

УДК 629.3:681.5:004.896

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЬНЫМ
ДЛИННОМЕРНЫМ ГРУЗОВЫМ АВТОПОЕЗДОМ С АКТИВНЫМ
ПРИЦЕПОМ****НИКОЛОВА С.Х.¹, ЦАНКОВ Ц.С.²**¹аспирант, инж. Шуменского университета им. Епископа Константина Преславского, Факультет технических наук, кафедра «Коммуникационной и компьютерной техники и технологий безопасности»,²профессор, д-р, инж. Шуменского университета им. Епископа Константина Преславского, Факультет технических наук, кафедра «Коммуникационной и компьютерной техники и технологий безопасности»,академик МОО «Петровская академия наук и искусств», Россия
г. Шумен, Болгария,

Аннотация: В работе рассматривается концепция интеллектуального управления длинномерным соло-грузовым автомобилем в сочетании с активно управляемым автономным прицепом. Анализируется многосенсорный подход к формированию цифровой среды в реальном времени на основе интеграции видеокамер, лидарных, радарных и инерционных датчиков. Особое внимание уделяется синхронизации управляемых осей, прогнозным алгоритмам управления при прохождении поворотов, а также режимам низкоскоростного маневрирования. Показано, что активное участие прицепа в управлении позволяет автосоставу функционировать как единая кинематическая система с повышенной устойчивостью, маневренностью, экономической эффективностью и экологической безопасностью. Рассматриваемая концепция формирует основу для создания нового класса интеллектуальных модульных автопоездов.

Ключевые слова: интеллектуальное управление, длинномерный грузовой автомобиль, активный прицеп, управляемые оси, автопоезд, автономные системы, маневренность, устойчивость

Abstract: The paper examines the concept of intelligent control of a long solo heavy-duty truck combined with an actively controlled autonomous trailer. A multi-sensor approach based on the integration of camera, LiDAR, radar and inertial sensors for real-time digital environment modeling is analyzed. Special attention is given to the synchronization of steerable axles, predictive control algorithms for cornering, and low-speed maneuvering modes. It is demonstrated that the active participation of the trailer in vehicle control enables the entire combination to operate as a unified kinematic system with improved stability, maneuverability, economic efficiency, and environmental performance. The presented concept provides a foundation for the development of a new class of intelligent modular road trains.

Keywords: intelligent control, long heavy-duty truck, active trailer, steerable axles, road train, autonomous systems, maneuverability, stability

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация международных грузовых перевозок в Европе приводит к нарастанию противоречия между требованиями к транспортной эффективности и реальными ограничениями дорожной инфраструктуры. В этом контексте Республика Болгария занимает важное место как транзитная территория, через которую проходят ключевые панъевропейские транспортные коридоры. Практика их эксплуатации показывает, что традиционные схемы автомобильных перевозок всё чаще сталкиваются с ограничениями, связанными с геометрией дорог, интенсивностью движения и требованиями к безопасности.

Наиболее распространённая схема «тягач – полуприцеп», несмотря на широкое применение в международных перевозках, представляет собой компромисс между грузоподъёмностью, длиной состава и манёвренностью. В условиях поворотов малого радиуса, терминальных зон и движения вблизи населённых пунктов такие автосоставы демонстрируют повышенный боковой вынос и неблагоприятные траекторные характеристики, что ограничивает их применение без дополнительных инфраструктурных мер.

Попытки создания длинномерных грузовых автомобилей предпринимались на протяжении десятилетий и привели к появлению ряда экспериментальных и концептуальных решений, включая многоосные и модульные конструкции. Проекты типа МАЗ-2000 «Перестройка» и платформы МАЗ-МЗКТ подтвердили инженерную реализуемость подобных подходов, однако выявили их ключевую проблему – недостаточную манёвренность в условиях обычной дорожной сети. [1], [3]

В данной работе рассматривается концепция длинномерного соло-грузового автомобиля в сочетании с интеллектуально управляемым активным прицепом, развивающая ранее представленные авторами решения. Целью является повышение эффективности грузовых перевозок за счёт интеграции интеллектуальных систем управления, обеспечивающих согласованное движение всех элементов автосостава как единой кинематической системы в реальных условиях эксплуатации.

КОНЦЕПЦИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛИННОГО СОЛО-ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Современные условия эксплуатации грузовых автомобилей на панъевропейских транспортных коридорах характеризуются сочетанием высокой интенсивности движения, сложной геометрии трасс и жёстких ограничений по габаритам. В таких условиях классическая схема сочленённого автосостава демонстрирует ограниченную манёвренность, особенно при прохождении поворотов малого радиуса, где проявляются значительный боковой вынос и нестабильность траектории задних осей.

Анализ траекторных характеристик показывает, что соло-грузовые автомобили, оснащённые управляемыми задними осями, обладают более предсказуемым поведением по сравнению с автопоездами с пассивным прицепом. На этой основе сформирована концепция длинномерного соло-грузового автомобиля длиной порядка 18 м и полной массой до 40 т, в котором передний

и задний модули активно участвуют в формировании траектории движения (рис. 1). Такое конструктивное решение позволяет приблизить характеристики манёвренности длинного транспортного средства к параметрам более коротких автомобилей. [11], [12]

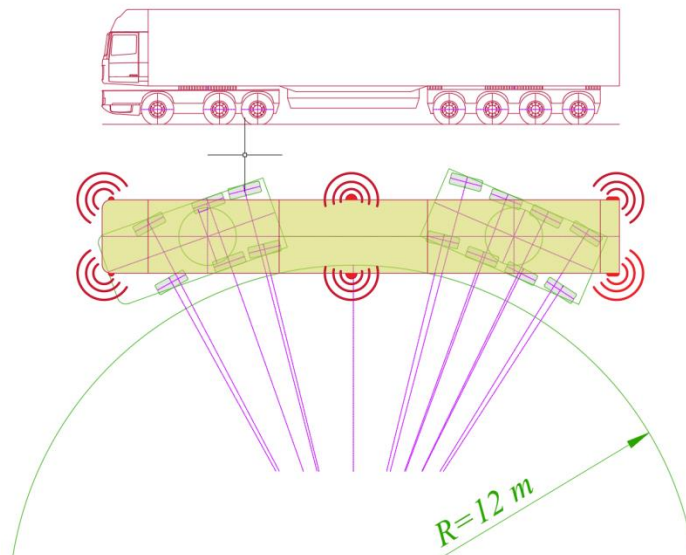


Рисунок 1 - Преодоление обратного поворота соло-автомобилем с интеллектуальным управлением

Ключевым условием практической реализации данной компоновки является внедрение интеллектуальной системы управления, основанной на интеграции данных от камер, радарных, лидарных и инерционных датчиков. Централизованная обработка информации обеспечивает синхронизацию управляемых осей и автоматическую коррекцию движения при маневрировании, снижая нагрузку на водителя и повышая безопасность в стеснённых дорожных условиях. В этом контексте интеллектуальное управление рассматривается не как вспомогательная функция, а как неотъемлемый элемент конструкции длинномерного соло-грузового автомобиля. [4], [7], [13]

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ДЛИННЫЙ ПРИЦЕП С АВТОНОМНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Развитие концепции длинномерного соло-грузового автомобиля за счёт интеллектуально управляемого прицепа позволяет существенно увеличить перевозочную способность автосостава без пропорционального ухудшения манёвренности. В предлагаемом решении прицеп рассматривается не как пассивный элемент, а как активный участник формирования траектории движения (рис. 2).

Конструктивной особенностью прицепа является наличие управляемых осей и собственной системы сенсорного восприятия, включающей видеокamеры, радарные, лидарные и инерционные датчики. На основе обработки этих данных прицеп формирует локальную модель дорожной обстановки и в режиме реального времени координирует свои действия с бортовой системой управления соло-грузового автомобиля.

