

Міністерство освіти і науки України
Ministry of Education and Science of Ukraine

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
SCIENCE JOURNAL

**ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС АГРОПРОМИСЛОВОГО,
ЛІСОВОГО ТА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСІВ**

2018, № 12

**Technical service of agriculture, forestry
and transport systems 2018, № 12**

Харків – 2018 – Kharkiv

**НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС АГРОПРОМИСЛОВОГО,
ЛІСОВОГО ТА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСІВ»**

**SCIENCE JOURNAL «TECHNICAL SERVICE OF AGRICULTURE,
FORESTRY AND TRANSPORT SYSTEMS»**

Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів» містить оглядові статті та результати досліджень у відповідності із рубриками:

- Технічний сервіс машин агропромислового комплексу.
- Технічний сервіс машин лісового та транспортного комплексів.
- Технології та засоби діагностування.
- Проблеми використання паливомастильних матеріалів та альтернативних видів палив.
- Техніка і технології тваринництва.
- Проблеми надійності.
- Проблеми відновлення деталей машин.
- Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження.
- Питання сприяння розвитку науки і техніки
- Інноваційні методи та технології у підготовці фахівців.

Журнал призначений для виробників, викладачів, наукових співробітників, аспірантів і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Засновник: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. Наказом МОН №132 від 21.12.15. журнал включено до Переліку наукових фахових видань України.

Журнал виходить 2 – 4 рази на рік. Мова видання: українська, російська, англійська.

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка (протокол № 7 від 29.03.2018).

ISSN 2311-441X

©Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, 2017.

Journal "Technical service of agriculture, forestry and transport systems" comprising review articles and research results, researches in accordance with sections:

- Technical service machines agricultural sector.
- Technical service forestry machinery and transport facilities.
- Technology and diagnostics.
- Poor use of fuel, lubricants and alternative fuels.
- Engineering and Technology livestock.
- Problems of reliability.
- Poor recovery.
- The problems of energy supply and energy efficiency.
- The issue of promoting science and technology

The magazine is designed for manufacturers, teachers, researchers, graduate students and students who specialize in the relevant or related fields of science and production areas.

Founder: Kharkov National University, technically agriculture Petro Vasilenko. Order of MES №132 from 12.21.15. magazine included in the list of scientific professional publications of Ukraine.

The magazine is published 2 - 4 times a year. Language: Ukrainian, Russian and English.

Approved for publication decision of the Academic council of Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (report № 7 from 29.03.2018).

ISSN 2311-441X

© Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, 2017.

Редакційна колегія:

Головний редактор – **Войтов В.А.**, д.т.н., проф.
(Україна, Харків)

Заступник головного редактора – **Науменко О.А.**,
к.т.н., проф., академік Інженерної академії України
(Україна, Харків)

Відповідальний секретар – **Калінін Є.І.**, к.т.н., доц.
(Україна, Харків)

Члени редакційної колегії:

Марьян Г.Ф., д. т. н., проф., (Молдова, Кишинев)
Пастухов А.Г., д. т. н., проф., (Росія, Белгород)
Jozef Kolodziejv, д. т. н., проф., (Польща, Люблін)
Скобло Т.С., д. т. н., проф., (Україна, Харків)
Сідашенко О.І., к. т. н., проф., (Україна, Харків)
Власовець В.М., д. т. н., проф., (Україна, Харків)
Козаченко О.В., д. т. н., проф., (Україна, Харків)
Тришевський О.І., д. т. н., проф., (Україна, Харків)
Кухтов В.Г., д. т. н., проф., (Україна, Харків)
Суска А.А., к. е. н., (Україна, Харків)
Нагорний С. А., к. с-г. н., доц., (Україна, Харків)
Гринченко О. С., д. т. н., проф., (Україна, Харків)
Jerzy Grudzinski, д. т. н., проф., (Польща, Люблін)

Editorial Board:

Chief Editor — **V. Vojtov**, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)

Deputy Chief Editor — **A. Naumenko**, Ph.D., Prof.,
(Ukraine, Kharkov)

Secretary — **E. Kalinin**, Ph.D., (Ukraine, Kharkov)

Members of the Editorial Board:

G. Maryan, Dr.Sc., Prof. (Moldova, Chisinau)
A. Pastuhov, Dr.Sc., Prof. (Russia, Belgorod)
J. Kolodziejv, Dr.Sc., Prof. (Poland, Lublin)
T. Skoblo, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)
A. Sidashenko, Ph.D., Prof., (Ukraine, Kharkov)
V. Vlasovets, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)
O. Kozachenko, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)
O. Trishevsky, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)
V. Kuhtov, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)
A. Suska, Ph.D., (Ukraine, Kharkov)
S. Nagorniy, Ph.D., (Ukraine, Kharkov)
O. Grynchenko, Dr.Sc., Prof., (Ukraine, Kharkov)
J. Grudzinski, Dr.Sc., Prof. (Poland, Lublin)

Адреса редакції:

