

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ПРИЛАДОВУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
імені Івана Пулюя

На правах рукопису
УДК 621.825.5

Матвійчук Анатолій Васильович

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОРЯДНИХ КУЛАЧКОВОЇ І КУЛЬКОВО -
КЛИНОВОЇ ЗАПОВІЖНИХ МУФТ КОРЕНЕКЛУБНЕЗВИРАЛЬНИХ МАШИН.

Спеціальність 05.20.04 сільськогосподарські
та меліоративні машини.

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ТЕРНОПІЛЬ - 1996

Робота виконана на кафедрі "Технології машинобудування"
Тернопільського приладобудівного інституту ім. І. Пулюя і її
філіалі на ВАТ "ТКЗ".

Науковий керівник: Доктор технічних наук, професор,
академік АІН України,
Заслужений винахідник України,
Гевко Б.М.

Науковий консультант: К.т.н., доц. Рогатинський Р.М.

Офіційні опоненти: Доктор технічних наук, професор,
академік АН вищої школи України,
Заслужений винахідник України,
Нагорняк С.Г.

Кандидат технічних наук,
Заслужений винахідник України,
Козіброда Я.І.

Ведуча організація: ВАТ "Львівсільмаш" м.Львів.

Захист дисертації відбудеться "26" листопада 1996р. в
15.00 год. на засіданні вченої спеціалізованої ради по
спеціальності 05.20.04 "Сільськогосподарські та меліоративні
машини" при Тернопільському приладобудівному інституті ім. І.
Пулюя за адресою: 282001, Тернопіль, вул. Руська, 56.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці
інституту

Автореферат розісланий "25" листопада 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради.
Канд.техн.наук, доцент,
Заслужений винахідник України



Мартиненко В.Я.



Актуальність роботи. Надійна робота сільськогосподарських машин, які експлуатуються в агропромисловому комплексі України, в значній мірі, визначається характеристиками механічних запобіжних пристроїв - муфт. Досвід експлуатації машин укомплектованих існуючими конструкціями показує, що однією з основних причин поломок є незадовільне спрацьовування муфт при перевантаженнях. Зупинка машини для відновлення її працездатності призводить до великих затрат не тільки за рахунок вартості непридатних деталей, але, і головним чином, за рахунок простоїв, оскільки вони пов'язані з втратами врожаю і збільшенням капіталовкладень.

Такий стан пояснюється недосконалістю конструкцій і робочих поверхонь профілів. Так, наприклад, на картоплезбиральному комбайні КПК-3, причіпній машині КС-4, двовальному очищувачі коренеплодів ОГД-6А та інших, робочі поверхні виконані з трикутним, трапецеоподібним і комбінованим профілем. В деяких муфтах профіль виконано розрахунковим, подібним до зрізаного конуса з одно - двостороннім нахилом, наприклад, на насінневоочищувальній машині СМ-4.

Враховуючи існуючу тенденцію до зростання енергомісткості та продуктивності сільськогосподарських машин важливою і актуальною задачею є створення нових конструкцій запобіжних муфт з демпфуючими властивостями, дослідження їх конструктивних параметрів та динамічних характеристик і практична реалізація результатів наукових розробок.

Тема роботи відповідає тематиці, передбаченій національною програмою "Українська національна програма виробництва технологічних комплектів машин та обладнання для сільського господарства, харчової та переробної промисловості".

Мета роботи. Зниження динамічних навантажень в приводах коренеклубнезбиральних машин шляхом розробки нових конструкцій дворядних кулачкової і кульково - клинкової запобіжних муфт, встановлення їх функціонально - експлуатаційних характеристик для забезпечення виконання технологічних процесів.

Методи досліджень. Розробка теоретичної частини проводилась на основі застосування положень статички і динаміки механізмів і машин, диференціальної геометрії, класичної механіки, теорії пружності. Теоретичні розрахунки перевірялись в процесі експериментального дослідження на стенді з використанням стан-

дартних методів і застосуванням високочутливої тензометричної апаратури. Обробка результатів проводилась з використанням ЕОМ.

Наукова новизна. Виведено аналітичні залежності для визначення конструктивних та силових параметрів нових дворядних кулачкової і кульково-клинової запобіжних муфт; розроблено динамічну модель приводу із запобіжними муфтами; складено і розв'язано системи диференціальних рівнянь, які описують перехідні процеси роботи муфт коренеклубнезбиральних машин; визначено основні функціонально - експлуатаційні характеристики нових конструкцій запобіжних муфт і встановлено конструктивні параметри, які впливають на точність обмеження динамічних навантажень; розроблено інженерну методичку проектування конструктивних параметрів захисних пристроїв з використанням ЕОМ.

Практична цінність роботи. Розроблено конструкції дворядних кульково-клинової і кулачкової запобіжних муфт для коренеклубнезбиральних машин захищених авторськими свідоцтвами на винаходи; виведено основні залежності по визначенню конструктивних і силових параметрів муфт, що дозволяє ефективно використовувати їх для захисту деталей приводу від перевантаження.

Розроблено стенди для припрацювання робочого профілю і проведення досліджень характеристик запобіжних муфт, а також методичку проведення стендових і виробничих досліджень захисних пристроїв з метою вибору найбільш сприятливого режиму роботи.

Конструкція дослідного стенду введена в альбом нормаль Міністерства тракторного і сільськогосподарського машинобудування в 1982р. "Рекомендации по применению испытательных стендов механических приводов, их узлов и деталей" (Москва, ВИСХОМ, 1982г.), а діючий взірєць кулачкової запобіжної муфти експонується в Політехнічному музеї в м. Москва з 1989р.

Реалізація результатів роботи. Дворядна кулачкова запобіжна муфта по А.С. N 1555560 введена в конструкції дослідного стенду для випробування грейферних навантажувачів ПГ-1А на в/о "Коломиясільмаш", а на Волочеський машинобудівний завод передано конструкторсько - технологічну документацію по даній муфті. Очікуваний умовний ефект від цієї розробки відповідно складає 715,6 і 250 тис. рублів в цінах станом на 1990 рік при підвищенні в 1.4 рази довговічності передаточних пристроїв.

