

УДК 629.114.3

В.С. КОРОТКИЙ; С.И. КОЧЕТОВ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

С.В. ХАРИТОНЧИК, д-р техн. наук

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НЕПРЯМОГО ОБЗОРА МНОГОЗВЕННЫХ АВТОПОЕЗДОВ ПО КРИТЕРИЮ ВЕЛИЧИНЫ ВИДИМЫХ ЗОН С МЕСТА ВОДИТЕЛЯ

В статье рассмотрены вопросы обеспечения обзорности автопоездов с места водителя при маневрировании и отмечены особенности и проблемы обзорности многозвенных транспортных средств. Предложена динамическая система непрямого обзора и алгоритм управления ее устройствами. Проведен расчет обзорности многозвенного автопоезда длиной 47 м с тремя полуприцепами при маневрировании. В ходе исследования определено, что использование предложенной динамической системы непрямого обзора и алгоритма управления ее устройствами позволяют увеличить полезную зону обзора при выполнении поворота исследуемым объектом до 51 % по сравнению с использованием только лишь регламентированных устройств непрямого обзора на данном автопоезде.

Ключевые слова: обзорность, многозвенный автопоезд, зоны обзора, алгоритм, безопасность, рабочее место водителя, динамическая система непрямого обзора, камера, монитор

Обзорность с места водителя является важным параметром транспортных средств, позволяющим получать визуальную информацию и обеспечивать безопасность во время прямолинейного и криволинейного движения. Данное свойство важно для транспортных средств различных типов, но особенно оно актуально для многозвенных прицепных автопоездов. Так, классические сцепки «тягач и полуприцеп», удовлетворяющие всем требованиям стандартов по обзорности, имеют «слепые» зоны даже при прямолинейном движении, а при выполнении маневров данные зоны увеличиваются, повышая вероятность возникновения аварийных ситуаций. На рисунке 1 показаны некоторые типичные дорожно-транспортные происшествия, возникшие в результате недостаточной проработки со стороны законодателей и производителей вопросов величины и расположения зон обзора автопоездов во время маневрирования.

На рисунке 2 а [3] показан вид с места водителя автопоезда в зеркалах заднего вида. В них не попадает группа

велосипедистов (рисунок 2 б [3]), что может привести к тяжелому дорожно-транспортному происшествию. Как следует из приведенных рисунков, система непрямого обзора не обеспечивает достаточной информацией водителя для безопасного движения автопоезда. Это связано с отсутствием в правилах ЕЭК ООН № 46 [4] требований к зонам обзора при выполнении маневра.

Для информации о необходимой зоне обзора на современных транспортных средствах устанавливают вспомогательные устройства, которые помогают водителю определить наличие объектов в непросматриваемых зонах. Такие устройства называют ассистентами водителя. Для сочлененных автопоездов увеличенной длины, развивающихся в последнее время быстрыми темпами, применение таких устройств сопряжено с рядом трудностей, обусловленных следующими особенностями указанных транспортных средств:

- большая длина сочлененных транспортных средств;
- наличие сочленений между звеньями;
- высокая информационная нагрузка водителя.

При прямолинейном движении сочлененных транспортных средств достаточно регламентированных в настоящее время устройств непрямого обзора для обеспечения визуальной информации по бортам. Для выполнения маневров целесообразно использовать электронные ассистенты и дополнительные системы видеообзора для получения вспомогательной визуальной информации.

При выполнении маневров на магистральных автопоездах водителю необходимо обеспечить безопасное движение и вписываемость транспортного средства в коридор поворота. Для этого водителю необходима визуальная информация касающаяся зон вдоль звеньев. Использование электронных ассистентов водителя, информирующих по аудиальному каналу, не дают полного понимания о положении транспортного средства, провоцируя водителя принимать решения в условиях отсутствия необходимой информации. Использование таких систем можно применять лишь в качестве дополнительных, служащих для привлечения внимания водителя к потенциально опасной дорожной обстановке.



Рисунок 1 — Дорожно-транспортные происшествия при движении магистральных автопоездов [1, 2]



Рисунок 2 — Демонстрация слепой зоны автопоезда [3]:

- а — вид из кабины через зеркала заднего вида;
б — вид со стороны на слепую зону обзора

Сочлененные транспортные средства, в частности, магистральные автопоезда, с минимальным регламентированным набором устройств непрямого обзора при выполнении однотипных маневров показывают водителям неодинаковую визуальную информацию. Это связано с различными параметрами таких транспортных средств. В качестве основных параметров можно выделить следующие:

- габаритные размеры транспортного средства и отдельных звеньев;
- количество звеньев;
- количество осей и базы звеньев.

