

УДК 621.869

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.32

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МАШИН НА БАЗІ ШАРНІРНОГО ТЯГАЧА

Щербак О. В.¹, Сумінов А. В.², Хачатурян С. Л.³

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

²ВАТ «ХТЗ»,

³Центральноукраїнський національний технічний університет

Анотація. Розглянуто методику проектування рам спеціальних машин для дорожнього будівництва та комунального господарства, яка дозволяє проектувати спеціальні машини із заданим рівнем надійності та довговічності. Методика дозволяє, використовуючи сучасні системи комп'ютерного моделювання, виконувати конструктивну доробку несучої системи базового тягача з використанням експериментальних даних та даних математичного моделювання.

Ключові слова: методика проектування, надійність, міцність, комп'ютерне моделювання, раціональні параметри, динамічне навантаження, несуча система, опора вертикального шарніра.

Вступ

У наш час, на жаль, вітчизняні підприємства випускають спеціалізовану техніку для дорожнього будівництва в обмеженому обсязі. Це пояснюється різними факторами, зокрема і недостатністю методів проектування комплексів таких машин. Розробка методики проектування комплексу дорожніх машин на базі тракторів вітчизняного виробництва є актуальним завданням.

Аналіз публікацій

Питанням дослідження з розробкою оптимальних параметрів несучих систем займалися багато вчених. Проведений огляд показав, що найбільшу увагу приділяють під час дослідження несучих систем (НС) автомобілів, як вантажних, так і спеціальних великої вантажопідйомності, та кар'єрних машин [1, 3, 4, 7, 8, 10, 11], тракторів, як колісних, типу МТЗ, так і гусеничних, легкого та важкого класу [1–2]. Дослідженню автобусних рам присвячена робота [5]. Вивченням НС екскаваторів займалися [6, 9]. Машинам з шарнірною рамою приділяється недостатньо уваги, але на базі таких машин проектується багато спеціальної техніки. Це зумовлено особливістю шарнірних машин, а саме наявністю двох напіврам, з'єднаних вертикальним шарніром.

Мета і постановка завдання

Метою статті є розробка методики проектування комплексу дорожньо-будівельних машин на базі серійно вироблених тракторів з шарнірною рамою виробництва ВАТ

«ХТЗ» із заданим рівнем надійності та довговічності її несучої системи.

Розробка методики проектування комплексу дорожніх машин

Промисловістю України до трактора Т–150К спроектовані та серійно виробляються кілька типів спеціальних машин. В Україні з цих машин випускаються чи випускались тільки фронтальний навантажувач Т–156Б–09–03 (ВАТ «ХТЗ»), бульдозер конструкції ХНАДУ (ХТЗ), скрепер напівприцепний ДЗ–87 (Бердянський завод «Будмаш»), грейдер-елеватор (Коростенський завод «Будмаш»), дискові й ланцюгові фрези напівпромислового виробництва. Усі перераховані машини відрізняються відсутністю уніфікації агрегатів, що створюють робоче устаткування, системами їхньої підвіски до остову тягача, гідравлічним устаткуванням. Разом з цим можливість уніфікації агрегатів спеціальних машин на тракторі Т–150К простежується.

На рис. 1 представлені конструктивні (принципові) схеми основних видів машин, які використовуються у різних галузях. На ХТЗ, крім основної модифікації трактора Т–150К, на його базі створені, як дослідні зразки, тривісний тягач і двохосовий тягач зі збільшеною базою. Це розширює функціональні можливості трактора при його агрегуванні зі спеціальними машинами.

Тривісний тягач зі спеціальною задньою напіврамою із двома мостами може бути використаний як база для стрілового телескопічного крана, планувальника укосів

(рис.1, з), екскаватора-планувальника, бетонозмішувача (рис.1,ж), гудронатора (рис.1,г). У телескопічного стрілового крана, планувальника укосів, екскаватора-планувальника є можливим використання уніфікованого опорно-поворотного пристрою, виносних опор, кабіни, додаткового гідравлічного устаткування (насоси, гідромотори, розподільники, фільтри і т.д.).