На в/о "Карпати" Івано - Франківської області введена запобіжну кульково - клинову муфту по А.С. N 996764 в стенді

для обкатки малогабаритного трактора "Прикарпатец".

Апробація. Результати дисертаційної роботи доповідались: на науково - технічних семінарах і конференціях в Московському НВО ВДСТОМ (1979, 1980, 1981, 1982рр.), Тернопільському приладобудівному інституті (1986, 1988, 1992, 1993рр.), Київському політехнічному інституті (1992р.), Вінницькому державному сільськогосподарському інституті (1996р.), на засіданнях наукових семінарів кафедри "Технології машинобудування" Тернопільського приладобудівного інституту (1990, 1992, 1993, 1994, 1995рр.).

В повному об'ємі робота доповідалась та обговорювалась на об'єднаному засіданні технічних кафедр "Технології машинобудування", "Верстатно-інструментальних систем автоматизованого виробництва", "Технічної механіки" Тернопільського приладобудівного інституту (1996р), науково-технічній Раді НВО "ТКЗ".

Публікації. По темі дисертації опубліковано 17 друкованих робіт, в тому числі розробки захищені 5-ма авторськими свідоцтвами на винаходи. Зроблено 13 доповідей на наукових конференціях, видано 4 інформаційних листки.

Об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та додатку. Основний матеріал дисертаційної роботи викладено на 175 сторінках друкованого тексту, включає в себе 50 рисунків, 1 таблицю. Список літератури має 100 найменувань. Додаток включає в себе документи на видачу авторських свідоцтв на винаходи, рекомендації по застосуванні дослідного станду, договір про творчу співдружність між НВО ВДСТОМ, ІКТЕ м. Краснодар і ТМЛП, запити на дослідні зразки і техдокументацію від Політехнічного музею Російської Федеративної Республіки та підприємств, довідки та акти на впровадження розробок, а також розрахунок конструктивних параметрів запобіжних муфт з використанням ЕОМ "SAI 386" і має об'єм 33 сторінки.

Особистий внесок дисертанта. Розроблено нові запобіжні муфти з демпфуючими властивостями і їх теоретичне обґрунтування, проведено пошук шляхів підвищення надійності, довговічності і технологічності конструкцій; спроектовано експериментальне обладнання, розроблено програму і методику дослідження динамічних характеристик; узагальнено результати досліджень і побудовано блок - схеми для розрахунку конструктивних параметрів муфт на ЕОМ.

З М І С Т Р О Б О Т И

В першому розділі проведено короткий аналіз по конструюванню та дослідженню муфт колективами УкрНДІОГОМа, Київського і Одеського політехнічного та Національного Аграрного Університетів, а також висвітлено в роботах Тепінкічієва В.К., Кожевнікова С.М., Дяченка С.К., Єсіпенко Я.І., Афанасєва М.К., Похилюка С.А., Барбаша І.Д., Полякова В.С., Ачеркана Н.С., Іванова В.А., Хрісанова М.І., Вольченко О.І., Нагорняка С.Г., Гевка Б.М., Фліка Е.П., Кіндратського В.І. та інших.

На захист вносяться наступні основні положення:

-результати теоретичних досліджень процесу стабілізації ударних навантажень при різних режимах роботи сільськогосподарських машин в дворядних кулачкової і кульково - клинової запобіжних муфтах;

-конструкції дворядних кулачкової і кульково-клинової запобіжних муфт;

-результати дослідження динаміки приводу з дворядною кулачковою і кульково - клиновою запобіжними муфтами;

-конструкції стєндового обладнання для припрцювання та досліджень запобіжних муфт і методика визначення їх функціональних і експлуатаційних характеристик;

-дослідження і розробка методики вибору раціональних параметрів запобіжних муфт з використанням ЕОМ;

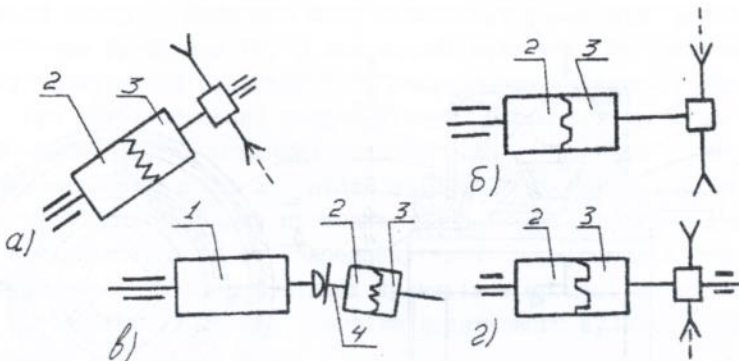
-інженерна методика розрахунку дворядних кулачкової і кульково - клинової запобіжних муфт з використанням елементів САПР.

В другому розділі проаналізовано умови роботи запобіжних муфт з різними профілями робочих поверхонь рис.1а,б,в,г, які використовуються на різних сільськогосподарських машинах:

а) муфта з трикутним профілем картоплезбирального комбайна КПК-3; б) муфта з трапецевидним профілем причіпної машини КО-4; в) муфта з трикутно-трапецевидним профілем очищувача коренеплодів двовального ОГД-6А; г) муфта з несиметричним профілем насівноочищувальної машини СМ-4. Також показано їх конструктивні недоліки, що спричиняють значні динамічні навантаження. Розглянуто конструкції дворядних кульково - клинової і кулачкової запобіжних муфт і проведено їх теоретичні дослідження.

На рис.2 показано кульково-клинову запобіжну муфту з

Схеми приводів сільськогосподарських машин оснащених запобіжними муфтами.



1-редуктор; 2,3-ведуча та ведена півмуфти; 4-карданний вал.

