

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК / TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 829.11(075.8)

ЗАЩИТНАЯ РАМА ДЛЯ УЗКОКОЛЕЙНОГО ТРАКТОРА

СИМИКИЧ МИРКО, докт., профессор¹

E-mail: simikic@polj.uns.ac.rs

САВИН ЛАЗАР, докт., профессор¹

E-mail: savlaz@polj.uns.ac.rs

ТОМИЧ МИЛАН, докт., профессор¹

E-mail: milanto@polj.uns.ac.rs

ВЕЙНОВИЧ СРДЖАН, магистрант¹

E-mail: vejnovic95@gmail.com

КУЗНЕЦОВ ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: kentury@yandex.ru

КРАВЧЕНКО ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор³

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

¹ Университет Нови-Сад, факультет сельского хозяйства; 21000, площадь Доситея Обрадовича, 8, г. Нови-Сад, Сербия

² Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина; 302019, ул. Генерала Родина, 69, г. Орел, Российская Федерация

³ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

Приведены результаты прочностных испытаний защитной рамы водителя трактора, применяемой на узкоколейных тракторах в Республике Сербия. Исследования проводились в аккредитованной лаборатории силовых машин и тракторов сельскохозяйственного факультета университета Нови-Сад (г. Нови-Сад) в соответствии с официальными требованиями по испытанию защитных конструкций узкоколейных колесных тракторов для сельского и лесного хозяйства OECD (Сербия). Установлено, что при приложении максимальной продольной нагрузки, равной 5,7...5,8 кН к задней части защитной рамы, прогиб ее элементов составил около 200 мм. Наибольший прогиб элементов в передней части рамы составлял около 80 мм (при максимально приложенной нагрузке 14,2...14,3 кН). При боковой нагрузке, равной 26 кН, прогиб конструкции составил 74 мм. В ходе испытаний не наблюдалось трещин и разрывов элементов защитной рамы. На примере узкоколейного трактора PRIMA TT 830S показано, что оснащение его защитной рамой позволит в значительной степени снизить риск получения травм водителем (в том числе с летальным исходом) при опрокидывании трактора. Разработанная защитная рама может быть установлена на тракторы подобного класса других фирм.

Ключевые слова: узкоколейный трактор, опрокидывание, защитная рама, конструкция, испытания, тест.

Формат цитирования: Симикич М., Савин Л., Томич М., Вейнович С., Кузнецов Ю.А., Кравченко И.Н. Защитная рама для узкоколейного трактора // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N2(90). С. 35-39.

PROTECTIVE FRAME FOR A NARROW-WIDTH TRACTOR

MIRKO SIMIKICH, DSc, Professor¹

E-mail: simikic@polj.uns.ac.rs

LAZAR SAVIN, DSc, Professor¹

E-mail: savlaz@polj.uns.ac.rs

MILAN TOMICH, DSc, Professor¹

Email: milanto@polj.uns.ac.rs

SRJAN VEYNOVICH, MSc student¹

E-mail: vejnovic95@gmail.com

YURYA. KUZNETSOV, DSc (Eng), Professor²

E-mail: kentury@yandex.ru

IGOR N. KRAVCHENKO, DSc (Eng), Professor³

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

¹ University of Novi Sad, Faculty of Agriculture; Dositej Obradovic Square, 8, 21000, Novi Sad, Serbia

² Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin; Generala Rodina Str., 69, 302019, Orel, Russian Federation

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The paper presents the strength test results of the protective frame of a tractor driver used on narrow-width tractors in the Republic of Serbia. The studies were conducted in the accredited laboratory of power machines and tractors of the Agricultural Faculty of the University of Novi Sad in accordance with official OECD requirements for testing the protective structures of narrow-width wheeled tractors for agriculture and forestry (Serbia). It has been found that when a maximum longitudinal load of 5.7...5.8 kN was applied to the back of the protective frame, the deflection of its elements was about 200 mm. The largest deflection of the elements in the front part of the frame was about 80 mm (with the maximum applied load of 14.2...14.3 kN). With a lateral load of 26 kN, the deflection of the structure was 74 mm. During the tests, no cracks or breaks of the protective frame elements were observed. Using the example of the narrow-width tractor PRIMA TT 830S, the authors demonstrate that its equipping with a protective frame will significantly reduce the risk of injury to the driver (including fatal injuries) when the tractor overturns. The developed protective frame can be installed on tractors of a similar class manufactured by other companies.

Key words: narrow-width tractor, overturning, protective frame, design, testing, test.

