

Галич І. В.,
Антощенко Р. В.,
Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка
м. Харків, Україна
E-mail: galich-ivan@ukr.net

ДО АНАЛІЗУ ВПЛИВУ КОЛИВАНЬ
ЕЛЕМЕНТІВ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО
АГРЕГАТУ НА ДИНАМІЧНІ ТА
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ

УДК 621.01:531.01

В роботі проведено аналіз теоретичних досліджень впливу коливань елементів машинно-тракторних агрегатів на прямолінійність його руху та збільшення ущільнюючого впливу на ґрунт. З даного аналізу видно, що коливання трактора призводять до коливань причіпних або навісних знарядь і як наслідок – порушення агротехнічних вимог для створення сприятливих умов зростання рослин, зниження тягово-зчіпних властивостей та ін. Окрім того, коливання трактора приводить до переущільнення ґрунтів, а це викликає зниження родючості ґрунтів і, внаслідок цього, врожайності польових культур.

Ключові слова: машинно-тракторний агрегат, коливання трактора, ущільнення ґрунту, прямолінійність руху.

Вступ. Однією з найбільш вагомих проблем розвитку сільського господарства є збільшення виробництва та підвищення якості виробленої продукції за рахунок застосування енергозберігаючих технологій, підвищення продуктивності і ефективності використання машинно-тракторних агрегатів (МТА), за рахунок оптимізації їх конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Підвищення продуктивності та ефективності використання МТА досягається за допомогою збільшення робочих швидкостей, ширини обробки та раціонального використання сільськогосподарських машин, що входять до складу агрегатів. Однак збільшення робочих швидкостей МТА і ширини обробки призводить до погіршення показників стійкості руху і маневреності МТА.

Аналіз публікацій. Конструктивно-компонувальна схема МТА – відносно розміщення основних агрегатів і робочого обладнання трактора, що відповідає його функціональному призначенню і що дозволяє використовувати трактор з найбільшою ефективністю. Компоновка підпорядкована функціональному призначенню МТА і характеризується сукупністю окремих конструктивних характеристик, а саме: розмірами і типом рушіїв; розташуванням агрегатів і систем; наявністю вільного простору для навішування машин, знарядь і установки технологічних місткостей; базою; величиною дорожнього та агротехнічного присвятив; координатами центру мас [1]. Конкретні технічні рішення та результати окремих досліджень з названих напрямів викладені в роботах [2, 3]. Але в даних роботах не було проведено дослідження впливу коливань трактора на прямолінійність руху МТА та збільшення ущільнюючого впливу на ґрунт.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження впливу коливань елементів МТА на прямолінійність його руху та збільшення ущільнюючого впливу на ґрунт.

Основна частина. На даному етапі розвитку тракторобудування підвищення потужності енергетичного засобу сприяє значному збільшенню коливань моменту двигуна внутрішнього згорання. Дані коливання розповсюджуються як в трансмісії, так і по всій машині в цілому. Коливання трансмісійної проявляються як вимушені, переважно крутильні, коливання її елементів, починаючи з колінчастого валу самого двигуна. Іншою причиною виникнення крутильних коливань трансмісії є змінний опір руху машини [4]. В трансмісії трактора виникають порівняно великі амплітуди коливань крутильних моментів. При певних частотах під дією змінних навантажень в трансмісії можуть виникати резонансні коливання, які впливають і на коливання рами МТА та швидкості.

При виникненні резонансних коливань, їх пропонується усувати шляхом виведення їх із зони експлуатаційних швидкостей руху. Це досягається за рахунок зміни числа обертів, моментів інерції мас і податливості ланок, а також введенням штучного демпфірування коливань [5]. У роботах проф. Г. М. Кутькова [6] показано, що коливання в трансмісії приводять до коливань рами трактора, а отже і коливань с.-г машин, що впливає на якість виконання технологічних процесів.

