

# **ЕНЕРГЕТИКА, ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАСОБИ, ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ**

УДК 631.372.004

## **Результати експериментальних досліджень з визначення навантажень, які виникають в начіпному пристрої трактора КИЙ 14102, при русі МТА з начіпним знаряддям у транспортному положенні**

**Третяк В. М.**, к.т.н, завідувач відділу мобільних енергетичних засобів та біоенергетики  
ННЦ «ІМЕСГ», e-mail: viktor\_tretyak@ukr.net, тел.: 0955317601

**Чабан В. В.**, генеральний директор ТОВ «Укравтозапчастина»

### **Анотація**

**Мета.** Дослідити динаміку навантажень, які виникають в елементах начіпного пристрою трактора КИЙ 14102 з начіпним знаряддям при русі.

**Результати.** Проведено натурні експериментальні дослідження з моделюванням вертикальних та позадвожньо-кутових коливань машинно-тракторного агрегату (МТА) при русі із знаряддям у транспортному положенні. У процесі випробувань за допомогою тензометричних вимірювань зареєстровано процеси зміни величини сил у верхній тязі заднього начіпного пристрою. Статистична обробка результатів вимірювання здійснювалась в середовищі Excel. На підставі результатів попередніх експериментальних досліджень встановлено, що існує залежність між величинами навантаження в елементах начіпного пристрою трактора КИЙ 14102 від величин тиску повітря в шинах трактора та частоти й характеру коливань при русі по нерівній опорній поверхні. Встановлено, що існують резонансні явища, в яких динамічні навантаження в верхній тязі начіпного пристрою перевищують статичні показники майже в 5 разів.

UDC 631.372.004

## **Results of experimental studies on the determination of loads which are dedicated in the initial device of the tractor KIY 14102, at the arrival of MTA with extraordinary installations in the transport provisions**

**Tretyak V. M.**, PhD. Sc. Science, manager of department of mobile power facilities and  
bioenergetics of National Scientific Center "IAAE"

**Sheban V. V.**, director general of LTD "Ukravtozaphcast"

### **Annotation**

**Purpose.** Investigate the dynamics of loads that arise in the elements of the tractor attachment KIY 14102 with a mounted implement when moving.

### **Висновки**

1. Динамічні навантаження начіпного пристрою трактора КИЙ 14102 з масою начіпної сільськогосподарської машини в транспортному положенні більші при продольно-кутових коливаннях МТА, ніж при вертикальних коливаннях.

2. Регулювання тиску повітря в шинах коліс трактора КИЙ 14102 дає можливість зменшити коефіцієнт динамічності в елементах начіпного пристрою.

3. Для визначення впливу резонансних явищ на динамічні навантаження начіпного пристрою трактора КИЙ 14102 з масою начіпної сільськогосподарської машини в транспортному положенні необхідно провести ретельне математичне моделювання процесів взаємодії мас МТА між собою та з опорною поверхнею.

**Ключові слова:** машино-тракторний агрегат, начіпна система, випробування, динамічні навантаження, тензометричні вимірювання, тиск повітря в шинах.

**Results.** Natural experimental researches with the simulation of vertical and longitudinal angular oscillations of machine-tractor aggregate (MTA) during movement with tools in a transport position

have been carried out. In the process of testing with the help of strain gauge measurements, the processes of changing the value of forces in the upper traction of the rear hauling clutch are registered. The statistical processing of the measurement results was carried out in the Excel environment. On the basis of the results of previous experimental studies, it was established that there is a relationship between the load values in the elements of the traction device of tractor K1Y 14102 from the value of air pressure in the tractor tires and the frequency and nature of the oscillations when driving on an uneven bearing surface. It is established that there are resonant phenomena, in which dynamic loads in the upper traction of the clutch device exceed static figures almost 5 times.

#### Conclusions

1. Dynamic loads of the tractor coupling device K1Y 14102 with the weight of the coupling

agricultural machine in the transport position are larger in the longitudinal-angular variations of the MTA than in vertical vibrations.

2. Adjustment of air pressure in the wheels of tractor wheels K1Y 14102 allows to reduce the dynamic factor in the elements of the coupling device.

3. To determine the effect of resonance phenomena on the dynamic loads of the trailer coupling device K1Y 14102 with the weight of the coupling agricultural machine in the transport position, it is necessary to carry out a thorough mathematical modeling of the processes of interaction of the MTA masses with each other and with the support surface.

**Keywords:** machine-tractor unit, clutch system, tests, dynamic loads, strain gauge measurements, air pressure in tires.