*ННІ ТС, ХНТУСГ ім. П. Василенка,
просп. Московський 45, Харків,
Україна, 61050*

Тел.: +38 (057) 732-98-16

Сайт: <http://www.techservis.com.ua>

E-mail: gurnal_tc@ukr.net

ЗМІСТ

Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Рыбалко И.Н., Сатановский Е.А., Олейник А.К. Влияние добавки высокодисперсных алмазов на триботехнические характеристики пластичной графитной смазки	10
Zhukov A.N. Strengthening of face impulse seals rings by electroerosive alloying method	15
Бантковський В.А., Іванов В.І., Мартиненко О.Д., Гожа Д.М. Оценка качества ремонта технологического оборудования	26
Гевко Р.Б., Залуцький С.З., Клендій О.М., Погріщук Б.В., Добіжа Н.В. Визначення потужності на привід гвинтового конвеєра з секційною еластичною робочою поверхнею та його продуктивності	33
Павленко С.І. Розробка експериментальної установки для дослідження технічних засобів механізованих технологічних процесів компостування органічних відходів.....	43
Троханяк В.І., Антипов Є.О., Богдан Ю.О. Розробка та чисельне моделювання теплообмінного обладнання нової конструкції для систем підтримання мікроклімату у птичниках	50
Попович П.В., Шевчук О.С., Цьонь О.П., Марценко Н.С. Підвищення рівня безпеки ділянки вулично-дорожньої мережі м. Тернополя технічно- організаційними шляхами	59
Науменко О.А., Вітковський Ю.П. Аналіз перспективних спрямувань відновлення технічного потенціалу галузі тваринництва	66
Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Клендій В.М., Тесля В.О., Навроцька Т.Д., Радик М.Д. Дослідження динаміки процесу калібрування витка конічної гвинтової заготовки на крок	74
Козаченко О.В., Каденко В.С., Шкрегаль О.М., Блезнюк О.В., Макаров В.Є. Дослідження зносостійкості різальних елементів на круговому стенді	83
Гаврон Н.Б., Кучвара І.М., Шевчук О.С., Конончук О., Матвійшин А.Й., Коваль Ю.Б. Експериментальні дослідження експлуатаційної навантаженості сільськогосподарського транспортного засобу.....	89
Лімонт А.С., Климчук В.М. Вплив режиму роботи підбирального барабана прес-підбирачів і параметрів скочуваного шару льонотрести на масу її рулонів.....	96
Лузан С.А. Алгоритм разработки технологии наплавки защитных покрытий, модифицированных композиционными материалами	109
Мнушка О.В. SCADA на основі промислового інтернету речей: архітектура системи	117
Гевко Б.М., Слободян Л.М., Маруніч О.П., Гупка В.В. Особенности конструкций гвинтовых завантажувачів машин	125

Білик С.Г., Диня В.І., Фльонц О.І., Клендій М.І., Семенів І.І., Марчук Н.М. Пневматичний автоматизований пристрій для сверління отворів в трубчастих заготовках і нарізання різі	130
Ачкевич О.М., Ачкевич В.І. Аналіз конструкцій колекторів доїльних апаратів та їх вплив на якість отриманого молока.....	134
Скобло Т.С., Автухов А.К., Сидашенко А.И., Белкин Е.Л., Цыганкова И.В. Теоретическая оценка условий кристаллизации отливок листопрокатных валков.....	141
Ніконов О.Я., Шуляков В.М., Фастовець В.І. Розроблення математичної моделі інформаційно-керуючої системи адаптивної підвіски автомобіля.....	147
Адамчук В. В., Дмитрів І. В., Дмитрів В. Т. Модель бістабільної стрибкоподібної мембрани, як елемент системи керування	154
Тришевський О.І., Ахлестін В.Л., Мухамед'янов С.В. Визначення впливу зусиль тертя на формування поперечних замкнутих гофрів	162
Карнаух М.В., Войтов В.А. Эксплуатационные испытания транспортного средства на смесевом составе биотоплива по магистральным и городским ездовым циклам	167
Паславський В.Р. Теоретичні дослідження робочого циклу малогабаритного шнекового олійного пресу	177
Потаман Н.В. Обстеження пасажиропотоків на транспорті загального користування у місті Слов'янськ	186
Северин О.О., Шуліка О.О. Визначення залежності вантажності козлового крану від основних показників роботи на автотранспорті	191
Скобло Т.С., Гринченко А.С., Гончаренко А.А., Сыромятников П.С., Будава В.В. Анализ стойкости валков рельсобалочных и сортопрокатных станов	197
Головач І.В., Дорогань О.П. Числовий розрахунок математичної моделі технологічного процесу очищення головок коренеплодів цукрових буряків від залишків гички.....	203
Гринченко О.С., Алфьоров О.І., Юр'єва Г.П. Прогнозування та керування механічною надійністю за допомогою інверсійного методу	210
Калінін Є.І., Романченко В.М., Шуляк М.Л., Поляшенко С.О. Балансування валів з урахуванням їх деформацій в процесі експлуатації.....	215
Козенок А.С., Кутя О.В. Шляхи підвищення ефективності ресурсозбереження в логістиці за рахунок впровадження технологічних рішень в сучасних умовах	223