Рис. 1.

демпфером, який виконано у вигляді кільцевих секторів 7 з фрикційними накладками, а також кільцевою змієвидною пружиною 4. Муфта має ведену і ведучу півмуфти 3,6 встановлених на втулці 1 і контактуючих між собою кульками 5. На взаємнообертаних торцях півмуфт виконано конічні поверхні 8,9, що створюють порожнину 2 в якій розміщений демпферний пристрій. Регулювання величини моменту, що передається, та підтискання півмуфт з демпфером забезпечується пружиною 10 і гайкою 11.

При перевантаженні кульки виходять із лунок, при цьому кільцева пружина стискається, переміщуючи сектори до втулки і зменшуючи величину зазору S.

Плавність входження кульок в зачеплення забезпечується силами, які виникають між фрикційними накладками і конусність канавок дисків 8,9, а також за рахунок зусилля змієвидної пружини яке виникає при розтиску II в діаметральній площині.

На рис.3 показана дворядна кулачкова запобіжна муфта з основними і додатковими кулачками 2, 3 розміщеними на різних орбітах ведучої і веденої півмуфт 4,1.

Передача моменту забезпечується робочими і неробочими профілями 7,8 основних кулачків 2. При цьому вершина основного кулачка веденої півмуфти входить у впадину ведучої півмуфти, створюючи точку контакту P (основні кулачки показані суцільною лінією). В цій же точці знаходиться впадина відтискного

Кульково - клинова запобіжна муфта А.С. N 996764.

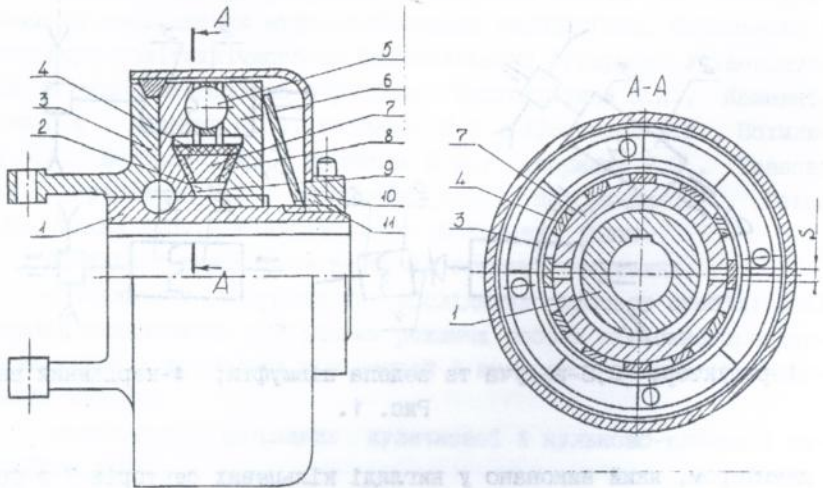


Рис. 2

Дворядна кулачкова запобіжна муфта А.С. N 155560..

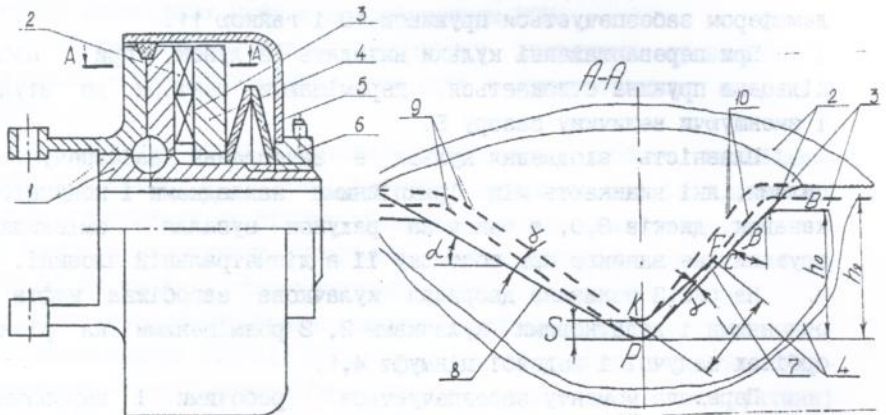


Рис. 3

кулачка ведучої півмуфти (показано штриховою лінією), при цьому між впадиною і вершиною відтискових кулачків півмуфта утворюється зазор S . Величина його забезпечує зазор між робочими і неробочими профілями 10, 9 додаткових кулачків. Регулювання моменту проводиться пружиною 5 за рахунок закручування гайки 6.

При перевантаженні ведуча півмуфта повертається на кут, який забезпечує зменшення зазору між боковими сторонами додаткових кулачків до нуля за рахунок впливу кута γ , і подальше її переміщення проходить по робочому профілю додаткових кулачків. При цьому забезпечується перерозподіл тиску на поверхнях робочих і допоміжних кулачків в процесі спрацювання, рис.4. Кут зміщення профілю додаткового кулачка відносно основного виконано в межах $\gamma = 6-8^{\circ}$.