УДК 631.372.004

### Результаты экспериментальных исследований по определению нагрузок, которые возникают в навесном устройстве трактора КИЙ 14102, при движении МТА с навесными орудиями в транспортном положении

**Третяк В. М.**, к.т.н., заведующий отделом мобильных энергетических средств и биоэнергетики ННЦ «ІМЕСГ»

**Чабан В. В.**, генеральный директор ООО «Укравтозапчасть»

#### Аннотация

**Цель.** Исследовать динамику нагрузок, которые возникают в элементах навесного устройства трактора КИЙ 14102 с навесным орудием при движении.

**Результаты.** Проведены натурные экспериментальные исследования с моделированием вертикальных и продольно-угловых колебаний машинно-тракторного агрегата при движении с орудием в транспортном положении. В процессе испытаний с помощью тензометрических измерений зарегистрированы процессы изменения величин усилий в верхней тяге заднего навесного устройства. Статистическая обработка результатов измерений осуществлялась в среде Excel. На основании результатов предварительных экспериментальных исследований установлено, что существует зависимость между величинами нагрузок в элементах заднего навесного устройства трактора КИЙ 14102 от величин давления воздуха в шинах трактора, частоты и характера колебаний при движении по неровной опорной поверхности. Установлено, что существуют резонансные явления, в которых динамические нагрузки в

верхней тяге навесного устройства пятикратно превышают статические.

#### Выводы

1. Динамические нагрузки навесного устройства трактора КИЙ 14102 с массой сельскохозяйственной машины на навесном устройстве в транспортном положении большие при продольно-угловых колебаниях МТА, чем при вертикальных колебаниях.

2. Регулирование давления воздуха в шинах колес трактора КИЙ 14102 дает возможность снизить коэффициент динамичности в нагрузках элементов навесного устройства.

3. Для определения влияния резонансных явлений на динамические нагрузки навесного устройства трактора КИЙ 14102 с массой навесной сельскохозяйственной машины в транспортном положении необходимо провести детальное математическое моделирование процессов взаимодействия масс МТА между собой и опорной поверхностью.

**Ключевые слова:** машинно-тракторный агрегат, навесная система, испытания, динамические нагрузки, тензометрические измерения, давление воздуха в шинах.

**Постановка проблеми.** Величини динамічних навантажень елементів конструкції трактора суттєво впливають на їх роботоздатність. На ринку сільськогосподарських знарядь України представлено велику кількість як нових, так і бувших у використанні імпортованих машин, на які відсутні рекомендації щодо їх агрегування з вітчизняними тракторами. Тому в експлуатації виникають поломки, які пов'язані з режимами навантажень елементів конструкції тракторів.

**Мета.** Експериментальне визначення динаміки навантаження елементів начіпного

пристрою трактора КІЙ 14102 з начіпним знаряддям при русі в транспортному положенні.

**Викладення основного матеріалу.** Для проведення експериментальних досліджень з визначення навантажень, які виникають в начіпному пристрої, трактор КІЙ 14102 було агрегатовано трьохкорпусним плугом масою 580 кг. Координати центру мас плуга та його вага були визначені підніманням плуга електричною кран-балкою через динамометр (рис. 1).



**Рис. 1.** Визначення величини ваги та координат центру мас начіпного знаряддя  
**Fig. 1.** Determination of the weight and coordinates of the center of the mass of the hinged gun

Центр мас знаходиться на відстані 1100 мм від центру нижніх отворів кріплення до тяг трактора.

Начіпний пристрій трактора із заблокованими гідравлічними циліндрами в повздовжньо-вертикальній площині уявляє собою трикутник. Для визначення величин сил, які виникають у ланках трикутника з шарнірним з'єднанням необхідно та

достатньо провести їх вимірювання в одній ланці. Таким чином, виникає задача вимірювання величин сил, які діють у верхній тязі начіпного пристрою.

Вимірювання сил без зміни конструкції механізму проводиться з використанням фольгових тензорезисторів типу КФ5П1, які наклеюються на деталь у зонах найбільших механічних напружень (рис. 2).



**Рис. 2.** Центральна тяга заднього начіпного пристрою трактора КІЙ 14102 з наклеєними тензорезисторнимим мостами

**Fig. 2.** Central thrust of rear hauling device of tractor KIY 14102 with glued strain gauge bridges

Тензорезистори об'єднуються у вимірювальну схему – переважно «міст Уїтстона». Міст Уїтстона живиться від стабілізованого джерела електричного струму та під'єднується до спеціалізованого багатоканального підсилювача. У нашому випадку доцільно використання триканального тензопідсилювача «Топаз-4», який живиться від окремого 12-тивольтового акумулятора і має засоби зміни коефіцієнта підсилення, контролю та балансування тензорезисторного моста. Вихідні канали підсилювача навантажуються на резистори постійного опору, падіння напруги на яких перетворюється 16-канальним аналогово-цифровим перетворювачем типу L-Card E14-140 і в цифровому форматі реєструється за допомогою ноутбука.

