

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 624.155.152

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).70-78](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).70-78)

В.І. Пантелесенко, доц., канд. техн. наук, **А.Л. Червоноштан**, інж., **В.А. Пушенко**, студ.

Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», м. Дніпро, Україна

e-mail: vladmaestro2017@gmail.com, andrew.chervonoshtan@pgasa.dp.ua,

Vadimpushenko99@gmail.com

С.О. Карпушин, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: karp22.05.1972ksa@gmail.com

Дослідження напруженого стану багатоцільового змінного бульдозерно-захватного робочого обладнання

В статті представлено змінне робоче обладнання на базі мобільного шарнірно-зчленованого колісного шасі високої прохідності, а саме бульдозерний відвал в поєднанні із захватним пристроєм для виконання різних робочих операцій, та проведено дослідження напруженого стану найбільш відповідальних елементів робочого обладнання в програмному середовищі «SolidWorks». Дослідження проведені в межах діючих навантажень та прийнятого матеріалу для їх виготовлення, а також визначена кількість циклів навантаження до втрати цими елементами тривкісної стійкості за межею плинності матеріалу. Дослідження напруженого стану елемента робочого обладнання показало, що при статичному навантаженні в межах 710 кН, матеріал робочого обладнання та його конструкція витримують навантаження по всім критеріям програми «SolidWorks». Дослідження при різній кількості циклів навантаження показали, що деталь витримує при даному матеріалі приблизно 1000000 циклів навантаження, а для виготовлення елементів робочого обладнання доцільно використовувати сталь 10ХСНД.

робоче обладнання, напружений стан, статичне навантаження, міцність, «SolidWorks», притискна рамка

Постановка проблеми. До числа основних напрямків, які визначають перспективний розвиток будівельної землерийної техніки, відноситься розширення технологічних можливостей за рахунок збільшення номенклатури робочого обладнання існуючих машин, а також створення універсальних дорожніх машин багатоцільового призначення [1, 2].

Об'єми будівельних робіт, розосередженість будівельних об'єктів, їх значна лінійна протяжність для меліоративного і дорожнього будівництва [3, 4], а у деяких випадках навпаки – обмеженість будівельних майданчиків обумовлюють достатньо високі вимоги до технологічних можливостей сучасних будівельних і дорожніх машин. Також серед відкритих питань залишається узгодження продуктивностей суміжних, у відповідності до технологічного циклу, машин. Наведений комплекс організаційних, конструктивних, технологічних, економічних та типорозмірних невідповідностей призводить до вимушених простоїв у роботі та великого відсотку ручної,

малопродуктивної праці. Актуальними при цьому залишаються проблеми пов'язані з надійністю і довговічністю змінного і багатоцільового робочого обладнання. Тому в роботі наведено дослідження напруженого стану найбільш відповідальних елементів захватно-бульдозерного робочого обладнання за допомогою комп'ютерної програми «SolidWorks» в межах діючих навантажень та обґрунтованого матеріалу для їх виготовлення. Також визначена кількість циклів навантаження до втрати цими елементами тривкісної стійкості за межею плинності матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спорудження земляного полотна, виконання земляних робіт та головні вимоги до будівельної техніки повинні здійснюватися у відповідності до вимог національних стандартів: ДБН В.2.3-4:2015, ГОСТ 17.5.3.06-85, ДБН В.2.8-9-98 [5, 6, 7].

Відомо, що за умов великих об'ємів земляних робіт найбільш ефективним є застосування високопродуктивних землерийних машин безперервної дії [8]. А для розосереджених будівельних об'єктів, які характеризуються, як правило середніми і малими об'ємами робіт, частка таких зокрема в дорожньому будівництві складає 60...80% [1, 3], усунути вимушені простої, скоротити час на перебазування, підвищити коефіцієнт використання машини, зменшити відсоток ручної праці можливо розробкою та застосуванням змінного і багатоцільового робочого обладнання [9-14]. Перспективними для розробки змінного і багатоцільового робочого обладнання є машини відвального типу на колісному рушійнику, одноківшеві гідравлічні екскаватори, фронтальні навантажувачі. Модернізована будівельна техніка здатна виконувати наступні операції: розробку і засипку траншей і котлованів, розробку міцних ґрунтів, переміщення вантажів, зокрема довгомірних, виконання монтажних робіт в стиснених умовах будівельного майданчика. Застосування однієї машини зі змінним багатоцільовим робочим обладнанням у більшості випадках забезпечує повний цикл підготовчих, планувальних, будівельно-монтажних і оздоблювальних робіт.