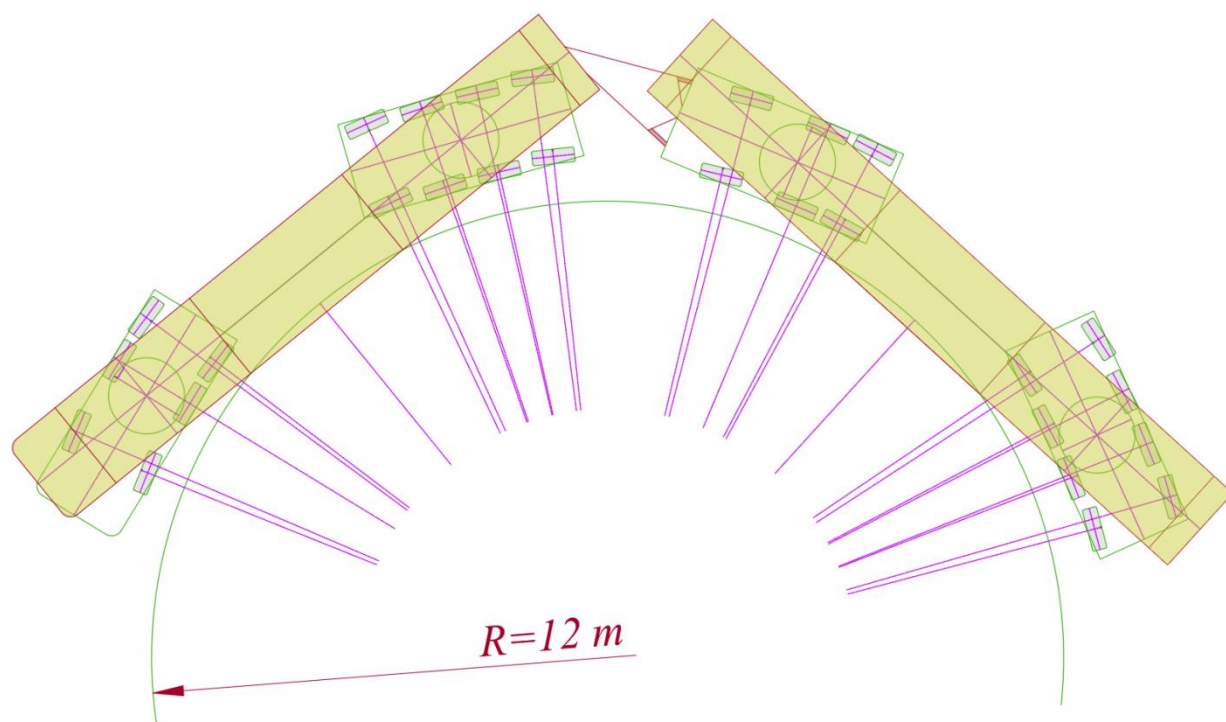


Рисунок 2 - Автопоезд с активным прицепом

Ключевая функция интеллектуального прицепа заключается в синхронизации углов поворота управляемых осей при прохождении поворотов, в том числе обратных. Это позволяет всему автосоставу двигаться как единая кинематическая система с контролируемой траекторией, минимальным боковым выносом и сниженным риском нестабильных режимов движения. В условиях бокового ветра, неравномерной загрузки и изменения коэффициента сцепления прицеп выполняет функции активной стабилизации.