For citation: Simikich M., Savin L., Tomich M., Veynovich S., Kuznetsov Yu.A., Kravchenko I.N. Protective frame for a narrow-width tractor. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 2(90): 35-39. (In Rus.).

Введение. В настоящее время узкоколейные тракторы нашли широкое применение в области плодоводства, виноградарства, лесоводства и коммунальной деятельности [1-5]. Они используются не только в условиях равнинной местности, но могут применяться и в горной местности при проведении различных сельскохозяйственных, лесозаготовительных или иных видов работ.

Узкоколейные тракторы имеют меньшую боковую устойчивость, по сравнению с ширококолейными, и более подвержены боковому опрокидыванию [6, 7]. Для бокового опрокидывания требуется всего 0,5 с, чтобы трактор достиг критической точки, после чего произойдет уверенное опрокидывание [7]. Водитель так быстро не может отреагировать на критическую ситуацию и вернуть трактор в устойчивую зону, и такие аварии часто приводят к летальному исходу или серьезной травме водителя. Почти все опрокидывания тракторов можно предотвратить с помощью безопасного вождения. Аварии с опрокидыванием трактора необязательно приводят к смертельному исходу, если трактор не оснащен защитной рамой и оператор не пристегнул ремень безопасности. Защитная рама не предотвратит опрокидывание, но поможет водителю избежать аварии. Кроме того, защитная конструкция позволит снизить степень повреждения трактора. Она создаст вокруг водителя зону безопасности от возможного удара, а ремень удержит водителя в защищенной зоне.

Опыт развитых европейских стран показывает значительное снижение смертности водителей при опрокидывании тракторов, оснащенных защитной конструкцией, особенно при использовании ремня безопасности [8, 9].

В представленном материале проанализирован опыт работы сербского коммунального предприятия Gradsko Zelenilo (город Нови-Сад), отвечающего за содержание 430 га зеленых насаждений и около 150 га

сельскохозяйственных земель. В общем составе машинно-тракторный парк Gradsko Zelenilo имеет 25 узкоколейных тракторов, 11 из которых – марки PRIMA TT 830S – не оснащены защитной конструкцией. На данном предприятии было принято решение по оснащению тракторов защитными конструкциями, которые бы позволили защитить водителей в случае опрокидывания машины.

Цель исследования – разработка защитной рамы, позволяющей защитить водителя в случае опрокидывания трактора.

Материал и методы. Согласно предварительной проектной и технической документации департамента сельскохозяйственной техники, факультет сельского хозяйства университета Нови-Сад (г. Нови-Сад), Gradsko Zelenilo изготовил защитную конструкцию GZ 830S, предназначенную для трактора PRIMA TT 830S. Защитная конструкция GZ 830S была испытана в 2016 г. в аккредитованной лаборатории силовых машин и тракторов сельскохозяйственного факультета университета Нови-Сад.

Исследования проводились в соответствии с официальными требованиями по испытанию защитных конструкций узкоколейных колесных тракторов для сельского и лесного хозяйства OECD (Сербия) [10, 11, 12] и инструкциями испытательной лаборатории университета [13]. При проведении ряда прочностных тестов защитной рамы и обработке полученных экспериментальных данных принимали участие российские ученые из Орловского государственного аграрного университета имени Н.В. Парахина (г. Орел) и Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва).

Требования OECD приемлемы к тракторам, имеющим следующие технические характеристики:

– клиренс не более 600 мм под нижними точками переднего и заднего мостов трактора;

– фиксированное или минимальное регулируемое расстояние между колесами на одном мосту менее 1150 мм (при установке более высокой и широкой шины);

– масса более 600 кг, но менее 3000 кг (относится к тракторам, включающим защитную конструкцию от опрокидывания и имеющим шины максимального размера, рекомендованными производителем);

– защитная конструкция установлена в задней части трактора и выполнена в виде рамы или кабины, обеспечивающей безопасную зону с верхним пределом 900 мм над опорной точкой сиденья, с целью создания свободного пространства водителю при опрокидывании.

Трактор PRIMA 830S относится к категории минишарнирных тракторов и изготовлен в соответствии с моделями тракторов производителя Tomo Vinković (Сербия). Общий вес трактора составляет 1080 кг, при этом 650 кг располагается спереди и 430 кг сзади. Колесная база составляет 1103 мм; минимальное расстояние между колесами – 1000 мм спереди и сзади. Передние и задние колеса одинаковые, с размерами шин 7.50R16. Давление в шинах составляет 200 кПа. На трактор установлено сиденье с механическим типом подвески – пружинная система с продольной регулировкой в диапазоне 160 мм. Крышка и вентилятор охлаждения, изготовленные из стали, расположены в передней части трактора и могут служить опорой при опрокидывании.