Варто зазначити, що багато питань, що пов'язані з ефективною роботою рухомого будівельного і транспортного складу в процесі будівництва вимагають розгляду комплексного логістичного підходу [15].

Постановка завдання. Запропонувати конструкцію змінного багатоцільового бульдозерно-захватного робочого обладнання для мобільного шарнірно-зчленованого колісного шасі підвищеної прохідності, змодельовати навантаження на робоче обладнання в межах програмного забезпечення «SolidWorks» з метою оптимізації, або перевірки геометричних і вагових параметрів та обґрунтування матеріалу для тривкісної стійкості.

Виклад основного матеріалу. В статті представлено змінне багатоцільове робоче обладнання на базі шарнірно-зчленованого колісного шасі високої прохідності, а саме бульдозерний відвал в поєднанні із захватним пристроєм для виконання широкого спектру робочих операцій, що дозволить використовувати машину самостійно, без залучення додаткової будівельної техніки.

Окрім свого основного призначення, модернізована техніка зможе виконувати наступні операції: засипку траншей і котлованів, розробку міцних ґрунтів, транспортування вантажів, зокрема довгомірних, виконання монтажних робіт в стиснених умовах будівельного майданчика.

Машина складається з шарнірно-зчленованого колісного шасі високої прохідності та модернізованого бульдозерного устаткування, забезпеченого захватним пристроєм.

Робоче устаткування (рис. 1) включає, відвал 1 з основним ножом 6, шарнірно змонтовану на відвалі 1 траверсу 3, керовану гідроциліндром 4. На траверсі 3 змонтована та керована гідроциліндром 5 притискна рамка 2.

Працює пропонуване робоче устаткування таким чином:

При копанні ґрунтів традиційним способом зусилля посередництвом штовхаючих брусів передається на відвал 1 і при упровадженні основного ножа 6 в ґрунт відбуваються процес зрізання та ротації ґрунту по відвальній поверхні. При цьому, втягуванням штоків гідроциліндрів 4 і 5, притискна рамка 2 відводиться в крайнє верхнє положення.

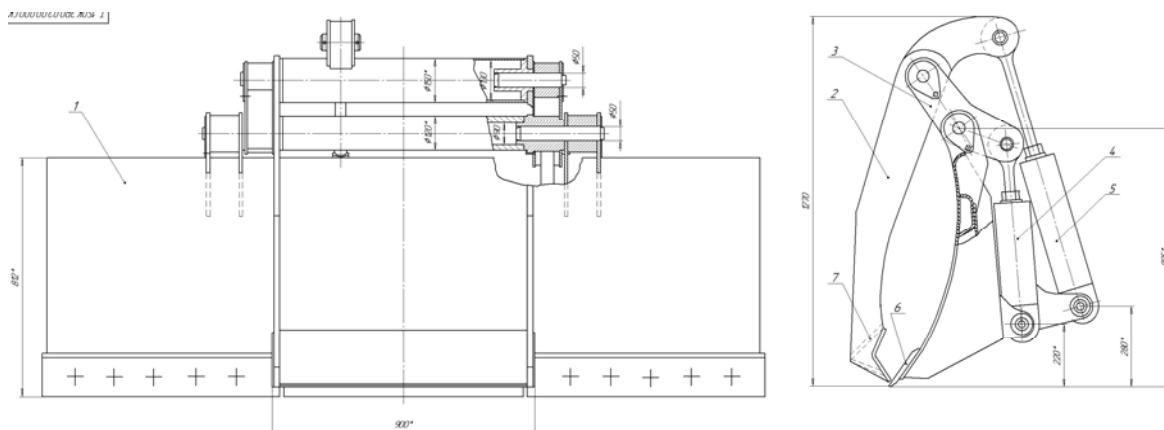


Рисунок 1 – Бульдозерне робоче устаткування з захватним пристроєм

Джерело: [9]