Система розвантаження кулачків

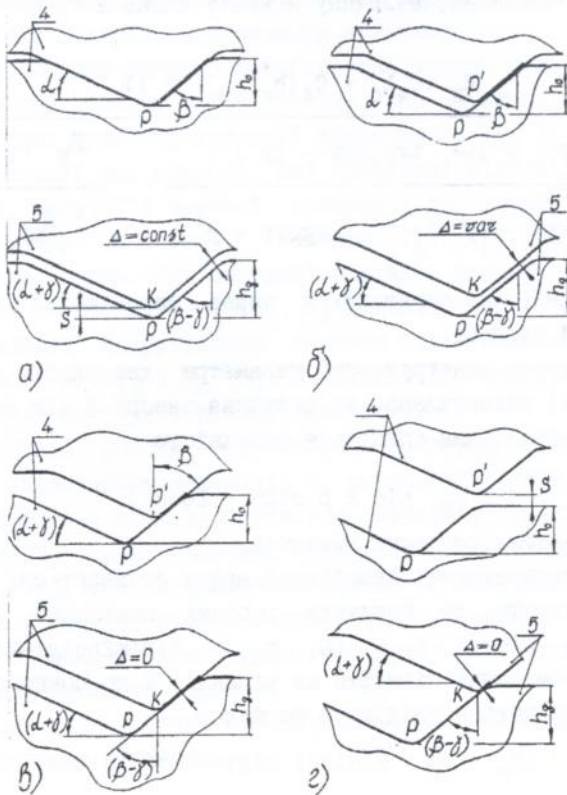


Рис.4

Враховуючи конструкцію кульково-клинової запобіжної муфти можна розглянути зміну величини моменту на наступних етапах спрацювання муфти: на першому етапі переміщення рухомої півмуфти проходить на величину h' від 0 до $(h'_{\text{крит}} - r(1 - \sin\beta_1))$, де r - радіус кульки; β_1 - кут нахилу лунки, а на другому - до повного виходу кульки із зачеплення.

Зміна величини моменту T в залежності від стискування пружини виразиться наступним рівнянням

$$T = R_k (C_4 \lambda_0 + C_4 h') / (\operatorname{tg}(\beta_1 - \rho) - R_k \mu'_\text{ш} / R_\text{ш}), \quad /1/$$

де $R_k, R_\text{ш}$ - радіуси на яких розміщуються кульки і шліци; C_4, λ_0 - жорсткість пружини і величина її попереднього натягу; $\mu'_\text{ш}$ - коефіцієнт, що враховує сухе і в'язке тертя в шліцах; ρ - кут тертя.

При дальнішому переміщенні півмуфти, до повного виходу кульок із зачеплення, величину моменту визначають по наступній формулі

$$T = \frac{R_k [C_4 \lambda_0 + C_4 (h'_{\text{крит}} - y')]}{(r - y') - \operatorname{tg}(\beta_1 - \rho) (y')^2} \cdot \frac{R_k \mu'_\text{ш}}{(2ry' - (y')^2)^{1/2} + \operatorname{tg}(\beta_1 - \rho) (r - y')} \cdot \frac{R_\text{ш}}{R_\text{ш}}, \quad /2/$$

де y' - величина, яка виражається через переміщення кульки по заокругленій ділянці.

Розглядаючи конструктивні параметри дворядної кулачкової муфти (рис.3) встановлено, що величина зазору S між основними і додатковими кулачками опишеться залежністю

$$S < 2 h_0 / \sin 2\beta \operatorname{ctg}\gamma - 2\cos^2\beta, \quad /3/$$

де β - кут нахилу основних кулачків.

При спрацюванні запобіжної муфти починається відносний проворот півмуфт до контакту робочих поверхонь допоміжних кулачків на висоті $h = [0; h_0 - S(\sin 2\beta \operatorname{ctg}\gamma - 2\cos^2\beta)]/2$. Подальше переміщення півмуфти на величину X до повного виходу з зачеплення опишеться наступною формулою

$$X = [h_d - (h + S(\sin 2\beta \operatorname{ctg}\gamma - 2\cos^2\beta))/2]. \quad /4/$$

Величина моменту при контактуванні півмуфт додатковими ку-

лачками на першому етапі виразяться рівнянням

$$T_{\text{кд}} = \frac{R_{\text{кд}} R_{\text{ш}} (C\lambda_0 + C h_{\text{д}})}{R_{\text{ш}} \operatorname{tg}(\beta + \gamma - \rho) - R_{\text{кд}} \mu_{\text{ш}}' / R_{\text{ш}}} \quad /5/$$

На другому етапі відключення, при якому контакт кулачків переходить на заокруглені поверхні, зміна моменту визначається по наступній формулі

$$T_{\text{кд}} = \frac{R_{\text{кд}} (C\lambda_0 + C h_{\text{д}})}{\frac{(Z + h_0) - \operatorname{tg}(\alpha^2 - (Z + h_0)^2)^{1/2}}{(\alpha^2 - (Z + h_0)^2)^{1/2} + \operatorname{tg}(Z + h_0)} - \frac{R_{\text{кд}} \mu_{\text{ш}}'}{R_{\text{ш}}}} \quad /6/$$

де Z - величина, яка враховує осьове переміщення півмуфти по заокругленій поверхні додаткового кулачка.

В загальному випадку розрахункова модель кульково - клинової муфти представляє собою систему, яка показана на рис.5.

На схемі прийнято наступні позначення: I_1, I_2, I_3, I_4 - моменти інерції мас привода, які приведені відповідно до ведучої ланки, ведучої і веденої півмуфт і до ланки, що сприймає момент опору, а також моменти $T_{\text{д}}, T_{\text{о}}$ які створюються двигуном та опором. При передачі крутного моменту і відповідній жорсткості системи C_1, C_2, C_3, C_4 відбувається її деформування, тобто виникає закручування системи під кутами $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ в залежності від $T_{\text{д}}$ і $T_{\text{о}}$ (C_3, C_4 відповідно жорсткість пружин, які діють на сектори і рухоми півмуфту).

В процесі роботи запобіжного пристрою можна відмітити декілька характерних моментів: а) нормальний режим роботи (без спрацьовування), коли відбувається передача крутного моменту ($T_{\text{д}} < T_{\text{о}}$); б) перевантаження, коли відбувається вихід кульок з лунок ($T_{\text{о}} \approx T_{\text{кр}}$); в) переміщення кульок до наступної лунки; г) входження (падіння) кульок в зачеплення до удару; д) ковзання півмуфт по фрикційних поверхнях секторів; е) удар кульок по робочих поверхнях та відскок.

Перший етап роботи, без спрацьовування півмуфт, можна описати наступними рівняннями:

Динамічна модель приводу із запобіжною муфтою.