Для многозвенных транспортных средств при увеличении количества звеньев увеличивается длина автопоезда, и соответственно увеличивается «слепая» зона, поэтому при их проектировании следует особо уделить внимание данному вопросу.

Выбор места установки и параметров камер и мониторов чрезвычайно важен для обеспечения максимальной эффективности работы всей системы непрямого обзора. К наиболее важным параметрам системы «камера — монитор», влияющим на получаемое изображение и его читаемость водителем, относятся фокусное расстояние, расположение и габариты камер, разрешение и габаритные размеры мониторов.

Для эффективного восприятия дорожной обстановки важно не только доступность к видимости в «слепых» зонах, но также и распознаваемость объектов в них. В правилах ЕЭК ООН № 46 приводят методику получения основных параметров системы «камера — монитор»: критического расстояния обзора и максимального расстояния обнаружения.

Критическое расстояние обзора r_{merit} определяется как расстояние, на котором наименьший различимый элемент, отображаемый на мониторе, охватывает 1 дуговую минуту, измеренное от глаза (порог восприятия обычного наблюдателя) [4]:

$$r_{merit} = \frac{\delta \cdot 60 \cdot 180}{\pi},$$

где r_{merit} — критическое расстояние обзора видеомонитора, м; δ — размер наименьшего различимого элемента на мониторе, м.

Максимальное расстояние обнаружения в пределах критического расстояния обзора, когда после установки устройства расстояние видимости меньше критического расстояния обзора, определяют по следующей формуле [4]:

$$r_{dclose} = \frac{D_0 \cdot 60 \cdot 180}{\omega_c \cdot \pi \cdot f},$$

где r_{dclose} — расстояние обнаружения (м); D_0 — диаметр критического объекта: высота — 0,5 м, диаметр 0,3 м; f — пороговый возрастающий коэффициент, равен 8; ω_c — наименьший различимый элемент (угл. мин.).

В том случае, если после установки устройства расстояние видимости превышает критическое расстояние обзора, максимальное возможное расстояние обнаружения определяют по следующей формуле [4]:

$$r_{dfar} = \frac{r_{merit}}{r_m} r_{dclose},$$

где r_{dfar} — расстояние обнаружения при расстоянии большем чем критическое расстояние обзора, м; r_{dclose} — расстояние обнаружения при расстоянии меньшем чем кри-

тическое расстояние обзора, м; r_m — расстояние обзора, т. е. расстояние между глазами и монитором, м; r_{merit} — расстояние критического обзора, м.

Стоит сказать, что при использовании в статических системах непрямого обзора, т. е. имеющих устройства с постоянными во времени параметрами, водитель автопоезда, выполняя маневр, теряет часть необходимой ему для обеспечения безопасности зоны обзора по бортам. Рассмотрим выполнение маневра «поворот на 90°» радиусом 30 м многозвенным автопоездом длиной 47 м, движущимся со скоростью 20 км/ч. На исследуемом автопоезде установлена обязательная система непрямого обзора с зеркалами заднего вида и дополнительная система непрямого обзора с камерами, установленными на втором полуприцепе. На рисунке 3 представлена схема выполнения маневра.

Для оценки изменения рассчитаем зону обзора для промежуточных положений многозвенного автопоезда при выполнении маневра [5]:

$$A_{раз} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{обз}}{2 \cdot L_{АП} \cdot B_{п}} \cdot 100 \%,$$

где $S_{обз}$ — площадь полос, просматриваемой средством непрямого обзора при прямолинейном движении, м²; n — количество средств непрямого обзора на автопоезде; $L_{АП}$ — длина автопоезда, м; $B_{п}$ — ширина полосы на автодороге, м.

Величина зон обзора, рассчитанная с учетом вышеприведенных формул для трезвенного прицепного автопоезда, оборудованного зеркалами заднего вида и камерами, представлена в виде графиков на рисунке 4.

Зависимость зоны обзора от времени выполнения маневра показывает, что установка дополнительной системы видеообзора дает ее увеличение до 41 % по сравнению с использованием только регламентированных устройств. Однако также видно, что в некоторых фазах поворота даже с использованием дополнительной системы непрямого обзора величина зоны опускается до 60 %.