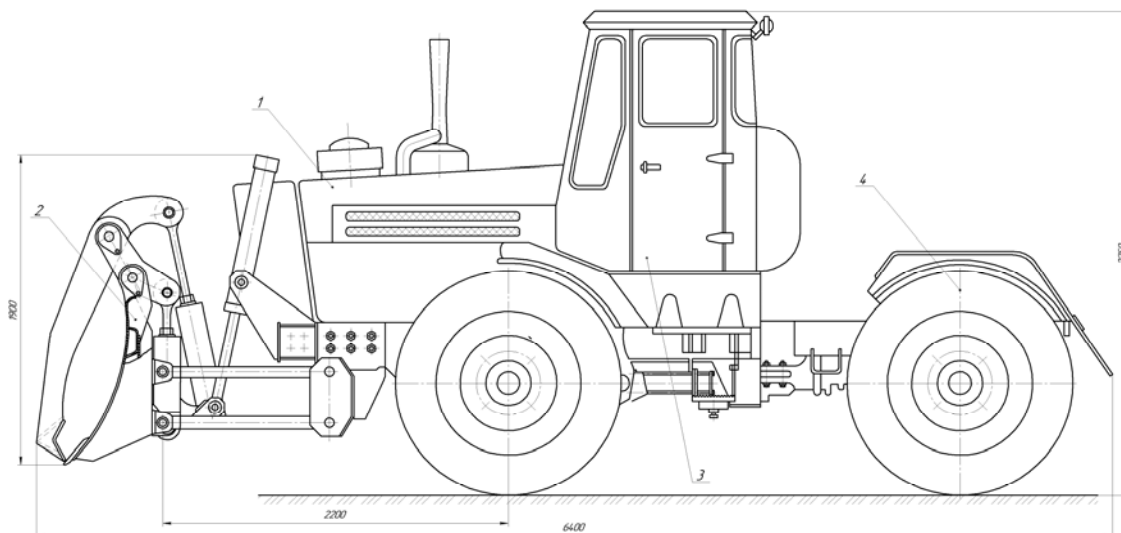


Рисунок 2 – Загальний вид робочого устаткування з захватним пристроєм на базі шарнірно-зчленованого колісного шасі

Джерело: [9]

При виконанні планувальних і зачисних робіт можна гідроциліндрами 4 і 5 і траверсою 3 притиснути рамку 2 до відвала 1, розташувавши додатковий ніж 7 на одному рівні з основним ножом 6, або вище його, досягнувши ефекту «тракторно-зміщеного» різання.

Копання ґрунтів підвищеної міцності проводиться додатковим ножем 7 притискної рамки 2, який гідроциліндрами 4 і 5 і траверсою 3 опущений в крайнє положення і притиснутий до відвала 1. При цьому площа додаткового ножа 7 нахилена до горизонту на кут $\delta = 45 \dots 50^\circ$.

При виконанні робіт по монтажу бордюрного каменя елементи устаткування приводяться в таке положення, коли відстань від притискної рамки 2 до ріжучої крайки основного ножа 6 відвала 1 дорівнює ширині бордюрного каменя.

Змінне робоче обладнання забезпечує:

1. Розробку і переміщення ґрунтів I-III категорій на відстань до 100 м, відривку і засипку траншей і котлованів.

2. Зведення насипів, нарізання терас, а також для виконання планувальних робіт: зачисних і підготовчих робіт основним відвалом.

3. Захоплення, фіксування та транспортування вантажів.

4. Розпушення ґрунтів IV-V категорій.

5. Корчування пнів.

6. Виймання і переміщення валунів.

7. Монтаж та демонтаж вертикальних елементів (стійки, стовпи), горизонтальних довгомірних елементів (бордюр, пішохідні плити, трубопроводи,...).

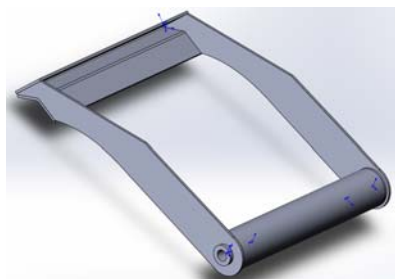
Найбільш ефективно змінне робоче обладнання може застосовуватися для будівельних, ремонтних та реконструкційних робіт.

Дослідження напруженого стану елемента робочого обладнання (притискна рамка рис. 1. поз. 2) проводилось в момент найбільшого опору по лобовій поверхні ножа. Такий стан може спостерігатися, коли притискна рамка 2 під дією робочого тиску в гідросистемі та відповідного гідроциліндра буде утримувати та переміщати необхідний вантаж. В цей момент напруження в матеріалі притискної рамки 2 досягне максимальних значень.

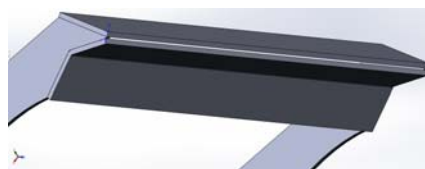
Вихідними даними для моделювання були: конструктивні, зокрема геометричні параметри притискної рамки, матеріал (в даному випадку прийнято сталь 10ХСНД) та зусилля, яке діє на цей елемент робочого обладнання в момент захоплення та транспортування вантажу.

Згідно класичних розрахунків це зусилля знаходиться в межах 690...710 кН.