Аналіз літературних джерел [7, 8] показує, що для усунення можливості виникнення резонансних режимів в коливальній системі «двигун – трансмісія – ґрунт» застосовують спеціальні демпфуючі пристрої. При їх відсутності в трансмісії, коливальні навантаження передаються на двигун і викликають зміну частоти обертання колінчастого валу, що впливає на продуктивність МТА і навантаженість деталей трансмісії.

В роботі [6] для усунення динамічних і резонансних режимів в трансмісії тракторів пропонується знижувати жорсткість трансмісії і вводити демпфуючі пристрої, які поглинають коливання на резонансній частоті. Відзначається також підвищення плавності ходу трактора Т-150 при введенні в трансмісію гідротрансформатора або еластичних приводів. При цьому робиться висновок про те, що коливання в трансмісії суттєво підвищують коливання його остова.

У цій же роботі показано, що при жорсткій трансмісії трактора коливання частоти обертання колінчастого валу двигуна призводять до коливань швидкості поступального руху трактора, що впливає на його технологічні і експлуатаційні показники. При цьому на остов трактора діє вертикальна складова тягового опору, а на ходову частину – нерівності профілю колії. В результаті цього виникають вертикальні переміщення центру ваги остова трактора Z і кутові його коливання φ .

Вертикальні Z і кутові φ коливання остова трактора викликають радіальну деформацію шин, внаслідок чого змінюється радіус кочення колеса. Зміна радіуса кочення колеса призводить до виникнення коливань поступальної швидкості руху трактора навіть при постійній кутовій швидкості обертання ω_k , що підводиться до ведучого колеса (без урахування буксування):

$$\Delta V_{\text{пр}} = \omega_k \Delta r_k, \quad (1)$$

де Δr_k – динамічний радіус колеса.

По-друге, зміна радіуса кочення колеса викликає коливання моменту опору на ведучому колесі ΔM_k , переданого на двигун, що впливає з залежності:

$$\Delta M_k = P_k \cdot \Delta r_k, \quad (2)$$

де P_k – дотична сила тяги на ведучому колесі трактора.

Таким чином, коливання остова трактора викликають коливання частоти обертання колінчастого валу через системи автоматичного регулювання і швидкості руху трактора. Крутний момент на ведучих колесах врівноважують моменти сил реакції на опорах остова, які запобігають обертання трактора навколо осі ведучого колеса.

Внаслідок цього на опорах виникають реакції як від дії маси трактора, так і від дії крутного моменту на ведучому колесі. Дія маси постійна, а крутний момент безперервно коливається. Це свідчить про те, що остов трактора розгойдується внаслідок змін крутного моменту на ведучих колесах, тобто внаслідок коливань в трансмісії.

У роботах [6, 8] показано, що одним з критеріїв оцінки тягово-динамічних якостей МТА можна використовувати амплітуду $\Delta\omega$ коливань кутової швидкості колінчастого валу двигуна або амплітуду коливань кута його повороту $\Delta\varphi$. Ці амплітуди впливають на коливання швидкості поступального руху МТА та на агротехнічні показники.

В роботах Золотаревської Д.І. [9, 10] розглянуто коливання, обумовлені нерівностями шляху з урахуванням впливу даних коливань на ущільнення ґрунту. При цьому

прийнято допущення, що нерівності мають рівномірний закон розподілу. Вимушені вертикальні коливання трактора викликаються гармонійними коливаннями вертикальних реакцій ґрунту на рухомі колеса. Кругові частоти ω_j коливань збуджуючих сил залежать від швидкості v трактора і наведених кутових швидкостей коліс [11]. Вважаючи, що на ділянці поля довжиною 1 м в середньому зустрічається одна нерівність, взяли, що частоти ω_j приблизно рівні наведеним кутовим швидкостям коліс. За результатами розрахунків, виконаних за комп'ютерною програмою, вертикальних коливань $x(t)$ і $y(t)$ осей трактора побудовані графіки, що характеризують їх коливання. Вертикальні коливання передньої і задньої осей трактора Т-150К розраховані наступним чином:

$$\begin{aligned} x &= 7,69e^{-0,0577t} \sin(0,5555t - 0,6761) - 1,24\sin(2,5062t) - \\ &- 0,04\sin(2,7302t) - 0,01\cos(2,5062t); \\ y &= y(t) - 4,63 = 12,49e^{-0,0577t} \sin(0,5555t - 0,6761) - 0,04\sin(2,5062t) - \\ &- 1,73\sin(2,7362t) - 0,04\cos(2,5062t). \end{aligned} \quad (3)$$

