

УСТРОЙСТВА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ХОДА АВТОГРЕЙДЕРА

Нилов В.А., Жулай В.А., Тюнин В.Л., Федоров Е.В.

Воронежский государственный технический университет, Воронеж

Ключевые слова: автогрейдер, рабочее оборудование, продольная устойчивость, нагрузки на ходовое оборудование, нагрузки на металлоконструкции, нагрузки на ходовое оборудование.

Аннотация. В статье рассмотрена проблема потери устойчивости движения автогрейдеров при копании и перемещении грунта, особенно с выносом отвала за пределы их опорного периметра. Рассмотрены новые запатентованные конструктивные решения для обеспечения продольной устойчивости автогрейdera полученных в результате многолетних исследований, проводимых на кафедре строительной техники и инженерной механики Воронежского государственного технического университета. Описаны принцип работы устройства стабилизации в виде диска с заостренными зубьями и варианты его монтажа: в передней части машины и непосредственно на тыльной стороне отвала, а также их преимущества. Предварительные расчеты показывают, что увеличение сцепного веса автогрейdera за счет увеличения его продольной базы (установка устройства для увеличения устойчивости хода) составляет до 6,5%. Особое внимание уделено схеме распределения сил, действующих на автогрейдер с новым устройством. В заключении сделан вывод о том, что предлагаемые конструкции не только повышают боковую устойчивость и облегчают работу оператора, но и разгружают металлоконструкции машины от боковых нагрузок, сохраняя возможность использования дополнительного оборудования выходящего за пределы ее опорного периметра. Материал предназначен для специалистов в области дорожно-строительной техники и их прикладной механики.

DEVICES FOR INCREASING THE STABILITY OF THE GRADER

Nilov V.A., Zhulai V.A., Tyunin V.L., Fedorov E.V.

Voronezh State Technical University, Voronezh

Keywords: grader, working equipment, longitudinal stability, loads on running gear, loads on metal structures, loads on running gear.

Abstract. The article considers the problem of loss of stability of motor graders during digging and moving the soil, especially with the removal of the blade beyond their supporting perimeter. New patented design solutions for ensuring the longitudinal stability of the grader, obtained as a result of many years of research conducted at the Department of Construction Machinery and Engineering Mechanics of Voronezh State Technical University, are considered. The principle of operation of the stabilization device in the form of a disk with pointed teeth and its mounting options are described: in the front of the machine and directly on the back of the blade, as well as their advantages. Preliminary calculations show that the increase in the grader's coupling weight due to an increase in its longitudinal base (installation of a device to increase ride stability) is up to 6.5%. Special attention is paid to the distribution scheme of forces acting on a motor grader with a new device. In conclusion, it is concluded that the proposed structures not only increase lateral stability and facilitate the operator's work, but also unload the machine's metal structures from lateral loads, while maintaining the possibility of using additional equipment extending beyond its supporting perimeter. The material is intended for specialists in the field of road construction machinery and their applied mechanics.

Введение

В дорожном строительстве современные автогрейдеры занимают ведущую роль как при возведении земляного полотна, так и при ремонте и содержании автомобильных дорог и аэродромов. Одним из существенных недостатков автогрейдеров любых конструкций и фирм является проблема устойчивости хода [1-9] (рис. 1) при выполнении технологических работ с выносом отвала за пределы опорного периметра. Это связано с недостаточным весом переднего моста автогрейdera даже для тяжелых автогрейдеров с передним ведущим мостом.

Материалы и методы исследований

На кафедре строительной техники и инженерной механики имени профессора Н.А. Ульянова Воронежского государственного технического университета проводится

результативная работа по совершенствованию конструкции землеройно-транспортных и землеройных машин. В частности, разработаны и запатентованы прогрессивные конструкции для обеспечения продольной устойчивости хода автогрейдера [10, 11]. Основой этих конструкций является установка диска 2 с зубьями 3, которые взаимодействуют с опорной поверхностью при движении автогрейдера и препятствуют его боковому смещению (рис. 2). Такие устройства могут монтироваться, как в передней части автогрейдера (вместо прямого отвала, рис. 4), так и на тыльной стороне самого отвала (рис. 3).