Ольшанський В.П., Бурлака В.В., Сліпченко М.В.	
Коливання пружної системи з сухим тертям при механічному ударі	230
Марченко М.В., Коротун І.І., Мазалов Ю.К., Козаков М.А.	
Перспективи застосування металоконструкцій при будівництві об'єктів агробізнесу	236
Коломиец В.В., Фабричникова И.А., Любичева К.М.	
Определение коэффициентов трения обрабатываемых материалов с резцами из твердого сплава и сверхтвердых материалов	244
Григорак М.Ю., Кулик В.А., Марчук В.Е., Градыский Ю.А.	
Современные тенденции обеспечения безопасности цепей поставок опасных грузов	251
Науменко А.А.	
Анализ методов упрочнения поршневых колец различной техники	257
Ніконов О.Я., Полосухіна Т.О.	
Параметричний синтез сучасних систем сканування навколишнього простору безпілотних транспортних засобів. функціонали якості	263
Войтов В.А., Музильов Д.О., Бережна Н.Г., Щербакова В.В.	
Економічна ефективність функціонування транспортно-логістичного комплексу під час збирання цукрового буряку з урахуванням показника надійності	272
Холодова О.О., Северин О.О., Шуліка О.О.	
Аналіз методик визначення допустимої пішохідної дистанції при обслуговуванні об'єктами паркування автомобілів	281
Юхимчук С.Ф., Юхимчук С.М., Толстушко Н.О.	
Обґрунтування параметрів підпружиненого натяжника брального паса льонокомбайна	288
Ковалишин С.Й., Швець О.П., Щур Т.Г., Дадав В.О., Доманюк П.Ю.	
Визначення посівних якостей насіння сільськогосподарських культур методом його рентгеноскопії	294
Шраменко Н.Ю.	
Оценка затрат по обслуживанию потребителей при оперативном планировании процесса поставки зерновых грузов	302

CONTENTS

Scoblo T.S, Sidashenko A.I., Rybalko I.N., Satanovskii E.A., Oliinyk A.K. Influence of additives of high-different diamonds on tribotechnical characteristics of plastic graphite lubrication	10
Zhukov A.N. Strengthening of face impulse seals rings by electroerosive alloying method	15
Bantkovskiy V.A., Ivanov V.I., Martynenko O.D., Gozha D.M. Assessment of quality of repair of technological equipment	26
Hevko R.B., Zalutskiy S.Z., Klendii O.M., Pohrishchuk B.V., Dobizha N.V. Results of experimental researches on definition of power on the screw conveyer with elastic sectional working surface	33
Pavlenko S.I. Development of experimental installation for research of technical means of mechanized technological processes of composition of organic waste	43
Trokhaniak V.I., Antipov I.O., Bohdan Yu.O. Development and numerical simulation of new design heat exchange equipment for microclimate maintenance systems in poultry houses.....	50
Popovych P.V., Shevchuk O.S., Tson O.P., Martsenko N.S. Increasing the safety level of Ternopil road network using technological organizational ways.....	59
Naumenko O.O., Vitkovskiy Y.P. Analysis of prospective directions of technological potential restoration of the animal health industry.....	66
Lyashuk O.L., Diachun A.Y, Klendiy V.M., Teslya V.O., Navrotska T.D., Radyk M.D. Study of the dynamics of calibrating the turn of conical screw billet on a step.....	74
Kozachenko O.V, Kadenko V.S., Shkrega O.M, Bleznyuk O. V., Makarov V.E. Study of wear resistance of cutting elements on a circular stand.....	83
Havron N.B., Kuchvara I.M., Shevchuk O.S., Kononchuk O., Matviishyn A.Y., Koval Y.J. Experimental investigation of agricultural vehicle operative loading	89
Limont A.S., Klymchuk V.M. The effects of operating mode of the gathering cylinder of pick up balers and the parameters of the rolled flax stock layer on the mass of its rolls.....	96
Luzan S.A. Algorithm of development technology of safety the protective coatings, modified composite materials	109
Mnushka O.V. SCADA based on the industrial internet of things: architecture of the system.....	117
Hevko B.M., Slobodian L.M. Features of the design of the machines' screw loaders	125

Bilyk S.G., Dynia V.I., Flionts O.I., Klendiy M.I., Semeniv I.I., Marchuk N.M. Pneumatic automated apparatus for drilling holes in tubercular billets and for cutting threads	130
Achkevich O.M., Achkevich V.I. Analysis of constructions of collectors of milking machines and their influence on the quality of milk obtained	134
Skoblo T. S., Avtukhov A. K., Sidashenko A.I., Belkin E.L., Tsygankova I.V. Theoretical evaluation of the conditions of crystallization of castings of sheet-rolled shafts	141
Nikonov O.Ya., Shulyakov V.M., Fastovec V.I. Development of mathematical models of the information-controlling system of the adaptive suspension of a car	147
Adamchuk V.V., Dmytriv I.V., Dmytriv V.T. Model of a bistable jump membrane as an element of a control system	154
Trishevsky O.I., Ahlestin V.L., Muhamedjanov S.V. Researches of influence of forces of friction on at a receipt transversal reserved by corrugation extraction and bend	162
Karnaukh M.V., Vojtov V.A. Operating tests of a vehicle on the mixture composition of biodiesel fuel on the main and urban driving cycles	167
Paslavsky V. R. Theoretical studies of the working cycle of small-sized screw oil press	177
Potaman N.V. Survey of passenger traffic on public transport in the city of Slavyansk.....	186
Severin O.O., Shulika O.O. Determination of the dependence of load capacity of the gantry crane on the main performance indicators on motor transport	191
Sklobo T.S., Grynchenko A.S., Goncharenko A.A., Syromiatnikov P.S., Budakva V.V. Analysis of the sustainability of rainbow and sort-property machines	197
Golovach I.V., Dorogan O.P. Numerical calculation of the mathematical model of the technological process of cleaning the sugar beet root crops heads from the remains of the gill	203
Grinchenko O.S., Alfeyorov O.I., Yurueva G.P. Forecasting and managing mechanical reliable with aid investment method.....	210
Kalinin E.I., Romanchenko V.M., Shuljak M.L., Poljashenko S.O. Balancing of shafts taking into account their deformations during operation	215
Kozenok A.S., Kutiya O.V. Ways to increase the efficiency of resource conservation in logistics through the introduction of technological solutions in modern conditions.....	223
Olshanskiy V.P., Burlaka V.V., Slipchenko M.V. Oscillations of an elastic system with dry friction during a mechanical shock	230
Marchenko M.V., Korotun I.I., Mazalov I.U.K., Kozakov M.A. Prospects of application of metallic constructions are at building of objects of agribusiness	236

Kolomiets V.V., Fabrichnikova I.A., Liubicheva K.M., Vijay Kumar

Determination of the friction coefficients of the processed materials with cutters made of hard alloy and superhard materials..... 244

Grigorak M.Y., Kulik V.A., Marchuk V.E., Gradysky Y.A.