Сталь 10ХСНД – це низьколегована конструкційна сталь, яка застосовується для виготовлення зварних металоконструкцій підвищеної міцності та корозійної стійкості. Даний матеріал виробляється відповідно до вимог стандартів ДСТУ 8817, ГОСТ 6713. Механічні властивості сталі: тимчасовий опір, 510-670 Н/мм²; межа плинності, 390 Н/мм², відносне подовження, 19 %.



а



б

а) притискна рамка; б) робочі поверхні притискної рамки

Рисунок 3 – Об'ємне моделювання елемента робочого обладнання

Джерело: розроблено авторами на основі [16...20]

Нижче представлені епюри напруженого стану елемента робочого обладнання (притиска рама) під дією статичного навантаження. Епюри побудовані з використанням комп'ютерної програми «SolidWorks» [16, 17, 18, 19, 20].

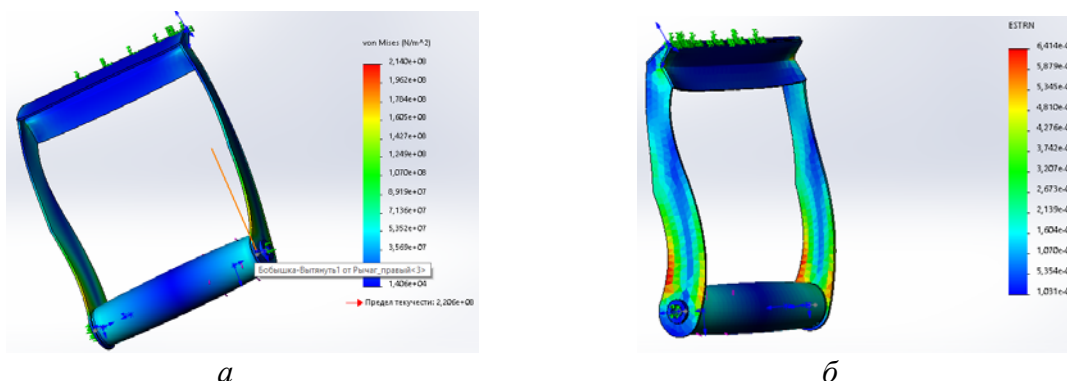


Рисунок 4 – Епюра напружень та деформацій притисної рамки
 Джерело: розроблено авторами на основі [16...20]

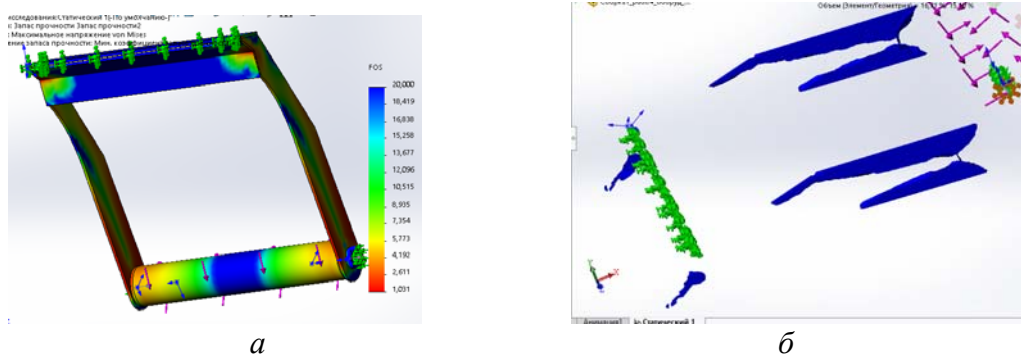
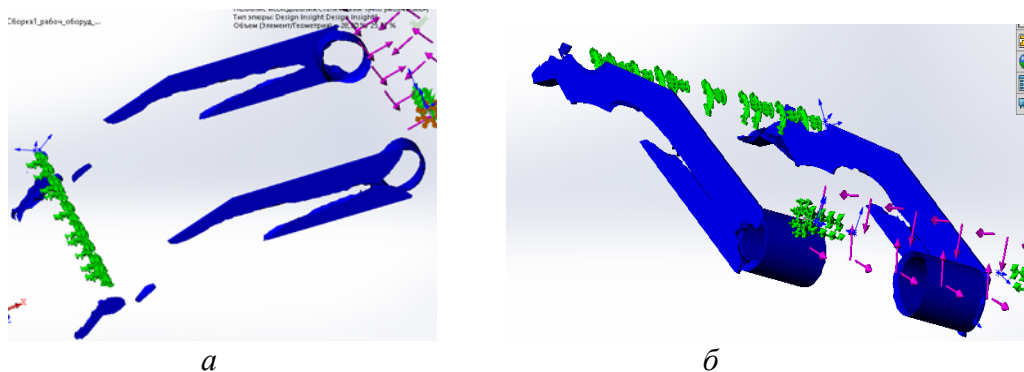


