**Зданевич С.В.**

к.т.н., доцент

Погребняк Р.П.

к.т.н., доцент

**Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет****Зданевич С.С.**

Викладач

**Комунальний
«Ліцей №22»**

заклад

Гурідова В.О.

старший викладач

**Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет****Zdanevych S.**

Ph.D., Associate Professor

Pogrebnyak R.

Ph.D., Associate Professor

**Dnipro State Agrarian and
Economic University****Zdanevych S.**

Lecturer

**Municipal institution
«Lyceum № 22»****Huridova V.**

Senior Lecturer

**Dnipro State Agrarian and
Economic University****УДК 631.316****DOI: 10.37128/2306-8744-2025-1-14**

НАТУРНІ ВИМІРЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРИЧІПНОГО ШИРОКОЗАХВАТНОГО КУЛЬТИВАТОРА HORSCH FG 18.30 В РЕЖИМІ КУЛЬТИВАЦІЇ

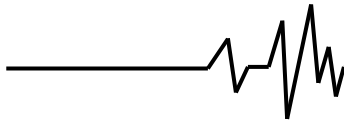
Впровадження причіпних широкозахватних культиваторів та посівних комплексів суттєво збільшує продуктивність сучасних технологій зернового рослинництва та забезпечується за рахунок використання тракторів збільшеної ефективної потужності (до 500 к.с.). Сучасні культиватори та посівні комплекси здатні швидко трансформуватися з транспортного положення в робочий стан, мають значну масу і габарити. З метою визначення характеру і величини дійсних навантажень і напружень елементів широкозахватних культиваторів Horsch FG 18.30 проведені натурні випробування на важких чорноземах Дніпропетровської області України в режимі культивації. Зареєстрований знакозмінний коливальний характер бічної складової сили різання на лапі, максимальне значення якої становило 1,03 кН, максимальне короточасне значення головної складової сили різання - 4,3 кН, середні величини змінювалися в межах 1,86...2,35 кН. При польових випробуваннях в різних режимах культивації зафіксоване тягове зусилля на зчіпці культиватора з трактором мало нестационарний характер і змінювалося в діапазоні 87...253 кН. На основі даних натурних вимірів несучої конструкції культиватора Horsch FG 18.30, проведений аналіз отриманих розрахункових даних напружено-деформованого стану елементів несучої конструкції, визначені їх запаси міцності. Визначені експериментальним шляхом діючі навантаження на елементи рами культиватора є вхідними даними в розробку розрахункової моделі для виконання аналізу напруженого стану конструкції. Встановлені напрями раціональної зміни сортаменту і матеріалу трубчастих елементів балок рам культиватора за критерієм загального зниження металоемкості несучої конструкції при збереженні необхідної міцності.

Ключові слова: причіпний широкозахватний культиватор, несуча конструкція, лапа, стояк, технологічні навантаження, тензодатчик, напруження.

Постановка проблеми. Широкозахватні культиватори для поверхневої обробки ґрунту виробництва «Horsch» (Німеччина) - це універсальні і дуже ефективні машини, які здійснюють обробку ґрунту строго на задану глибину, при цьому досягається: вирівнювання поверхні ґрунту; механічна боротьба з бур'янами;

збереження на поверхні поля більше 80% поживних залишків; суттєва економія паливно-мастильних матеріалів.

Культиватори Horsch FG 18.30 (рис.1) з шириною захвату 18,3 м оснащені спеціальними лапами, які використовуються для суцільного обробітку всієї поверхні ґрунту на глибину 5...20 см.



Тандемне шасі і опорні колеса забезпечують точну глибину ведення культиваторних лап.



Рис.1. Трактор Caterpillar «Challenger» з причіпним широкозахватним культиватором Horsch FG 18.30

Блок безпеки лапи TerraGrip, з висотою відхилення до 30 см, забезпечує точну глибину культивації. До культиватора додана 3-х рядна борона, яка вирівнює пожнивні залишки і подрібнює ґрунт. Культиватор Horsch FG 18.30 також застосовується у зчипці з агрегатом для внесення рідких добрив (АВРД).

