СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

ГОД ОБРАЗОВАНИЯ В СОДРУЖЕСТВЕ НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ **«ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016»**, ПОСВЯЩЁННОЙ ГОДУ ОБРАЗОВАНИЯ В СОДРУЖЕСТВЕ НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
15-25 АПРЕЛЯ 2016 Г.

Министерство образования и науки Российской федерации
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Сборник материалов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Проспект Свободный-2016», посвящённой Году образования в Содружестве Независимых Государств

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2016 г.

Красноярск, 2016

«Проектирование строительство эксплуатация автомобильных дорог в сложных природно-климатических условиях Сибири»

УДК 625.7:502.2

СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ЭКОСИСТЕМУ

Леусова Д.Д.
научный руководитель канд.техн. наук, доц. Ганжа В.А.
Сибирский федеральный университет

Участки местности, прилегающие к автомобильным дорогам различных категорий, подвергаются усиленному воздействию техногенных загрязнений. Основными загрязняющими агентами внешней среды являются химически активные антигололедные реагенты, фрикционные противогололедные материалы, токсичные, канцерогенные и загрязняющие компоненты отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС), а также, продукты изнашивания автомобильных шин, тормозных колодок, самого покрытия, протечки топлив, смазочных материалов и эксплуатационных жидкостей, потери сыпучих грузов и т.д. [1−3].

Воздействию перечисленных загрязнений подвергается почвенный покров, растительность и воздух придорожных территорий. Последствия такого воздействия крайне негативны. В почве аккумулируются тяжелые металлы (свинец, цинк, медь), органические материалы (нефтепродукты, бенз(α)пирен), хлор и натрий – компоненты антигололедных реагентов и другие химические элементы. Этим провоцируется деградация растительности, снижение устойчивости лесных насаждений, обеднение биологического разнообразия. Все вышесказанное свидетельствует о том, что разработка и реализация мероприятий, направленных на снижение техногенной нагрузки на придорожные территории и, как следствие, улучшение их экологического состояния являются актуальными задачами.

В качестве таких мероприятий автор работы [4] приводит следующие:

1. Строительство параллельных магистралей, для снижения транспортной нагрузки существующих автомобильных дорог;
2. Создание современных транспортных развязок, обеспечивающих непрерывное движение транспортных средств в установившемся режиме;
3. Строительство шумозащитных экранов, частично ограничивающих распространение загрязнений, а также использование для таких экранов газопоглощающих блоков из материалов, сорбирующих отработавшие газы ДВС;
4. Обязательная установка на механические транспортные средства каталитических нейтрализаторов, дожигателей, разработка и внедрение других технических решений, направленных на снижение концентраций вредных веществ в отработавших газах ДВС;
5. Высадка наиболее устойчивых к техногенным загрязнениям пород деревьев (по возрастанию толерантности: дуб < ель < сосна береза < тополь < ива).

Основная идея данной работы − использование устойчивых к техногенным загрязнениям растительных насаждений (деревьев, кустарников, масличных культур и т.д.) при разработке мероприятий по улучшению экологического состояния придорожных территорий. Предполагается использование деревьев и кустарников при обустройстве снегозащитных насаждений, располагаемых вдоль автомобильных дорог, а соевых культур – в качестве сырья для производства экологически чистых альтернативных биологических и биодизельных топлив.

При зимнем содержании автомобильных дорог дорожными эксплуатационными организациями проводятся работы по обеспечению бесперебойного и безопасного

движения, включающие защиту дорог от снежных заносов, очистку дорог от снега, и борьбу с зимней скользкостью [5, 6].

Снегозащитные средства, используемые для защиты дорог от снега по принципу воздействия на снеговетровой поток, разделяются на снегозащитные средства снегопередувающего действия и снегозащитные средства снегозадерживающего действия. К первой группе средств относятся снегопередувающие заборы. Во вторую группу входят снегозадерживающие заборы, щиты, сетки, пространственные средства снегозащиты, устройства с изменяющейся просветностью, снежные траншеи и снегозащитные лесные полосы.