Рис. 1. Автогрейдер

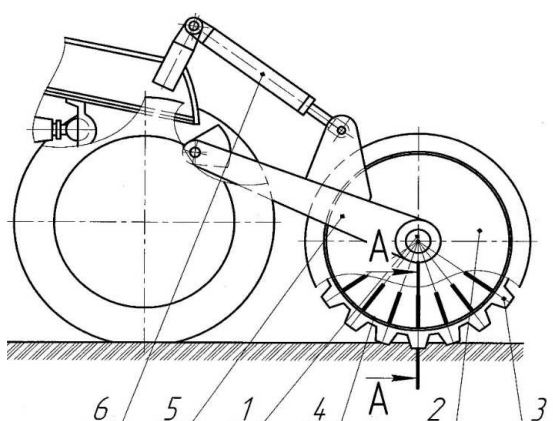


Рис. 2. Работа устройства для стабилизации хода: 1 – диск, установленный на оси; 2 – ось; 3 – диск с зубьями, расположенными в его плоскости; 4 – обечайки; 5 – рычаг; 6 – привод

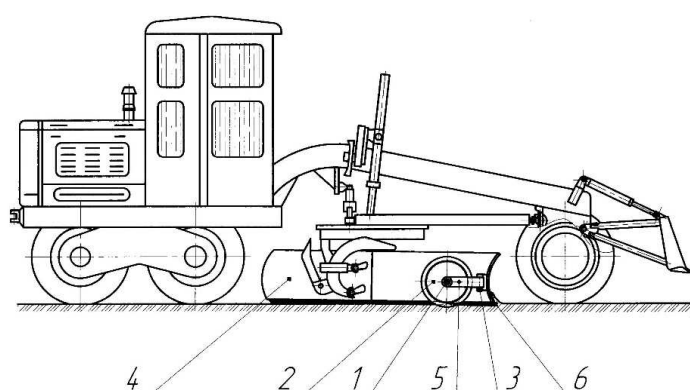


Рис. 3. Установка устройства на основном отвале: 1 – ось; 2 – диск с зубьями, расположенными в его плоскости; 3 – рычаг; 4 – основной отвал; 5 – плоскость соединения основной рамы с отвалом; 6 – основной отвал

При выполнении технологических операций с выносом кромки отвала за пределы опорного периметра автогрейдера оператор опускает отвал 4 в рабочее положение (рис. 2, 3). При этом заостренные зубья диска 2 внедряются в грунт раньше ножей 6 отвала.

При установке устройства для увеличения устойчивости хода в передней части автогрейдера (рис. 4) его монтируют на основную раму вместо дополнительного сменного оборудования – бульдозерного отвала.

Оно включает установленный на оси 1 диск 2 с зубьями 3, расположенными в его плоскости, и обечайками 4 (рис. 2). Ось 1 смонтирована на рычаге 5 с приводом 6. Зубья 3 (рис. 2) имеют двустороннюю боковую заточку и заточку по радиальным граням. Внешний диаметр обечаек 4 меньше внутренней окружности зубьев 3.

Устройство работает следующим образом. При выполнении технологических операций с выносом кромки отвала за пределы опорного периметра автогрейдера оператор приводом 6

через рычаг 5 опускает диск 2 из транспортного положения (рис. 4) в рабочее (рис. 2). При этом зубья 3 диска 2 внедряются в грунт и создают надежное взаимодействие диска 2 (и всего автогрейдера) с грунтом. Затем оператор начинает разработку грунта.