При експлуатації культиватора FG 18.30 були виявлені локальні руйнування та тріщини в зварних швах (рис.2) металоконструкції рам та механізмів, що обумовлено складними нестационарними режимами навантаження в функціональних положеннях несучої конструкції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впровадження причіпних широкозахватних культиваторів та посівних комплексів суттєво збільшує продуктивність сучасних технологій зернового рослинництва та забезпечується за рахунок використання тракторів збільшеної потужності (до 500 к.с.).

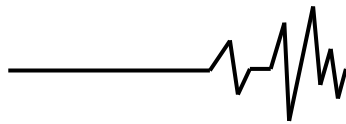
Додаткові інерційні навантаження в транспортному положенні [1] обумовлені істотною масою культиватора і значною вертикальною складовою пришвидшення при наїзді екіпажу на перешкоду, що також може стати причиною руйнування елементів підвіски опорних коліс та інших деталей несучої конструкції.

Аналіз літературних джерел [2] вказує на недостатність і неповноту інформації про комплексні експериментальні дослідження причіпних широкозахватних культиваторів з метою визначення навантаження на елементи несучої конструкції (НК).

Культиватори [3] здатні швидко трансформуватися з транспортного положення в робочий стан, мають значну масу і габарити. Нестационарний характер сили різання на лапі культиватора зафіксовано в дослідженнях [4, 5].



Рис. 2. Локальні руйнування та тріщини в зварних швах центральної рами культиватора: а) трубчаста ось в механізмі підйому; б) передня опора



Мета роботи. Метою досліджень є отримання достовірних даних з визначення технологічних збурень та навантажень рам НК у режимі культиватії шляхом експериментального комплексного аналізу напруженого стану елементів металоконструкції, обґрунтування раціонального вибору їх сортаменту і матеріалу для підвищення надійності НК культиватора.

Основні результати дослідження.

При підготовці інструментального дослідження в польових умовах за попередніми розрахунками був здійснений вибір контрольних точок виміру технологічних зусиль та деформацій елементів рами НК культиватора.

На стояку лапи змонтований вимірювальний тензометричний вузол (рис.3), який здатний реагувати на поздовжню та поперечну деформацію стояка, яка викликана зміною головної (P_y) та бічної (P_x) складових сили різання.

Підготовлені вимірювальні вузли А і Б (стояк лапи з тензодатчиками омичного опору) було встановлено за схемою (рис. 4). На вузлу безпеки лапи співвісно з віссю хитання стояка лапи змонтований реохордний датчик, який здатний реагувати на можливе кутове переміщення стояка лапи.

На підставі попереднього аналітичного розрахунку було обрано чотири вимірювальні точки на елементах центральної рами

культиватора (рис. 4): розтягнення опори переднього шарніра з'єднання центральної та середньої рами (т.1); вигин опори переднього шарніра з'єднання центральної та середньої рами (т.2); вигин поздовжньої балки центральної рами щодо вертикальної осі (т.3); вигин поперечної балки центральної рами щодо вертикальної осі (т.4).