На рис. 1 наведено залежності вертикальних коливань від часу передньої (1) і задньої (2) осей трактора Т150-К при його русі по ґрунті зі швидкістю $v = 2$ м/с (коефіцієнти буксування коліс $\delta_1 = 0,1$; $\delta_2 = 0,09$; $P_1 = P_2 = 0,2$ кН).

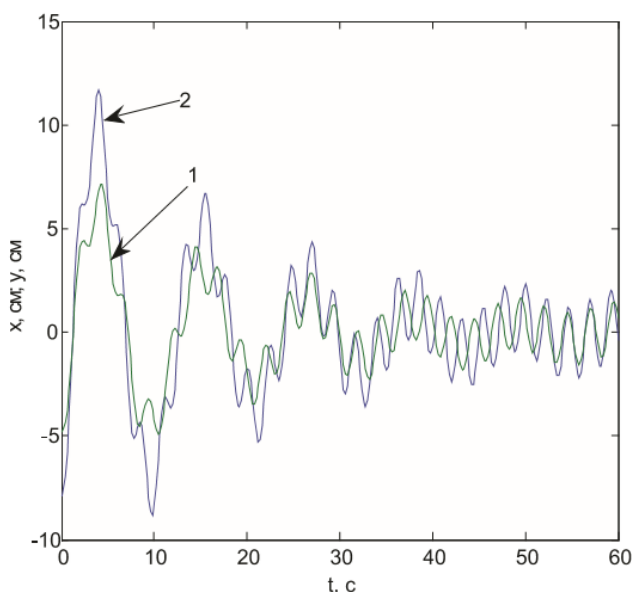


Рис. 1 – Залежності вертикальних коливань передньої (1) і задньої (2) осей трактора Т-150К від часу при його русі по ґрунті зі швидкістю $v = 2$ м/с

Висновки. Коливання трактора, що виникають при виконанні технологічних операцій разом з навісним та причіпним обладнанням, пов'язаних з вирощуванням сільськогосподарських культур, призводять до порушення агротехнічних вимог для створення сприятливих умов зростання рослин (глибина обробітку ґрунту, закладення насіння та ін.), знижують тягово-зчіпні властивості трактора, погіршують умови праці водія, зменшують його працездатність, надають шкідливий вплив на роботу механізмів, викликаючи їх передчасний знос. Також, коливання трактора приводить до переуцільнення ґрунтів, а це викликає зниження родючості ґрунтів і, внаслідок цього, врожайності польових культур.

Вплив величини коливань на стійкість та прямолінійність руху навісного та причіпного обладнання вивчено не в повній мірі та потребує подальшого дослідження.

Литература

1. Компоновка тракторів [електронний ресурс] / Режим доступу: <http://vostokagro.info/dokumentaciya/komponovka-traktorov.html>.
2. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Коваля. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
3. Надикто В. Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві / В. Т. Надикто, М. Л. Крижачківський, В. М. Кюрчев, С. Л. Абдула. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2006. – 337 с.
4. Калінін Є. І. Вплив обертання елементів трансмісії як пружної системи на власні коливання / Є. І. Калінін - Інженерія природокористування, 2016, - С 24-28.
5. Поливаев О. И. Использование универсально-пропашных тракторов на транспортных и пахотных работах / О. И. Поливаев, О. М. Костиков, А. В. Панков, О. С. Ведринский. -Техника в сельском хозяйстве. 2009. -№2. -С.14-15.
6. Кутьков Г. М. Тяговая динамика тракторов / Г. М. Кутьков. – М.: Машиностроение, 1980. - 212 с.
7. Борисов С. Г. Оценка эффективности крутильных колебаний на ведомых дисках муфты сцепления СМД-14 / С. Г. Борисов, С. А. Лапшин. Тракторы и сельхозмашины. 1971. - № 2. - С. 13-14.
8. Барский И. Б., Анилович В. Я., Кутьков Г. М. Динамика трактора. -М.: Машиностроение, 1973, -280 с.
9. Золотаревская Д. И. Оценка влияния основных факторов на колебания колесного трактора с вязкоупругой передней подвеской // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10 (часть 3), – С. 359-369.
10. Золотаревская Д. И. Математическое моделирование колебаний колесного трактора и уплотнения почвы при выполнении трактором полевых работ // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 12 (часть 1) – С. 92-93.
11. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. – М.: КолосС, 2004. – 504 с.