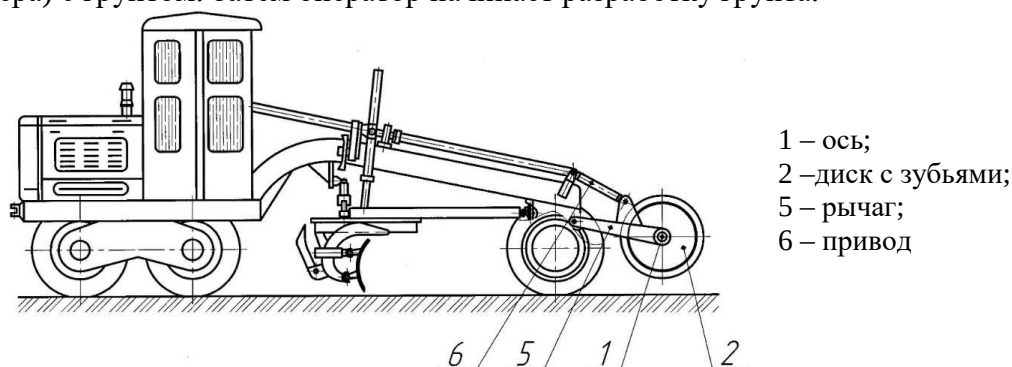
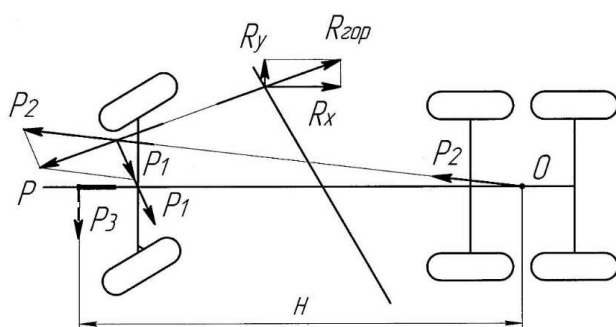


Рис. 4. Автогрейдер с устройством для стабилизации хода:

Возникающие при этом боковые нагрузки воспринимаются не только опорными поверхностями шин колес автогрейдера, но и зубьями 3 диска 2, взаимодействующих с грунтом (рис. 2). На расчетной схеме (рис. 5) это взаимодействие обозначено силой P_3 , которая существенно увеличивает боковую устойчивость автогрейдера.



- P – продольная составляющая усилия на переднем мосту автогрейдера;
- P_1 – составляющая усилия на переднем мосту автогрейдера, направленная вдоль основного отвала автогрейдера;
- P_2 – равнодействующая тягового усилия ведущих мостов автогрейдера;
- P_3 – боковая составляющая усилия на переднем мосту автогрейдера;
- $R_{гор}$ – горизонтальная составляющая сопротивления грунта копания;
- R_x – продольная составляющая горизонтальной составляющей сопротивления грунта копания;
- R_x – продольная составляющая горизонтальной составляющей сопротивления грунта копания;

Рис. 5. Схема сил, действующих на автогрейдер с устройством, установленном на бульдозерном отвале

При дальнейшем движении автогрейдера зубья 3 диска 2 поочередно внедряются в грунт и обеспечивают постоянную повышенную боковую устойчивость автогрейдера. Для облегчения внедрения в грунт зубья 5 снабжаются двусторонней боковой заточкой и заточкой по радиальным граням зубьев 3.

При работе на слабых песчаных грунтах зубья 3 диска 2 погружаются в грунт глубоко и их дальнейшему заглублению препятствуют обечайки 3. Они же воспринимают вертикальные нагрузки со стороны привода 6, что обеспечивает перераспределение вертикальных нагрузок на мосты автогрейдера в пользу увеличения его сцепного веса.

Результаты

Предварительные расчеты показывают, что увеличение сцепного веса автогрейдера за счет увеличения его продольной базы (установка устройства для увеличения устойчивости хода) составляет до 6,5%. Такое увеличение сцепного веса позволяет компенсировать сопротивления, возникающие при работе диска 2 с зубьями 3, и практически сохранить свободную силу тяги автогрейдера.

Недостатком рассмотренной выше конструкции является нагружение металлоконструкций автогрейдера (отвал, тяговая и основная рамы) боковой силой и

исключение применения дополнительного оборудования (прямой отвал), который необходим для выполнения вспомогательных технологических работ. Для устранения этих недостатков устройство с диском (рис. 2) нужно устанавливать непосредственно на тыльной стороне основного отвала автогрейдера [11] (рис. 3).

Для этого вертикальный шарнир 3 отвала 4 соединения рамы 5 с отвалом 4 (рис. 3) устанавливают вертикально к плоскости, проходящей через ножи 6 отвала 4 и направление движения автогрейдера, а заостренные зубья 3 с двусторонней заточкой (рис. 2) располагают ниже этой плоскости.