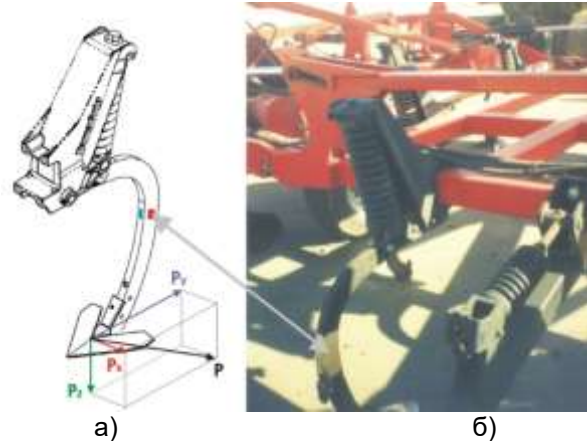
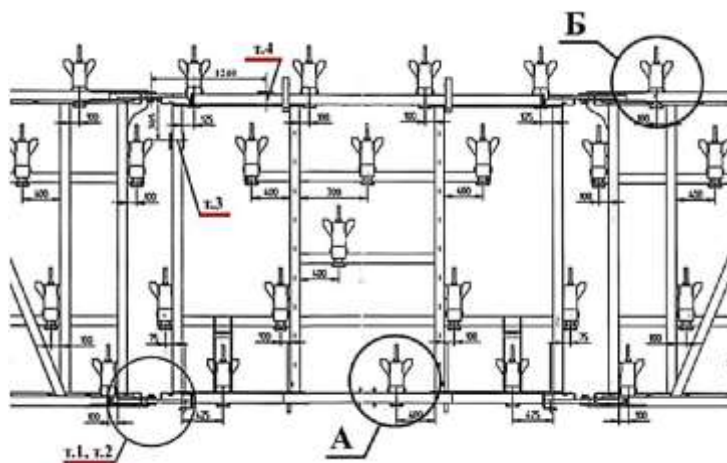


Рис. 3. Розрахункова схема (а) та місця встановлення (б) тензодатчиків на стояку лапи культиватора для реєстрації головної P_y та бічної P_x складової сили різання



т.1, т.2



т.3



т.4

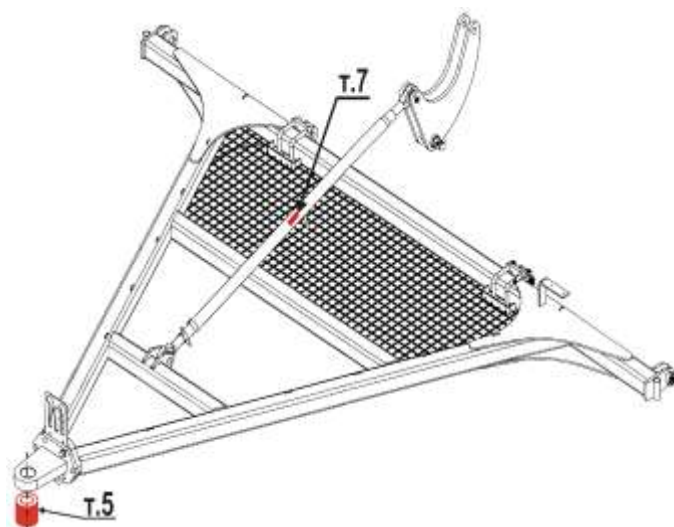
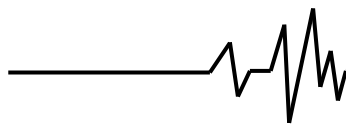


А



Б

Рис. 4. Місця встановлення: вимірювальних вузлів (А, Б) для визначення складових сили різання; вимірювальні точки (т.1, т.2, т.3, т.4) на балках центральної рами культиватора



а)

б)



в)



Рис. 5. Дишло культиватора: а) місця розміщення вимірювальних точок; б) месдоза стиску 40 кН (т.5); в) тяга рами дишла з тензодатчиками (т.7)

Характерні фрагменти осцилограм зміни силових параметрів та напруженого стану елементів НК культиватора Horsch FG 18.30 в польових умовах наведені на рисунку 6.

При польових випробуваннях у різних режимах культивації зафіксоване тягове зусилля Q на зчипці культиватора з трактором мало нестаціонарний характер і змінювалося в діапазоні 87...253 кН.

Зареєстровано (рис.6) знакозмінний характер бічної складової сили різання P_x на лапі, максимальне значення якої становило 1,03 кН.

