

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ „ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

МАЛАЩЕНКО В.О., КУНОВСЬКИЙ Г.П.

НАВАНТАЖУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ПРИВОДІВ ВЕЛИКОМАСОВИХ СИСТЕМ

МОНОГРАФІЯ

ЛЬВІВ – 2020
«НОВИЙ СВІТ – 2000»

УДК 621.86.01-027.28

ББК 39.91-02

М 18

*Рекомендовано Вченою радою Національного університету
„Львівська політехніка”. Протокол № 8 від 24 грудня 2015р.*

Рецензенти: **Гуліда Є. М.** – доктор технічних наук, професор, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;
Каплун В.Г. – доктор технічних наук, професор, Хмельницький національний університет;
Харченко Є.В. – доктор технічних наук, професор, Національний університет „Львівська політехніка”

В.О. Малащенко, Г.П. Куновський

Навантажувальна здатність приводів великомасових систем. Монографія.

- Львів: Видав. «Новий Світ - 2000», 2020. - 150 с.

У монографії розглядаються основні геометричні параметри, навантажувальну здатність великогабаритних елементи приводів великомасових систем. Проводиться порівняльний аналіз навантажувальної здатності традиційних приводів цього класу з встановленням їх головних недоліків. Пропонуються нові конструкційні рішення окремих елементів приводів з метою покращення їхніх експлуатаційних характеристик.

Розроблено математичні моделі для проведення аналітичних досліджень кінематико-геометричних і силових параметрів та проведення розрахунків муфт, зубчастих коліс тощо на міцність.

Розроблено методику, алгоритм проведення лабораторних і натурних дослідів з визначення фактичної навантажувальної здатності окремих елементів великогабаритних систем. Наведено рекомендації з покращення їх експлуатаційних показників.

ISBN 978-966-289-5

© Малащенко В.О., Куновський Г.П., 2020

© «Новий Світ – 2000», 2020

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
Розділ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ З ДОСЛІДЖЕНЬ	
ПРИВОДІВ ВЕЛИКОМАСОВИХ СИСТЕМ.....	8
1.1. Попередні зауваження та визначення	8
1.2. Принципові схеми приводів великомасових систем	9
1.3. Аналіз режимів навантаження елементів привода великомасових систем	13
1.4. Геометричні параметри елементів приводів млинів барабанного типу	17
1.4.1. Характеристики пружної втулково-пальцевої муфти приводів	17
1.4.2. Розрахунок на міцність пружної втулково-пальцевої муфти	20
1.4.3. Характеристики зубчастої муфти приводів млинів	22
1.4.4. Розрахунки на міцність традиційних муфт барабанних млинів	29
1.4.5. Аналітичні залежності та кількісний аналіз міцності зубчастої муфти	29
1.5. Напрямки удосконалення обгінних муфт	32
1.5.1. Класифікація обгінних муфт.....	33
1.5.2. Удосконалення роликкових обгінних муфт.....	39
1.5.3. Передумова розробки та удосконалення кулькових обгінних муфт	44
1.6. Короткі відомості про геометрично-кінематичні та силові показники великогабаритних відкритих зубчатих передач	49
Розділ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ, ГЕОМЕТРИЧНИХ І СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИВОДА ВЕЛИКОМАСОВИХ СИСТЕМ	54
2.1. Розробка класифікації кулькових обгінних муфт.....	54
2.2. Великогабаритні кулькові обгінні муфти	57
2.3. Основні геометричні і силові параметрів кулькових обгінних муфт	59
2.3.1. Конструкція базової муфти.....	59

2.3.2. Зовнішні навантаження кульок.....	60
2.3.3. Розподілення питомого навантаження в зоні контакту.....	62
2.4. Динамічні явища в приводах з кульковими обгінними муфтами.....	67
2.4.1. Попередні зауваги	67
2.4.2. Розробка розрахункової схеми та математичних моделей динамічних явищ.....	68
РОЗДІЛ 3. НАВАНТАЖУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ВІДКРИТОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ ВЕЛИКОМАСОВИХ СИСТЕМ.....	74
3.1. Кількісний аналіз міцності приводної передачі	74
3.2. Ковзання у зачепленні великогабаритних зубчастих передач.....	78
3.3. Методика аналітичного визначення глибини спрацювання робочих поверхонь профілів зубців великогабаритної передачі	83
3.4. Можливі способи мащення зачеплення приводної великогабаритної відкритої передачі	91
3.4.1. Традиційний (проектний) спосіб мащення передачі млина Ш-12.....	91
3.4.2. Ефективніші способи мащення приводної зубчастої передачі Млинів типу Ш-12.....	93
РОЗДІЛ 4. АЛГОРИТМ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИВОДА ВЕЛИКОМАСОВИХ СИСТЕМ.....	96
4.1. Спрацювання зубців приводної відкритої передачі	96
4.1.1. Попередні зауваги та чинники великогабаритної приводної пари.....	96
4.1.2. Практичне визначення спрацювання зубців великогабаритної зубчастої передачі вимірюванням їх товщини	99
4.1.3. Комп'ютерна побудова профілів зубців	102
РОЗДІЛ 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬКОВИХ ОБГІННИХ МУФТ.....	112
5.1. Завдання з проведення та алгоритм дослідів.....	112