При выполнении технологических операций с выносом кромки отвала за пределы опорного периметра автогрейдера оператор опускает отвал 4 в рабочее положение (рис. 2, 3). При этом заостренные зубья диска 2 внедряются в грунт раньше ножей 6 отвала 4 и создают надежное взаимодействие отвала с грунтом. Затем оператор начинает разработку грунта. Возникающие при этом боковые нагрузки (рис. 3, 6) воспринимаются не только опорными поверхностями шин колес автогрейдера, но и взаимодействием заостренных зубьев 3 диска с грунтом.

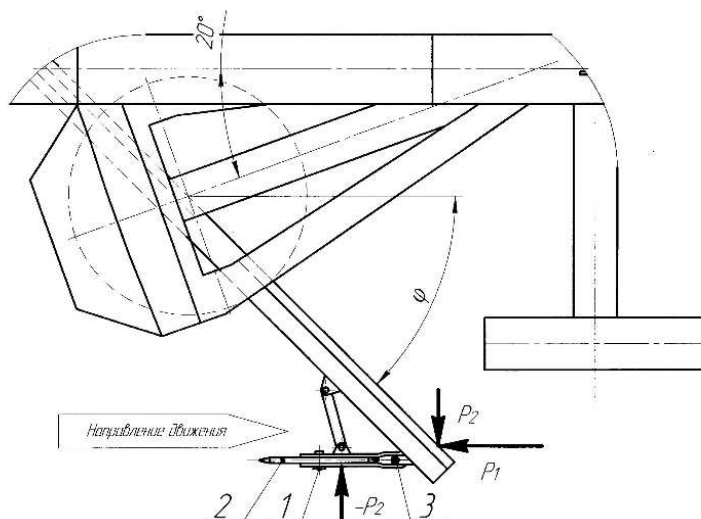


Рис. 6. Схема работы устройства установленного на основном отвале автогрейдера

В результате существенно увеличивается боковая устойчивость автогрейдера, а металлоконструкции самого автогрейдера освобождаются от действия боковой силы.

Предлагаемый отвал автогрейдера обеспечивает разгрузку металлоконструкций автогрейдера от действия боковых нагрузок при сохранении высокой продольной устойчивости и возможность применения дополнительного прямого отвала в любое время, что расширяет технологические возможности автогрейдера.

Выводы

1. Разработаны устройства для увеличения устойчивости хода автогрейдера, которые существенно облегчают работу оператора при рытье кюветов и работе автогрейдера с выносом отвала в сторону.

2. Предлагаемые конструкции позволяют уменьшить нагрузки на металлоконструкции автогрейдера и их можно устанавливать, как на новые машины, так и на автогрейдеры, находящиеся в эксплуатации.

Список литературы

1. Сливинский Е.В. К вопросу повышения устойчивости движения автотракторных прицепов // Строительные и дорожные машины. – 2021. – № 1. – С. 21-23.
2. Жулай В.А., Нилов В.А., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н. Путевая устойчивость двухосной колесной землеройно-транспортной машины при внецентренном нагружении // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – Вып. 1. – С. 521-527.
3. Пластун А.В. Анализ тенденций совершенствования автогрейдеров с целью повышения производительности на отделочных работах // Альманах современной науки и образования. – 2009. – №12(31). – С. 83-85.
4. Устинов Ю.Ф., Кононов А.Д., Кононов А.А. Информационные технологии в автоматизации управления отвалом автогрейдера при разработке грунта // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2006. – №2. – С. 169-173.
5. Корчагин П.А., Летопольский А.Б., Тетерина И.А. Результаты исследования работоспособности бокового рабочего оборудования автогрейдера // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2018. – Т. 15, №4(62). – С. 492-501.
6. Нигоденко Я.Ю. Идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков машиниста автогрейдера // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных: сборник материалов IX Международной

научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, приуроченной к 95-летию основания ФГБОУ ВО «СибАДИ». – Омск: СибАДИ, 2025. – С. 461-466.