Максимальне зареєстроване короткочасне значення головної складової сили різання $P_y = 4,3$ кН, середні величини змінювалися в межах 1,86...2,35 кН.

Максимальне зареєстроване зусилля розтягування опори переднього шарніра у

з'єднання центральної та середньої рам (т.1, рис.4) вздовж осі X складо 156 кН, що викликає напруження розтягу у вертикальному небезпечному перерізі опори шарніра 59,8 МПа.

Зареєстровані згинальні деформації опори переднього шарніра у з'єднання центральної та середньої рам (т.2, рис.4) навколо вертикальної осі Z викликають нормальні напруження до 275,5 МПа.

Максимальні нормальні напруження при згині поздовжньої зовнішньої балки (т.3, рис.4) центральної рами щодо вертикальної осі Z склали 76,9 МПа.

Максимальні нормальні напруження при згині задньої балки (т.4, рис.4) центральної рами щодо вертикальної осі Z склали 62 МПа.

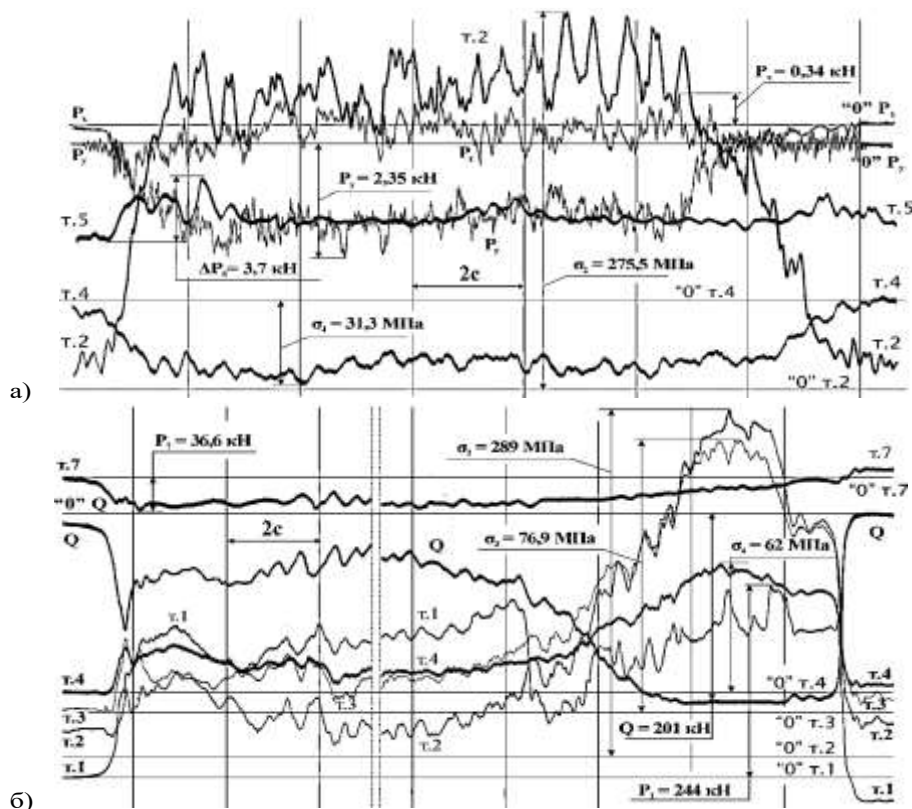
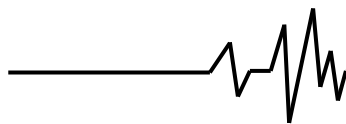


Рис. 6. Фрагменти осцилограм зміни силових параметрів та напруженого стану елементів НК культиватора Horsch FG 18.30 в режимі граничного заглиблення та виглиблення лап (лапа 37 см) при швидкості руху: а) 7 км/год; б) 7,5 км/год з подальшим буксуванням

Висновки. На основі даних натурних вимірів навантаження широкозахватного культиватора Horsch FG 18.30 у режимі культивації може бути проведений достовірний аналіз напружено-деформованого стану елементів несучої конструкції, результати якого визначають їх запаси міцності, виявляють елементи і з'єднання, що підлягають підсиленню. Комплексний аналіз напруженого стану несучої металоконструкції культиватора встановлює напрями раціональної зміни сортаменту і матеріалу трубчастих елементів балок рам за критерієм загального зниження металоємкості при збереженні необхідної міцності.