Contemporary trends for security of the chairs of dangerous goods supply 251

Naumenko A.A.

Various machines pistons rings fitting methods analysis..... 257

Nikonov O.Ya., Polosukhina T.O.

Parametric synthesis of modern systems for scanning the surrounding space of unmanned vehicles. quality functions 263

Vojtov V.A., Muzylyov D.A., Berezchnaja N.G., Shcherbakova V.V.

Economic efficiency of the complex of transport and logistics during harvesting of sugar beet with taking into account reliability index..... 272

Kholodova O.O., Severin O.O., Shulika O.O.

Analysys of methods for determining the permissible pedestrian distance while servicing vehicles by parking objects 281

Yukhymchuk S.F., Yukhymchuk S.M., Tolstushko N.O.

The substantiation of parameters of the spring tensioner of a pulling belt of a flax-harvesting combine 288

Kovalyshyn S.Y., Shvets O.P., Shchur T.G., Dadak V.O., Domanyk P.Y.

Determination of sowing qualities of seeds of agricultural cultures by method of its radio examination..... 294

Shramenko N.Y.

Estimation of costs by consumer service in operational planning of the process of delivery of grain cargoes 302

Гаврон Н.Б.,
Кучвара І.М.,
Шевчук О.С.,
Конончук О.,
Матвійшин А.Й.,
Коваль Ю.Б.

Тернопільський національний
технічний університет
імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна,
E-mail: ivan.kuchvara@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

УДК 669.539

В роботі обґрунтовано методику та представлено результати польових експериментальних досліджень сільськогосподарського причепа типу ПТС. Встановлено точні значення величин напружень, що виникають в конструкції несучої рами транспортного засобу при експлуатації в польових умовах. Також наведено аналітичні залежності для визначення критеріїв локального руйнування для оцінювання показників довговічності відкритих, або замкнутих тонкостінних профілів несучих систем досліджуваної техніки.

Ключові слова: сільськогосподарська транспортна техніка, транспортування, напруження, експлуатаційні властивості, тракторний причеп, надійність.

Вступ. На сучасному рівні розвитку с/г техніки, можливостей розвитку технічних засобів та відповідного програмного забезпечення, актуальним є розвиток нових методів обґрунтування експлуатаційної надійності і живучості мобільних машин. Вимоги, що ставляться до надійності с/г машин передбачають забезпечення заданого рівня довговічності їхніх несучих систем, які, як правило, мають мати довговічність, рівну ресурсу машини до капітального ремонту або списання. Оцінка втомної довговічності металоконструкцій несучих систем мобільних с/г машин, зокрема транспортних с/г причепів, які працюють в складних експлуатаційних умовах при циклічних навантаженнях, пов'язана з вирішенням ряду основних завдань: оцінкою параметрів експлуатаційного навантаження, визначенням характеристик опору втомі натурних вузлів рамної конструкції, обмежуючих її довговічність, розрахунком довговічності, також аналітичних досліджень формування складних напружено – деформованих та граничних станів, систем критеріїв деформацій та руйнування. Характерною особливістю є те, що граничні стани з достатньою точністю ідентифікуються на етапі проектування при певному досвіді експлуатації аналогічних об'єктів, але є важко ідентифікованими прогнозованими для малосерійних об'єктів [1, 5, 10].

Аналіз літературних джерел. В цілому, граничним станом є технічний стан розглядуемого об'єкта, при якому його подальша експлуатація недопустима. Для характеристик умов і моменту настання граничного стану, контролю показників надійності встановлюються критерії відказів і граничних станів, які є базою розрахункової оцінки показників надійності технічних систем [1, 2]. Критеріальна оцінка міцності і прогнозування ресурсу роботи металоконструкцій сільськогосподарських машин складається з теоретичної та експериментальної частин [3]. Складність вироблення критеріїв оцінки міцності і прогнозування ресурсу роботи, полягає перш за все у різнопрофільному наборі складових елементів цих конструкцій та специфіки їх з'єднань між собою. Оптимізувати такі конструкції складно через відсутність фактичних характеристик їх циклічної деформативності зі структурною зміною матеріалу в біляшовній зоні у відповідності до конкретної технології виготовлення, особливо, складних зварних стикових з'єднань, а також

геометрії поперечних перетинів тонкостінних елементів, відкритого та замкнутого профілю. Реалізація методики вироблення критеріїв оцінки міцності і прогнозування ресурсу роботи конструкцій, включає одержання аналітичних залежностей для визначення критеріїв локального руйнування, в даному випадку відкритих або замкнутих тонкостінних профілів [3, 4]:

1. критичне значення коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН) K_{Ic} , K_{IIc} , K_{IIIc} ;
2. критичне розкриття берегів тріщини в її вершині δ с;
3. густину енергії руйнування або ефективну поверхневу енергію γ_e – роботу яку необхідно затратити на утворення одиниці вільної поверхні.