7. Отс Д.А. Анализ динамических воздействий на рабочем месте оператора автогрейдера // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки: материалы Международной научно-практической конференции. – Омск: СибАДИ, 2014. – С. 99-102.
8. Мукушев Ш.К., Филиппи В.В. Обзор конструкций современных автогрейдеров // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – №6(46). – С. 24-28.
9. Денисов В.П., Матяш И.И., Зубарев К.В. Исследование влияния конструктивных параметров рабочего органа автогрейдера на его производительность // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – №2(42). – С. 15-19.
10. Патент №2831719 РФ. Устройство для увеличения устойчивости хода автогрейдера / В.А. Нилов, В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, В.А. Нырков. – Заявка №2023135776 от 27.12.2023; опубл. 12.12.2024, Бюл. №35.
11. Патент №2856710 РФ. Отвал автогрейдера / В.А. Нилов, В.А. Жулай, В.Л. Тюнин. – Заявка №2025101612 от 27.01.2025; опубл. 24.02.2026, Бюл. №6.

References

1. Slivinsky E.V. On the issue of improving the motion stability of tractor-drawn trailers // Construction and Road Building Machinery. 2021, no. 1, pp. 21-23.
2. Zhulai V.A., Nilov V.A., Tyunin V.L., Shchiyenko A.N. Directional stability of a two-axle wheeled earth-moving machine under eccentric loading // News of the Tula State University. Technical Sciences. 2024, iss. 1, pp. 521-527.
3. Plastun A.V. Analysis of trends in the improvement of motor graders to increase productivity in finishing operations // Almanac of Modern Science and Education. 2009, no. 12(31), pp. 83-85.
4. Ustinov Yu.F., Kononov A.D., Kononov A.A. Information technologies in automation of motor grader blade control during soil development // Proceedings of VSU. Series: Systems Analysis and Information Technologies. 2006, no. 2, pp. 169-173.
5. Korchagin P.A., Letopolsky A.B., Teterina I.A. Results of the study on the performance of side working equipment of a motor grader // The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2018, vol. 15, no. 4(62), pp. 492-501.
6. Nigodenko Ya.Yu. Hazard identification and occupational risk assessment for a motor grader operator // Fundamental and Applied Research of Young Scientists: collection of materials of the IX International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, dedicated to the 95th anniversary of the establishment of the Siberian State Automobile and Highway University. – Омск: SibADI, 2025. – P. 461-466.
7. Ots D.A. Analysis of dynamic impacts at the motor grader operator's workplace // Development of Road, Transport, and Construction Complexes and Development of Strategically Important Territories of Siberia and the Arctic: the Contribution of Science: materials of the International Scientific and Practical Conference. – Омск: SibADI, 2014. – P. 99-102.
8. Mukushev S.K., Filippi V.V. Review of designs of modern motor graders // The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2015, no. 6(46), pp. 24-28.
9. Denisov V.P., Matyash I.I., Zubarev K.V. Study of the influence of motor grader working tool design parameters on its productivity // The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2015, no. 2(42), pp. 15-19.
10. Patent No. 2831719 RU. Device for increasing the stability of a motor grader's travel / V.A. Nilov, V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, V.A. Nyrkov. – Appl. No. 2023135776 from 27.12.2023; publ. 12.12.2024, Bul. No. 35.
11. Patent No. 2856710 RU. Grader blade / V.A. Nilov, V.A. Zhulai, V.L. Tyunin. – Appl. No. 2025101612 from 27.01.2025; publ. 24.02.2026, Bul. No. 6.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Нилов Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительной техники и инженерной механики им. профессора Н.А. Ульянова	Nilov Vladimir Aleksandrovich – doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of construction machinery and engineering mechanics named after professor N.A. Ulyanov
Жулай Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительной техники и инженерной механики им. профессора Н.А. Ульянова	Zhulai Vladimir Alekseevich – doctor of technical sciences, professor, head of the Department of construction machinery and engineering mechanics named after professor N.A. Ulyanov
Тюнин Виталий Леонидович – кандидат технических наук, доцент, декан дорожно-транспортного факультета	Tyunin Vitaliy Leonidovich – candidate of technical sciences, associate professor, dean of the Faculty of road transport
Федоров Евгений Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительной техники и инженерной механики им. профессора Н.А. Ульянова	Fedorov Evgeny Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of construction machinery and engineering mechanics named after professor N.A. Ulyanov
zhulai@cchgeu.ru	

Получена 15.02.2026