Список використаних джерел

1. Зданевич С.В., Погребняк Р.П. Експериментальне дослідження та моделювання динаміки екіпажу з безресорною незалежною підвіскою коліс при наїзді на перешкоду. *Підйомно-транспортна техніка (Hebezeuge und Fördermittel)*. 2010. №2. С.81-86.

2. Рибак Т.І., Поповичі П.В., Дутка А.Б., Цьонь О.П. Оцінка фактичної міцності та ресурсу критичних елементів основних несучих конструкцій с.-г. машин. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва*. 2012. Вип. 128. С. 24-28.

3. Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Ящук Є.В. Математичне моделювання гідропривода переведення широкозахватного сільськогосподарського агрегату із транспортного положення у робоче. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. № 3 (106). С.54-63. doi: 10.37128/2306-8744-2022-3-8.

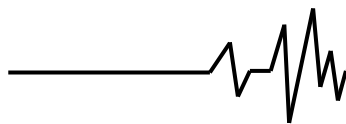
4. Алфьоров О.І., Антощенко Р.В., Юр'єва Г.П. Експериментальне дослідження коливань робочих органів культиватора на пружній стійці. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. 2018. Вип. 296. С.129-132. doi: 10.31548/machenergy.2018.02.129-132.

5. Алфьоров О.І. Динамічні характеристики робочих органів культиватора при інтенсифікованому процесі обробки ґрунту. *Інженерія природокористування*. 2021. №3(21). С. 73-81. doi: 10.5281/zenodo.7317344.

References

1. Zdanevych, S.V., & Pohrebniak, R.P. (2010). Eksperymentalne doslidzhennia ta modeliuvannia dynamiky ekipazhu z bezresornoju nezaleznoi pidviskoju kolis pry naizdi na pereshkodu. *Pidymno-transportna tekhnika (Hebezeuge und Fördermittel)*, 2, 81-86. [in Ukrainian].

2. Rybak, T.I., Popovychi, P.V., Dutka, A.B., & Tson, O.P. (2012). Otsinka faktychnoi mitsnosti ta



resursu krytychnykh elementiv osnovnykh nesuchykh konstrukttsii s.-h. mashyn. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva. Problemy nadiinosti mashyn ta zasobiv mekhanizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva*, 128, 24-28. [in Ukrainian].

3. Sharhorodskiy, S.A., Rutkevych, V.S., & Yashchuk, Ye.V. (2022). Matematychni modeliuvannia hidropyvoda perevedennia shyrokozakhvatnoho silskohospodarskoho ahrehatu iz transportnoho polozhennia u roboche. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, 3(106), 54-63. doi: 10.37128/2306-8744-2022-3-8. [in Ukrainian].

4. Alforyov, O.I., Antoshenkov, R.V., & Yuryeva, G.P. (2018). Eksperymentalne doslidzhennia kolyvan robochykh orhaniv kulyvatora na pruzhnii stiitsi. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu biosursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: tekhnika ta enerhetyka AP*, 296, 129-132. doi: 10.31548/machenergy.2018.02.129-132. [in Ukrainian].

5. Alforyov, A.I. (2021). Dynamichni kharakterystyky robochykh orhaniv kulyvatora pry intensyfikovanomu protsesi obrobittu gruntu. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia*, 3(21), 73-81. doi: 10.5281/zenodo.7317344. [in Ukrainian].