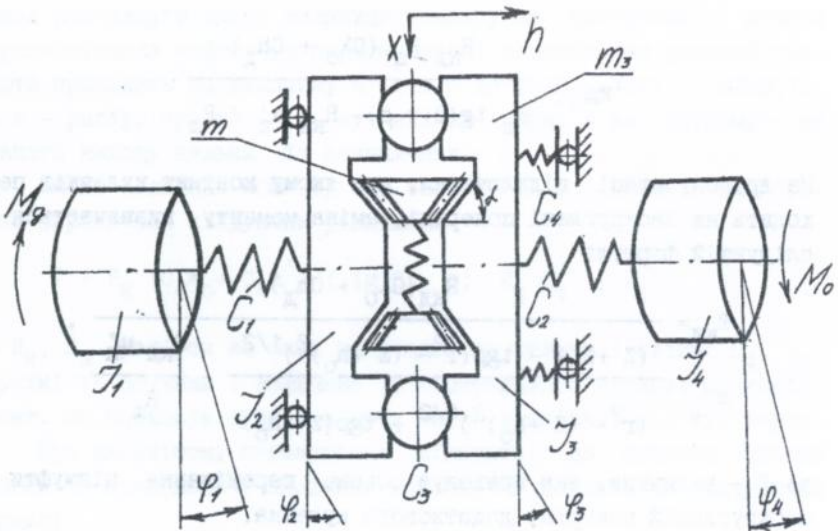


Рис. 5

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_1 = T_d - C_1(\varphi_1 - \varphi_2); \\ I_{2п} \ddot{\varphi}_2 = C_1(\varphi_1 - \varphi_2) - F_k R_k; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 = F_k R_k - C_2(\varphi_3 - \varphi_4); \\ I_4 \ddot{\varphi}_4 = C_2(\varphi_3 - \varphi_4) - T_o, \end{cases} \quad //7/$$

де \$F_k, R_k\$ - відповідно сила, яка виникає на кульках і радіус їх розміщення; \$I_{2п}\$ - приведений момент інерції, який враховує масу клинових секторів.

Перетворивши систему //7/ визначимо, що момент в першій ланці, який виникає при жорсткості \$C_1\$ і кути закручування \$\gamma_1 = (\varphi_1 - \varphi_2)\$, опишеться рівнянням

$$T_{1max} = C_1 \left[\frac{K_3}{K_2} + \left(\frac{T_d / I_1 - \Gamma_2^2 K_3 / K_2}{\Gamma_2^2 - \Gamma_1^2} \right) \cos \gamma_1 t + \left(\frac{T_d / I_1 - \Gamma_1^2 K_3 / K_2}{\Gamma_1^2 - \Gamma_2^2} \right) \cos \gamma_2 t \right]. \quad //8/$$

Визначимо величину моменту в другій ланці при кути закручування \$\gamma_2 = (\varphi_2 - \varphi_4)\$ залежністю

$$T_{2\max} = (I_{2\Pi} + I_3) \left[C_1 \frac{I_{2\Pi} + I_3 + I_1}{I_1 (I_{2\Pi} + I_3)} - r_1^2 \right] \left(\frac{T_d / I_1 - r_2^2 K_3 / K_2}{r_2^2 - r_1^2} \right) \cos r_1 t + \quad /9/$$

$$\left(C_1 \frac{I_{2\Pi} + I_3 + I_1}{I_1 (I_{2\Pi} + I_3)} - r_2^2 \right) \left(\frac{T_d / I_1 - r_1^2 K_3 / K_2}{r_1^2 - r_2^2} \right) \cos r_2 t + \frac{C_1 K_3 (I_{2\Pi} + I_3 + I_1)}{K_2 I_1 (I_{2\Pi} + I_3)} - \frac{T_d}{I_1},$$

де r_1, r_2 - частоти коливань системи; K_3, K_2 - коефіцієнти які враховують характеристику приводу після відповідної заміни.

При перевантаженні і після перетворень системи /7/ динаміка приводу з кульково-клиновою запобіжною муфтою виразиться системою /10/

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 \ddot{\varphi}_1 = T_d - C_1 (\varphi_1 - \varphi_2); \\ I_2 \ddot{\varphi} = C_1 (\varphi - \varphi_1) - N R (\sin \beta + f \cos \beta) - \\ \quad - (\ddot{\varphi}_2 - \ddot{\varphi}_3) \mu R - T; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 = -C_2 \varphi_3 + N R (\sin \beta + f_{TK} \cos \beta) + \\ \quad + (\varphi_2 - \varphi_3) \mu_d R_d + T_T; \\ m_3 \ddot{h} = -C_4 (h + X_0) + N_K (\cos \beta - f_{TK} \sin \beta) + N_d \cos \alpha - \\ \quad - N_d f_{TD} \sin \alpha - \dot{h} (\mu_{TD} + \mu_{ш}) - [C_2 \varphi_3 l f_{Tш} / R_{ш}; \\ m \ddot{x} = -C_3 (X + X_0) - N_d \sin \alpha - \dot{X} \mu_{TD} - N_d f_{TD} \cos \alpha; \\ X / \cos \alpha = h / \sin \alpha; \\ \varphi_2 - \varphi_3 = h \operatorname{ctg} \beta / R_K, \end{array} \right. \quad /10/$$

де X_0 - натяг пружини з врахуванням відцентрової сили клинових елементів.

Аналогічно проведемо розрахунок моделі дворядної кулачкової запобіжної муфти з основними і додатковими кулачками. На першому етапі, без спрацювання, динамічні процеси опишуться системою рівнянь, такою ж як і для кульково-клинової запобіжної муфти, виключивши складову $I_{2\Pi}$, оскільки вона буде рівною I_2 і не враховуючи демпфуючі сектори.