Summary

Galych I., Antoshchenkov R. To the analysis of influence vibrations of elements machine-tractor aggregates on dynamic and operational parameters

In the work the analysis of theoretical studies of the influence of the oscillations of elements of machine-tractor aggregates on the straightforwardness of its movement and increase of the compaction effect on the soil have been carried out. From this analysis it can be seen that the tractor's vibrations cause oscillations of hook or hinged guns and, as a consequence, violations of agrotechnical requirements for creating favorable plant growth conditions, reduction of traction-coupling power plants, etc. In addition, tractor fluctuations lead to over-compaction of soils, which results in lower soil fertility and, consequently, crop yields.

Keywords: machine-tractor unit, tractor fluctuations, soil compaction, direct-motility of the movement.

References

1. Komponovka traktorov [yelektronniy resurs] / Rezhim dostupu:

<http://vostokagro.info/dokumentaciya/komponovka-traktorov.html>.

2. Suchasni tendentsiyi rozvytku konstruktsiy sil's'kohospodars'koyi tekhniki / Za red. V. I. Kravchuka, M. I. Hrytsyshyna, S. M. Kovalya. – K.: Ahrarna nauka, 2004. – 396 s.
3. Nadykto V. T. Novi mobil'ni enerhetychni zasoby Ukrayiny. Teoretychni osnovy vykorystannya v zemlerobstvi / V. T. Nadykto, M. L. Kryzhachkivs'kyy, V. M. Kyurchev, S. L. Abdula. – Melitopol': TOV «Vydavnychyy budynok MMD», 2006. – 337 s.
4. Kalinin Y. I. Vplyv obertannya elementiv transmissiyi yak pruzhnoyi systemy na vlasni kolyvannya / Y. I. Kalinin – Inzheneriya pryrodokorystuvannya, 2016, – S 24-28.
5. Polivayev O. I. Ispol'zovaniye universal'no-propashnykh traktorov na transportnykh i pakhotnykh rabotakh / O. I. Polivayev, O. M. Kostikov, A. V. Pankov, O. S. Vedrinskiy. - Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2009. – №2. – S.14-15.
6. Kut'kov G. M. Tyagovaya dinamika traktorov / G. M. Kut'kov. – M.: Mashinostroyeniye, 1980. - 212 c.
7. Borisov S. G. Otsenka effektivnosti krutil'nykh kolebaniy na vedomykh diskakh mufty stsepleniya SMD-14 / S. G. Borisov, S. A. Lapshin. Traktory i sel'khoz mashiny. 1971. – № 2. – С. 13-14.
8. Barskiy I. B., Anilovich V. Y., Kut'kov G. M. Dinamika traktora. –M.: Mashinostroyeniye, 1973, – 280 s.
9. Zolotarevskaya D. I. Otsenka vliyaniya osnovnykh faktorov na kolebaniya kolesnogo traktora s vyazkouprugoy peredney podveskoy // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. – 2013. – № 10 (chast' 3), – S. 359-369.
10. Zolotarevskaya D. I. Matematicheskoye modelirovaniye kolebaniy kolesnogo traktora i uplotneniya pochvy pri vypolnenii traktorom polevykh rabot // Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. – 2015. – № 12 (chast' 1) – S. 92-93.
11. Kut'kov G. M. Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskiye svoystva. – M.: Kolos, 2004. – 504 s.