Зареєстровані масиви даних відповідно до часу реєстрації переводяться в програмне забезпечення «Excel» для подальшої обробки та візуалізації в графічній формі.

Тарування комплексу приладів для визначення величин сили в тязі начіпного пристрою здійснювалось на спеціальному пристрої, в якому сила створювалась за допомогою гідравлічного циліндру, а її величина контролювалась зразковим переносним динамометром стискування – ДОСМ-3-30У. Межі вимірювання від 3 до 30 кН. Такі динамометри призначені для повірки робочих засобів вимірювання статичними силами стискування.

Після тарування центральної тяги заднього начіпного пристрою трактора КИЙ 14102 її встановили на МТА. Реєстрація процесу підйому плуга показала незначну зміну сили від положення начіпної системи та інерційні резонансні коливання МТА на колесах з частотою 2,2 Гц, як показано на рисунку 3.

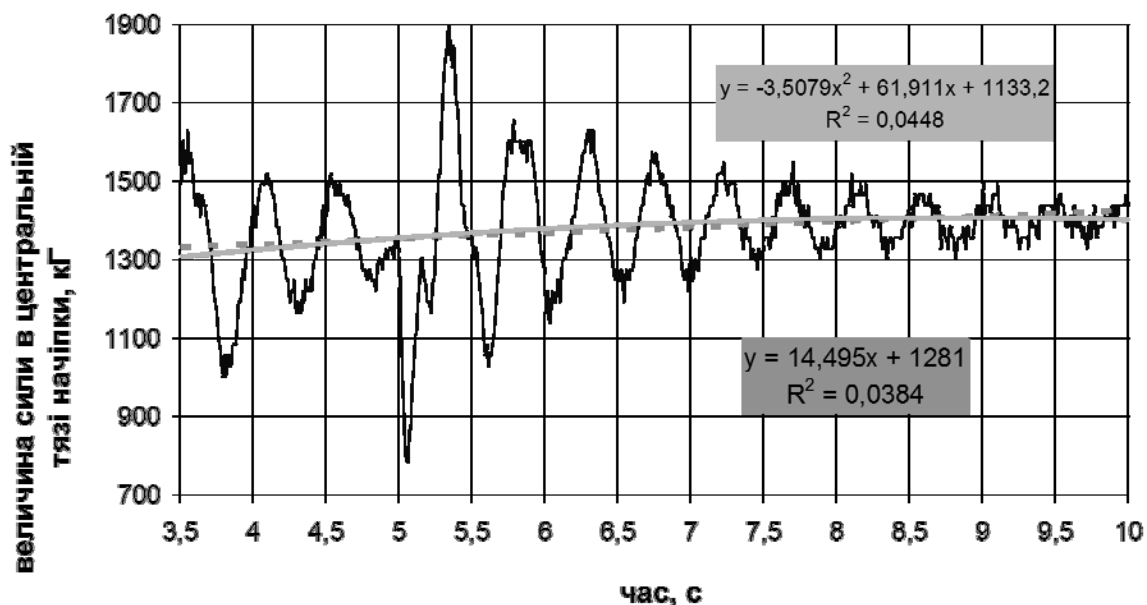
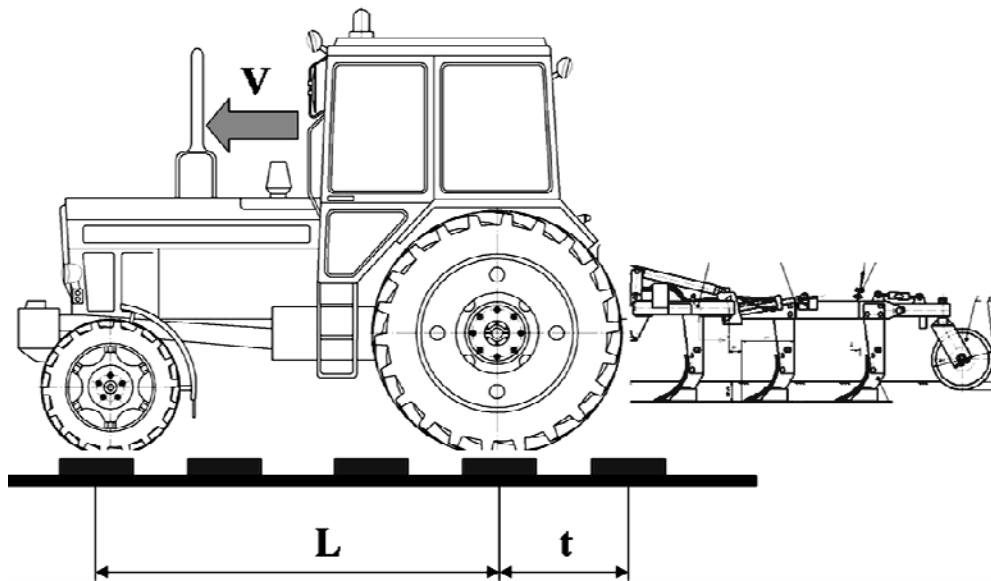