Защитная конструкция GZ 830S выполнена в виде двухсторонней защитной рамы, состоящей из стальных труб размером 80×40×3,8 мм с армированием из стальных пластин толщиной 10 мм. Рама складывается на заднюю часть трактора, на которой установлена опора. Высота рейлингов над сиденьем составляет 934 мм, а над опорой для ног (платформы пола) – 1402 мм. Внутренняя ширина защитной конструкции составляет 520 мм.

Результаты исследования. Испытания защитной конструкции трактора на прочность включают пять тестов и проводятся в следующем порядке:

- первое продольное нагружение;
- первый тест на разрыв;
- второе продольное нагружение;
- боковое нагружение;
- второй тест на разрыв.

Первая продольная нагрузка прикладывалась на правую заднюю часть защитной конструкции. В ходе испытаний определялась энергия E_{il} , которая должна поглощаться защитной структурой:

$$E_{il} = 2,165 \cdot 10^{-8} + 0,07 M \cdot L^2, \quad (1)$$

где L – колесная база (расстояние между осями передних и задних колес).

Контрольная масса M , используемая для расчета энергии, составляла 1080 кг. Энергия, необходимая для проведения первого теста, равнялась 1,04 кДж, а поглощенная энергия во время испытания – 1,19 кДж (рис. 1). На приведенной диаграмме нет «скачков», что означает отсутствие трещин или разрывов.

Первый тест на разрыв проводился на том же участке защитной конструкции, где была приложена первая продольная нагрузка (рис. 2). Балка для проведения данного теста была установлена на защитную конструкцию таким образом, чтобы обеспечить вертикальное приложение силы

и иметь результирующую деформацию в вертикальной плоскости. Предел прочности F определялся выражением

$$F = 20 M. \quad (2)$$

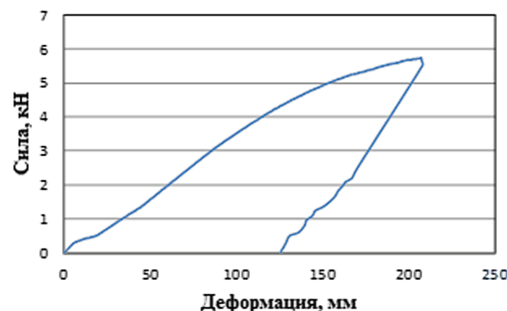


Рис. 1. Прогиб при первой продольной нагрузке с задней стороны защитной конструкции

Fig. 1. Deflection at the first longitudinal load from the rear side of the protective device

Нагружение осуществлялось в течение 5 с после видимого разрушения защитной конструкции. Сила F , необходимая для достижения предела прочности, составила 21,6 кН, а максимальная приложенная сила – 22,68 кН.



Рис. 2. Первый тест на разрыв

Fig. 2. First tear test

Второе продольное нагружение проводилось с противоположной стороны защитной конструкции по отношению к первому испытанию (рис 3).



Рис. 3. Второе приложение продольной нагрузки с передней стороны защитной конструкции

Fig. 3. Second application of the longitudinal load from the front side of the protective device

Энергия E_{ii} , которую должна поглощать защитная рама, определялась выражением

$$E_{ii} = 500 + 0,5M. \quad (3)$$

Необходимая энергия для выполнения второго испытания на продольную нагрузку составила $E_{ii} = 1,04$ кДж, а поглощенная энергия – $E_{ii} = 1,17$ кДж (рис. 4).

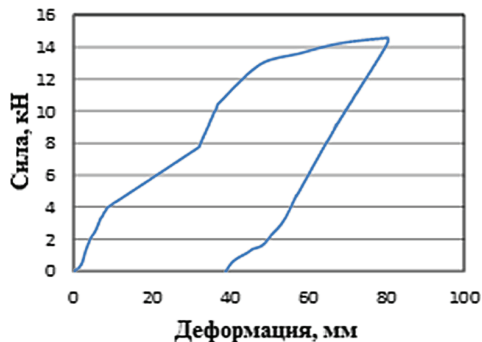


Рис. 4. Прогиб при второй продольной нагрузке с передней части защитной конструкции

Fig. 4. Deflection at the second longitudinal load from the front side of the protective structure

Боковая нагрузка прикладывалась горизонтально в вертикальной плоскости, параллельной задней оси трактора (рис. 5).



