

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТА СОЛНЕЧНОГО ОСЛЕПЛЕНИЯ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ АВТОМАГИСТРАЛИ

В статье приведены результаты исследований влияния кратковременного природного фактора на изменения характеристик пропускной способности автомагистрали. Исследовано влияние эффекта солнечного ослепления (ЭСО) на транспортный поток на пяти федеральных автомагистралях Дальневосточного округа. Разработаны мероприятия по снижению отрицательного воздействия ЭСО и повышения пропускной способности.

Ключевые слова: транспортный поток, кратковременный природный фактор, пропускная способность, автомагистраль.

Обеспечение расчетной пропускной способности автомобильной дороги является одной из основных задач по улучшению потребительских свойств дороги. Снижение пропускной способности может быть вызвано различными причинами: сужением проезжей части, низкими транспортно-эксплуатационными характеристиками дорожного покрытия, ограниченным расстоянием видимости, отрицательным воздействием природно-климатических факторов и т.п. Менее прогнозируемыми факторами, влияющими на пропускную способность, являются кратковременные природные факторы [1].

Оценка аварийности

В зависимости от светового потока изменяется время световой адаптации, от которой зависит метеорологическое расстояние видимости. Неопределенность и неясность воспринимаемых дорожных объектов в этот период сказывается на увеличении времени реакции водителя и росте аварийности.

По степени тяжести последствий аварии, совершенные в условиях действия кратковременного фактора, являются особо тяжкими. В среднем в каждом ДТП, совершенном на солнцепопасных участках, среди участников аварий 48% получают ранения разной степени тяжести и 6% – погибают [3]. Одной из причин тяжелых последствий является то, что среднее расстояние видимости на солнцепопасных участках при движении на подъем составляет от 5,0 до 25,0 м, что не соответствует нормативным требованиям наименьшего расстояния видимости встречного автомобиля – 90 м.

Методика изучения характеристик транспортного потока на солнцепопасных участках

На солнцепопасных участках автомагистрали были проведены эксперименты по изучению изменения характеристик транспортного потока в условиях ЭСО. Необходимо было решить следующие задачи: измерить скорость движения транспортного потока на солнцепопасных участках в условиях ЭСО и без; измерить дистанцию между транспортными средствами; оценить коэффициент изменения дистанции в условиях ЭСО и без; оценить изменение траектории движения транспортных средств в условиях ЭСО и без.

Для выполнения этих задач были использованы цифровые видеокамеры, экспериментальный автомобиль, GPS-навигатор с функцией записывания скорости и траектории движения.

Применение цифровых видеокамер позволило выполнить целый ряд видеозаписей и в дальнейшем их обрабатывать в лабораторных условиях. В данном случае было использовано четыре видеокамеры: одна видеокамера на обочине навстречу потоку, движущемуся в сторону ЭСО; вторая на удалении 100 м – для фиксирования общей ситуации транспортного потока; третья – внутри салона автомобиля за лобовым стеклом; четвертая – внутри салона сзади.

Первая камера фиксировала изменения траектории и скорости автомобилей непосредственно перед въездом на солнцепопасный участок с ЭСО, в момент начала ЭСО, движение непосредственно в условиях ЭСО, в момент выезда из ЭСО и дальнейшее движение в нормальных условиях.

Вторая камера фиксировала транспортный поток в обоих направлениях с целью оценки скорости и траектории движения.

Запись на третьей камере выполнялась для дальнейшей оценки изменения траектории движения впереди идущего автомобиля. Соответ-

ственно запись на четвертой камере выполнялась для дальнейшей оценки изменения траектории движения движущегося сзади автомобиля.

Проведенные исследования на автомагистралях Хабаровск - Владивосто («Усури»); Чита - Хабаровск («Амур»); Хабаровск - Находка («Восток»); Якутск - Вилюйск - Мирный - граница Иркутской области («Виллой»); Ленск - Мирный - Удачный («Анабар») показали, что кратковременные природные факторы значительно влияют на пропускную способность автомобильной дороги, т.к. отрицательно воздействуют на органы зрения, ухудшая видимость и восприятие дорожной обстановки, что сказывается на изменении психофизиологического состояния водителя [3].

