Тип статьи: обзорная
УДК 631.372
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-2-148-153

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ТРАКТОРОВ ДЛЯ РАБОТЫ НА СКЛОНАХ

Подрубалов Максим Валерьевич[1]. Мехедов Михаил Алексеевич[2]
[1,2] *Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия*
[1] mpodrubalov@rgau-msha.ru, https://orcid.org/0000-0003-2589-5659, [2] mekhedov@rgau-msha.ru, https://orcid.org/0000-0003-0402-0132

Автор, ответственный за переписку: Максим Валерьевич Подрубалов, mpodrubalov@rgau-msha.ru
Corresponding author: Maxim Podrubalov, mpodrubalov@rgau-msha.ru

Реферат. *В работе рассмотрены проблемы создания тракторов, самоходных шасси, лесных и сельскохозяйственных машин специальных конструкций для механизации растениеводства, мелиоративных работ и строительства в труднодоступных условиях лесных, сельскохозяйственных и горных неугодий. Приводится сравнительный анализ конструкторских решений, нашедших применение в отечественных и зарубежных тракторах, используемых при выполнении технологических и транспортных операций на склоновых землях и неугодьях в сельском и лесном хозяйстве. Отмечается, что ряд моделей универсально-пропашных тракторов предусматривает возможность повышение устойчивости путём поворота корпусов вынесенных конечных передач относительно корпуса заднего моста. У тракторов при этом увеличивается колёсная база и уменьшается клиренс (дорожный просвет). Указано, что анализ особенностей эксплуатации колесных тракторов на склонах позволил обосновать приёмы и средства, улучшающие их основные показатели: блокировку дифференциала; понижение центра тяжести; применение шин с высокими грунтозацепами, дополнительных стальных колес, почвозацепов, уширителей; использование полугусеничного хода и колёсных тракторов с колёсной формулой 4К4. Установлены преимущества и недостатки применения в качестве базовой машины гусеничных и колёсных тракторов. Указано предпочтение для работы на склонах тракторов с передним ведущим мостом. Такие тракторы, оснащенные ранее перечисленными приспособлениями, обладают лучшими тягово-сцепными свойствами, проходимостью и управляемостью, приближаясь по этим показателям к гусеничным тракторам. В работе даны рекомендации по исполнению на склонах, лесных и сельскохозяйственных неугодьях полноприводных низкоклиренсных колёсных тракторов. В заключении указано, что несмотря на рассмотренные особенности при создании тракторов для работы на мелкоконтурных участках, располагаемых на склонах до 25°, предпочтение отдается колёсным низкоклиренсным тракторам, что вызвано дешевизной конструкции в силу незначительных конструкторских изменений по сравнению с базовыми моделями.*

Ключевые слова: *трактор, устойчивость, центр тяжести, клиренс, дорожный просвет, склоноход.*

DESIGN FEATURES OF TRACTORS FOR WORK ON SLOPES

Maxim Podrubalov [1], Mikhail Mekhedov [2]
[1,2] *Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia*
[1] mpodrubalov@rgau-msha.ru, https://orcid.org/0000-0003-2589-5659,
[2] mekhedov@rgau-msha.ru, https://orcid.org/0000-0003-0402-0132

Abstract*. The problems of creating tractors, self-propelled chassis, forestry and agricultural machines of special designs for the mechanization of crop production, land reclamation and construction in hard-to-reach conditions of forest, agricultural and mountain lands are considered in the work. A*

comparative analysis of design solutions that have found application in domestic and foreign tractors used in the performance of technological and transport operations on sloping lands and badlands in agriculture and forestry is given. It is noted that a number of models of universal row-crop tractors provide for the possibility of increasing stability by turning the housings of the remote final drives relative to the rear axle housing. For tractors, at the same time, the wheelbase increases and the ground clearance (ground clearance) decreases. It is indicated that the analysis of the features of the operation of wheeled tractors on the slopes made it possible to substantiate the methods and means that improve their main indicators: differential lock; lowering the center of gravity; the use of tires with high lugs, additional steel wheels, lugs, expanders; the use of half-tracks and wheeled tractors with a 4K4 wheel arrangement. The advantages and disadvantages of using tracked and wheeled tractors as the base machine have been established. Slope preference for tractors with front drive axle. Such tractors, equipped with the previously listed devices, have better traction properties, maneuverability and controllability, approaching caterpillar tractors in these indicators. Recommendations for the implementation on slopes, forest and agricultural lands of all-wheel drive low-clearance wheeled tractors are given in the work. In conclusion, it is indicated that, despite the considered features, when creating tractors for working on small-contour plots located on slopes up to 25 °, preference is given to wheeled low-clearance tractors, which is caused by a cheap design due to minor design changes compared to the basic models.