Рисунок 5 – Епюра запасу міцності притисної рамки (а) та комп'ютерна фотограма концентрації напружень при 1000000 циклів навантаження (б)

Джерело: розроблено авторами на основі [16...20]

По шкалі значень на епюрі запасу міцності притисної рамки (рис. 5, а), видно, що запас міцності цього елемента достатньо високий. Використання для виготовлення притисної рамки сталі 10ХСНД є доцільним.



а) 1200000 циклів навантаження; б) 1400000 циклів навантаження

Рисунок 6 – Комп'ютерні фотограми концентрації напружень
 Джерело: розроблено авторами на основі [16...20]

З комп'ютерної фотографії концентрації напружень (рис. 5, б) при циклах навантаження величиною в 1000000 видно, що залишкове напруження починається з бокових елементів затискного важеля, які з'єднані трубою за допомогою зварювання, поширюється в напрямі пластин, що утворюють додаткові ножі з іншої сторони. Очевидно, що зони напруження починаються з країв бокових пластин і розповсюджуються в середину. При такій кількості циклів навантаження деталь робочого обладнання ще може деякий час працювати.

При навантаженні величиною 1200000 циклів (рис. 6, а), зони концентрації напружень значно збільшуються та починають охоплювати трубчастий елемент, що з'єднує боковини, в цьому випадку деталь робочого обладнання стає неприцездатною і потребує заміни.

На рис. 6, б комп'ютерна фотографія концентрації напружень при циклі навантаження в 1400000, це дослідження має чисто теоретичний характер тому, що в цьому випадку деталь обладнання повністю зруйнована через втомлюваність матеріалу (сталь 10ХСНД). В цьому випадку деформації досягають великих значень і в цей момент напруження переходить межу плинності матеріалу (390 Н/мм^2) і починається процес руйнування. А тому притискна рамка може витримувати не більше 1000000 циклів навантаження. Цього достатньо, щоб цей елемент конструкції міг працювати на протязі 8...10 років, що співрозмірно з ресурсом базової машини.

Висновки:

1. Запропонована конструкція змінного багатоцільового бульдозерно-захватного робочого обладнання розширює базові технологічні можливості класичного бульдозерного обладнання.

2. Моделювання напруженого стану елемента робочого обладнання (притискна рамка) в середовищі «SolidWorks» показало, що при статичному навантаженні в межах 710 кН, матеріал притискної рамки та його конструкція витримують робочі навантаження по всім критеріям програми «SolidWorks»: на втомлююче руйнування, на втрату стійкості, запасу міцності, деформацій та переміщень, що відбуваються при навантаженні. Навантаження, яке діє на цей елемент в процесі роботи визначалось за допомогою сформованих розрахункових схем та стандартних методик.

3. Встановлено, що деталь, яка виготовлена з сталі 10ХСНД витримує без ознак руйнування близько 1000000 циклів навантаження. Подальше збільшення кількості циклів навантаження приводить до руйнації цього елемента конструкції.

4. Як показали дослідження в програмі «SolidWorks» для виготовлення елементів робочого обладнання доцільно використовувати сталь 10ХСНД. Більш тривкі марки сталі використовувати недоцільно з економічної точки зору, а сталі з межею плинності менше ніж 390 Н/мм^2 не мають достатнього запасу міцності.

Список літератури

1. Хмара Л.А., Шипілов О.С., Мусійко В.Д., Кузьмінець М.П., Пантелеєнко В.І., Карпушин С.О., Дорожні машини: навч. посіб. НТУ, 2013. 400 с.
2. С.О. Карпушин, А.С. Голуб, М.В. Чуйко. Застосування методу формування нових технічних рішень при розробці багатоцільового робочого обладнання бульдозера. *Збірник «Наука виробництву - 2011»* - Кіровоград, КНТУ, 2011. С.1271-1273.
3. Машини для земляних робіт: Підручник / Л.А. Хмара, С.В. Кравець, М.П. Скоблюк та ін.; за заг. ред. д.т.н., проф. Л.А. Хмари та д.т.н., проф. С.В. Кравця. Х.: ХНАДУ, 2014. 548с.
4. Хмара Л. А., Шипілов О. С., Мусійко В. Д., Кузьмінець М. П. Дорожно-строительные машины и комплексы. Днепрпетровськ-Киев, 2011. 416 с.
5. ДБН В.2.3-4:2015. АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ. Ч. І. Проектування; Ч. ІІ. Будівництво, Київ, 2015. 104с.