Рис. 3. Затухаючі коливання зміни сили, що виникає у верхній тязі при підйомі плуга  
Fig. 3. Damped fluctuations of the force variation that occurs in the upper traction when the plow is raised

Для моделювання динамічних навантажень на жорсткій опорній поверхні було встановлено штучні перешкоди, як показано на рисунку 4.



**Рис. 4.** Схема розміщення перешкод на опорній поверхні для моделювання коливань МТА

**Fig. 4.** Interference map on the reference surface for simulation of MTA fluctuations

Частота вимушених вертикальних коливань МТА визначається залежністю:

$$F = V/t,$$

де  $V$  – швидкість МТА, м/с;  
 $t$  – відстань між перешкодами, м.

Для моделювання резонансних явищ для випадку вертикальних коливань необхідно щоб частота вимушених коливань дорівнювалась або була кратною частоті власних коливань. Для частоти 2,2 Гц та швидкості 2 м/с  $t = 0,91$  м. Кількість перешкод визначаємо залежністю  $n = L/t$ . Зважаючи на величину бази трактора  $L = 2,45$  м  $n = 2,7 \approx 3$  шт. Таким чином, відстань між перешкодами повинна бути кратною величині бази трактора і становити:

$$t = L/n = 817 \text{ мм},$$

де  $L$  – величина розміру бази трактора;  
 $n$  – кількість перешкод.

А для моделювання повздовжньо-кутових коливань відстань між перешкодами визначається залежністю  $t = L/(n+0,5)$ , але в цьому випадку, зважаючи на конструкційні розміри штучних перешкод, доцільно вибрати  $n = 2$ , а  $t$  буде становити 980 мм для створення повздовжньо-кутових коливань (галопування).

Аналіз величин навантажень доцільно проводити в безрозмірних величинах – коефіцієнтах динамічності. Коефіцієнтом динамічності називають безрозмірну скалярну фізичну величину  $\beta = A/A_0$ , де  $A$  – амплітуда діючих навантажень,  $A_0$  – амплітуда статичного навантаження.

Після проведення досліджень та розшифровки зареєстрованих даних було складено таблиці 1 та 2.

**Таблиця 1.** Залежність коефіцієнту динамічності навантажень у начіпному пристрої від частоти вимушених коливань та тиску повітря в шинах при вертикальних коливаннях трактора

**Table 1.** Dependence of the coefficient of dynamical load in the coupling device on the frequency of forced oscillations and air pressure in tires with vertical tractor fluctuations

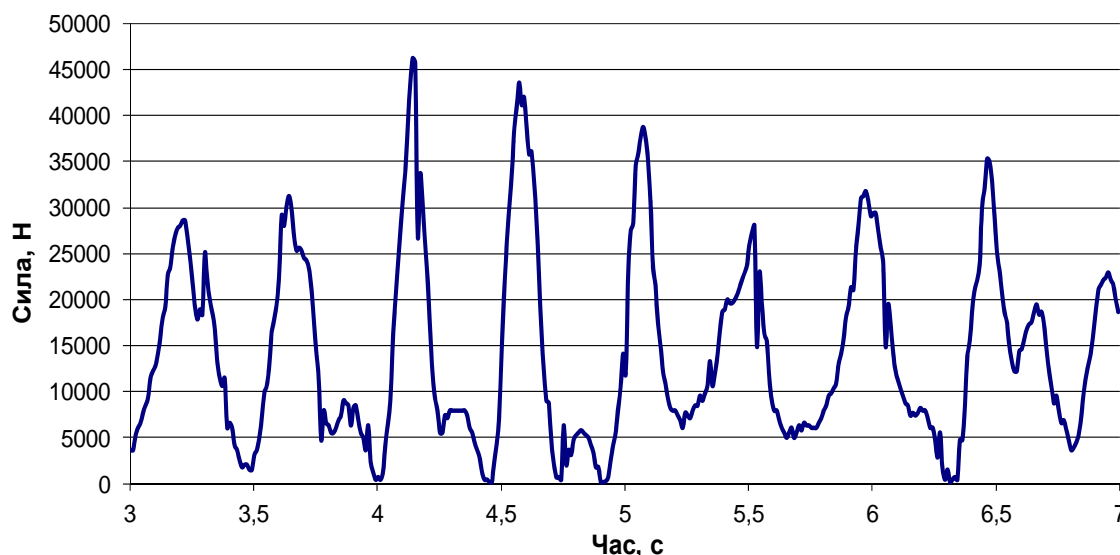
Частота вимушених коливань, Гц	Тиск повітря в шинах, кПа				
	160	140	120	100	80
0,52	1,84	1,68	1,64	1,53	1,73
1,55	2,80	2,14	1,95	1,97	1,96
1,84	2,65	2,41	2,20	1,96	1,88
2,20	3,13	3,26	1,70	1,76	1,66