Key words: *tractor, stability, center of gravity, clearance, ground clearance, slope walker.*

Для цитирования: Подрубалов М.В., Мехедов М.А. Особенности конструкции тракторов для работы на склонах // Наука в Центральной России. 2023. Т. 62, № 2. С. 148-153. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-148-153.

For citation: Podrubalov M., Mekhedov M. Design features of tractors for work on slopes. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 62(2): 148-53. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-148-153.

Введение. Работа в труднодоступных местах требует при создании техники для механизации растениеводства, мелиоративных работ и строительства специальных энергетических средств [1-13]. Следует отметить три основные тенденции при разработке

В нашей стране и за рубежом наметились три основных тенденции в создании средств механизации горного земледелия [14]:

- первая связана с повышением устойчивости равнинных тракторов путём снижения высоты центра тяжести и увеличение ширины колеи;
- вторая – с использованием ходовых систем, обеспечивавшими вертикальное положение остова трактора на склоне;
- третья – предполагает использование канатной тяги.

Для снижения высоты расположения центра тяжести равнинных колёсных тракторов устанавливают колёса уменьшенного диаметра. Ряд моделей универсально-пропашных тракторов предусматривает возможность повышение устойчивости путём поворота корпусов вынесенных конечных передач относительно корпуса заднего моста. У тракторов при этом увеличивается колёсная база и уменьшается клиренс (дорожный просвет).

Создание низкоклиренсного трактора является наиболее распространеным, так как практически не превышает стоимости равнинного. В крутосклонных тракторах со стабилизацией остова или склоноходах вертикальное положение обеспечивается перемещением передних и задних колёс относительно остова по высоте. Стабилизация остова предполагает одинаковое распределение массы по колёсам трактора, что улучшает устойчивость курсового движения и обеспечивает высокий дорожный просвет.

Применение канатной тяги позволяет механизировать работы на горных склонах крутизной до 50°. Ее достоинства - в отсутствии взаимодействия с почвой стационарных и мобильных двигателей и осуществлении технологических операций вспашки, культивации, посева, внесения удобрений и др. на крутых склонах без негативного влияния на почву, возможность

использования в садах и цитрусовых насаждениях с низкорасположенными и (или) сомкнутыми кронами. Недостатки использования канатной тяги: возможность водной эрозии почвы вдоль склонов, сложность движения технологических машин и орудий по заданной траектории, высокая стоимость работ.

Решение проблемы горных мобильных энергетических средств связано с созданием тракторов, самоходных шасси, лесных и сельскохозяйственных машин специальных конструкций.

Гусеничные тракторы с нормальной и увеличенной шириной колеи из-за их устойчивости широко применяют для выполнения энергоёмких лесных и сельскохозяйственных работ на склонах и, особенно, на равнинных участках гористой местности в РФ, Италии, США, Швейцарии и других странах. Дополнительным оборудованием таких тракторов являются прочный каркас кабины для защиты водителя в случае опрокидывания, креномер, предохранительные ремни, специальная система смазки двигателя, натяжные колеса увеличенного диаметра, защитные шиты на картере двигателя и ходовых тележках, а также накладки на башмаках гусениц, уменьшающие боковое скольжение тракторов на склонах и порчу дорог.

Целью работы является сравнительный анализ конструкторских решений, нашедших применение в отечественных и зарубежных тракторах, используемых при выполнении технологических и транспортных операций на склоновых землях и неугодьях в сельском и лесном хозяйстве.

Результаты исследований. На Волгоградском тракторном заводе был создан крутосклонный гусеничный трактор класса тяги 30 кН под маркой ДТ-75К (модификация базовой модели трактора ДТ-75) и выпускался серийно. В настоящее время он снят с производства. Трактор предназначался для выполнения технологических операций на склонах крутизной до 15° (вспашка, посев, культивация, боронование, нарезка террас и т.п.).