5.2. Короткий опис дослідної моделі кулькової обгінної муфти осьової дії	113
5.3. Обґрунтування параметрів розробленої дослідної установки	119
5.4. Планування та послідовність проведення дослідів	121
5.5. Визначення компенсаційних можливостей великогабаритної кулькової обгінних муфти осьової дії	124
5.5.1. Радіальне неспівпадіння з'єднувальних валів	124
5.5.2. Методика визначення кутового неспівпадіння з'єднувальних валів ..	126
5.6. Конструктивні параметри деталей виробничого зразка великогабаритної кулькової обгінної муфти	128
5.6.1. Конструктивні особливості.....	128
5.6.2. Основні габарити елементів запропонованої кулькової обгінної та існуючої зубчастої муфт	131
ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА.....	133

ПЕРЕДМОВА

Розмаїття механічних засобів, що створені людством за багато років, традиційно відносять до галузі “Машинобудування”. Основними із задач машинобудування завжди були такі, що спрямовані на підвищення надійності, довговічності, зниження металомісткості машин і спрощення технології їх виготовлення. Зрозуміло, що запроектована нова машина чи механізм будуть відповідати цим вимогам, якщо всі їхні частини є надійними, довговічними, мають низку металомісткість, високу технологічність тощо.

На різних виробництвах розповсюдженими об’єктами машинобудування є механічні приводи з різноманітними зубчастими передачами та муфтами, що виконують з’єднувально-роз’єднувальні функції та впливають на надійність і довговічність машин і механізмів. Тому механічним приводам приділяється постійно велика увага вчених та інженерів різних країн, особлива питанню стосовно покращення конструктивних і експлуатаційних їх характеристик. Особливе місце займають муфти, що застосовуються у великогабаритних приводах млинів, котрі є схильними до перевантажень внаслідок виникнення коливних явищ під час неусталених режимів роботи і, в першу чергу, після вимкнення електродвигуна при зупинках. Практика показує, що під час цих режимів роботи нерідкими є перевантаження валів редуктора та приводної відкритої передачі, що приводить до інтенсивного спрацювання робочих поверхонь, а у окремих випадках до їхнього руйнування. Заміна великогабаритних зубчастих передач і валів шестірень пов’язана з великими витратами робочого часу та матеріалу.

Тому метою роботи є покращення експлуатаційних характеристик механічного привода великогабаритних млинів за рахунок розробки та застосування нових кулькових муфт вільного ходу з обґрунтуванням геометричних, кінематичних і силових їхніх параметрів і поліпшення умов роботи відкритої великогабаритної зубчастої передачі.

Така нагальна проблема у великогабаритних приводах вимагає проведення подальших теоретичних і експериментальних досліджень з метою покращення їхніх експлуатаційних характеристик. У даній роботі проаналізовано результати

досліджень таких пристроїв, узагальнено їх недоліки з метою накреслення задач подальшого наукового розвитку теоретичних і експериментальних досліджень великогабаритних приводів. Проаналізовано причини інтенсивного спрацювання їх елементів, розроблено математичні моделі, що описують кінематично-геометричні, силові взаємозалежності та напружено-деформований стан основних елементів приводів. Однак, автори далекі від думки, що ця робота претендує на повне розв'язування задач, що стоять на практиці. Вона є тільки певним доповненням і розвитком теоретичних і експериментальних досліджень даного напрямку.

Автори висловлюють щире подяку колективу кафедри деталей машин Національного університету "Львівська політехніка" та рецензентам: доктору технічних наук, професору Гуліді Є. М., доктору технічних наук, професору Каплуну В.Г. та доктору технічних наук, професору Харченку Є.В. за корисні поради та критичні зауваги, що сприяли покращенню монографії.

Ця монографія виконана відповідно до наукових напрямків кафедри деталей машин Національного університету "Львівська політехніка" - „Динаміка та навантажувальна здатність елементів машин і споруд циклічної дії “ у рамках госпдоговорних тем 6741 „Дослідження умов роботи та надійності зубчастої пари привода млинів”, 6904 „Дослідження умов роботи та надійності муфт приводів млинів”, 6951 „Покращення експлуатаційних показників привода млинів Ш-12”, 1410 „Авторський нагляд за виготовленням, монтажем і наладкою розробленої кулькової муфти млина Ш-12”, а також відповідно до науково-технічної програми „Ресурсозберігаючі та енергоефективні технології машинобудування, що затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 24 грудня 2001 р. №1716, Інд.28.