Привабливим є створення автогрейдера на базі трактора Т-150К. При цьому можливі, принаймні, три варіанти компоновки машини, які приведені на рис. 1, а, в, д.

Двохосьовий автогрейдер у виді технічної пропозиції був вироблений заводом «Кредмаш» (Кременчук). На цій машині передбачалося зберегти без яких-небудь змін енергомодуль і задній мост трактора Т-150К; кабіна трактора повернута, як у навантажувача Т-156, між мостами трактора монтується вставка із грейдерним робочим устаткуванням. «Кредмашем» передбачалося виготовлення спеціального робочого устаткування. Однак у процесі детального пророблення такого виду машини не виключене використання тягової рами з робочим устаткуванням, гідроустаткуванням грейдера ДЗК-250. На рис.1, в, д зображені конструктивні схеми грейдерів, що використовують агрегати і

вузли робочого устаткування автогрейдера ДЗК-250. Поряд зі скрепером ДЗ-87, що випускався Бердянським заводом дорожніх машин, можливе створення скреперів до трактора Т-150К з елеваторним і роторним завантаженням. У цих випадках можлива уніфікація зчіпних пристроїв, гідроустаткування, вузлів заднього моста скреперної частини машини. Поряд із перерахованими машинами на базі трактора Т-150К можливе створення цементовоза, ґрунтовова, ущільнювальних котків (рис.1, е), фрези, ланцюгового багатоковшевого екскаватора. На доповнення до сказаного можна помітити, що на базі трактора Т-150К (чи його модифікацій) можливе створення начіпного гідравлічного екскаватора, машини для буріння, розподільника щебеню (рис.1, б) і гравію, снігоприбиральної техніки і т.д. Використовуючи конструктивну особливість тракторів сімейства Т-150К, а саме наявність шарнірного з'єднання, можливо, використовуючи модульний принцип, досить швидко проектувати різні машини для різних галузей. Однак для проектування надійних машин треба мати методику проектування таких машин. На цей час такої методики немає. При проектуванні спеціальних машин конструктори виконують розрахунки тільки робочого обладнання.