**Таблиця 2.** Залежність коефіцієнту динамічності навантажень у начіпному пристрої від частоти вимушених коливань та тиску повітря в шинах при повздовжньо-кутових коливаннях трактора

**Table 2.** Dependence of the coefficient of dynamical load in the coupling device on the frequency of forced oscillations and air pressure in tires with longitudinal angular variations of the tractor

Частота вимушених коливань, Гц	Тиск повітря в шинах, кПа		
	160	120	80
1,56	1,57	1,74	1,55
4,62	3,34	3,16	2,09
5,47	4,71	3,42	2,85
6,62	3,38	2,79	1,57

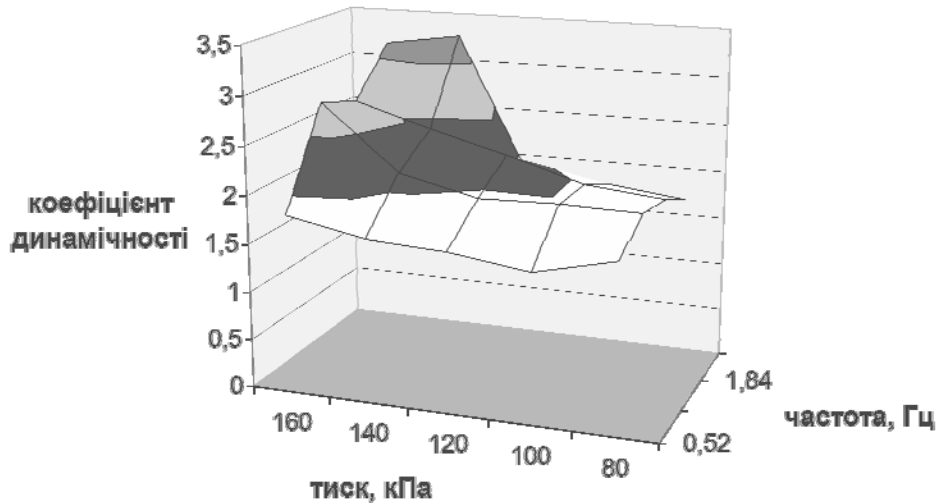
Фрагменти зміни амплітуд коливань сил, які виникають у верхній тязі начіпного пристрою при резонансних явищах з вертикальними коливаннями трактора, представлено на рисунку 5, а з повздовжньо-кутовими коливаннями – на рисунку 7.



**Рис. 5.** Зразок реєстрації величини сили, яка виникає в процесі руху МТА через нерівності з утворенням вертикальних коливань

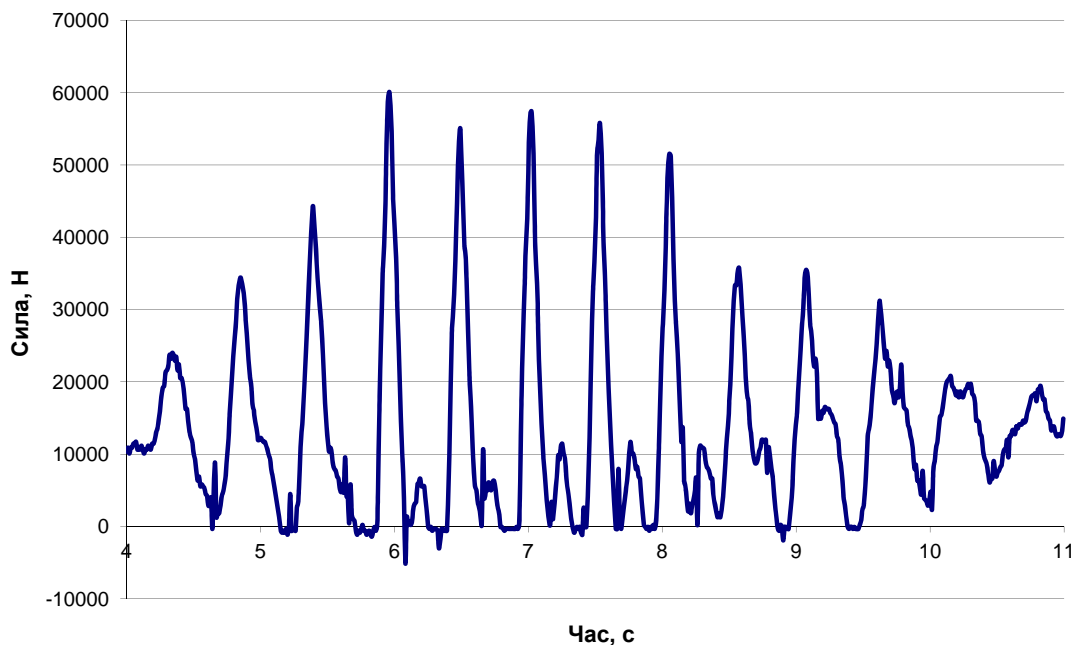
**Fig. 5.** Sample of the registration of the magnitude of the force that arises in the process of moving the AIT through inequalities with the formation of vertical oscillations