Динамічні процеси при перевантаженні приводу, захищеного дворядною кулачковою запобіжною муфтою, опишуться наступною системою

$$\left\{ \begin{array}{l}
 I_1 \ddot{\varphi}_1 = T_d - C_1(\varphi_1 - \varphi_2); \\
 I_2 \ddot{\varphi}_2 = C_1(\varphi_1 - \varphi_2) - N_{\text{кд}} R_{\text{кд}} (\sin\beta + f_{\text{тк}} \cos\beta); \\
 I_3 \ddot{\varphi}_3 = -C_2 \varphi_3 + N_{\text{кд}} R_{\text{кд}} (\sin\beta + f_{\text{тк}} \cos\beta); \\
 m_3 \ddot{h}_d = -C_4(h_d + \lambda_0) + N_{\text{кд}} (\cos\beta - f_{\text{тк}} \sin\beta) - \dot{h}_d \mu_{\text{ш}} - \\
 \quad [C_2 \varphi_3] f_{\text{т.ш.}} / R_{\text{ш}}; \\
 \varphi_2 - \varphi_3 = h \operatorname{ctg}\beta / R_{\text{кд}}; \\
 S = 2 h_0 / (\sin 2\beta \operatorname{ctg}\gamma - 2\cos^2\beta).
 \end{array} \right. \quad //11/$$

Складено програми для розрахунку системи диференціальних рівнянь, які рішені на ЕОМ. По результатах розрахунків визначено коефіцієнти динамічності $\gamma_{\text{дин}}$ конструкцій запобіжних муфт. Для кульково-клинової муфти при куті підйому $\beta=60^\circ$, $\gamma_{\text{дин}}=1.11$, а при $\beta=30^\circ$, $\gamma_{\text{дин}}=1.05$. Для дворядної кулачкової муфти $\gamma_{\text{дин}}=1.07$ з врахуванням величини кута γ , при куті нахилу $\beta=60^\circ$.

В третьому розділі розглянуто програму, методику і результати експериментальних досліджень. Програмою передбачено аналіз функціонально - експлуатаційних характеристик запобіжних муфт.

Стендове обладнання, вимірна контрольно-вимірювальна апаратура та прилади забезпечили можливість дослідження муфт в широкому діапазоні швидкісних, силових та інших параметрів, наближених до реальних умов роботи.

Стенд для припрацювання робочих поверхонь запобіжних муфт складається з рами в якій розміщено електродвигун постійного струму типу ЗПН12Л, потужність 5,3 квт і максимальної кутової швидкості 3000 хв^{-1} . Вихідний вал електродвигуна з'єднаний кривошипно - шатунним механізмом з привідним валом ведучої півмуфти. Довжина робочої поверхні півмуфти, яка піддається припрацюванню, залежить від величини приведенного радіуса $R_{\text{пр}}$; А, R, L, r_1 - відповідно міжцентрова віддаль між валом електродвигуна та привідним валом, довжина кривошипа і шатуна, радіус зміщення осі в Т-подібному пазу диска відносно центра і визначається по наступній залежності

$$1 = R_{\text{пр}} \frac{\pi}{180^\circ} \left[\arccos \frac{A^2 + R^2 - (L + r_1)^2}{2 A R} - \arccos \frac{A^2 + R^2 - (L - r_1)^2}{2 A R} \right]. \quad //12/$$

Для дослідження запобіжних муфт розроблено автоматизований універсальний стенд, який призначений для визначення наступних характеристик: часу і точності спрацювання, ресурсу, величини моменту та інше.

Він складається з електродвигуна потужністю 40квт, гідронасоса і гідромотора, момент опору створюється двома послідовно з'єднаними порошковими тормозами ПТ-40М які імітують перевантаження робочого органу. Діапазон регулювання частоти обертання веденого вала знаходиться в границях 0-1500 хв^{-1} , а найбільший гальмівний момент 800нм. Примінення гідронасоса з гідродвигуном забезпечує високу стабільність передачі крутного моменту при розході масла в залежності від кутової швидкості електродвигуна, рис.6.

Залежність величини крутного моменту та розходу масла від кутової швидкості електродвигуна.

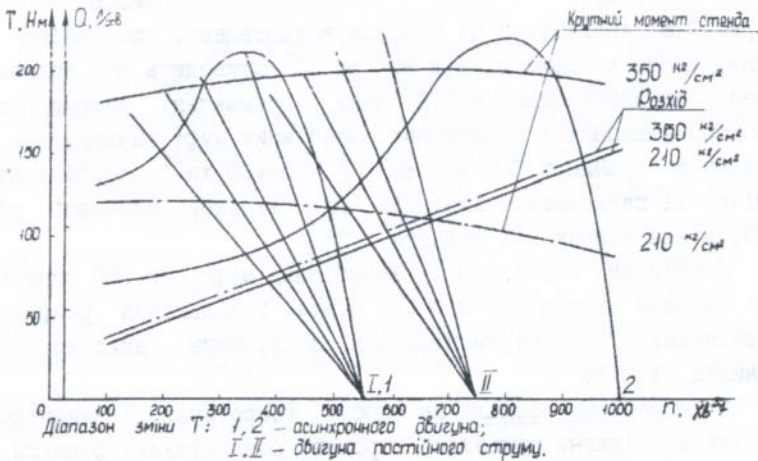


Рис.6

На стенді проводились статичні і динамічні дослідження муфт, по результатах визначались їх основні характеристики: $\gamma_{\text{ч}}$ - коефіцієнт чутливості; $\gamma_{\text{дин}}$ - коефіцієнт динамічності; $\gamma_{\text{т}}$ - коефіцієнт точності; $\tau_{\text{с}}$ - час спрацювання.