Анализ и оценка пропускной способности

Анализ скорости движения на опасных участках при эффекте солнечного ослепления показал, что большинство водителей снижают скорость движения при солнечном ослеплении на 21–34 км/час. Среднее значение снижения скорости движения при солнечном ослеплении составило 25 км/час. Для оценки влияния кратковременного природного фактора на скорость движения был использован коэффициент изменения скорости движения, который определялся как отношение скорости при солнечном ослеплении водителя к скорости движения в нормальных условиях. Расчет коэффициента изменения скорости движения производился по формуле:

$$k_{Vi} = \frac{V_{c.o}}{V_{\phi}}, \quad (1)$$

где $V_{c.o}$ – скорость движения при солнечном ослеплении водителя, км/час;

V_{ϕ} – скорость движения в нормальных (эталонных) условиях, км/час.

На основании полученных данных были построены графики коэффициентов изменения скорости на участках, расположенных на городских улицах и дорогах общего пользования (рисунок 1).

Анализ статистических данных на опасных участках показал, что коэффициент изменения скорости уменьшается до 0,27 и достигает минимума ближе к концу опасного участка, затем постепенно возрастает.

После проезда опасного участка происходит незначительный спад скорости (период темновой адаптации), а затем растет до уровня, соответствующего скорости до въезда на солнцепопасный участок.

В зависимости от значения продольного уклона дороги на опасном участке изменяется скорость движения в соответствии с полученными данными (таблица 1).

При продольном уклоне более 80‰ коэффициент изменения скорости ниже значения 0,7, что в соответствии с нормативными документами не допускается. Отношение скоростей не должно быть ниже 0,8 для дорог в равнинной местности и 0,7 – в пересеченной местности.

В соответствии с полученными значениями изменения скоростей движения была рассчитана практическая пропускная способность по известной формуле [5]:

$$P = BP_{max}, \quad (2)$$

где B – итоговый коэффициент снижения пропускной способности;

P_{max} – теоретическая пропускная способность.

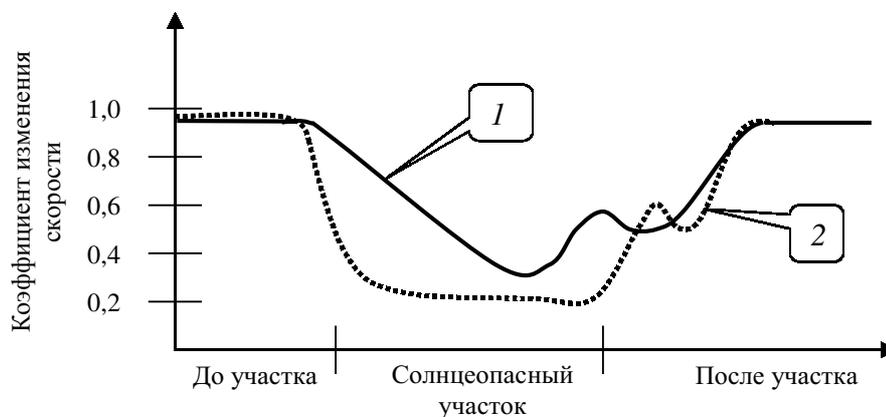


Рисунок 1. График изменения скорости движения на солнцепопасном участке: 1 – на УДС города, 2 – на дорогах общего пользования

$$P_{\max} = \frac{1000v}{L}, \quad (3)$$

где v – скорость, км/ч;

L – динамический габарит автомобиля, м.

Величина динамического габарита зависит от скорости движения и для легкового автомобиля может быть принята по таблице 2.

Подставив формулу 3 в формулу 2, получим расчетную зависимость пропускной способности для участков автомобильной дороги с отрицательным воздействием ЭСО следующего вида:

$$P = \frac{1000Bv}{L}. \quad (4)$$

Значения изменения пропускной способности на опасных участках автомобильных дорог общего пользования сведены в таблицу 3.

Диагностика автомагистралей показала, что доля опасных участков составляет около 32%. С учетом того, что ЭСО влияет на пропускную способность, в утренний и вечерний час пик автомобильно-дорожным организациям необходимо предусмотреть мероприятия по обеспечению расчетной пропускной способности.