В режимах низкоскоростного маневрирования прицеп может функционировать в полуавтономном режиме, корректируя движение задней части состава без накопления геометрических ошибок. Такой подход облегчает выполнение манёвров в терминальных и промышленных зонах и повышает общую эксплуатационную безопасность длинномерного автосостава. [2], [6]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная в работе концепция интеллектуального управления длинномерным соло-грузовым автомобилем в сочетании с активно управляемым автономным прицепом демонстрирует возможность повышения эффективности и безопасности грузовых перевозок за счёт согласованного управления всеми элементами автосостава. Интеграция управляемых осей и многосенсорных систем позволяет рассматривать транспортный состав как единую кинематическую систему, адаптированную к реальным условиям дорожной инфраструктуры. [5], [9]

Анализ показал, что активное участие прицепа в формировании траектории движения позволяет существенно снизить боковой вынос и повысить устойчивость при прохождении поворотов малого радиуса, а также в сложных эксплуатационных режимах. Это создаёт предпосылки для увеличения

перевозимого объёма без пропорционального роста числа рейсов и без необходимости радикальных инфраструктурных изменений.

Принципиальной особенностью представленной разработки является позиция авторов, которые сознательно предоставляют данную концепцию мировому научному и инженерному сообществу без патентной защиты и без каких-либо финансовых или лицензионных претензий. Авторы рассматривают предложенное решение как открытый вклад в развитие интеллектуальных транспортных систем и устойчивой мобильности, ориентированный на практическое применение и дальнейшее развитие. [8], [10]

Таким образом, описанная концепция может рассматриваться как промежуточное звено между традиционными грузовыми транспортными средствами и перспективными автономными автотранспортными системами, сохраняя при этом прикладную и общественную значимость.

Список литературы:

1. Ветрова Е. А., Кабарова Е. Е., Козырев М. С. Intelligent Transport Systems in the Russian Federation Features of Organization and Management. Proceedings of the International Conference on Transport Systems, 2020.
2. Селифонов В. В., Бирюков М. К. Устройство и техническое обслуживание грузовых автомобилей. Учебное пособие. М., Академия, 2007, 352 с.
3. Горев А. Р. Грузовые автомобильные перевозки. Учебник для вузов. М., Академия, 2012, 304 с.
4. Транспортные прицепы и полуприцепы. Конструкция и эксплуатация. Учебное пособие. М., Транспорт, 2005, 280 с.
5. Шуть В. Н., Лапин В. Ю., Кузнецов И. И. Робототехнические интеллектуальные транспортные системы. Методы и алгоритмы управления. М., Физматлит, 2017, 296 с.
6. Atanasov V. T., Denev D. R. A novel approach for non-destructive steganography by predetermination. International Journal on Information Technologies and Security, Vol. 17, No. 3, 2025, ISSN 1313-8251, P. 73–82.
7. Fleischer W. Typenkompass Deutsche Heeresfahrzeuge. Anhänger und Sonderanhänger bis 1945. Stuttgart, Motorbuch Verlag, 2015, ISBN 978-3-613-03804-2.
8. Stefanova A. Determination of the angular accuracy when setting out the centers of bridge piers. Journal scientific and applied research, Vol. 29, 2025, ISSN 1314-6289.
9. Ivanov V., Ivanov Hr. Investigation of the capacity of an autonomous photovoltaic system supplying an IP camera in continuous operation mode. Proceedings of the Union of Scientists – Ruse, Vol. 15, 2018, ISSN 1311-106X.
10. Stoyanov Iv., Ivanov V., Iliev T., Ivanov Hr. Yield and performance study of a 1 MWp grid connected photovoltaic system in Bulgaria. Journal of Engineering Science and Technology Review, 2020, DOI 10.25103/jestr.132.43.
11. Денев Д., Дочева А. Impact of heavy freight traffic on road infrastructure and environmental sustainability. Годишник на Шуменския университет „Епископ Константин Преславски“, т. XIV Е, 2024, ISSN 1314-8818, с. 63–73.

-
12. Nikolova S. Exploring artificial intelligence machine learning in video surveillance. Scientific Conference with International Participation MATTEH 2024 Conference Proceedings, Shumen, 2024, Vol. 2, ISSN 1314-3921, P. 17–22.
 13. Ivanov V., Stoyanov Iv., Kosunalp S. Applying a problem-based learning in the topic of modelling of the power and improvement the voltage stability of wind turbines. 18th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), 2023, ISBN 979-835031127-3.