим розташуванням пасів на шківках, в місцях посадки шківів на хвостовики відповідних валів передбачити місцевий розріз.

Викреслити муфту, що сполучає ведений вал редуктора з валом робочої машини (останній вал обірвати на виході з веденої напівмуфти); вказати спосіб кріплення напівмуфт на хвостовиках обох валів. На кресленні обов'язково показати захисне огороження муфти.

Поперемінно переходячи від головного виду до виду зверху уточнити конструкцію рами. Поперечини рами доцільно виконати з відповідних швелерів [5, с. 118], іншого сортаменту прокату.

Конструкція рами повинна забезпечити можливість проведення технічного огляду, обслуговування складових частин привода: натяг пасів, регулювання підшипників та зачеплень редуктора, зручність заливання, зливання, і заміру рівня мастила в редукторі.

Сконструювати і викреслити на головному виді захисне огороження для пасової передачі, використавши для цієї мети листову або смугову сталь [1 с. 128, 130] та сталеву сітку [1 с. 155]. Передбачити точки кріплення огороження (в місцях кріплення редуктора і полозків до рами). Не можна кріпити огороження до електродвигуна тому що при регулюванні натягу він переміщується. Відстань від огороження до паса у вертикальній площині – не менш потрібної товщини паса, в горизонтальній площині (біля натяжного шківа) – по даних розділу пояснювальної записки (розрахунок натяжного пристрою клинопасової передачі) з урахуванням можливої витяжки пасів. Зображення огороження не повинне закривати місць кріплення деталей і вузлів. На вигляді зверху захисне огороження показується спрощено або умовно показується.

Примітка. Особливості проектування ланцюгової передачі.

На виді зверху показати в розрізі ведучу і ведену зірочки (посадку їх на вихідний вал редуктора і на вал контрприводу), показати вал контрприводу з його опорними вузлами (підшипникові вузли в розрізі).

Ланцюг показується схематично у вигляді штрих - пунктирної лінії. На зірочках (вид збоку) показати; коло виступів, ділильне коло, максимальне коло диска, коло маточини. На обох видах показати по дві ланки ланцюга. Вал контрприводу обірвати за підшипниковим вузлом.

3.2.3 Розміри

На складальному кресленні загального виду привода потрібно проставити

такі розміри: габаритні - довжина, висота, ширина приводу, приєднувальні і монтажні - розміри опорних поверхонь, міжосьова відстань пасової (ланцюгової) передачі, розмір і координати кріпильних отворів, розміри кріплення шківів (зірочок), і напівмуфт на валах. Всі розміри спряжень повинні позначенням посадок (у літерному вигляді).

3.2.4 Технічні вимоги на монтаж

Технічні вимоги до складального креслення приводу, як правило, включають формулювання, які регламентують взаємне положення складових частин приводу, його регулювання, захисні покриття і зберігання. Наприклад:

- Перекіс валів електродвигуна і редуктора не більш $0^{\circ}30'$;
- Радіальне відхилення осей редуктора і барабана не більш 0,2 мм;
- Непаралельність валів не більш:
 - двигуна і редуктора 0,5 мм на довжині 100 мм;
 - редуктора і барабана 1,0 мм на довжині 100 мм;
- Неплощинність шківів клинопасової передачі не більш 1,0 мм;
- Неплощинність зірочок ланцюгової передачі не більш 0,5 мм;
- Провисання холостої гілки ланцюга не менш 5 мм, не більш 8 мм;
- Натяг клинопасової передачі оцінювати по стрілі прогину верхньої гілки, яка повинна бути не більш 5мм при прикладанні зусилля 50 Н;
- Після складання привод обкатати на холостому ході на протязі 30 хв.

3.2.5 Технічна характеристика

Технічна характеристика приводу оформлюється у верхньому правому куті креслення (можна у формі таблиці) і за рекомендаціями кафедри включає в себе такі положення:

- 1 Потужність на веденому валу приводу, кВт;
- 2 Обертаючий момент на веденому валу, Н·м;
- 3 Частота обертання веденого вала, об/хв.;
- 4 Передаточне число:
 - редуктора
 - передачі гнучким зв'язком
 - загальне
- 5 Коефіцієнт корисної дії.

3.2.6 Специфікація

Специфікація на складальне креслення приводу виконується з дотриманням вимог ГОСТ 2.108-68 і формується у послідовності: документація, складальні одиниці, деталі, стандартні вироби. У розділі „Документація“ записується саме складальне креслення та пояснювальна

записка, як складальні одиниці представляються редуктор, рама, натяжний пристрій, огороження пасової або ланцюгової передачі. До розділу „Деталі“ відносять шків (зірочки) захисне огороження муфти і до стандартних виробів кріпильні деталі (болти, гвинти, шайби, шпильки, тощо) та інші (шпонки, кільця, електродвигун, паси, ланцюг). Стандарти виробів записуються у специфікацію у алфавітному порядку.

3.3 Самостійна робота студентів

У якості завдання на самостійну роботу студентів пропонується оцінка складального креслення привода, представленого наглядним посібником.

При аналізі креслення звернути увагу:

- на масштаб креслення з точки зору повного заповнення поля аркуша та можливості показу невеликих (мілких) елементів привода;
- на кількість основних видів та їх інформативність;
- на кількість додаткових видів, масштаб, розташування, інформативність;
- координати фундаментних болтів, план фундаменту;
- на кількість і склад місцевих розрізів, перетинів, тощо. Бажано показати:
 - а) один фундаментний болт кріплення рами до фундаменту;
 - б) одну точку кріплення:
 - редуктора;
 - електродвигуна;
 - огороження;
 - вала контрпривода;
 - натяжного пристрою;
 - в) посадку і кріплення шківів (зірочок), напівмуфт;
- на конструкцію рами з точки зору її матеріалоемності, технології виготовлення та зручності монтажу на ній всіх складових частин привода. Додатково звернути увагу на зручність обслуговування в процесі експлуатації та демонтажу складових при ремонті;
- на проставлені розміри:
 - а) габаритні;
 - б) приєднувальні;
 - в) установочні;
 - г) монтажні
- на проставлені посадки шківів, зірочок, напівмуфт, тощо;
- на розташування та зміст технічної характеристики та технічних вимог;
- на порядок заповнення специфікації.

4 ЗВІТНІСТЬ

На основі матеріалу, вивченого на практичному занятті студент представляє складальне креслення загального виду привода виконане у відповідності до результатів розрахунків пояснювальної записки курсового проекту.