Автоматизированный поиск солнцепасных участков при эксплуатации автомагистралей

Для оценки автомагистрали и автоматического выявления опасных участков разработана

Таблица 1. Поправочные коэффициенты изменения скорости

Продольный уклон, %	20	60	80	100
Коэффициент снижения скорости	0,71	0,67	0,58	0,32

Таблица 2. Зависимость динамического габарита автомобиля от скорости движения

Скорость движения, км/ч	20	40	60	80	100
Динамический габарит, м	15	30	52	80	114

Таблица 3. Значения коэффициента изменения пропускной способности на опасных участках

Скорость движения, км/ч	Продольный уклон, %		
	20	60	80
60	0,41	0,39	0,33
80	0,36	0,34	0,29
90	0,33	0,31	0,27
100	0,31	0,29	0,25
110	0,30	0,28	0,24
120	0,28	0,27	0,23

специализированная компьютерная программа [4]. Алгоритм программы включает три этапа: I – определение азимутов обследуемой дороги; II – определение азимутов восхода и захода солнца для данной местности; III – определение дня и времени проявления ЭСО. На основании результатов GPS-съемки на первом этапе определяют геодезические координаты характерных точек трассы, на основании которых рассчитывают азимуты прямых участков трассы. С помощью специальных математических расчетов определяются прямой и обратный азимуты прямого участка автомобильной дороги.

На втором этапе определяют азимуты восхода и захода солнца в течение года для данной местности. Положение солнца в любой точке земли определяется углом высоты h и азимутом A , которые определяются по формулам, приведенным Б. Дж. Бринкворт:

$$\sin h = \cos \varphi \cos \delta + \sin \varphi \sin \delta; \quad (5)$$

$$\sin A = \frac{\cos \delta \sin \tau}{\cos h}, \quad (6)$$

где δ – угол, характеризующий угловое перемещение светила относительно полуденной оси в зависимости от времени t после полудня;

τ – склонение светила;

φ – географическая широта местности.

На третьем этапе рассчитываются дата и время проявления эффекта солнечного ослепления на прямых участках дороги для данной местности.

Обработка азимута участка дороги выделена в отдельную подсистему с рядом органов управления и возможностью автоматического пересчета значений между ними. Ввод азимута производится собственно для прямого (два верхних графика) или обратного (два нижних графика) направления участка дороги. Направление указывается либо градусами и минутами азимутальных координат относительно севера, либо румбами. Вычисления дат ЭСО, а также времени восхода и захода солнца для дат ЭСО производятся автоматически.

Структуру программы можно разбить на три части:

1. Система расчета и перерасчета азимутальных координат. Срабатывает и вызывает перерасчет при любом изменении данных. После вычисления производится вызов следующей системы.

2. Система расчета даты ЭСО участка дороги для прямого и обратного азимута. После вычисления дат производит вызов следующей системы.

3. Система расчета восхода / захода солнца для указанных дат, сгенерированных вызовом предыдущей системы.

Кроме направления азимута дороги на период проявления ЭСО влияют продольный уклон, широта и долгота места проложения трассы. Введение значений данных переменных учитывается программой для корректировки даты и времени проявления ЭСО на обследуемом участке автомобильной дороги.

Работа функций расчета производится в реальном времени по следующей схеме: изменение входных данных > перерасчет азимута прямого и отображение данных на графике 1 > перерасчет румбов прямых согласно значению прямого азимута и отображение данных на графике 2 > перерасчет обратного азимута согласно значению прямого азимута и отображение данных на графике 3 > перерасчет значения обратных румбов согласно значению обратного азимута и отображение данных на графике 4.

Значения всех азимутальных координат задаются в градусах и минутах в специально отведенные текстовые поля под каждым графиком.

Мероприятия повышения пропускной способности

Увеличить пропускную способность солнцезащитного участка дороги в период отрицатель-

ного воздействия ЭСО можно архитектурным и эксплуатационным способами.

Архитектурный способ заключается в применении малых архитектурных форм и озеленения (рисунок 2).

Щиты могут быть двух видов. Первый вид представляет солнцезащитный щит длиной около 10,0 м и высотой 3,5 м, который устанавливается по ходу движения. Щит должен быть из светонепроницаемого материала. Установка щита позволит защитить водителей от солнечных лучей в неблагоприятные моменты расположения солнца.

Второй вид представляет прямоугольную П-образную солнцезащитную конструкцию, которую устанавливают над проезжей частью с помощью столбов, расположенных на обочине.

Экологическим мероприятием [2] по защите водителя являются лесопосадки. Посадку деревьев необходимо производить на удалении не менее 9 метров от края проезжей части. Желательно использовать деревья с высокими кронами.

Эксплуатационный способ заключается в установке временных дорожных знаков в соответствии с предлагаемой схемой движения (рисунок 3) в период ЭСО.

Выбор конкретной схемы организации движения зависит от вида кратковременного фактора и участка его проявления. При этом следует учитывать местные условия движения и, если требуется, вносить в схему коррективы до согласования с органами ГИБДД.