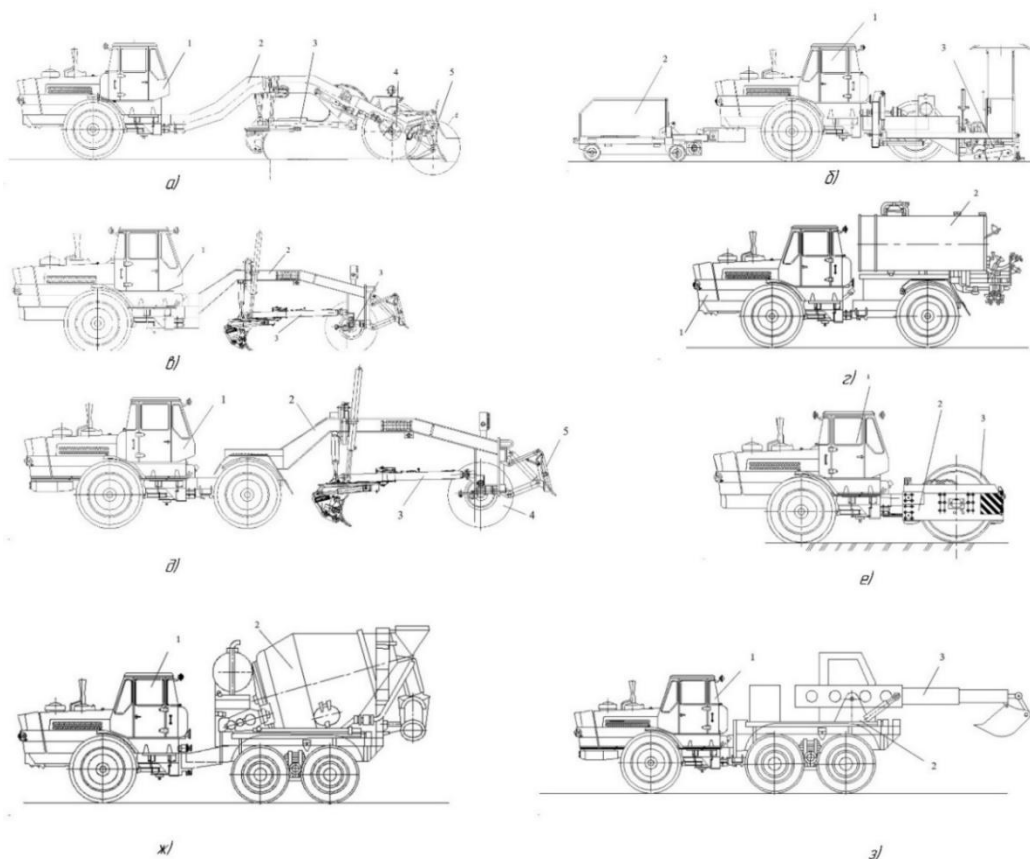


Рис. 1. Спеціальні машини на базі трактора Т-150

Але, як показує практика (рис. 2), критично важливим елементом машини у даному випадку є опора вертикального шарніра рами трактора, яка у процесі експлуатації машини напірної дії (колісний бульдозер (рис. 3) та фронтальний навантажувач) витримує ударні навантаження, які призводять до руйнування рами базового тягача.



Рис. 2. Руйнування опори вертикального шарніра

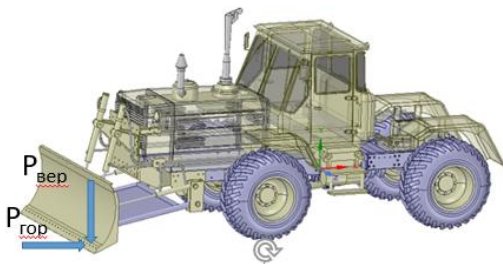


Рис. 3. Ударне навантаження на раму тягача під час роботи з бульдозерним устаткуванням

Методика проектування несучої системи спеціалізованих машин на базі шарнірного тягача

На першому етапі нами були побудовані комп'ютерні моделі машин, які витримують найбільші навантаження на раму – колісний бульдозер (рис. 4) та фронтальний навантажувач (рис. 5).

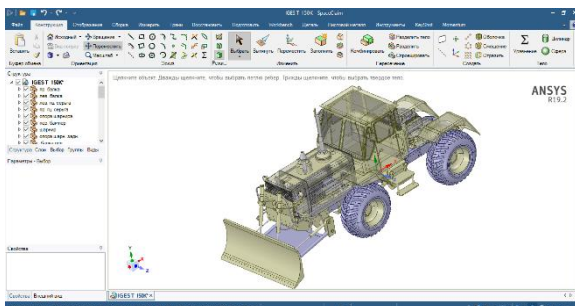
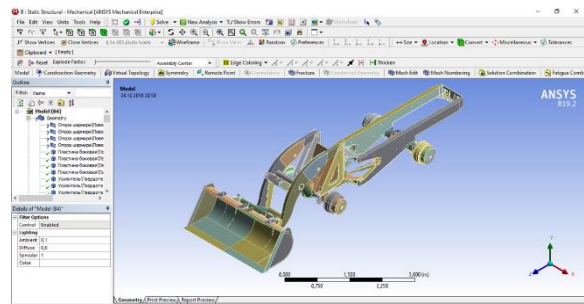
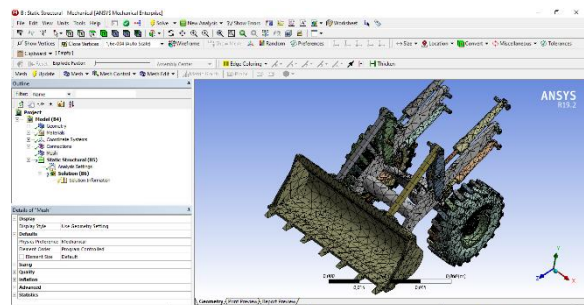


Рис. 4. Комп'ютерна модель бульдозера



а



б

Рис. 5. Комп'ютерна модель рами з навантажувальним робочим обладнанням

Для розрахунку був використаний сучасний пакет моделювання ANSYS R19.2. Для розрахунку бульдозерного обладнання було взято експериментальні дані, отримані у роботі [12]. Випадок, який було досліджено у цій роботі, – ударне навантаження краєм відвала при розробці штабелю матеріалу (рис. 3).