Надежными и эффективными снегозащитными средствами постоянного размещения являются снегозащитные лесные полосы (СЛП), устраиваемые в соответствии с рекомендациями документа [5] вдоль автомобильных дорог в виде одной или нескольких лесных полос и кустарниковой опушки, размещаемой с полевой стороны лесной полосы или в виде живых изгородей из ели и высоких кустарников. Ель также отмечена в перечне пород деревьев, наиболее устойчивых к техногенным загрязнениям [4], что является дополнительным критерием пригодности этой породы деревьев для обустройства снегозащитных лесных полос. Кроме ели, из хвойных пород деревьев для этих целей может быть использована лиственница сибирская, а из лиственных – дуб, ясень ланцетный, липа, тополь, граб, шелковица, гледичия. При выборе кустарников следует руководствоваться следующим перечнем: бирючина, гордовина, акация желтая, спирея, жимолость, шиповник [5]. Более высокая, чем у деревьев устойчивость кустарников к антропогенным воздействиям установлена результатами многолетних наблюдений ученых за состоянием древесной растительности в зоне действия лесовозных автомобильных дорог, изложенными в работе [7]. Такие снегозащитные лесные полосы благодаря устойчивости к техногенным загрязнениям могут длительное время (десятилетиями) выполнять свою основную функцию – защиту дорог от снежных заносов, что в свою очередь будет способствовать снижению техногенной нагрузки на придорожные территории следующим образом.

Ограниченный СЛП объем снегоприноса на покрытия заносимых участков автомобильных дорог повлечет за собой и сокращение объемов работ по очистке этих покрытий от снега, выполняемых снегоуборочными машинами (СМ) и, как следствие, снижение общей энергоемкости этих работ, уменьшение расхода топлива и количества отработавших газов, выбрасываемых двигателями СМ в воздух придорожной зоны. Даже при формировании на дорожных покрытиях снежного наката и льда, толщина этих снежно – ледяных образований будет существенно меньше, чем при отсутствии ЛСП. Следовательно, можно снизить и расход химически активных антигололедных реагентов (АГР), используемых при реализации химического метода зимнего содержания дорог. Известно, что расход реагентов нормируется в зависимости от интенсивности выпадающего снега, (толщины слоя отложений) и температуры окружающего воздуха [5]. В этом случае сократятся объемы работ как по распределению АГР на дорожные покрытия, выполняемые машинами – распределителями, так и объемы работ по удалению разрыхленной под воздействием АГР водо-снежной массы, выполняемые, например, плужно-щеточными снегоочистителями. Оба вида работ могут выполняться комбинированными дорожными машинами (КДМ), несущими как распределительное, так и уборочное навесное оборудование. Сокращение объемов этих работ, как и в случае с работами по очистке покрытий от снега, повлечет за собой снижение общей энергоемкости их выполнения, уменьшение расхода топлива и количества отработавших газов, выбрасываемых двигателями распределительных, уборочных машин или КДМ в

атмосферу. При этом степень негативного воздействия на придорожные территории химически активных элементов также будет снижена в связи с уменьшением количества АГР, распределяемых на дорожные покрытия. Обеспечиваемые, в результате выполнения работ зимнего содержания более высокие эксплуатационные показатели дорожных покрытий создадут условия для движения механических транспортных средств в наиболее экологически благоприятном непрерывном установившемся режиме.

В сельском хозяйстве и на транспорте все большее применение находят альтернативные моторные топлива: синтетические, получаемые из природного газа, угля и прочих углеводородных ресурсов, биоэтанол, биогаз, водород, биодизельное топливо и другие. Необходимость использования таких топлив обусловлена истощением мировых запасов нефти, повышением цен на традиционные нефтяные моторные топлива, ужесточающимся требованиям к токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

Для использования в автомобильных и тракторных дизельных двигателях наиболее перспективными являются биодизельные топлива на основе растительных масел, источником которых являются масличные культуры, например соя, подсолнечник, рапс. Растительные масла в системах топливоподачи дизельных двигателей могут использоваться как в чистом виде [8], так и в составе смесевых топлив, например: этанол и рапсовое масло [9]; дизельное топливо и соевое масло [10]; дизельное топливо и метиловый эфир рапсового масла [11] и др.