Ограничивать скорость перед солнцезащитным участком следует в том случае, когда в нача-

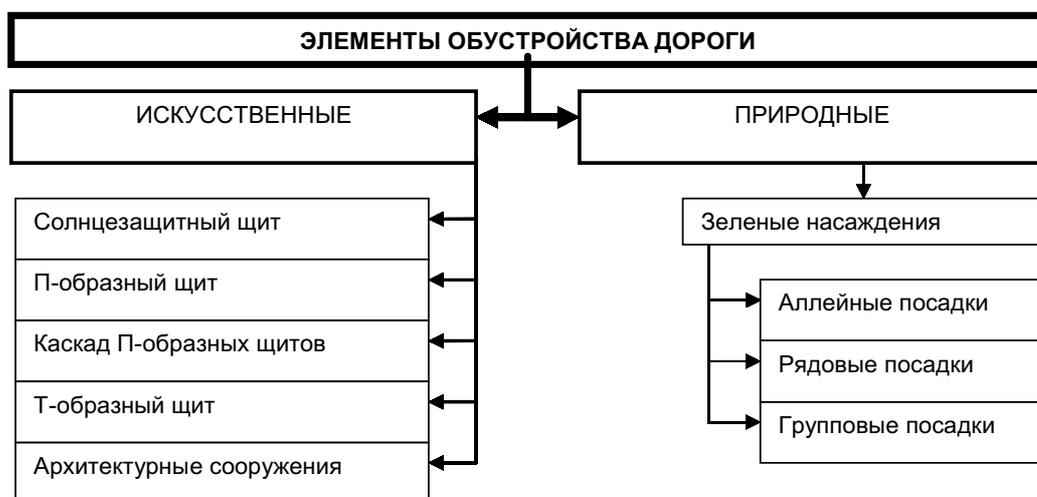


Рисунок 2. Виды защитных элементов обустройства автомагистрали

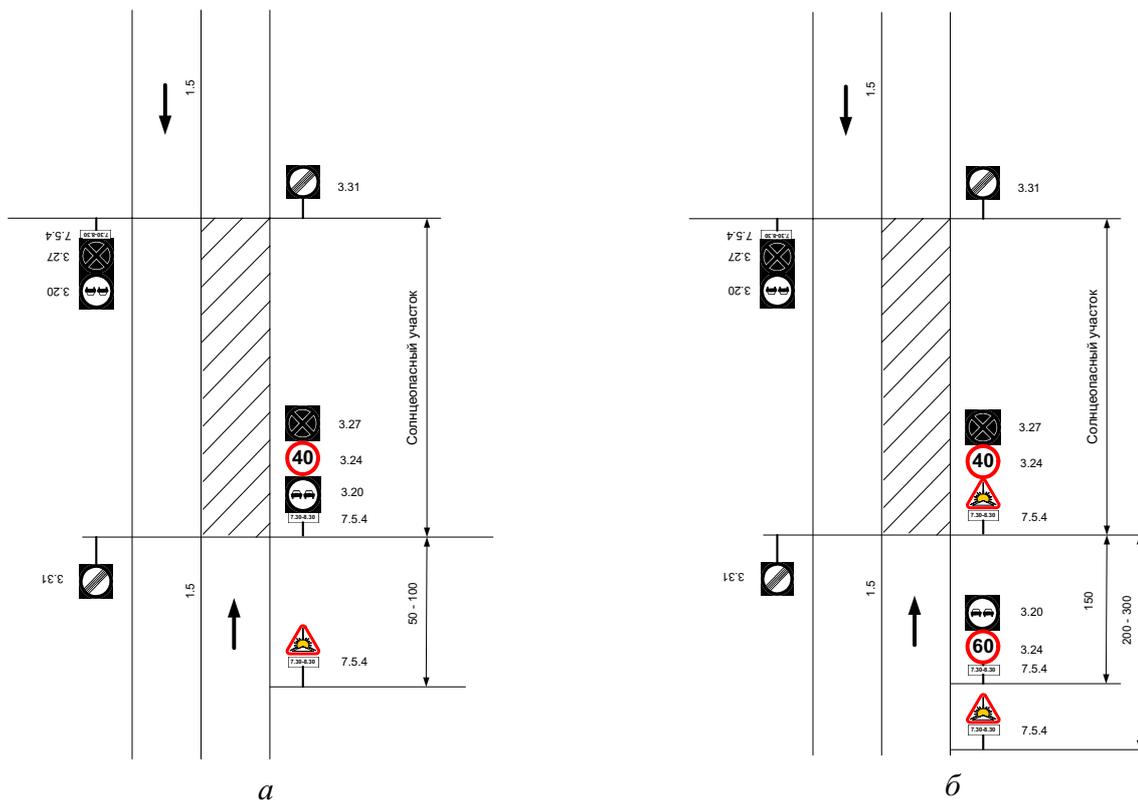


Рисунок 3. Схема организации дорожного движения на солнцезащитном участке автомагистрали:
а – в городе, *б* – вне населенного пункта



Рисунок 4. Виды нового дорожного знака «Осторожно – солнечное ослепление»

ле участка производится перестроение транспортных средств. Запрещение обгона следует вводить на двух- и трехполосных автомагистралях.