FIELD MEASUREMENTS OF DYNAMIC LOAD ON THE BASE STRUCTURE OF THE TRAILED WIDE- GRIP CULTIVATOR HORSCH FG 18.30 IN CULTIVATOR MODE

The introduction of trailed wide-grip cultivators and seeding complexes significantly increases the productivity of modern grain crop production technologies

and is ensured by the use of tractors with increased effective power (up to 500 hp). Modern cultivators and seeding complexes are able to quickly transform from transport position to working position, have considerable mass and dimensions. In order to determine the nature and magnitude of the actual loads and stresses of the elements of the wide-grip cultivators Horsch FG 18.30, field tests were conducted on heavy chernozem soils in the Dnipropetrovsk region of Ukraine during the cultivation mode. The sign-alternating oscillatory nature of the lateral component of the cutting force on the shank was registered, the maximum value of which was 1.03 kN, the maximum short-term value of the main component of the cutting force was 4.3 kN, the average values varied within 1.86...2.35 kN. During field tests in different cultivation modes, the recorded traction force on the cultivator-tractor hitch showed a non-stationary nature and varied in the range of 87...253 kN. Based on the data of full-scale measurements of the supporting structure of the cultivator Horsch FG 18.30, an analysis of the obtained calculated stress-strain state data of the supporting structure elements was carried out, and their safety margins were determined. Experimentally determined loads acting on the elements of the cultivator frame are input data for developing a calculation model to perform an analysis of the stressed state of the structure. The directions for rational changes in the assortment and material of the tubular elements of the cultivator frame beams were established according to the criterion of overall reduction in metal consumption of the supporting structure while maintaining the required strength.

Keywords: trailed wide-grip cultivator, supporting structure, cultivator leg, cultivator shank, technological loads, strain gauge, stress.

Відомості про авторів

Зданевич Сергій Володимирович - кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики, фізики та загальноінженерних дисциплін Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова 25, м. Дніпро, 49009, Україна, e-mail: zdanevych.s.v@dsau.dp.ua)

Погребняк Родіон Петрович - кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики, фізики та загальноінженерних дисциплін Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова 25, м. Дніпро, 49009, Україна, e-mail: pohrebniak.r.p@dsau.dp.ua)

Зданевич Степан Сергійович – викладач, комунальний заклад «Ліцей № 22» (вул. Сержанта Коновалова, 21, м. Кам'янське, Дніпропетровська обл., 51935, Україна, e-mail: zdanevichss@gmail.com)

Гурідова Вікторія Олександрівна – старший викладач кафедри вищої математики, фізики та загальноінженерних дисциплін Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова 25, м. Дніпро, 49009, Україна, e-mail: huridova.v.o@dsau.dp.ua)

Zdanevych Serhii – PhD, Associate Professor Department of Higher Mathematics, Physics and General Engineering Disciplines Dnipro State Agrarian and Economic University (Sergiy Yefremov str., 25, Dnipro, Ukraine, 49009, e-mail: zdanevych.s.v@dsau.dp.ua)

Pogrebnyak Rodion – PhD, Associate Professor Department of Higher Mathematics, Physics and General Engineering Disciplines Dnipro State Agrarian and Economic University (Sergiy Yefremov str., 25, Dnipro, Ukraine, 49009, e-mail: pohrebniak.r.p@dsau.dp.ua)

Zdanevych Stepan – Lecturer Municipal institution «Lyceum № 22» (Serzhanta Kononov str., 21, Kamianske, Dnipropetrovsk region, Ukraine, 51935, e-mail: zdanevichss@gmail.com)

Huridova Viktoriia – Senior Lecturer Department of Higher Mathematics, Physics and General Engineering Disciplines Dnipro State Agrarian and Economic University (Sergiy Yefremov str., 25, Dnipro, Ukraine, 49009, e-mail: huridova.v.o@dsau.dp.ua)