Відмінною рисою даної роботи є можливість використання динамічних навантажень (рис. 6) у процесі виконання робочих операцій. Розрахункові дані можна отримати як з експериментальних досліджень, так і за результатами математичного моделювання.

Як відомо, динамічні навантаження (особливо ударні) є небезпечними як для змінного обладнання, так і для базового тягача. Для визначення їх дії було проведено моделювання, результати якого наведено на рис. 7. Особливістю даного розрахунку є те, що навантаження на робоче обладнання були взяті з реальних експериментальних досліджень [12]. Розрахунковий випадок – занурення відвала в штабель розроблюваного матеріалу, яке супроводжується зіткненням з перешкодою, яку важко подолати.

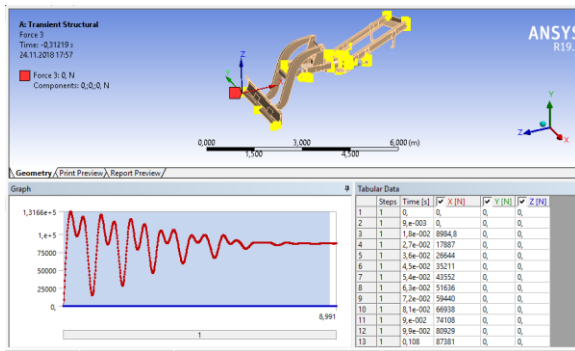


Рис. 6. Прикладення динамічних навантажень на відвал

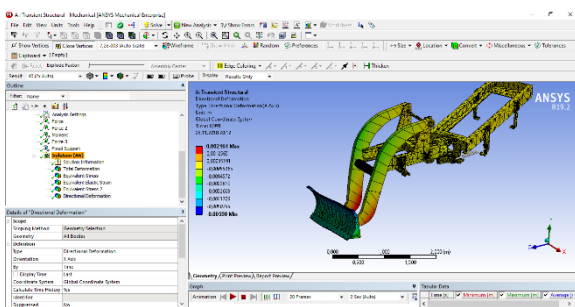


Рис. 7. Деформований стан робочого обладнання та рами тягача

Наступним етапом було дослідження навантажувального робочого обладнання також від дії статичних та динамічних навантажень. Робоче обладнання та шасі було побудовано за допомогою SolidWorks та Space Claim.

Для розрахунку опори вертикального шарніра в середовищі SolidWorks була побудована її комп'ютерна модель. На рис. 8 зображено опору вертикального шарніра.

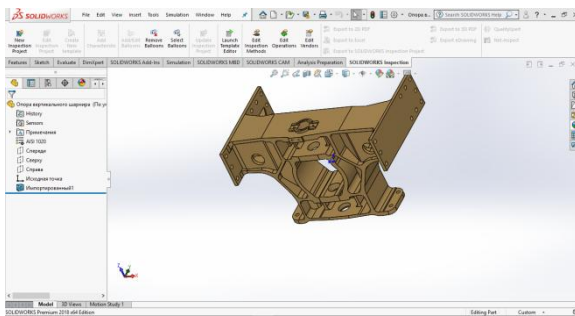


Рис. 8. Опора вертикального шарніра в середовищі SolidWorks

Далі модель треба передати для розрахунку в ANSYS Mechanical, на рис. 9 наведено конвертовану модель.

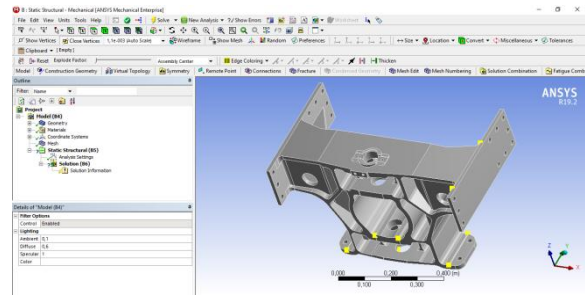


Рис. 9. Конвертована модель опори

Результати розрахунку опори вертикального шарніра наведені на рис. 10–11.