Результатами исследований рабочих процессов дизельных двигателей с использованием биологических и биодизельных топлив установлено существенное улучшение их экологических показателей по сравнению с аналогичными показателями, получаемыми при работе этих двигателей на традиционных нефтяных дизельных топливах [8 – 11]. Так, в работе [10] приведены результаты стендовых испытаний дизельного двигателя Д – 245.12С (4 ЧН 11/12,5) при работе на нефтяном дизельном топливе (ДТ) и на этом же ДТ в смеси с соевым маслом (СМ) на режимах внешней скоростной характеристики и 13 – ступенчатого испытательного цикла по ГОСТ Р 41.49 – 2003 (Правила ЕЭК ООН №49) с установочным углом опережения впрыска топлива θ = 13° при полной подаче топлива. Целью исследований являлась оценка возможности использования СМ в качестве биологической добавки к ДТ.

Испытания двигателя при использовании смеси 80 % ДТ и 20 % СМ дали следующие результаты. Наблюдалось существенное снижение дымности (K_x) отработавших газов (ОГ) двигателя: на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ – с 16 до 8% по шкале Хартриджа, а на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ – с 43 до 27%. Также имело место снижение в ОГ концентрации оксидов азота (N_{ox}): на режиме холостого хода при n = 880 мин$^{-1}$ – с 0,01 до 0,008 %, на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ – с 0,07 до 0,059%, на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ – с 0,0605 до 0,0515%. Уровень содержания в ОГ монооксида углерода (CO) также имел тенденцию к снижению: если в режиме холостого хода при n = 880 мин$^{-1}$ наблюдалось некоторое повышение концентрации CO в ОГ – с 0,024 до 0,026%, то на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$, значения этого показателя снижались от 0,033 до 0,024%, а в режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ – с 0,0102 до 0,009 %. Применение исследуемого биодизельного топлива способствовало снижению в ОГ и концентрации несгоревших углеводородов (CH_x): на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ – с 0,017 до 0,013%, а на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ – с 0,0108 до 0,009 %.

Приведенный пример дополнительно подтверждает обоснованность выводов разных исследователей о целесообразности и перспективности использования биологических и биодизельных топлив в дизельных двигателях.

Основным источником растительных масел являются масличные культуры, содержащие растительные жиры. Наибольшие объемы мирового производства масел занимают соевое, пальмовое, рапсовое, подсолнечное масла, как пищевые, так и предназначенные для различных технических целей, причем в качестве сырья для производства последних, могут успешно использоваться масло – семена, выращенные в неблагоприятных условиях, например на придорожных территориях! В связи с этим, целесообразно на участках местности, прилегающих к автомобильным дорогам устраивать посевы соевых культур, например сои или рапса, с последующей (после вызревания) их уборкой и переработкой. При планировании этих мероприятий и выборе засеваемой культуры необходимо учитывать почвенно-климатические условия региона, рельеф местности, возможность доставки в район посева сельскохозяйственной техники и т.д. Полученное в результате выполнения всего комплекса работ растительное масло, следует использовать в качестве биологического или биодизельного топлива в дизельных двигателях различной по назначению техники, в т.ч. и сельскохозяйственной, используемой при вспашке земли, посеве и уборке масличных культур на территориях, прилегающих к автомобильным дорогам, а также механических транспортных средствах, двигающихся по этим дорогам.

В этом случае степень негативного воздействия техногенных загрязнений на придорожные территории будет снижена в основном, за счет меньшей дымности ОГ и меньшего содержания в них канцерогенных и токсичных компонентов.

Использование на территориях, прилегающих к автомобильным дорогам растительных насаждений из видов, устойчивых к техногенным загрязнениям с целью обустройства снегозащитных лесных полос и посевов культур для получения альтернативных биологических топлив, с последующим их применением в дизельных двигателях различной по назначению техники, позволит снизить техногенную нагрузку на придорожные территории и улучшить их общее экологическое состояние.

Список литературы

1. Куляшов, А. П. Зимнее содержание дорог / А. П. Куляшов, Ю. И. Молев, В. А. Шапкин ; Нижегор. гос. техн. ун-т. – Н. Новгород, 2008. – 353 с.

2. Сушков, А.С. Методы определения антропогенного воздействия на почвенный покров придорожных территорий при движении потоков лесовозных автопоездов / А.С. Сушков // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 12. С. 29–31.

3. Борисюк, Н.В. Летнее содержание автомобильных дорог и дорожных объектов / Н.В. Борисюк, С.М. Дмитриев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. – №3. – Стр. 17 – 20.

4. Сушков, А.С. Оценка влияния аэрозольных выбросов на экосистемы придорожной полосы автомобильных дорог / А.С. Сушков // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 5. С. 16–19.

5. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования. – Взамен ВСН 24–88. – Введ. 17.03.2004. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 103 с. – (Отрасл. дор. метод. док.).

6. ГОСТ Р 50597 – Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. – Введ. 01.07.94. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 11 с.

7. Сушков, А.С. Методы исследования и оценки объектов загрязнения в зоне действия лесовозных автомобильных дорог / А.С. Сушков // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 11. С. 9 – 11.

8. Рыжов, Ю.Н. Двухтопливная система тракторного дизеля с многоступенчатым подогревом / Ю.Н. Рыжов, А.П. Иншаков, А.А. Курочкин // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 6. С. 11 – 13.

9. Лиханов, В.А. Эффективные показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле и рапсовом масле с двойной системой топливоподачи / В.А. Лиханов, М.И. Арасланов, А.Н. Козлов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 7. С. 5 – 7.

10. Марков, В.А. Исследование работы дизеля на смесях дизельного топлива и соевого масла / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.А. Неверов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 11. С. 3 – 9.

11. Марков, В.А. Влияние состава смесевого биотоплива на параметры процесса впрыскивания топлива в дизеле / В.А. Марков [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 12. С. 3 – 9.

УДК 625.724

ОЦЕНКА РИСКА ПРОЕЗДА ПО КРИВОЙ В ПЛАНЕ МАЛОГО РАДИУСА С УЧЕТОМ ВСТРЕЧНОГО ВЕТРА

Путенкова Т.А.
научный руководитель канд. техн. наук Гавриленко Т.В.
Сибирский федеральный университет

Проектирование свойств автомобильной дороги должно быть тесно связано с вероятностным подходом, так как проектировщик вынужден на основании современных данных прогнозировать некоторое будущее состояние объекта. Вероятностный подход позволяет также учесть погодно-климатические факторы (гололедица, снежный накат, боковой и встречный ветер и другие), которые современными нормами проектирования, практически, не учитываются при назначении геометрических элементов дороги. Руководствуясь ими, проектировщик перекладывает ответственность за попадание в дорожно-транспортное происшествие (ДТП) на водителя и службы, отвечающие за содержание дороги.

Методика проектирования автомобильных дорог с учетом теории риска предложена В.В. Столяровым [1,2]. Она является логическим продолжением метода итоговых коэффициентов аварийности, применяемого для оценки безопасности автомобильных дорог. Риск движения автомобиля со скоростью v по геометрическому элементу определяется по формуле, которая имеет вид

$$r = 0{,}5 - \Phi\left(\frac{A - A_{м}}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_{м}^2}}\right), \qquad (1)$$

где A – величина геометрического элемента дороги; $A_{м}$ – его минимальное значение, при котором риск движения со скоростью v равен 50%; σ_A и $\sigma_{м}$ – средние квадратические отклонения величины A и $A_{м}$ соответственно; $\Phi(u)$ – функция Лапласа (интеграл вероятности).

В работе [3] теория риска использовалась при анализе назначения радиусов кривых в зависимости от вида покрытия. Рассматривались варианты участка дороги при двух видах покрытия из горячего асфальтобетона (с поверхностной обработкой и без неё) и нескольких состояниях покрытия (чистого сухого, влажного чистого, мокрого грязного, гололедицы и слоя рыхлого снега различной толщины) при полном штиле. В данной работе исследуется влияние встречного ветра на величину назначения радиуса кривой.

При расчете кривых в плане под величиной A понимается радиус кривой. Минимальный радиус $R_{м}$ определяется по применяемой в проектировании методике, т.е. с учетом предельной скорости движения одиночного расчётного автомобиля, при которой происходит поперечное скольжение автомобиля на кривой.

$$R_{м} = \frac{v^2}{127(\sqrt{\varphi_1^2 - \mu_x^2} + i_в)}, \qquad (2)$$

где v – расчетная скорость движения; $i_в$ – уклон виража;

$$\sqrt{\varphi_1^2 - \mu_x^2} \qquad (3)$$

– поперечная составляющая общего коэффициента сцепления; φ_1 – часть общего коэффициента сцепления, используемая в продольном направлении; μ_x – величина коэффициента тяговой силы. При такой величине радиуса, существует 50-% риск потери устойчивости автомобиля, м.