Також з метою кількісної оцінки опору розвиткові тріщини застосовують поняття інтенсивності вивільнення енергії деформації G_{Ic} , J -інтеграл.

Так як тонкостінні елементи тримких конструкцій сільськогосподарських машин часто працюють при дії сил розтягу і згинальних моментів, то їх руйнування частіше всього відбувається шляхом розвитку тріщин нормального відриву. В такому випадку НДС залежить від величини K_I [5].

Основні характеристики тріщиностійкості зв'язані наступним співвідношенням [1, 4]

$$2 \cdot \gamma_e = \sigma_0 \cdot \delta_c = \frac{1-\nu^2}{E} \cdot K_{Ic}^2 = G_{Ic} = J_{Ic}. \quad (1)$$

Результати досліджень. У с/г машинобудуванні поширеними є металоко-
 нструкції тримких рам мобільних машин, які виготовляються з гнутого чи гарячекатаного швелера, тонкостінних труб. Оскільки для швелера найбільш ймовірним місцем зародження тріщин є вершина його полицок, КІН визначається у вершині тріщини при дії на швелер відповідного зовнішнього силового фактору. Рішення аналогічної задачі теорії тріщин пов'язане із значними труднощами, які виникають з причини складної для даних розрахунків конфігурації швелера. Для розв'язання такої задачі застосовується інтерполяційний метод Нейбера.

Для знаходження величини розкриття тріщини, яка виходить з вершини полиці швелера, що знаходиться під дією згинального моменту у залежності від її розмірів доцільним є застосування відомого методу еквівалентних станів, у результаті одержується

$$\begin{aligned} \delta_I = & 6,394 \cdot \frac{\sigma_T}{I^2 \cdot E} \cdot \ln \left(\sec \left(\frac{\pi \cdot \sigma_{(0)}}{2 \cdot \sigma_T} \right) \right) \times \\ & \times \frac{\left(\left(1 - \frac{l}{H + 2 \cdot b} \right) \cdot l \cdot h \right)}{\left(\left(1 - \frac{l}{H + 2 \cdot b} \right) \cdot h + ((H + 2 \cdot b) + 7,99 \cdot l) \right)} \times \\ & \times \left[\left(\frac{H}{2} \right)^{0,5} - \left(\frac{h}{2} \right)^{0,5} \cdot \left(1 - \frac{h}{h-l} \right) \right]^4 \end{aligned} \quad (2)$$

де δ_I – величина розкриття тріщини; $\sigma_{(0)}$ – напруження якими розтягується пластина; σ_T – межа текучості металу швелера; E – модуль пружності першого роду.

При розгляді тонкостінної прямокутної труби, що знаходиться під дією стисненого кручення (наприклад, з'єднання поперечини і лонжерона с/г причепа), яка ослаблена наскрізною тріщиною, що поширюється з кута перетину у напрямку кожної з стінок КІН для горизонтальної стінки $K_{I(1)}$ і для вертикальної стінки $K_{I(2)}$

$$\begin{cases} K_{I(1)} = \sigma_{\omega} \sqrt{a \cdot \varepsilon_1} \cdot F_1^{(B_{\omega})}(\varepsilon_1) \\ K_{I(2)} = \sigma_{\omega} \sqrt{b \cdot \varepsilon_2} \cdot F_2^{(B_{\omega})}(\varepsilon_2) \end{cases} \quad (3)$$

$$F_1^{(B_{\omega})}(\varepsilon_1) = \frac{(b-a)(S_1+S_2)}{(a+b)S_2} \left(\frac{1.058 + 4.684\varepsilon_1 + 9.126\varepsilon_1^2}{-25.254\varepsilon_1^3 + 40.602\varepsilon_1^4} - \right); \quad (4)$$

$$F_2^{(B_{\omega})}(\varepsilon_2) = \frac{(b-a)(S_1+S_2)}{(a+b)S_1} \left(\frac{1.193 + 9.099\varepsilon_2 + 126.653\varepsilon_2^2}{-704.649\varepsilon_2^3 + 1864.595\varepsilon_2^4 - 2234.832\varepsilon_2^5 + 1019.341\varepsilon_2^6} - \right). \quad (5)$$

де σ_{ω} – нормальні секторальні напруження при стисненому крученні, МПа; a і b ширина горизонтальної та вертикальної стінки профілю, м;

$$\varepsilon_1 = \frac{l}{a}, \quad \varepsilon_2 = \frac{l}{b}, \quad S_1 = a \cdot \delta_1, \quad S_2 = b \cdot \delta_2 \quad (6)$$

$F_1^{(B_{\omega})}(\varepsilon_1, \varepsilon_2), F_2^{(B_{\omega})}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ – функції поправки, які враховують зміну геометрії тонкостінного замкнутого профілю при поширенні у ньому втомної тріщини.

Отже, для проведення повної і ефективної критеріальної оцінки несучих рам мобільних с/г машин необхідно визначити силові фактори, які діють у найбільш небезпечних перетинах. Оптимальним є встановлення силових факторів при проведенні тензометричних досліджень напруженості несучої рами машини в реальних умовах експлуатації.