Для наочного уявлення результатів вимірювання побудовано просторові залежності зміни коефіцієнту динамічності навантажень у начіпному пристрої від частоти вимушених коливань та тиску повітря в шинах при вертикальних коливаннях (рис. 6) та при повздовжньо-кутових коливаннях трактора (рис. 8).



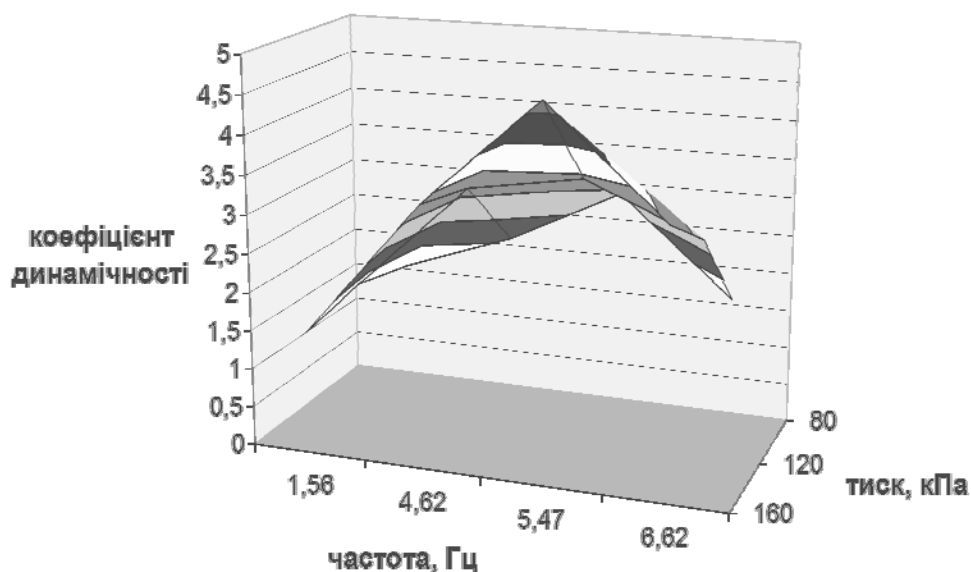
**Рис. 6.** Поверхня залежності коефіцієнту динамічності сили, яка виникає в процесі руху МТА через нерівності з утворенням вертикальних коливань від тиску повітря в шинах та частоти вимушених коливань

**Fig. 6.** The surface of the dependence of the dynamic coefficient of force that arises during the movement of the AI through inequalities with the formation of vertical vibrations from the air pressure in the tires and the frequency of the forced oscillations



**Рис. 7.** Зразок реєстрації величини сили, яка виникає в процесі руху МТА через нерівності з утворенням повздовжньо-кутових коливань

**Fig. 7.** Sample of registration of the magnitude of the force that arises in the process of moving the AIT through inequalities with the formation of longitudinal angular oscillations



**Рис. 8.** Поверхня залежності коефіцієнту динамічності сили, яка виникає в процесі руху МТА через нерівності з утворенням повздовжньо-кутових коливань від тиску повітря в шинах та частоти вимушених коливань

**Fig. 8.** Surface of the dependence of the coefficient of dynamical force that arises in the process of moving the AIT due to inequalities with the formation of longitudinal angular oscillations from the air pressure in the tires and the frequency of forced oscillations

У результаті проведених досліджень встановлено, що в елементах заднього начіпного пристрою МТА у складі трактора КИЙ 14102 з навісним плугом масою 580 кг в транспортному положенні при русі по нерівностям та виникненні вертикальних резонансних коливань динамічні навантаження збільшувались у 3,26 рази, а при повздовжньо-кутових резонансних коливаннях коефіцієнт динамічності зростав до 4,71. На величину динамічних навантажень суттєво впливають резонансні явища, жорсткість та демпфування коліс трактора.