Коэффициент тяговой силы μ_x учитывает силы, действующие на равномерно движущийся автомобиль (v = const), к которым относятся силы сопротивления: движению на подъем, качению и воздуха. Он вычисляется по формуле

$$\mu_x = \frac{2}{K_{сц}}\left(f_v + i + \frac{K \cdot F \cdot v_с^2}{13mg}\right) \quad (4)$$

где f_v – коэффициент сопротивления качению; i – коэффициент сопротивления движению на подъем (продольный уклон в пределах кривой в плане), тысячные; K – коэффициент обтекаемости лобовой площади автомобиля, кг/м^3; F – лобовая площадь, м^2; $v_с$ – скорость набегания воздуха на автомобиль, км/ч; m – масса автомобиля, кг; g – ускорение свободного падения, м/с^2; $K_{сц}$ – коэффициент сцепного веса.

Если систему координат связать с движущимся автомобилем, то при штиле скорость набегания воздуха на автомобиль $\vec{v}_{шт}$ равна по значению скорости движения автомобиля, но противоположна ей по направлению.В случае встречного ветра векторы скорости ветра $\vec{v}_в$ и скорости $\vec{v}_{шт}$ складываются: $\vec{v}_с = \vec{v}_в + \vec{v}_{шт}$. Схема к определению скорости набегания воздуха на автомобиль приведена на рис. 1. Цифрами обозначены: 1 – траектория движения автомобиля по кривой в плане; 2 – автомобиль; 3 – направление ветра, характеризуемое скоростью $\vec{v}_в$; 4 – скорость набегания воздуха на автомобиль, движущегося при полном штиле $\vec{v}_{шт}$; 5 – скорость набегания воздуха на автомобиль с учетом ветра, определяемая как сумма векторов.

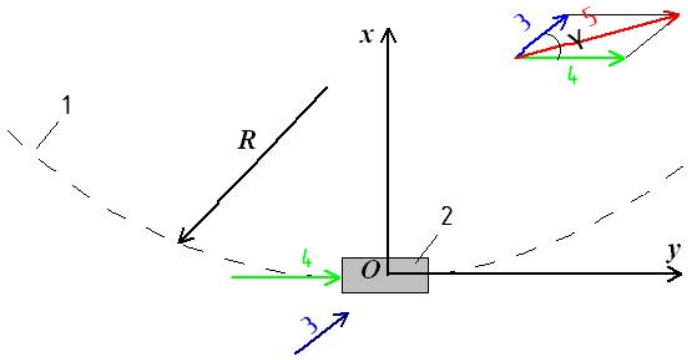

Рис.1–Схема сложения векторов

По правилу сложения векторов длина вектора скорости набегания воздуха на автомобиль с учетом ветра

$$v_с = \sqrt{v_в^2 + v_{шт}^2 + 2v_в \cdot v_{шт} \cdot \cos\gamma}, \quad (5)$$

где γ – угол между векторами.

Лобовая площадь зависит от угла атаки встречного ветра γ и определяется по формуле [1, ч. II]

$$F = 0{,}8 \cdot H\left(D \cdot \sin\gamma \pm B \cdot \cos\gamma\right), \quad (6)$$

где H – высота автомобиля, м; D – длина, м; B – ширина, м; знак «+» соответствует встречному ветру, а знак «-» – попутному. Наиболее сильное сопротивление воздуха возникает при встречном ветре, следовательно, в дальнейших расчётах используем формулу

$$F = 0{,}8 \cdot H\left(D \cdot \sin\gamma + B \cdot \cos\gamma\right). \quad (7)$$

Радиус кривой в плане с заданной величиной риска определяется по выражению

$$R = R_м + u\sqrt{\sigma_м^2 + \sigma_R^2}, \quad (8)$$

где $\sigma_м$ – среднее квадратическое отклонение минимального радиуса кривой в плане, м; σ_R – допуск на отклонение радиуса кривой в плане, зависящий от точности разбивочных и строительно-монтажных работ, м; u – аргумент функции Лапласа, устанавливаемый в зависимости от величины принятого риска.

В качестве нормативного (приемлемого) риска попадания в ДТП рекомендуется принимать значение $1 \cdot 10^{-4}$, которое по международной шкале находится между умеренным и высоким риском [1].