В створе окончания солнцезащитного участка по ходу движения устанавливают знак 3.31 «Конец зоны всех ограничений». Табличка 7.5.4 «Время действия» должна применяться с предупреждающими и запрещающими знаками.

В некоторых случаях указанное ограничение необходимо продублировать запрещающим дорожным знаком 3.27 «Остановка запрещена» вместе со знаком дополнительной информации, указывающим расстояние, на которое действует знак. Кроме этих знаков раз-

работан и рекомендован к применению новый дорожный знак, визуально предупреждающий водителя о виде опасности на данном участке, – «Осторожно – солнечное ослепление». Знак имеет три вида (рисунок 4), в зависимости от основного места проявления ЭСО по отношению к оси дороги.

Применение вышеуказанных мероприятий на опасных участках позволит увеличить пропускную способность автомагистрали на 100–150%. При эффективном и рациональном выборе мероприятий можно добиться полного отсутствия отрицательного влияния кратковременного природного фактора на пропускную способность дороги.

Вышеприведенные способы защиты водителя от кратковременных природных факторов не охватывают всего многообразия видов элементов дорожной обстановки, с помощью которых можно защитить водителя и повысить

пропускную способность автомобильной дороги. В зависимости от значений продольного уклона и вида опасного участка должны разрабатываться соответствующие защитные мероприятия.

16.06.2011

Список литературы:

1. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения // А.П. Васильев, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
2. Корчагин, В.А. Научные основы повышения эффективности и экологической безопасности автотранспортных процессов / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, А.А. Турсунов // Вестник Таджикского технического университета. 2009. – №8. – С. 50–54.
3. Пегин, П.А. Статистический анализ влияния эффекта солнечного ослепления на тяжесть дорожно-транспортных происшествий // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2010. – №1 (16). – С. 99–108.
4. Пегин П. А., Харланов Д.Б. «Эффект солнечного ослепления-09». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010611180. Зарегистрирована в реестре программ для ЭВМ 10 февраля 2010 г.
5. Сильянов, В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1977. – 304 с.

Сведения об авторе:

Пегин Павел Анатольевич, доцент кафедры автомобильных дорогТихоокеанского государственного университета, кандидат технических наук, доцент
680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, 113 ц.; тел.: (4212) 761723, e-mail: Pegin@mail.khstu.ru**UDC 656.13.01/004.15:625.711****Pegin P.A.**

Pacific ocean state university, Khabarovsk, e-mail: Pegin@mail.khstu.ru

IMPACT ASSESSMENT OF THE EFFECT OF SOLAR GLARE ON THE MOTORWAY THROUGHPUT

The article shows the results of the studies of the impact of short-term natural factor on the change characteristics of bandwidth motorway. The influence of the effect of sunlight glare (ESP) for traffic flow on the five federal highways far East District is studied. The author developed activities to reduce the negative impact of ESP and increase the bandwidth.

Key words: transport stream, the short-lived natural factor, bandwidth, highway.

Bibliography:

1. Vasiliev, A. P. Operation activity of roads and traffic management // A. P. Vasiliev, V. M. Sidenko. – М.: Transport, 1990. – 304 p.
2. Korchagin, V. A. Scientific bases of improving the efficiency and environmental safety of motor transport operation / Korchagin V.A., Lyapin S.A., Tursunov A.A. // Bulletin of Tadhik technical university. 2009. – №8. – P. 50–54.
3. Pegin, P. A. Statistical analysis of the sun glare influence on accidents severity // Bulletin of Pacific National University. 2010. – №1 (16). – P. 99–108.
4. Pegin P. A., Kharlanov D.B. « Solar glare effect -09». State registration certificate of the computer program №2010611180. Registered in the register of the computer programs on February 10, 2010 yr.
5. Silyanov, V.V. The theory of traffic flow in road design and traffic management / V.V. Silyanov. – М.: Transport, 1977. – 304 p.