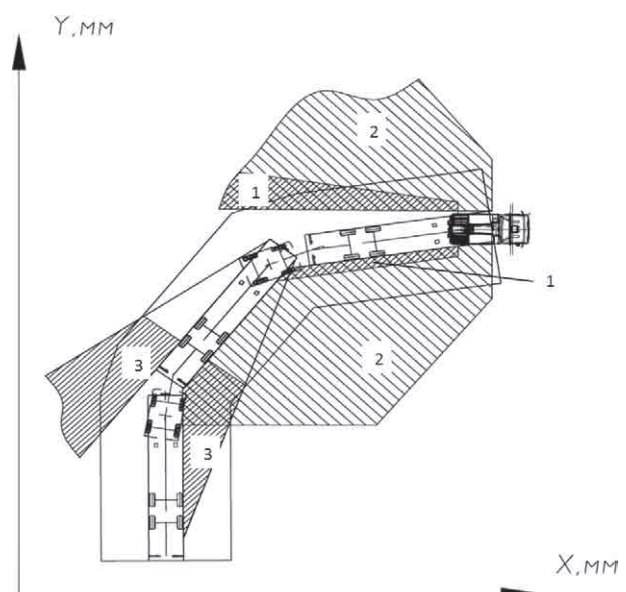


Рисунок 3 — Схема расчета зон обзора при выполнении маневра «поворот на 90°»: 1 — зоны обзора основных зеркал заднего вида; 2 — зоны обзора широкоугольных зеркал; 3 — зоны обзора камер непрямого обзора

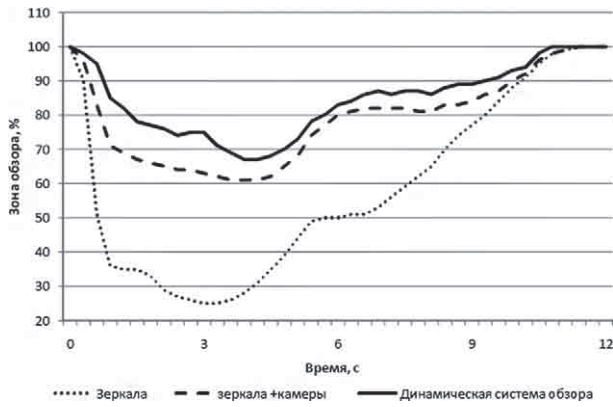


Рисунок 4 — Зависимость зоны обзора от времени при выполнении маневра «поворот на 90°» на скорости 20 км/ч

Увеличения полезной площади обзора можно добиться с помощью динамической системы непрямого обзора. Главная идея системы заключается в изменении положения, угла установки и фокусного расстояния устройств непрямого обзора в зависимости от пространственного положения звеньев многозвенного транспортного средства относительно тягача.

Для выбора закона изменения параметров устройств непрямого обзора предлагается алгоритм, изображенный на рисунке 5. Работа алгоритма заключается в расчете общей зоны обзора автопоезда при различных параметрах устройств непрямого обзора на каждом шаге выполнения маневра. Таким образом, формируется набор параметров устройств непрямого обзора с наибольшей величиной зоны обзора для всех

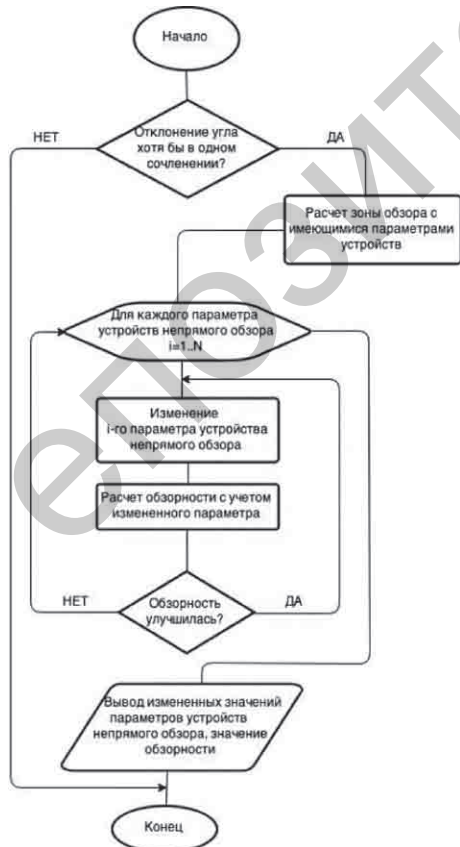


Рисунок 5 — Алгоритм оптимизации параметров устройств непрямого обзора

промежуточных положений многозвенного автопоезда, выполняющего маневр.