Приведені результати уточнюючих експериментальних досліджень на основі результатів польових досліджень несучої рами с/г причепа, проведених на полях Зборівського коледжу ТНТУ ім. І. Пулюя (Тернопільська обл.). Для зменшення трудомісткості експериментальних досліджень причепа тракторного 2ПТС – 4, при збереженні необхідної точності результатів вимірів, застосовано наступні методичні прийоми [6, 7]:

— для попереднього аналізу і обґрунтування режиму випробувань опрацювали інформацію для тих типових варіантів експлуатації, при яких амплітуди напружень можуть перевищувати межі витривалості деталей. При транспортних роботах довжина гону становила 1200 м.;

— для тензометрування вибрали типові для даної машини операції;

— на підставі досліджень літературних джерел [4, 5, 6, 7, 10, 13] кількість тензорезисторів, наклеєних на несучу металоконструкцію причепа, була обмежена;

— датчики встановлюються в місцях з одновісним напруженим станом, отже вимірювання напружень є можливим за допомогою одного тензорезистора, наклеєного вздовж осі дії сили, тензорезистори наклеювалися симетрично з обох сторін рами.

З урахуванням попередніх полігонних випробувань вказаного сільськогосподарського причепа, для проведення експериментальних досліджень у польових умовах використано 12 тензорезисторів КФ5П1 – 1- 200, які розміщувалися у найбільш навантажених місцях з високою концентрацією напружень (рис.1) [7, 8]. Враховуючи симетричність конструкції тензорезистори наклеювалися в зонах зварних з'єднань лонжеронів з поперечинами на відстані 10мм від країв з обох сторін причепа (рис. 1). В цілому, стабільність режиму досліджень контролюється дотриманням швидкості руху, завантаження причепа, тиском у шинах коліс.

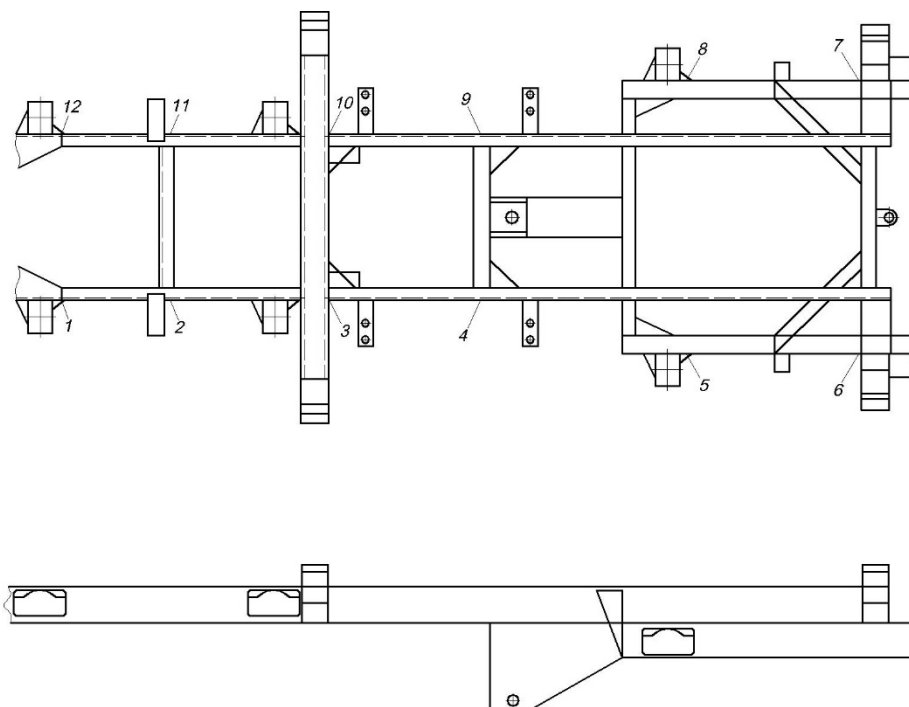


Рис.1 –Схема розміщення тензорезисторів на металоконструкції несучої рами причепа сільськогосподарського 2ПТС – 4

У зв'язку зі світовими тенденціями розвитку експериментальних досліджень складних несучих металоконструкцій в реальних умовах експлуатації, випробування причепа проводились з використанням універсальної вимірювальної системи (УВС) [8], яка працює у автономному режимі через вбудований мікрокомп'ютер з реєстрацією інформації на зовнішній ПК при з'єднанні через LPT-порт. Дана система складається з комплексу різномісцевих датчиків: тензорезисторів, датчиків кутових швидкостей, віброакселерометрів, динамометрів, пристроїв для енергетичної оцінки машин та ін., які безпосередньо кріпляться на металоконструкції досліджуваної машини, УВС, яка забезпечує підсилення, фільтрацію і реєстрацію статодинамічних сигналів, а також пакету програм для функціонування системи та статистичної обробки одержаних даних. Універсальність системи визначається можливістю підключення різноманітних датчиків, що забезпечується вимірювальними модулями з універсальними вимірювальними каналами (1-8). Дана схема реалізується при автономному режимі роботи системи. При роботі з зовнішнім комп'ютером загальне число вимірювальних каналів 32, з яких 8 – універсальні, а 24 (9-32) забезпечують роботу тільки з вихідними сигналами у вигляді напруги з нижнім діапазоном $\pm 1,25\text{В}$.

Основні технічні характеристики універсальних вимірювальних каналів:

- мінімальний опір резистивних датчиків: 50 Ом;
- живлення датчиків напругою постійного струму: 0,5В; 2,0В; 5,0В;
- коефіцієнт підсилення в режимі роботи з тензорезисторами: 100×1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 128;
- режим вимірювань – статодинаміка; діапазон початкового балансування тензомостів $\pm 2\%$;
- температурний дрейф нуля, не більше $\pm 1\text{мкВ}/^\circ\text{C}$; основна похибка каналу не більше $\pm 0,2\%$;
- діапазон компенсації можливого зміщення нуля: $\pm 5\text{В}$;
- частоти зрізу ФНЧ: 4; 8; 16; 20; 32; 40; 64; 80; 128Гц.