Недостатками данной модели являются [11]:

- установка на тракторе двух навесных систем (спереди и сзади), что делает его сложным и тяжёлым;
- использование его на транспортных операциях (по сравнению с базовой моделью ДТ-75) нерентабельно из-за большой массы;
- реверсивный ход обуславливает наличие дополнительных узлов в трансмиссии, органах и механизмах управления, увеличивает жёсткость натяжных устройств гусениц;
- реверсивный ход значительно уменьшает КПД трактора, так как при этом верхняя ветвь гусеничного полотна становится ведущей;
- при движении с челночным плугом (фактически двумя навесными плугами) в транспортном положении габаритная длина агрегата составляет примерно 12…13 м, что осложняет переезды и затрудняет преодоление препятствий (речки, овраги, узкие дороги);
- при работе трактора и движении челночным способом элементы ходовой части перегружены (как следствие быстро изнашиваются).

Фирмой «Катерпиллар» (США) разработаны специальные тракторы D4DSA, D55A, D6CSA для выполнения энергоёмких в том числе и сельскохозяйственных работ на холмистой в пересеченной местности, засоренных камнями участках и грунтах со слабой несущей способностью.

Основными недостатками гусеничных тракторов, сдерживающими их применение в горном земледелии, зарубежные специалисты считают [15]:

- ограниченность использования (чаще – невозможность) для выполнения транспортных операций;
- сложность устройства, быстрое изнашивание элементов ходовой системы, низкая эксплуатационная надежность, относительно высокая стоимость и металлоёмкость, кинематическое несовершенство гусеничного движителя по сравнению с колёсным;
- сложность реализации технических решений по обеспечению поперечной устойчивости на склоне, например, выравниванием остова посредством следящей гравитационной гидравлической системы выравнивания;
- худшие условия труда тракториста.

На склонах и равнинных участках горной местности широкое применение находят тракторы с низким расположением центра тяжести, увеличенной колеёй колес, спаренными колесами, подвижным балансированным грузом.

Анализ особенностей эксплуатации колесных тракторов на склонах позволил обосновать приёмы и средства, улучшающие их основные показатели: блокировку дифференциала; понижение центра тяжести; применение шин с высокими грунтозацепами, дополнительных стальных колес, почвозацепов, уширителей; использование полугусеничного хода и колёсных тракторов с колёсной формулой 4К4.

Понижение центра тяжести колёсного трактора и, следовательно, повышение его устойчивости на склоне достигается заливкой воды в шины, балластировкой всех ходовых колёс и переднего моста. Балластировка наиболее распространена за рубежом, причем массы балластных грузов достигают 20% массы трактора, что приводит к увеличению расхода топлива.

На базе трактора Т-40А был создан и серийно выпускался низкоклиренсный трактор Т-40АН тягового класса 0,9 кН, предназначенный главным образом для механизации процессов заготовки кормов на склонах крутизной до 15°.

На Минском тракторном заводе, на базе семейства тракторов тягового класса 14кН созданы низкоклиренсные тракторы МТЗ-52Н, МТЗ-82Н и МТЗ-102Н.

Повышение поперечной устойчивости и тягово-сцепных свойств трактора обеспечивается установкой дополнительных пневматических (сдвоенных) или решётчатых металлических колёс, которые особенно подходят для работы на рыхлых и влажных почвах пониженной несущей способности. Решётчатые колёса, как правило, шире основных пневматических, но имеют несколько меньший диаметр, что позволяет при передвижении по дорогам не снимать дополнительные колёса, а при работе в поле уменьшить давление ходовой системы трактора на почву в несколько раз, увеличить сцепление (снизить буксование) и повысить устойчивость машины, так, чтобы обеспечивалась безопасная работа на склонах большой крутизны [16, 17].

Для работы на склонах больше подходят тракторы с передним ведущим мостом, которые особенно при оснащении ранее перечисленными приспособлениями, обладают лучшими тягово-сцепными свойствами, проходимостью и управляемостью, близкими по этим показателям к гусеничным.

Для работы в гористой местности ведущие тракторостроительные фирмы Италии, США, Германии и Франции выпускают значительное количество моделей тракторов с колёсной формулой 4К2 и 4К4. Такие модификаци равнинных тракторов имеют колёса уменьшенного диаметра, малую высоту, высокую маневренность, приспособлены для балластировки, изменения колеи в 1,5...1,8 раза и установке сдвоенных или решётчатых колёс [18].