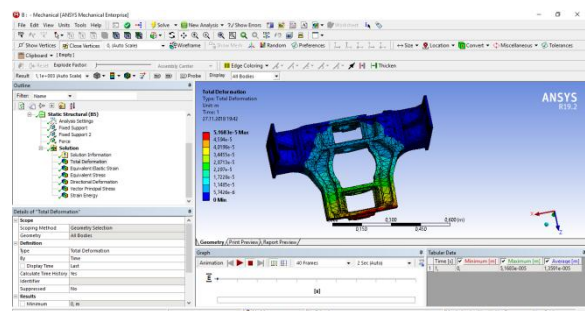


Рис. 10. Загальна деформація опори

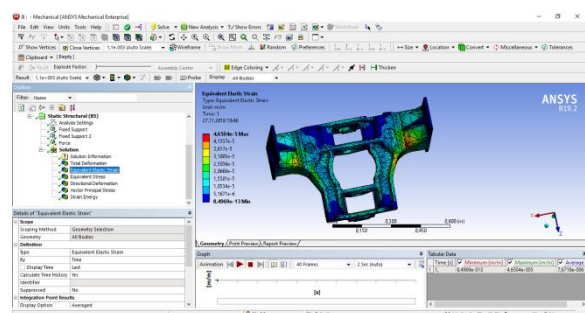


Рис. 11. Розподіл еквівалентних напружень

Комп'ютерне моделювання підтвердило зону руйнівних навантажень, які були виявлені під час експлуатації машин напірної дії. Це дало можливість виконати конструктивні доробки, які виключають цю проблему.

Висновки

У даній роботі на основі сучасних розрахункових методів розроблено раціональні параметри несучої системи шарнірно-зчленованого тягача. В основу методики закладено уточнені методи розрахунку навантажених, з урахуванням сучасних методів математичного моделювання та натурних експериментальних досліджень [12].

За результатами досліджень встановлено, що використовувати стандартну раму на машинах напірної дії недоцільно. На всій до-

рожно-будівельній техніці, створеній на базі колісного шарнірно-зчленованого тягача, застосовується рама сільськогосподарського трактора Т-150К з невеликими доробками, що полягають у блокуванні або виключенні горизонтального шарніра. Зазначена доробка є малоефективною й не дозволяє домогтися необхідної надійності та ефективності виконання робіт. Тому нами було запропоновано нову модернізовану конструкцію рами, яка дозволяє отримати надійні дорожні машини.