Риск возникновения ДТП при встречном ветре представляет собой произведение

$$Rs = P(ДТП|W) \cdot P(W), \quad (9)$$

где $P(ДТП|W)$ – условная вероятность попадания в ДТП на кривой малого радиуса при наличии встречного ветра, $P(W)$ – вероятность возникновения встречного ветра. Условная вероятность попадания в ДТП при встречном ветре рассчитывается в соответствии с (1), как

$$P(ДТП|W) = 0{,}5 - \Phi\left(\frac{R - R_м}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_м^2}}\right). \quad (10)$$

Данная методика была применена к анализу риска на кривой в плане радиусом 150 м на автомобильной дороге 4-й категории, ведущей к поселку Большая Сосновка в Назаровском районе Красноярского края. Данный радиус не соответствует нормативным требованиям дороги 4 категории, что заведомо вызывает снижение расчетной скорости на рассматриваемом участке дороги.

В Назаровском районе в зимний период преобладают три направления ветра: юго-западное, южное и юго-восточное. Роза ветров представлена на рис. 2.

Вероятность возникновения встречного ветра определяется по повторяемости ветра. Тогда в соответствии с розой ветров вероятность юго-западного направления ветра в январе составляет 0,17; южного – 0,349; юго-восточного – 0,265.

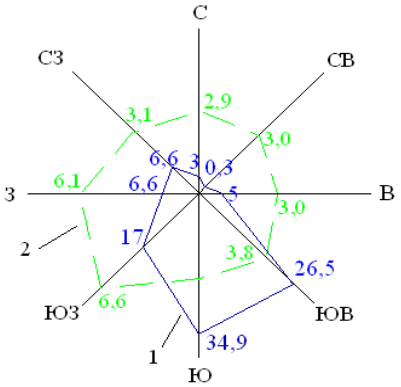

Рис.2–Роза ветров; 1- повторяемость, %; 2 – средняя скорость, м/с

По вышеизложенной методике были проведены расчеты величины радиуса для приемлемого значения риска. При отсутствии ветра ($v_в$ = 0 м/с и γ=0°) радиус кривой, обеспечивающий риск 10^{-4}, должен быть не менее 141 м. В наиболее неблагоприятном случае (юго-западный ветер и угол атаки γ=50°) радиус, обеспечивающий приемлемый риск, должен быть равен 316 м, что в 2 раза больше запроектированного. Таким образом, данный участок дороги не соответствует приемлемому риску.

Также была решена обратная задача, когда вычислялся риск попадания в ДТП при различных ветровых характеристиках. Расчёты приведены в табл. 1. В графе «Риск» приведены условные вероятности попадания в ДТП, вычисленные по формуле (10), в графе «Общий риск» - значения риска, вычисленные по формуле (9).

Таблица 1 – Значения риска при различных углах атаки и скоростях ветра

Угол γ, °	Юго-западный		Южный		Юго-восточный	
	v=6,6 м/с	P=0,17	v=3,9 м/с	P=0,349	v=3,8 м/с	P=0,265
	Риск	Общий риск	Риск	Общий риск	Риск	Общий риск
0	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
30	0,229	0,039	0,071	0,025	0,067	0,018
45	0,351	0,060	0,150	0,052	0,146	0,039
50	0,360	0,061	0,165	0,058	0,157	0,042
52	0,360	0,061	0,169	0,059	0,161	0,043
55	0,355	0,060	0,169	0,059	0,164	0,044
60	0,336	0,057	0,164	0,057	0,160	0,042
70	0,253	0,043	0,129	0,045	0,126	0,033
90	0,051	0,009	0,032	0,011	0,031	0,008

В ходе расчетов по вероятностной методике были получены следующие результаты.

1. Максимальные значения риска получились при угле атаки γ = 52-55°. Это связано с увеличением лобовой площади сопротивления воздуху.

2. Наибольшие средние значения скоростей ветра присущи юго-западному направлению 6,6 м/с, при этом вероятность ветра составляет 0,17; риск попадания в ДТП, рассчитанный по формуле (9), составляет 0,061.

4. Наиболее частым является южный ветер с вероятностью $P(w)$ = 0,349 и средней скоростью 3,9 м/с. В этом случае самый высокий риск попадания в ДТП – 0,058. Таким образом, наложение двух факторов: несовершенство геометрического элемента дороги, выражаемое в величине малого радиуса, и высокая вероятность возникновения бокового ветра с достаточно большой средней скоростью приводят к очень высокой вероятности попадания в ДТП на этом участке дороги.