Результати експериментальних досліджень кульково-клинової і дворядної кулачкової запобіжних муфт представлені залежностями

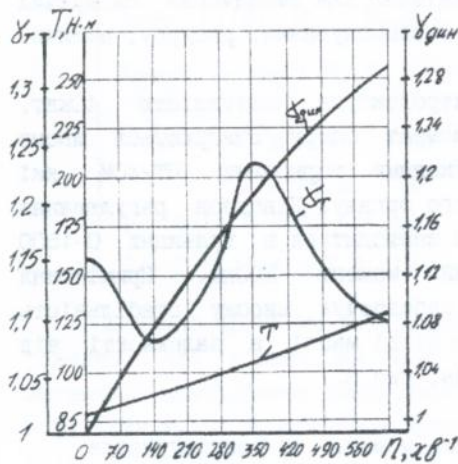


Рис.7

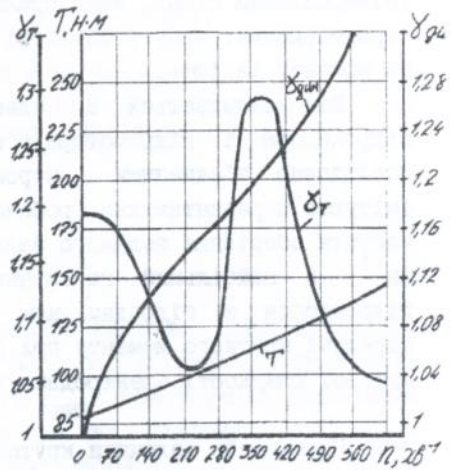


Рис.8

на рис.7,8. Аналізуючи ці графіки встановлено, що зміна кута нахилу лунки в границях від 60° до 30° приводить до збільшення моменту спрацювання в 1.8 рази. Оптимальні режими роботи кульково-клинової і кулачкової запобіжних муфт знаходяться відповідно в границях $360-450 \text{ хв}^{-1}$ і $380-490 \text{ хв}^{-1}$. Коефіцієнт динамічності захистних механізмів для кульково-клинової рівний 1.19, а для кулачкової складає 1.21.

Коефіцієнт стабільності запобіжних муфт при 750 спрацювань складає відповідно 0.975 і 0.944. Розходження результатів теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться в границях 9% -13%.

В четвертому розділі на основі теоретичних і експериментальних досліджень приведено спрощені розрахункові формули, які приміняються при інженерному проектуванні кульково - клинової і кулачкової запобіжних муфт.

Граничний крутний момент для кульково-клинової запобіжної муфти визначається по формулі

$$T = \frac{R_k [C_4 \lambda_0 + C_4 (n'_{\text{крит}} - \gamma(1 - \sin \beta_1))]}{\text{tg}(\beta_1 - \rho) - R_k \mu_{\text{ш}}' / R_{\text{ш}}} \quad /13/$$

Граничний крутний момент для дворядної кулачкової муфти визначається залежністю

$$T_{\text{кд}} = \frac{R_{\text{кд}} [C\lambda_0 + C(h + S(\sin 2\beta \operatorname{ctg} \gamma - 2\cos^2 \beta)/2)]}{\operatorname{tg}(\beta + \gamma - \rho) - R_{\text{кд}} \mu'_{\text{ш}} / R_{\text{ш}}} \quad /14/$$

З метою автоматизованого розрахунку запобіжних муфт, вибору їх раціональних розмірів та характеристик, побудовано блок-схеми і розроблено програму на ЕОМ. Програмою передбачено друкування таблиць вихідних даних і конструктивних параметрів муфт в області їх допустимих значень. При цьому різко зменшується працемісткість розрахунків і кількість розглядаємих варіантів при пошуку раціональних параметрів конструкцій.

З метою дальнішого підвищення надійності і довговічності, зменшення поштовхів і ударів, розглянуто напрямки вдосконалення конструкцій муфт з наявністю пружних елементів. Вони можуть служити засобами захисту від резонансних крутних коливань, характеризуються можливістю беззворотно поглинати механічну енергію шляхом деформування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ПО РОБОТІ.

На основі комплексних теоретичних і експериментальних досліджень дворядних кулачкової і кульково-клинної запобіжних муфт доцільно зробити наступні загальні висновки.

1. Отримані теоретичні залежності, які дозволяють визначити технічні характеристики запобіжних муфт, їх конструктивні і силові параметри в стабільному режимі і перевантаженні.

2. Розроблена динамічна модель приводу з запобіжними муфтами, складено і розв'язано за допомогою ЕОМ системи диференціальних рівнянь при різних етапах руху. Встановлено зміну моменту, коефіцієнтів динамічності, точності і чутливості спрацьовування запобіжних муфт, що дає повну характеристику про функціонування захисних механізмів.

3. Встановлено, що для зниження динамічних перевантажень при спрацьовуванні муфт доцільно застосовувати непарну кількість передаючих елементів (3 - 5) і відповідні профілі, що забезпечують беззасорний контакт півмуфт.

4. Створені, захищені авторськими свідоцтвами на винаходи конструкції запобіжних муфт, стенди та методики для експериментальних досліджень вузлів коренеклубнезбиральних машин.

5. Експериментально підтверджено, що виконання муфт з

теоретично обґрунтованими профілями збільшує ресурс роботи муфт в 1.8...2.5 разів по відношенню до ресурсу роботи муфт з традиційними профілями робочих поверхонь.

6. Експериментально встановлено значення ресурсної характеристики - коефіцієнта стабільності муфти. При кількості 600 - 700 повторних спрацьовувань і твердості поверхневого шару півмуфт 45...48 НРС для кулячкової муфти і з демпфером, коефіцієнт стабільності був рівний відповідно 0.944 і 0.975, що вказує на високу довговічність розроблених конструкцій. Невідповідність теоретичних і експериментальних результатів, отриманих при дослідженні крутного моменту, коефіцієнта динамічності, точності та чутливості не переважає 9...13%.

7. Розроблена інженерна методика проектування конструктивних і силових параметрів запобіжних муфт. Складено блок-схеми і програма автоматизованого розрахунку муфти, за допомогою якої можна вибрати захистний пристрій відповідно до технічних і технологічних вимог об'єкту проектування.

8. Розроблена і передана технічна документація на запобіжні муфти, дослідні стенди, інженерну методику проектування і випробування муфт багатьом підприємствам України і СНД.