6. ГОСТ 17.5.3.06-85 Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ (Охрана природы. Земли. Вимоги до визначення норм зняття родючого шару ґрунту при виконанні земляних робіт). Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. С. 60-63. (Межгосударственный стандарт).
7. ДБН В.2.8-9-98. Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент і експлуатація будівельних машин. Загальні вимоги. Київ: Держбуд України. 10 с.
8. Голубченко О.І., Хожило М.Е., Огляд та пропозиції конструкцій активного робочого обладнання землерійно-транспортних машин безперервної дії. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2011. Вип. 6-7. С. 48-55.
9. Пантелеенко В. И., Таран М. С. Оборудование для ремонтных и реконструкционных работ на базе колесного трактора. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин: сб. науч. тр.* 2016. №88. С.173–178.
10. Карпушин С.О., Пантелиенко В.І. Бульдозерно-розпушувальне обладнання, як альтернатива двом машинам. *Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів: зб. тез і статей міжнар. наук.-практ. конф., 03–05 жовтня 2013 року*. Кіровоград, 2013. С.31-35.
11. Карпушин С.О., Бобров О.С. Формування ріжучих елементів робочих органів землерійних та землерійно-транспортних машин. *Проблеми і перспективи практичної реалізації наукових досліджень: матеріали XVIII Міжнар. наук.-практ. конф., Чернівці, 27-28 лютого 2015р.* Київ: Науково-видавничий центр «Лабораторія думки», 2015. С.16-19.
12. Карпушин С.О., Скриннік І.О., Пантелиенко В.І. Гнучкі елементи робочого обладнання землерійних і меліоративних машин ковшового типу. *Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів: зб. тез і статей Міжнар. наук.-практ. конф., 03–05 жовтня 2013 року*. Кіровоград, 2013. С.35-41.
13. Робоче обладнання однокішшового екскаватора: пат. 35362 Україна: МПК E02F 3/28; заявл. 29.04.2008; опубл. 10.09.2008. Бюл. №7.
14. Бульдозер: пат. 62211А Україна: МПК E02F 3/76; заявл. 30.01.2003; опубл. 15.12.2003. Бюл. №12.
15. Методологія підходів до дослідження шляхів і сукупності факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем / В. В. Аулін, В. В. Біліченко, Д. В. Голуб, Д. О. Великодний. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2017. № 2. С. 4-12.
16. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. BNV, 2012. 445 с.
17. Алямовский А. А., COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks, ДМК Пресс, 2010. 784 с.
18. Алямовский А. А., SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации, ДМК Пресс, 2015. 562 с.
19. Дударева Н. Ю., Загайко С. А., SolidWorks 2011 на примерах, БХВ-Петербург, 2011. 496 с.
20. Новые возможности SolidWorks. Версия 2010, SolidWorks Corporation, 2009. 212 с.

References

1. Khmara, L.A., Shpylov, O.S., Musiiko, V.D., Kuzminets, M.P., Panteleienko, V.I. & Karpushyn, S.O. (2013). *Dorozhni mashyny [Road cars]*. NTU [in Ukrainian].
2. Karpushyn, S.O., Holub, A.S. & Chuiko, M.V. (2011). Zastosuvannya metodu formuvannya novykh tekhnichnykh rishen pry rozrobtsti bahatotsilovoho robochoho obladnannya buldozera. *Zbirnyk «Nauka vyrobnytstvu - 2011»*. Kirovohrad, KNTU. 1271-1273 [in Ukrainian].
3. Khmara L.A., Kravets S.V. & Skobliuk M.P. (2014). *Machines for earthworks*. L.A. Khmary, S.V. Kravtsia (Ed.). Kh.: KhNADU [in Ukrainian].
4. Khmara, L. A., Shpylov, O. S, Musyiko, V. D. & Kuzmynets, M. P. (2011). *Dorozhno-stroytelnye mashyny y komplekxy [Road-building machines and complexes]*. Dnepropetrovsk-Kyev [in Russian].
5. DBN V.2.3-4:2015. AVTOMOBILNI DOROHY. Chastyna I. Proektuvannya, Chastyna II. Budivnytstvo [in Ukrainian].
6. Okhrana pryrody. Zemly. Trebovaniya k opredeleniyu norm sniatyia plodorodnoho sloia pochvy pry proyzvodstve zemlianykh rabot [Protection of Nature. Earth. Requirements for determining the norms for removing the fertile soil layer during earthworks]. (1986). HOST 17.5.3.06-85. Moskva: Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam (Mezhgosudarstvennyj standart). [in Russian].
7. Budivelna tekhnika, osnastka, inventar ta instrument i ekspluatatsiia budivelnykh mashyn. Zahalni vymohy [Construction machinery, equipment, inventory and tools and operation of construction machinery]. (1998). DBN V.2.8-9-98. Kyiv: Derzhbut Ukrainy [in Ukrainian].
8. Holubchenko, O.I. & Khozhylo, M.E. (2011). Ohliad ta propozytsii konstrukttsii aktyvnoho robochoho obladnannya zem-leryino-transportnykh mashyn bezperervnoi dii [Review and proposals of designs of active working equipment of earthmoving machines of continuous action]. *Visnyk Prydniprovskoi*