Модификации горных тракторов-склоноходов: МТЗ-82К, Т-50К, СШ-0611, Т-16МЧГ и др. с надежной автоматической системой для выравнивания в вертикальном положении остова трактора и его стабилизации независимо от изменения крутизны склона созданы и внедрены в производство в результате многолетних работ.

Крутосклонный колесный трактор МТЗ-82К, хотя нереверсивный, но с автоматическим выравниванием рамы для повышения поперечной устойчивости, предназначен для выполнения работ общего назначения на склонах, а также для междурядной обработки. Но использование этого трактора, как и трактора МТЗ-50К в горных условиях неэффективно из-за необходимости слишком широкой поворотной полосы (8...10 м), при мелкоконтурности обрабатываемых участков и работе на участках неправильной формы [13].

Заключение. В результате проведенного анализа установлено, что конструкторские особенности техники, используемой при выполнении технологических и транспортных операций на склоновых землях и неугодьях в сельском и лесном хозяйстве учитывают специфику выполнения операций, состоящую в том что остов трактора не находится в вертикальном положении, а расположен перпендикулярно склону, следовательно иначе протекает динамика машинно-тракторного или транспортно-технологического агрегата, приходится приспосабливать по иному и пост управления, чтобы тракторист занимал вертикальное положение. Несмотря на эти особенности при создании горной техники, в частности, при создании тракторов для работы на мелкоконтурных участках, располагаемых на склонах до 25° отдают предпочтение колёсным

низкоклиренсным тракторам. Вызвано это дешевизной конструкции в силу незначительных конструкторских изменений по сравнению с базовыми моделями.

Список источников

1. Доценко, А.И. Строительные машины и оборудование: Учебник для строительных вузов М.: ИНФА-М. 2014. – 533 с.

2. Суриков, В.В. Строительные машины и оборудование для механизации мелиоративных работ. М.: Агропромиздат, 1991. – 463 с.

3. Ревин, Ю.Г. и др. Наземные транспортно-технологические комплексы природообустройства. - М.: РГАУ-МСХА, 2016. – 230с.

4. Практикум по мелиоративным машинам. Учебное пособие / под ред. Ю.Г.Ревина – М. Колос. 1995, – 208 с.

5. Поддубный, В.И. и др. Машины и оборудование для свайных работ. Учебное пособие, М.: РГАУ-МСХА, 2016, – 75с.

6. Крикун, В.Я. Строительные машины и оборудование/ В.Я. Крикун М.: Ассоциация строительных вузов. 2006, 232 с.

7. Поддубный, В.И. и др. Расчет основных параметров скреперов. Учебное пособие, М.: МГУП, 2009, – 56 с.

8. Поддубный, В.И. и др. Машины и средства гидромеханизации в водохозяйственном строительстве.- М.: МЭСХ, 2019, – 84 с.

9. Балабанов, В.И., Башкирцев, Ю.В. Малогабаритные и альтернативные энергетические средства. С.-Пб.: РИАМА. 2014. – 32 с.

10. Балабанов, В.И., Усманов, Н.К., Худаев, И.Ж., Мартынова, Н.Б., Абдулмажидов, Х.А. Машины для строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем /Учебник / Саратов, 2023. – 278 с.

11. Подрубалов М.В. Совершенствование виброзащиты оператора транспортного мотоблока в системе малой механизации лесохозяйственной и лесопарковой деятельности. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. М.: ФГБУ ВПО МГУЛ, 2012.

12. Подрубалов М.В. Характеристики воздействий от эталонных искусственных треков для испытаний мобильных машин. /М.В. Подрубалов, В.К. Подрубалов, Д.В. Тулузаков, Ю.Г. Лапшин / Вестник МГУл – Лесной вестник. № 3 (79). Москва. 2011. С.102-106.

13. Эминбейли З.Н. Основы создания энергетических и технологических средств машинно-тракторных агрегатов для обработки склоновых земель: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.20.01. - Кировабад, 1978. 334 с.