Література

1. Зувов В.Н. Разработка методов создания несущих систем колесных машин с оптимальными параметрами: дис... д-ра. техн. наук: 05.05.03 / Зувов Валерий Николаевич; МВТУ им. Баумана. – М., 2002. – 347 с.
2. Русанов О.А. Расчетный анализ напряженного состояния и оценка прочности несущих систем тракторов: дис... д-ра. техн. наук: 05.05.03 / Русанов Олег Александрович; Московский государственный индустриальный университет. – М., 2009. – 347 с.
3. Павленко П.Д. Методология разработки рациональных конструкций несущей системы и ходовой части большегрузных строительных автомобилей-самосвалов: дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.03/ Павленко Петр Дмитриевич; Набережные Челны, 2005.– 400 с.
4. Сибгатуллин К.Э. Разработка методов расчета на прочность несущих систем грузовых автомобилей с учетом пластических деформаций: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03/ Сибгатуллин Камиль Эмерович; Камская государственная инженерно-экономическая академия, Набережные Челны, 2009.– 151 с.
5. Соловьев Д. В. Разработка и реализация методики расчета параметров сечений элементов несущей системы автобуса: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03/ Соловьев Дмитрий Владимирович; Нижегородский государственный технический университет, Нижний Новгород, 2001.– 289 с.
6. Герасимова Т.А. Исследование и совершенствование методов проектных расчетов несущих конструкций экскаваторов: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.06 / Герасимова Татьяна Александровна; Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, 2005.– 212 с.
7. Астахова Т.В. Повышение долговечности рам карьерных автосамосвалов на основе исследования их напряженно-деформированного состояния: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.06 / Астахова Татьяна Валентиновна; Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, 2007.– 200 с.
8. Альбайуб С. Разработка методики создания рам грузовых автомобилей минимальной массы, соответствующие требованиям по ресурсу, на стадии проектирования: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03/ Альбайуб Зияд, МВТУ им. Баумана, Москва, 2006.– 159 с.
9. Рябов А.В. Совершенствование сварных металлоконструкций гидравлических экскаваторов на стадиях расчета, конструирования и изготовления: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04/ Рябов Артем Вячеславович, Московский государственный строительный университет, Москва, 2006.– 139 с.
10. Артамонов П.В. Оценка долговечности несущих металлоконструкций карьерных автосамосвалов с использованием системы спутникового мониторинга GPS: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.06/ Артамонов Павел Викторович, Кузбасский государственный технический университет, Кемерово, 2010.– 124 с.
11. Зырянов И.В. Повышение эффективности систем карьерного автотранспорта в экстремальных условиях эксплуатации: дис. ... д-ра. техн. наук 5.05.06/ Зырянов Игорь Владимирович, Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), Санкт-Петербург, 2006.– 378 с.
12. Щербак О. В. Разработка рациональных параметров соединительно-управляющего модуля фронтального погрузчика : автореф. дис. канд. биол. наук: 05.05.04 / Щербак Олег Витальевич; ХАДИ. – Харьков., 2000. – 22 с.

References

1. Zuzov V.N. Razrabotka metodov sozdaniya nesushih sistem kolesnyh mashin s optimalnymi parametrami: Dis... d-ra. tehn. nauk: 05.05.03 / Zuzov Valerij Nikolaevich; MVTU im. Baumana. - M., 2002. – 347 s.
2. Rusanov O.A. Raschetnyj analiz napryazhennogo sostoyaniya i ocenka prochnosti nesushih sistem traktorov: Dis... d-ra. tehn. nauk: 05.05.03 / Rusanov Oleg Aleksandrovich; Moskovskij gosudarstvennyj industrialnyj universitet. - M., 2009. – 347 s.
3. Pavlenko P.D. Metodologiya razrabotki racionalnyh konstrukcij nesushej sistemy i hodovoj chasti bolshegruznyh stroitelnyh avtomobilej-samosvalov: Dis. ... d-ra tehn. nauk : 05.05.03/ Pavlenko Petr Dmitrievich; Naberezhnye Chelny, 2005.– 400 s.
4. Sibgatullin K.E. Razrabotka metodov rascheta na prochnost nesushih sistem gruzovyh avtomobilej s uchetom plasticheskikh deformatsij: Dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.03/ Sibgatullin Kamil Emerovich; Kamskaya gosudarstvennaya inzhenerno-ekonomicheskaya akademiya, Naberezhnye Chelny, 2009.– 151 s.
5. Solovev D. V. Razrabotka i realizaciya metodiki rascheta parametrov sechenij elementov nesushej sistemy avtobusa: Dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.03/ Solovev Dmitrij Vladimirovich; Nizhegorodskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, Nizhnij Novgorod, 2001.– 289 s.
6. Gerasimova T.A. Issledovanie i sovershenstvovanie metodov proektnyh raschetov nesushih