- derzhavnoi akademii budivnytst-va ta arkhitektury – Bulletin of the Dnieper State Academy of Civil Engineering and Architecture. Vol. 6-7. 48-55. [in Ukrainian].*
9. Panteleenko, V. Y. & Taran, M. S. (2016). Oborudovanye dlia remontnykh y rekonstruktsionnykh robot na baze ko-lesnogo traktora [Equipment for repair and reconstruction works based on a wheeled tractor]. *Stroytelstvo. Materialovedenye. Mashynostroenye. Yntensyfykatsiya rabochykh protsessov stroytelnykh y dorozhnykh mashyn - Construction. Materials Science. Mechanical engineering. Intensification of work processes of construction and road machines. 88. 173–178 [in Russian].*
 10. Karpushyn, S.O. & Pantylieiko, V.I. (2013). Buldozerno-rozpushuvalne obladnannia, yak alternatyva dvom ma-shynam [Bulldozer loosening equipment as an alternative to two machines]. *Problems of development of road transport and construction complexes: zb. tez i statei mizh-narodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (03–05 zhovtnia 2013 roku). Kirovohrad, 31-35 [in Ukrainian].*
 11. Karpushyn, S.O. & Bobrov, O.S. (2015). Formuvannia rizhuchykh elementiv robochykh orhaniv zemlerynykh ta zemle-ryino-transportnykh mashyn [Formation of cutting elements of working bodies of earthmoving and earthmoving machines]. *Problems and prospects of practical implementation of scientific research: Mate-rialy XVIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Chernivtsi, 27-28 liutoho 2015r.). Kyiv: Naukovo-vydavnychiy tsentr «Laboratoriia dumky», 16-19 [in Ukrainian].*
 12. Karpushyn, S.O., Skrynnik, I.O. & Pantylieiko, V.I. (2013). Hnuchki elementy robochoho obladnannia zemlerynykh i melioratyvnykh mashyn kovshovoho typu [Flexible elements of the working equipment of earthmoving and reclamation machines of bucket type]. *Problems of development of road transport and construction complexes: zb. tez i statei mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (03–05 zhovtnia 2013 roku). Kirovohrad, p.35-41 [in Ukrainian].*
 13. Pat. 35362 Ukraina, Roboche obladnannia odnokivshovoho ekskavatora MPK E02F 3/28. Zaiavl. 29.04.2008; Opubl. 10.09.2008. biul. №7 Avt. Karpushyn S.O. [in Ukrainian].
 14. Pat. 62211A Ukraina, Buldozer MPK E02F 3/76. Zaiavl. 30.01.2003; Opubl. 15.12.2003. biul. №12 Avt. Karpushyn S.O., Khmara L.A., Yatsun V.V. [in Ukrainian].
 15. Aulin, V.V., Bilichenko, V.V., Holub, D.V. & Velykodnyi, D.O. (2017). Metodolohiia pidkhodiv do doslidzhennia shliakhiv i sukupnosti faktoriv zabezpechennia nalezh-noho rivnia efektyvnosti i nadiinosti transportnykh system [Methodology of approaches to the study of ways and a set of factors to ensure the appropriate level of efficiency and reliability of transport systems]. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu – Bulletin of Mechanical Engineering and Transport. 2. 4-12. [in Russian]*
 16. Aliamovskiy, A. A. (2012). SolidWorks Simulation. Kak reshat praktycheskye zadachy [SolidWorks Simulation. How to solve practical problems]. BNV [in Russian]
 17. Aliamovskiy, A. A. (2010). COSMOSWorks. Osnovy rascheta konstruktsyi na prochnost v srede SolidWorks [COSMOSWorks. Fundamentals of Structural Strength Analysis in SolidWork]. DMK Press [in Russian]
 18. Aliamovskiy, A. A. (2015). SolidWorks Simulation. Ynzhenernyi analiz dlia professionalov [SolidWorks Simulation. Engineering analysis for professionals]. DMK Press [in Russian]
 19. Dudareva, N. Yu. & Zahaiko, S. A. (2011). SolidWorks 2011 na prymerakh [SolidWorks 2011 by Examples]. BKhV-Peterburh [in Russian]
 20. What's New in SolidWorks. (2009). Versiya 2010, SolidWorks Corporation [in Russian]