Річний економічний ефект від впровадження розроблених муфт при випробуваннях грейферних навантажувачів на в/о "Коломиасільмаш" (м. Коломия), малогабаритного трактора "Прикарпатець" на в/о "Карпатагропром" (м. Івано-Франківськ) склав 965.6 тис. крб в цінах станом на 1990р.

Л і т е р а т у р а

1. Гевко Б.М., Матвийчук А.В. Новые муфты. "Машиностроитель". -1982, -N12, -с.35.
2. Гевко Б.М., Матвийчук А.В. Стенд для приработки предохранительных муфт. "Технология и организация производства". -1983, -N4, -с.48-49.
3. Матвийчук А.В. Карданная муфта. "Машиностроитель". -1989, -N7, с.39-40.
4. Матвийчук А.В. Новые муфты. "Машиностроитель". 1984, -N9, -с.18
5. Флик Э.П., Матвийчук А.В. Фрикционно-шариковая предохранительная муфта. "Машиностроитель". 1983, -N6, -с.37.
6. Гевко Б.М., Матвийчук А.В., Флик Э.П., Дубик О.И. Стенд для исследования характеристик приводных устройств сельскохозяй-

- зайтвенных машин. -Киев, 1984, -17с. -Деп. в УкрНИИМТИ N258 Ук-Д84.
7. Матвийчук А.В. Повышение долговечности карданных предохранительных муфт. -Киев, 1990г. -9с. -Деп. в УкрНИИМТИ N2501-Ук.
 8. А.с. N 844847, М. Кл.³ F 16 D 7/02. Предохранительная муфта. / Я.И. Проць, А.В. Матвийчук. -Бюл. N 25, 1981.
 9. А.с. N 872850, М. Кл.³ F 16 D 13/52. Фрикционная муфта. / А.В. Матвийчук, Я.И. Проць. -Бюл. N 38, 1981.
 10. А.с. N 881557, М. Кл.³ G 01 M 13/02. Стенд для испытания муфт / В.М.Гевко, О.И. Дубик, А.В. Матвийчук. -Бюл. N 42, 1981.
 11. А.с. N 996764. М. Кл.³ F 16 D 7/06. Предохранительная шариковая муфта. /Э.П. Флик, А.В. Матвийчук. -Бюл. N 6, 1983.
 12. А.с. N 1555560. М. Кл.³ F 16 D 7/06. Кулачковая предохранительная муфта. / А.В. Матвийчук, В.М. Гевко, Э.П. Флик. -Бюл. N 13, 1990.
 13. Матвийчук А.В., Гурик О.Я. Методика швидкісних досліджень запобіжних муфт. //Тези доповіді першої науково-технічної конференції ТНП. Прогресивні технології і обладнання в машино- і приладобудуванні. Тернопіль, 1992, -с.134.
 14. Матвийчук А.В. Пути повышения долговечности узлов и механизмов МРС.//Тезисы докладов обласной научно-технической конференции. Автоматическое манипулирование объектами и технологическая оснастка в станках с ЧПУ и ГПС. Тернополь, 1988, -с.41-43.
 15. Матвийчук А.В. Пути повышения надежности защиты технологического оборудования от перегрузок и поломок. //Тезисы докладов научно-технической конференции "станки - 92". Типовые механизмы и технологическая оснастка станков с ЧПУ и ГПС. Киев, 1992. -с.3-4.
 16. Матвийчук А.В. Технологічність конструкції запобіжних муфт бурякозбиральних комбайнів. //Тезисы докладов международной научно - практической конференции. Проблемы и перспективы создания новой свеклоуборочной техники. 27-30 мая 1996г., Винница, 1996, -с.45-46.
 17. Флик Э.П., Матвийчук А.В. К вопросу повышения надежности и долговечности элементов механических приводов. // Тезисы всесоюзной научно-технической конференции. Расчет и управление надежностью больших механических систем. Свердловск - Залещики, 1986, -с.46-47.

А Н Н О Т А Ц И Я

Матвийчук А.В. Разработка и исследование двухрядных кулачковой и шариково-клиновой предохранительных муфт коренеклубнеуборочных машин. Диссертация (рукопись) на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.04 - сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Тернопольский приборостроительный институт, Тернополь, 1996.

Защищается 12 печатных работ и 5 авторских свидетельств, которые посвящены созданию двухрядных кулачковой и шариково-клиновой предохранительных муфт, теоретическому и экспериментальному исследованию их конструктивных параметров и динамических характеристик, а также созданию экспериментального стендового оборудования для моделирования работы предохранительных муфт с учетом реально происходящих при их эксплуатации динамических процессов. Осуществлено внедрение в производство разработанных конструкций муфт и стендов, что позволило увеличить долговечность передаточных устройств.

A n n o t a t i o n


Matviychuk A.V. The working out and investigation of double-row cam-shaped and ball-wedge safety clutches of root and tuber harvesting machines.

The post-graduate thesis (manuscript) for the Candidate degree (Engineering) in a speciality 05.20.04 - agricultural and reclamation machines. Ternopil Instrument-Making Institute.

The 12 published works and 5 author's certificates are being defended. They are devoted to the creation of double-row cam-shaped and ball-wedge safety clutches, to the theoretical and experimental investigation of their constructional parameters and dynamic characteristics, as well as to the creation of experimental stand equipment for the research of safety clutches work, taking into consideration the really existing dynamic processes during their exploitation. The introduction into production of new worked out constructions of clutches and stands has been fulfilled. That makes it possible to increase their sensitivity, long-living and reliability.

Ключові слова: вузли сільськогосподарських машин; запобіжні муфти; дворядна кулачкова; кульково - клинова; динамічні процеси; експериментальні стенди.

АВ 35.899

282001, м. Тернопіль, вул. Руська 56
Віддруковано на видавничій системі 
в Тернопільському приладобудівному
інституті ім. І. Пулюя