### Висновки

1. Динамічні навантаження начіпного пристрою трактора КИЙ 14102 з масою начіпної сільськогосподарської машини в транспортному положенні більші при продольно-кутових коливаннях МТА, ніж при вертикальних коливаннях.

2. Регулювання тиску повітря в шинах коліс трактора КИЙ 14102 дає можливість зменшити коефіцієнт динамічності в елементах начіпного пристрою.

3. Для визначення впливу резонансних явищ на динамічні навантаження

начіпного пристрою трактора КИЙ 14102 з масою начіпної сільськогосподарської машини в транспортному положенні необхідно провести ретельне математичне моделювання процесів взаємодії мас МТА між собою та з опорною поверхнею.

### Бібліографія

1. Третяк В. М., Чабан В. В. Підвищення вантажності начіпних систем просапних тракторів в транспортному режимі. *Механізація і електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник*. Глеваха, 2016. Вип. 4 (103). С. 198–206.

2. Чабан В. В. Розробка вимірювального комплексу для визначення навантажень, які виникають в начіпному пристрої трактора кл. 1,4, при роботі МТА з навісним знаряддям в транспортному положенні: тези доповіді на міжнародній конференції.

3. Методы исследования движения МТА / А. В. Рославцев, В. А. Хаустов, В. М. Авдеев, В. М. Третяк, И. П. Сазонов, Е. Э. Гурковский. *Тракторы и сельхоз-машини*. 1998. № 6.

4. Средства исследования движения МТА / А. В. Рославцев, В. М. Авдеев,



В. М. Третьак, С. Л. Абдула, Н. Г. Амелин, И. П. Сазонов. *Тракторы и сельхозмашины*. 1999. № 3.

5. Третьак В. М. Влияние изменения массы модулей тягово-транспортных средств на показатели их движения. *Вестник Харьковско-автомобильно-дорожного университета*. Харьков, 2005. Вып. 29. С 202–204.

6. Третьак В. М. Методология обоснования масс и тяговых мощностей модульных тягово-транспортных средств. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Механізація сільськогосподарського виробництва*. Харків, 2006. Вип. 44. Т. 1.

7. Тензометрия в машиностроении: справ. пособие / Р. А. Макаров, А. Б. Ренский, Г. Х. Боркунский, М. И. Этингоф ; под ред. канд. техн. наук Р. А. Макарова. М.: Машиностроение, 1975. 287 с.

8. Анилович В. Я., Водолажченко Ю. Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов: издание 2-е, дополненное. М.: Машиностроение, 1976. 456 с.

9. Test 1640: Belarus 822, 820 800 M and 802M Diesel 18-Speed. Agricultural Research Division Institute of Agriculture and Natural Resources University of Nebraska-Lincoln

10. ДСТУ 7322:2013 Трактори сільськогосподарські. Загальні технічні умови.

11. Чудаков Д. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Колос. 1972.

12. Барский И. Б., Анилович В. Я., Кутьков Г. М. Динамика трактора. М.: Машиностроение, 1973. 280 с.

13. Третьак В. М. Втрати потужності в ходовій системі тягово-транспортних засобів при русі по опорній поверхні з утворенням колії. *Механізація і електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник*. Глеваха, 2016. Вип. 4 (103). С. 101–111.

### Bibliografia

1. Tretyak V. M., Chaban V. V. Pidvischennya vantazhnosti nachipnih sistem prosapnih traktoriv v transportnomu rezhimi. *Mehanizatsiya i elektrifikatsiya silskogo*

*gospodarstva: zagalnodержavniy zbirnik*. Glevaha, 2016. Vyp. 4 (103). S. 198–206.

2. Chaban V. V. Rozrobka vimlryuvalnogo kompleksu dlya viznachennya navantazhen, yakI vinikayut v nachlпnomu pristroYi traktora kl. 1,4, pri robotI MTA z navIsnim znaryaddyam v transportnomu polozhenniI: tezi dopovIdI na mIzhnarodnIy konferentsIYi

3. Metodyi issledovaniy dvizheniya MTA / A. V. Roslavtsev, V. A. Haustov, V. M. Avdeev, V. M. Tretyak, I. P. Sazonov, E. E. Gurkovskiy. *Traktoryi i selhozmashinyi*. 1998. № 6.

4. Sredstva issledovaniya dvizheniya MTA / A. V. Roslavtsev, V. M. Avdeev, V. M. Tretyak, S. L. Abdula, N. G. Amelin, I. P. Sazonov. *Traktoryi i selhozmashinyi*. 1999. № 3.