На рисунке 4 для сравнения с рассмотренными статическими системами обзора (зеркала, зеркала+камеры) показано изменение зоны обзора многозвенного автопоезда во время выполнения маневра при использовании динамически регулируемых фокусных расстояний камер системы видеообзора. Как видно из графика за счет подобранных параметров устройств непрямого обзора исследуемая зона существенно увеличилась. Максимальное увеличение зоны обзора составило 50 % по сравнению с использованием только лишь регламентированных устройств непрямого обзора.

При выполнении расчета зон обзора были рассчитаны законы изменения фокусных расстояний с использованием предложенного алгоритма оптимизации параметров устройств непрямого обзора. Полученные зависимости изменения фокусного расстояния для двух камер по левому и правому бортам показаны на рисунке 6.

При выполнении поворота многозвенным автопоездом камера располагаемая по правому борту показывает зону обзора вдоль правых бортов второго и третьего полуприцепа. В некоторых фазах маневра начального угла обзора не хватает для охвата зон вдоль указанных полуприцепов, поэтому необходимо расширить угол обзора камеры, уменьшив фокусное расстояние. Однако при этом уменьшается расстояние обзора, при котором человек сможет распознавать объекты. В связи с этим установка широкого угла на камерах является эффективной только в определенных фазах маневра. Камера по левому борту при выполнении данного маневра фиксирует в основном зону обзора левого борта второго полуприцепа.

Исходя из проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Существующие системы непрямого обзора сочлененных транспортных средств не обеспечивают обзор регламентированной Правилами ЕЭК ООН № 46 зоны при выполнении маневров.
2. Использование дополнительной системы непрямого обзора на многозвенном автопоезде длиной 47 м позволяет увеличить видимую площадь зоны обзора до 41 % при выполнении маневра «поворот на 90°».
3. Предложен алгоритм оптимизации параметров устройств непрямого обзора, применение которого на многозвенном автопоезде длиной 47 м позволяет повысить зону обзора до 50 % при выполнении маневра

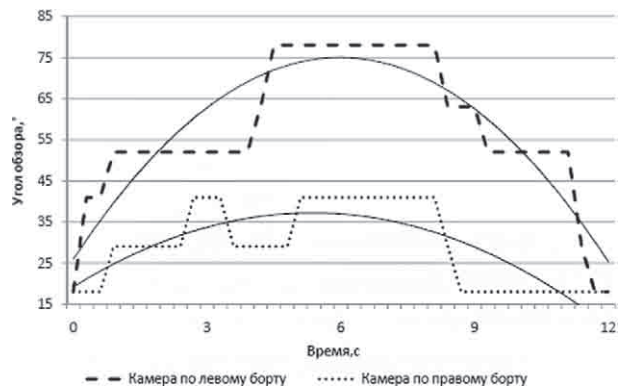


Рисунок 6 — Закон изменения угла обзора камер видеообзора от времени при выполнении маневра «поворот на 90°» на скорости 20 км/ч

«поворот на 90°» с учетом зрительных возможностей человека и технических характеристик устройств непрямого обзора.

Список литературы

1. Passing side or Suicide: It's your choice // A co-production of Sea Waves and Brainz. — 2011. — Mode of access: <http://www.ridelust.com/passing-side-or-suicide-its-your-choice>. — Date of access: 22.09.2015.
2. Avoid a Right Turn Accident in Your Tractor Trailer // NKBJ InfoNet, LLC. — 2009–2015. — Mode of access: <http://www.truck-drivers-money-saving-tips.com/right-turn.html>. — Date of access: 22.09.2015.
3. Demonstration of Semi-Trucks Blind Spot. — Mode of access: <https://www.youtube.com/watch?v=kKKPZi0zPJU>. — Date of access: 22.09.2015.
4. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения устройств непрямого обзора и механических транспортных средств в отношении установки этих устройств: Правила ЕЭК ООН № 46, пересмотр 5. — Введ. 19.08.2013.
5. Особенности обзорности многозвенного автопоезда / В.С.Короткий и [др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Подлубко [и др.]. — 2012. — Вып. 1. — С. 172–174.

Karotki V.S., Kochetov S.I., Kharytonchik S.V.

Optimization of multilink trucks indirect vision dynamic system parameters by using criterion of vision area value from driving position

Issue of supporting truck visibility from driving position in time of maneuvering and characteristics and problems of multilink trucks are considered. Dynamic indirect vision system and control algorithm are offered. Visibility of 47 meters multilink truck including three semitrailers in time maneuvering is computed. During investigation it's identified that prototype vehicle visibility is increasing to fifty and one per cent in comparison with using only conventional indirect vision devices by using offered dynamic indirect vision system and control algorithm.

Поступил в редакцию 26.10.2015.