Перед проведенням випробувань проводилося тарування датчиків (у кількості 10% відібраної партії) та тензометричних каналів реєструючої системи.

Полеві тензометричні випробування проводилися з урахуванням пробігів тракторних причепів різними типами доріг [10]: пробіг асфальтовими дорогами становить, в середньому, 40%, загальний пробіг ґрунтовими дорогами різних категорій становить до 60%. Навантаженням причепа - 4400 кг (вище від номінального на 10%) при рівномірному розміщенні вантажу на платформі кузова, тиск у шинах – 3.5 атм., швидкість змінювалася у залежності від режиму транспортування: на ґрунтовій дорозі - 20 км/год., при русі по полю, поперек борін - 8 км/год. Дослідження проведено при агрегуванні причепа з трактором МТЗ – 50, результати відображено у табл.1.

Таблиця 1

**Результати уточнюючих тензометричних досліджень несучої рами
сільськогосподарського причепа 2ПТС – 4 в експлуатаційних умовах**

№ п/п	№ датч.	Ґрунтова дорога, робоча швидкість $V=20$ км/год., довжина гону 1200 м., тиск у шинах коліс 3.5 атм. Наванта- женням причепа 4.4 т.			Рух полем поперек борін, робоча швидкість $V=8$ км/год, довжина гону 400 м., тиск у шинах коліс 3.5 атм. Навантаженням причепа 4.4 т.		
		Ам- плітуда макс. напруж. A_{max} , МПа	Ам- плітуда середн. напруж. $A_{сеп.}$ МПа	Амплітуда мін. напруж. A_{min} , МПа	Амплітуда макс. напруж. A_{max} , МПа	Ам- плітуда середн. напруж. $A_{сеп.}$ МПа	Ам- плітуда мін. напруж. A_{min} , МПа
1.	I	89	62	35	135	64	37
2.	II	66	50	34	90	56	32
3.	III	129	69	31	186	78	30
4.	IV	95	60	34	180	77	31
5.	V	120	49	32	189	81	39
6.	VI	75	55	33	159	69	36
7.	VII	88	61	34	133	63	38
8.	VII	67	51	35	94	55	31
9.	IX	130	68	32	182	77	29
10.	X	94	61	33	177	76	32
11.	XI	121	50	31	185	80	38
12.	XII	95	56	32	161	68	35

Висновки. Подано результати проведених експериментальних польових досліджень причепа тракторного 2ПТС – 4. На основі чого запропоновано створення відправної бази вироблення критеріїв оцінки міцності найбільш поширених перетинів несучих металоконструкцій с/г причепів з позицій тріщинотривкості виходячи з факторів їх початкової дефектності у поєднанні з експлуатаційними дослідженнями в реальних умовах експлуатації машин на найбільш характерних рельєфах з вибором особливо-стей оброблюваних площ.

Література:

1. Москвичев В. В. Основы конструкционной прочности технических систем и инженерных сооружений: В 3 т. – Т.1: Постановка задач и анализ предельных состояний. – Новосибирск: Наука, 2002. – 106 с.
2. РД 50-650-86. Методические указания. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований к надежности. - М.: Изд-во стандартов, 1988. -22с.

3. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. Підручник-посібник. Тернопіль. "Збруч", 2003. -332с.
4. Попович П. В. Методи оцінки ресурсу несучих систем причіпних машин для внесення добрив з врахуванням впливу агресивних середовищ: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / П. В. Попович — Тернопіль, 2015. — 443 с.
5. Попович П.В. Алгоритм оцінки базових експлуатаційних властивостей колісних сільськогосподарських транспортних засобів / Попович П., Шевчук О., Ляшук О.Л., Матвійшин А.Й. // Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2017. – Вип. № 181. – С. 198 - 203.
6. Ускоренные ресурсные испытания складного прицепа для легкового автомобиля / А.Бажанов, С. Чабан, О. Возненко // Труды Одесского политехнического университета. Выпуск 2(8)'– 1999. – С. 108-113.
7. Методика ускоренных прочностных испытаний несущих систем машин на полигоне КубНИИТиМ//Всесоюзное объединение „Союзсельхозтехника” Совета Министров СССР. - Новокубанск: КубНИИТиМ, 1968. -213с.
8. Універсальна вимірювальна система для дослідження динаміки сільськогосподарських машин / Т.І. Рибак, М.І. Підгурський, В.І. Костюк, В.О. Тесленко, В.І. Залужний // Надійність і довговічність машин і споруд, 2005. – Вип. 25. – С. 112-119.
9. P. Popovych. The study of fatigue failure performance of vehicle metal structures used in transportation of corrosive materials //P. Popovych, L. Poberezhna, O. Tson, O. Shevchuk, O. Lyashuk/ Acta Mechanica Slovaca Faculty of Mechanical Engineering Technical University of Košice. Vol. 21, № 1. P. 48-52.
10. Щурин К.В. Прогнозирование и повышение усталостной долговечности несущих систем сельскохозяйственных тракторных средств/ Диссерт. докт. техн. наук. – Оренбург: ОПИ, 1994. – 423с.
11. Popovych. P. V. The service life evaluation of fertilizer spreaders undercarriages / P. V., Popovych; O. L., Lyashuk; I. S., Murovanyi; V. O., Dzyura; O. S., Shevchuk; V. D., Myndyuk // INMATEH – Agricultural Engineering. Sep-Dec 2016, Vol. 50, Issue 3, pp.39–46.
12. Popovych. P. V. Influence of organic operation environment on corrosion properties of metal structure materials of vehicles/ Popovych P.V., Lyashuk O.L., Shevchuk O.S., Tson O.P., Bortnyk I. M., Poberezhna L.Ya. // INMATEH – Agricultural Engineering. 2017, Vol. 52, Issue 2, pp.113–119.
13. Попович П. Комплексний аналіз надійності несучих систем тракторних причепів при їхній експлуатації //Попович П., Рибак Т./ Механізація сільськогосподарського виробництва. - Вісник ХНТУСГ, Вип. 93 Харків, 2010. -С. 411-414.