Рис. 5. Приложение боковой нагрузки

Fig. 5. Side load application

В соответствии с результатами испытаний и требованиями ОЭСР [14] точка приложения нагрузки являлась частью исследуемой конструкции и находилась в верхней

Статья является результатом работы над проектом TR31046 «Повышение качества тракторов и мобильных систем с целью повышения конкурентоспособности, сохранения земли и окружающей среды», финансируемого Министерством образования, науки и технологического развития Республики Сербия.

Библиографический список

1. Nikolić R., Savin L., Tomić M., Simikić M., Gligorić Radojka (2014): Stanje i opremanje poljoprivrede Republike Srbije mehanizacijom u 2015. Traktori i pogonske mašine. Vol. 19. No. 5. S. 6-10.

части защитной рамы, которая, как предполагалось, первая будет иметь контакт с землей в случае опрокидывания трактора назад.

Боковое нагружение прекращалось, когда энергия, поглощаемая защитной рамой, была равна или превышала потребляемую энергию при боковой нагрузке E_{sl}

$$E_{sl} = 1,75 M (B_6 + B) / 2B, \quad (4)$$

где B – минимальная габаритная ширина трактора, м; B_6 – ширина защитной рамы между правой и левой точками удара, м.

Требуемая энергия для выполнения боковой нагрузки составляла 1,89 кДж, а поглощенная энергия во время испытания – 1,94 кДж (рис. 6).

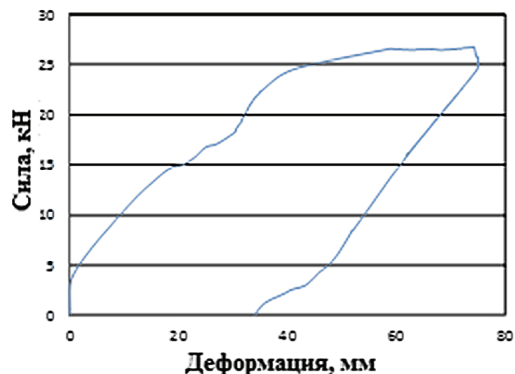


Рис. 6. Прогиб при боковом нагружении

Fig. 6. Deflection under lateral loading

В ходе проведенных испытаний ни одна часть защитной рамы не попала в безопасную зону водителя и ударов защитной рамы по сиденью также не зафиксировано.

Выводы

Установка защитной рамы GZ 830S на узкоколейный трактор PRIMA TT 830S позволит надежно обеспечить требуемую зону безопасности водителю в случае опрокидывания трактора, снизить риск летального исхода и возможных травм, а также уменьшить степень повреждения машины.

Подобная защитная конструкция может быть установлена на тракторы подобного класса других фирм. При этом она может быть испытана на прочность в соответствии с требованиями ОЭСР в аккредитованной лаборатории силовых машин и тракторов сельскохозяйственного факультета университета Нови-Сад (Сербия).

The paper reflects the research results on the project TR31046 “Improving the quality of tractors and mobile systems aimed at increasing competitiveness and preserving the land and the environment” funded by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

2. Галиев И.Г. Повышение эффективности использования тракторов с учетом условий их функционирования. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2002. 204 с.

3. Подонко П.М., Панкин К.Е. Современное состояние производства и анализ рынка сельскохозяйственных

тракторов иностранных брендов в России // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 1. С. 16-22.

4. Апферьев В.П., Федотов А.В. Развитие рынка техники в сельском хозяйстве // Техника и оборудование для села. 2006. № 7. С. 6-10.

5. Pawlak J. (2012): Swiatowy rynek ciqgnikow rolniczych. Problemy Inzynierii Rolniczej. z. 2 (76). S. 5-16.

6. Nikolić R, Savin L, Furman T, Tomić M, Simikić M, Mileusnić Z, Gligorić Radojka, Žigić Nevenka (2013): Motori i traktori – stanje i potrebe. Traktori i pogonske mašine. Vol. 18. No. 1. S. 20-27.

7. Savin L, Nikolić R, Dedović N, Furman T, Tomić M, Simikić M (2006): Određivanje momenta inercije. Traktori i pogonske mašine. Vol. 5. No. 11. S. 81-85.

8. Simikić M, Savin L, Tomić M, Dedović N, Molnar T (2015): Uzroci prevrtanja traktora i preventivne mere. Traktori i pogonske mašine. Vol. 20. No. 5. S. 27-33.

9. Nikolić R, Simikić M: Mehaničke povrede pri radu sa traktorima, poglavlje u monografiji Mehaničke i termičke povrede u poljoprivredi, Edicija Univerzitetska naučna knjiga 187, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2009. S. 6-52.