14. Халанский, В.М. Механизация растениеводства: учебник / В.М. Халанский, В.И. Балабанов, Б.С. Окнин и др. –М.: Изд–во РГАУ–МСХА, 2014. 524 с.

15. Sleg Romar. Jasatzrouoe fur einer Weinbauschlepper. - Der Traktor und die Landmaschinen, 1971, №7.

16. Мартынова, Н.Б., Абдулмажидов, Х.А., Балабанов, В.И. Расчет машин и оборудования природообустройства. М.: МЭСХ. 2020. 86 с.

17. Мартынова, Н.Б., Балабанов, В.И., Абдулмажидов, Х.А. Машины и оборудование для производства культуртехнических работ. М.: Издательство «Перо». 2021. 84 с.

18. Гольтяпин В.Я., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Соловьев С.А., Балабанов В.И., Алдошин Н.В. Инновационные технологии и сельскохозяйственная техника за рубежом: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 186 с.

References

1.Dotsenko, A.I. Construction machines and equipment: Textbook for construction universities M.: INFA-M. 2014. - 533 p.

2. Surikov, V.V. Construction machines and equipment for mechanization of reclamation works. M.: Agropromizdat, 1991. - 463 p.

3. Revin, Yu.G. and other Ground transport-technological complexes of nature management. - M.: RGAU-MSHA, 2016. ¬– 230s.

4. Workshop on ameliorative machines. Textbook / ed. Yu.G. Revina - M. Kolos. 1995, ¬– 208 p.

5. Poddubny, V.I. and other Machines and equipment for pile work. Textbook, M.: RGAU-MSHA, 2016, - 75p.

6. Krikun, V.Ya. Construction machines and equipment / V.Ya. Krikun M.: Association of Construction Universities. 2006, 232 p.

7. Poddubny, V.I. and other Calculation of the main parameters of scrapers. Textbook, M.: MGUP, 2009, - 56 p.

8. Poddubny, V.I. and others. Machines and means of hydromechanization in water management construction.- M .: MESH, 2019, - 84 p.

9. Balabanov, V.I., Bashkirtsev, Yu.V. Small-sized and alternative energy facilities. St. Petersburg: RIAMA. 2014. - 32 p.

10. Balabanov, V.I., Usmanov, N.K., Khudaev, I.Zh., Martynova, N.B., Abdulmazhidov, Kh.A. Machines for the construction and operation of irrigation and drainage systems / Textbook / Saratov, 2023. - 278 p.

11. Podrubalov M.V. Improving the vibration protection of the operator of a transport motoblock in the system of small-scale mechanization of forestry and forest park activities. Dissertation for the degree of Cand. tech. Sciences. M.: FGBU VPO MGUL, 2012.

12. Podrubalov M.V. Characteristics of impacts from reference artificial tracks for testing mobile machines. /M.V. Podrubalov, V.K. Podrubalov, D.V. Tuluzakov, Yu.G. Lapshin / Bulletin of Moscow State University - Forest Bulletin. No. 3 (79). Moscow. 2011. P.102-106.

13. Eminbeyli Z.N. Fundamentals of creating energy and technological means of machine-tractor units for cultivating sloping lands: thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences: 05.20.01. - Kirovabad, 1978. 334 p.

14. Khalansky, V.M. Mechanization of crop production: textbook / V.M. Khalansky, V.I. Balabanov, B.S. Oknin et al. -M.: Publishing house of RGAU-MSHA, 2014. 524 p.

15. Sleg Romar. Jasatzrouoe fur einer Weinbauschlepper. - Der Traktor und die Landmaschinen, 1971, No. 7.

16. Martynova, N.B., Abdulmazhidov, Kh.A., Balabanov, V.I. Calculation of machines and equipment for environmental management. M.: MESH. 2020. 86 p.

17. Martynova, N.B., Balabanov, V.I., Abdulmazhidov, Kh.A. Machines and equipment for the production of cultural works. Moscow: Pero Publishing House. 2021. 84 p.

18. V. Ya. Innovative technologies and agricultural machinery abroad: analyt. review. - M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2020. 186 p.

Информация об авторах

М. В. Подрубалов – кандидат технических наук; М.А. Мехедов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

M. Podrubalov – candidate of technical sciences; M. Mekhedov - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: равноценный

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *equivalent*

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 13.03.2023 Принята к публикации (Accepted): 24.04.2023