5. Tretyak V. M. Vliyanie izmeneniya massyi moduley tyagovo-transportnyih sredstv na pokazateli ih dvizheniya. *Vestnik Harkovskogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta*. Harkov, 2005. Vyp. 29. S 202–204.

6. Tretyak V. M. Metodologiya obosnovaniya mass i tyagovyih moschnostey modulnyih tyagovo-transportnyih sredstv. *Visnik harkivskogo natsionalnogo tehničnogo universitetu silskogo gospodarstva im. Petra Vasilenka. Mehanizatsiya silskogospodarskogo virobnitstva*. HarkIv, 2006. Vyp. 44. Т. 1.

7. Tenzometriya v mashinostroenii: sprav. posobie / R. A. Makarov, A. B. Renskiy, G. H. Borkunskiy, M. I. Etingof ; pod red. kand. tehn. nauk R. A. Makarova. М.: Mashinostroenie, 1975. 287 s.

8. Anilovich V. Ya., Vodolazhchenko Yu. T. Konstruirovaniye i raschet selskohozyaystvennyih traktorov: izdaniye 2-e, dopolnennoe. М. Mashinostroenie, 1976. 456 s.

9. Test 1640: Belarus 822, 820 800M and 802M Diesel 18-Speed. Agricultural Research Division Institute of Agriculture and Natural Resources University of Nebraska-Lincoln

10. DSTU 7322:2013 Traktori silskogospodarski. zagalni tehnicni umovi.

11. Chudakov D. A. Osnovy i teorii i rascheta traktora i avtomobilya. М.: Kolos, 1972.

12. Barskiy I. B., Anilovich V. Ya., Kutkov G. M. Dinamika traktora. М.: Mashinostroenie, 1973. 280 s.

13. Tretyak V. M. Vtrati potuzhnosti v hodoviy sistemi tyagovo-transportnih zasobiv pri rusi po oporniy poverhni z utvorennyam koliyi. *Mehanizatsiya i elektrifikatsiya silskogo gospodarstva: zagalnodержavniiy zbirnik*. Glevaha, 2016. Vyp. 4 (103). S. 101–111.

### Bibliography

1. Tretyak V. M., Chaban V. V. Increase of load of hinged systems of propulsion tractors in transport mode. *Mechanization and electrification of agriculture: national collection*. Glevakha, 2016. Issue 4 (103). P. 198–206.

2. Chaban V. V. Development of a measuring complex for determining the loads that arise in the clutch device of the tractor cl. 1, 4, with the work of the MTA with the hinged gun in the transport position: abstracts of the report at the international conference

3. Methods of research of the MTA movement / A. V. Roslavtsev, V. A. Khustov, V. M. Avdeyev, V. M. Tretyak, I. P. Sazonov, E. E. Gurkovsky. *Tractors and Agricultural Machinery*. 1998. No. 6.

4. Means of study of MTA movement / A. V. Roslavtsev, V. M. Avdeyev, V. M. Tretyak, S. L. Abdula, N. G. Amelin, I. P. Sazonov. *Tractors and Agricultural Machinery*. 1999. No. 3.

5. Tretyak V. M Influence of change of weight of modules of tow-vehicles on indicators of their movement. *The bulletin of the Kharkiv Automobile and Highway University*. Kharkiv, 2005. Issue 29. P. 202–204.

6. Tretyak V. M. Methodology for substantiating the masses and traction capacities of modular tow-vehicles. *Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after. Petr Vasilenko. Mechanization of agricultural production*. Kharkiv, 2006. Issue 44. Vol. 1

7. Tenzometry in mechanical engineering: problems allowance / R. A. Makarov, A. B. Rensky, H. Kh. Borkunsky, M. I. Aetinof; ed. cand. tech sciences R. A. Makarov. M.: Mechanical Engineering, 1975. 287 p.

8. Anilovich V. Ya., Vodolazhchenko Yu. T. Design and calculation of agricultural tractors: edition 2nd, supplemented. M.: Mechanical engineering, 1976. 456 p.

9. Test 1640: Belarus 822, 820 800M and 802M Diesel 18-Speed. Agricultural Research Division, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln 10. DSTU 7322: 2013 Agricultural tractors. General specifications.

10. Chudakov D. A. The basics of the theory and calculation of a tractor and a car. M.: Kolos, 1972

11. Barsky I. B., Anilovich V. Ya., Kut'kov G. M. Tractor dynamics. M.: Mechanical Engineering, 1973. 280 p.

12. Tretyak V. M Loss of power in the running system of towing vehicles in motion on the bearing surface with the formation of the track. *Mechanization and electrification of agriculture: national collection*. Glevakha, 2016. Issue 4 (103). P. 101–111.