Summary

Havron N.B., Kuchvara I.M., Shevchuk O.S., Kononchuk O., Matviishyn A.Y., Koval Y.J. Experimental investigation of agricultural vehicle operative loading

In paper methodology is substantiated and results are presented for field experimental researches of an agricultural trailer. The exact values of the stresses that arise in the design of the carrier frame of the vehicle during operation in field conditions are established. Also analytical dependencies for determining the criteria of local destruction to assess the durability indicators, in the case, open or closed thin-walled profiles of the investigated machine bearing systems are given.

Keywords: agricultural vehicle, transportation, tension, operational properties, trailer, reliability.

References

1. Moskvichev V. V. Osnovy konstrukcionnoj prochnosti tehniceskikh sistem i inzhenernyh sooruzhenij: V 3 t. – T.1: Postanovka zadach i analiz predel'nyh sostojanij. – Novosibirsk: Nauka, 2002. – 106 s.
2. RD 50-650-86. Metodicheskie ukazaniya. Nadezhnost' v tehnike. Sostav i obshhie pravila zadaniya trebovanij k nadezhnosti. - M.: Izd-vo standartov, 1988.-22s.
3. Ribak T.I. Poshukove konstruivannja na bazi optimizacii resursu mobil'nih sil's'kogospodars'kih mashin. Pidruchnik-posibnik. Ternopil'. "Zbruch", 2003.-332s.
4. Popovich P. V. Metodi ocinki resursu nesuchih sistem prichipnih mashin dlja vnesennja dobriv z vrahuvannjam vplivu agresivnih seredovishh: disertacija na zdobuttja naukovoogo stupenja doktora tehnicnih nauk: 05.05.11 – mashini i zasobi mehanizacii sil's'kogospodars'kogo virobniictva / P. V. Popovich — Ternopil', 2015. — 443 s.
5. Popovich P.V. Algoritm ocinki bazovih ekspluatacijnih vlastivostej kolisnih sil's'kogospodars'kih transportnih zasobiv / Popovich P., Shevchuk O., Ljashuk O.L., Matviishin A.J. // Visnik HNTUSG. – Harkiv, 2017. – Vip. № 181. – S. 198 - 203.
6. Uskorennye resursnye ispytaniya skladnogo pricepa dlja legkovogo avtomobilja / A. Bazhanov, S. Chaban, O. Voznenko // Trudy Odesskogo politehnicheskogo universiteta. Vypusk 2(8)'– 1999. – S. 108-113.
7. Metodika uskorennyh prochnostnyh ispytanij nesushhih sistem mashin na poligone KubNIITiM/Vsesojuznoe ob#edinenie „Sojuzsel'hoztehnika” Soveta Ministrov SSSR. - Novokubansk: KubNIITiM, 1968.-213s.
8. Universal'na vimirjuval'na sistema dlja doslidzhennja dinamiki sil's'kogospodars'kih mashin / T.I. Ribak, M.I. Pidgurs'kij, V.I. Kostjuk, V.O. Teslenko, V.I. Zaluzhnyj // Nadijnist' i dovgovichnist' mashin i sporud, 2005. – Vip. 25. – S. 112-119.
9. P. Popovych. The study of fatigue failure performance of vehicle metal structures used in transportation of corrosive materials //P. Popovych, L. Poberezhna, O. Tson, O. Shevchuk, O. Lyashuk/ Acta Mechanica Slovaca Faculty of Mechanical Engineering Technical University of Košice. Vol. 21, № 1. P. 48-52.
10. Shhurin K.V. Prognozirovanie i povyshenie ustalostnoj dolgovechnosti nesushhih sistem sel's'kohozjajstvennyh traktornyh sredstv/ Dissert. dokt. tehn. nauk. – Orenburg: OPI, 1994. – 423s.
11. Popovych. P. V. The service life evaluation of fertilizer spreaders undercarriages / P. V., Popovych; O. L., Lyashuk; I. S., Murovanyi; V. O., Dzyura; O. S., Shevchuk; V. D., Myndyuk // INMATEH – Agricultural Engineering. Sep-Dec 2016, Vol. 50, Issue 3, pp.39–46.
12. Popovych. P. V. Influence of organic operation environment on corrosion properties of metal structure materials of vehicles/ Popovych P.V., Lyashuk O.L., Shevchuk O.S., Tson O.P., Bortnyk I. M., Poberezhna L.Ya. // INMATEH – Agricultural Engineering. 2017, Vol. 52, Issue 2, pp.113–119.
13. Popovich P. Kompleksnij analiz nadijnosti nesuchih sistem traktornih prichepiv pri ihnij ekspluatacii //Popovich P., Ribak T./ Mehanizacija sil's'kogospodars'kogo virobniictva. - Visnik HNTUSG, Vip. 93 Harkiv, 2010.-S. 411-414.