- konstrukcij ekskavatorov: Dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.06 / Gerasimova Tatyana Aleksandrovna; Institut vychislitel'nogo modelirovaniya SO RAN, Krasnoyarsk, 2005.– 212 s.
7. Astahova T.V. Povyshenie dolgovechnosti ram karernyh avtosamosvalov na osnove issledovaniya ih napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya: Dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.06 / Astahova Tatyana Valentinovna; Institut vychislitel'nogo modelirovaniya SO RAN, Krasnoyarsk, 2007.– 200 s.
 8. Albajub S. Razrabotka metodiki sozdaniya ram gruzovyh avtomobilej minimalnoj mas-sy, sootvetstvuyushie trebovaniyam po resur-su, na stadii proektirovaniya: Dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.03/ Aldajub Ziyad, MVTU im. Bauman, Moskva, 2006.– 159 s.
 9. Ryabov A.V. Sovershenstvovanie svarnyh metallokonstrukcij gidravlicheskih ekskavatorov na stadiyah rascheta, konstruirovaniya i izgotovleniya: Dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.04/ Ryabov Artem Vyacheslavovich, Moskovskij gosudarstvennyj stroitelnyj univer-sitet, Moskva, 2006.– 139 s.
 10. Artamonov P.V. Ocenka dolgovechnosti nesushih metallokonstrukcij karernyh avtosamosvalov s ispolzovaniem sistemy sputni-kovogo monitoringa GPS: Dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.06/ Artamonov Pavel Viktorovich, Kuzbasskij gosudarstvennyj tehniche-skiy universitet, Kemerovo, 2010.– 124 s.
 11. Zyryanov I.V. Povyshenie effektivnosti sistem karernogo avtotransporta v ekstre-malnyh usloviyah ekspluatatsii: Dis. ... d-ra. tehn. nauk 5.05.06/ Zyryanov Igor Vladimirovich, Sankt-Peterburzhskij gosudarstvennyj gornyj institut (tehniche-skiy universitet), Sankt-Peterburg, 2006.– 378 s.
 12. Sherbak O. V. Razrabotka racionalnyh parametrov soedinitelno-upravlyayushogo modulya frontalnogo pogruchika : Avtoref. dis. kand. biolog. nauk: 05.05.04 / Sherbak Oleg Vitalevich; HADI. – Harkov., 2000. – 22 s.

Щербак О. В., к.т.н., доцент,
Харківський національний автомобільно–дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, 61002, м. Харків, тел. (097)23–33–083,
olegcherbar@gmail.com.
Сумінов А. В., інженер-конструктор,
Харківський тракторний завод, пр. Московський, 275, 61000, м. Харків,
тел. (099)75–78–954,
andrey.suminov@gmail.com

Хачатурян С.Л., к.т.н., доцент,
Центральноукраїнський національний технічний університет, вул. Університетська, 8, 25006,
м. Кропивницький тел. (096)033–71–91,
serg5407@rambler.ru

Development of a method for designing specialized machinery based on a hinge tractor

Abstract. *The method of designing frames of special machines for road construction and public utilities is considered, which allows you to design special machines with a given level of reliability and durability. The technique allows using modern computer modeling systems to carry out constructive refinement of the base tractor frame using experimental and mathematical modeling data. Using the design feature of tractors of the T–150K family, namely the presence of an articulated joint, it is possible, using a modular principle, to quickly design various machines for various industries. However, in order to design reliable machines, one must have a methodology for designing such machines. There is currently no such technique. When designing special machines, designers perform calculations only for working equipment. But as practice shows, the critical elements of the machine in this case, the support of the vertical hinge of the tractor frame during the operation of the pressurized machine (wheeled bulldozer and front loader), experience shock loads that lead to the destruction of the frame of the base tractor. The purpose of the article is to develop a methodology for designing a complex of road–building machines on the basis of mass–produced tractors with an articulated frame produced by public limited company "KhTZ".*

Key words: *design technique, reliability, strength, computer modeling, rational parameters, dynamic loading, bearing system, support of vertical hinge*

Shcherbak Oleg., PhD, associate professor, Kharkiv National Automobile Highway University, Yaroslava Mudrogo str. 25, (097)23–33–083,
olegcherbak@gmail.com.

Suminov Andrey., design engineer. Kharkov Tractor Plant, pr. Moscow, 275, 61000, (099)75–78–954,
andrey.suminov@gmail.com

Khachatryan Sergey., PhD, associate professor, Central Ukrainian National Technical University, University str. 8., (096)033–71–91,
serg5407@rambler.ru