10. Standardi JUS M.L2.173 1995; ISO 1000:1992; Amd1:1998 i ISO 2408:1985.

11. Official Journal of the European Communities, OECD, No C229, 1985.

12. OECD Pravilnik 7 za zvanična ispitivanja napred montiranih zaštitnih struktura kod poljoprivrednih i šumarskih traktora točkaša uskog traga.

13. Uputstvo Laboratorije za pogonske mašine i traktore za zvanična ispitivanja zaštitnih struktura poljoprivrednih i šumarskih traktora – statičko ispitivanje UP.51.104.

14. Savin L, Nikolić R, Tomić M, Furman T, Simikić M (2007): Ispitivanje zaštitne strukture Hitnner Ecotrack 32 prema prema OECD pravilniku 6. Traktori i pogonske mašine. Vol 12. No 4. S. 80-85.

References

1. Nikolić R., Savin L., Tomić M., Simikić M., Gligorić Radojka (2014): Stanje i opremanje poljoprivrede Republike Srbije mehanizacijom u 2015. Traktori i pogonske mašine, Vol. 19. N5: 6-10. (In Serbian)

2. Galiyev I.G. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya traktorov s uchetom usloviy ikh funkcionirovaniya [Improving the efficiency of the use of tractors, taking into account

Критерии авторства

Симикич М., Савин Л., Томич М., Вейнович С., Кузнецов Ю.А., Кравченко И.Н. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Симикич М., Савин Л., Томич М., Вейнович С., Кузнецов Ю.А., Кравченко И.Н. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 30.01.2019

the conditions of their operation]. Kazan', Izd-vo Kazan. un-ta, 2002: 204. (In Rus.)

3. Podonko P.M., Pankin K.Ye. Sovremennoye sostoyaniye proizvodstva i analiz rynka sel'skokhozyaystvennykh traktorov inostrannykh brendov v Rossii [Current state of the production and market analysis of agricultural tractors of foreign brands in Russia]. Traktori i sel'khoz mashiny, 2017; 1: 16-22. (In Rus.)

4. Apfer'yev V.P., Fedotov A.V. Razvitiye rynka tekhniki v sel'skom khozyaystve [Development of the machinery market in agriculture]. Tekhnika i oborudovaniye dlya sela, 2006; 7: 6-10. (In Rus.)

5. Pawlak J. (2012): Swiatowy rynek ciqgnikow rolniczych. Problemy Inzynierii Rolniczej. z. 2 (76): 5-16. (In Serbian)

6. Nikolić R, Savin L, Furman T, Tomić M, Simikić M, Mileusnić Z, Gligorić Radojka, Žigić Nevenka (2013): Motori i traktori – stanje i potrebe. Traktori i pogonske mašine, Vol. 18. N1: 20-27. (In Serbian)

7. Savin L, Nikolić R, Dedović N, Furman T, Tomić M, Simikić M. (2006): Određivanje momenta inercije. Traktori i pogonske mašine. Vol. 5. N11: 81-85. (In Serbian)

8. Simikić M, Savin L, Tomić M, Dedović N, Molnar T (2015): Uzroci prevrtanja traktora i preventivne mere. Traktori i pogonske mašine. Vol. 20. N5: 27-33. (In Serbian)

9. Nikolić R, Simikić M: Mehaničke povrede pri radu sa traktorima, poglavlje u monografiji Mehaničke i termičke povrede u poljoprivredi, Edicija Univerzitetska naučna knjiga 187, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2009: 6-52. (In Serbian)

10. Standardi JUS M.L2.173 1995; ISO 1000:1992; Amd1:1998 i ISO 2408:1985. (In Serbian)

11. Official Journal of the European Communities, OECD, No C229, 1985. (In English)

12. OECD Pravilnik 7 za zvanična ispitivanja napred montiranih zaštitnih struktura kod poljoprivrednih i šumarskih traktora točkaša uskog traga. (In Serbian)

13. Uputstvo Laboratorije za pogonske mašine i traktore za zvanična ispitivanja zaštitnih struktura poljoprivrednih i šumarskih traktora – statičko ispitivanje UP.51.104. (In Serbian)

14. Savin L, Nikolić R, Tomić M, Furman T, Simikić M (2007): Ispitivanje zaštitne strukture Hitnner Ecotrack 32 prema prema OECD pravilniku 6. Traktori i pogonske mašine. Vol 12. N4: 80-85. (In Serbian)

Contribution

Simikich M., Savin L., Tomich M., Veynovich S., Kuznetsov Yu.A., Kravchenko I.N. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Simikich M., Savin L., Tomich M., Veynovich S., Kuznetsov Yu.A., Kravchenko I.N. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on January 30, 2019