Volodymyr Panteleenko, Assos. Prof., PhD tech. sci., **Andrii Chervonoshtan**, Engineer, **Vadim Pushenko**, student

State Higher Education Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Dnipro, Ukraine

Serhii Karpushyn, Assos. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Investigation of the Stress State of Multi-purpose Variable Bulldozer-gripping Work Equipment

The article is devoted to the development and presentation of the design of changeable, bulldozer-gripping, multi-purpose work equipment for the mobile hinge-united wheeled chassis of high passability, modeling the load on work equipment within the software "SolidWorks" to optimize process or to check geometric and weight parameters in order to justify the material for long-term resistance.

The changeable working equipment on the basis of the mobile hinge-united wheeled chassis of high passability, namely the bulldozer dump in combination with the gripping device for performance of a wide range of working operations is presented. Changeable work equipment provides: - development and movement of soils of I-III categories at a distance of up to 100 m, digging up and backfilling of trenches and ditches; - forming of embankments, cutting of terraces, performance of planning, cleaning and preparatory works by the main dump; - capture, fixing and transportation of goods; - loosening of soils of IV-V categories; - uprooting of stumps; -

extraction and movement of boulders; - installation and dismantling of vertical elements (racks, pillars), horizontal long elements (curb, paving slabs, pipeline elements,...). Also the study of the stress state of the most responsible elements of the working equipment was carried out in the software environment "SolidWorks" within the existing loads and the accepted material for their manufacture. The number of load cycles before the loss of these elements of long-term resistance beyond the yield strength of the material was determined.

The conducted researches allowed to establish:

- when modeling the stress state of the element of working equipment (clamping frame) in the environment "SolidWorks" at static load within 710 kN, the clamping frame material and its design withstand working loads according to all criteria of the program "SolidWorks": fatiguing destruction, loss of stability, margin of strength, deformation and displacement that occur under load. The load acting on this element in the process of work was determined using the formed calculation schemes and standard methods;

- the design of the clamping frame made of steel 10HSND withstands without signs of destruction of about 1,000,000 load cycles. A further increase in the number of load cycles leads to the destruction of this structural element;

- for the manufacture of elements of working equipment, it is advisable to use steel 10HSND. More durable grades of steel are inexpedient from an economic point of view, and steels with a yield strength of less than 390 N/mm² do not have a sufficient margin of safety.

working equipment, stress state, static load, strength, «SolidWorks», pressure frame

Одержано (Received) 05.04.2021

Прорецензовано (Reviewed) 23.04.2021

Прийнято до друку (Approved) 26.04.2021

УДК 62-192(075)

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).78-87](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).78-87)

О.І. Алфьоров, доц., д-р техн. наук, **О.С. Гринченко**, проф., д-р техн. наук
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Харків, Україна
e-mail: alfogor@i.ua

Прогнозування і управління надійністю в умовах застосування запобіжних пристроїв з детермінованим навантаженням спрацьовування

Викладено основні теоретичні положення методології прогнозування механічної надійності в умовах багаторазового впливу випадкових екстремальних навантажень. Розглядаються способи прогнозування та управління надійністю в умовах використання запобіжних пристроїв. Наведені моделі надійності елементів і систем, які захищають від багаторазового впливу перевантажень за допомогою ЗП, у якого навантаження спрацьовування практично постійна.

надійність, запобіжні пристрої, раптова відмова, екстремальні навантаження

Постановка проблеми. В багатьох конструкціях машин та агрегатів в силу багатообразності режимів використання, умов експлуатації та функціональних особливостей елементів, а також необхідності задовольняти вагові, економічні та інші критерії, можливості управління надійністю за рахунок величини коефіцієнтів запасу бувають обмежені. Тому, широке застосування в машинах отримав спосіб запобігання раптових відмов шляхом включення в конструкцію спеціальних елементів – запобіжних пристроїв (ЗП), головне призначення яких полягає в регулюванні та обмеженні величини навантажень, які діють в екстремальних умовах на основні (оберігаємі) елементи.

© О.І. Алфьоров, О.С. Гринченко, 2021