Значение риска порядка 0,06 означает, что из 100 ДТП на данном участке, в 6 случаях ответственность ложится на проектировщиков данного участка.

Если экономические условия не позволяют выдержать рекомендуемые радиусы, то необходимо ограничивать скорость дорожными знаками. По расчетам приемлемый риск соблюдается при ограничении скорости движения автомобиля до 65 км/ч.

Список литературы

1. Столяров В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска. В 2-х ч. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1994.

2. Столяров В.В. Теория риска в проектировании плана дороги и организации движения: учеб. пособие. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1994. 84 с.

3. Биляк Р.М., Овсянников Б.Б.Применение теории риска при назначении радиусов кривых в плане и продольном профиле / научн. руков. Т.В. Гавриленко //Проблемы архитектуры и строительства: сб. материалов XXII региональной н.-т. конф. // КрасГАСА. Красноярск, 2004. С.215-217.

УДК 628.05

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Пылаева М.М., Горских Е.С.
научный руководитель Серватинский В.В.
Сибирский федеральный университет

Множество факторов, которые воздействуют на дорожную одежду, рано или поздно приводят к появлению дефектов на дорожном покрытии. Наиболее распространенным видом дефектов являются трещины. Вовремя неотремонтированные трещины постепенно превращаются в очаг разрушения дорожной одежды. Трещины классифицируются по ширине на узкие - до 5 мм, средние - 5-10 мм и широкие - 10-30 мм. В зависимости от ширины и причин образования трещин выбирается технология их ремонта и состав применяемого оборудования. Основная задача при ремонте трещин является предотвращение проникновения воды в нижележащие слои дорожной одежды.

По данным многолетних исследований для достижения наилучших результатов необходимо выполнение всех технологических операций, таких как разделка трещины (придание ей необходимой геометрической формы), удаление посторонних частиц (либо сжатым воздухом либо щеткой), выпаривание влаги, нагрев и распределение герметизирующих материалов.

Разделку трещин в асфальтовых и бетонных дорожных покрытиях проводят с помощью машин для разделки трещин.

Удаление посторонних частиц после разделки производят с применением щеточной машины или с помощью механизма продувки самого заливщика. Преимущественной является очистка шва щеточной машиной, так как поток воздуха не всегда может поднять частицы, которые не совсем отстали от стенок трещины.

Обезвоживание краев трещины необходимо, так как герметизирующие составы следует наносить на поверхность, температура которой не ниже 40 ^{0}С. При нанесении составов на поверхность, температура которой ниже указанной, может происходить снижение адгезионных свойств составов. Основными причинами этого является наличие избыточной влаги или льда (при ремонте осенью и ранней весной) в трещинах и швах дорожного покрытия.

Гидроизоляция трещин достигается за счет их герметизации битумом или специальными материалами - резинобитумной или битумно-полимерной мастиками.

Следует сразу отметить, что обеспечение качества герметизации трещин необходимо в первую очередь ориентироваться не на битум, а на мастики горячего применения, физико-механические свойства которых значительно превосходят свойства битума. В настоящее время как отечественные, так и зарубежные фирмы выпускают широкую гамму мастик, лучшими из которых по эксплуатационным качествам являются битумно-полимерные.

При выборе мастик необходимо ориентироваться на их основные свойства: температуру размягчения, которую у отдельных марок составляет +100 ^{0}С; температуру хрупкости (до -50 ^{0}С); относительное удлинение (до 150 % при температуре +20 ^{0}С), эластичность (до 95 %).

Кроме мастики, огромное влияние на качество герметизации трещин оказывают правильный выбор и строгое соблюдение технологии производства работ и применяемого оборудования.

Узкие трещины не требуют большого набора сложных технологических операций. Как правило, трещины шириной до 5мм очищают продувкой сжатым воздухом, подсушивают, прогревают и заполняют битумной эмульсией или мастикой с высокой проникающей способностью. Подсушку трещины, как правило, совмещают с операцией прогрева, при этом необходимым условием является нагрев зоны трещины до температуры не менее 80 ^{0}С.

Средние и широкие трещины изначально должны быть оценены на предмет разрушения кромок. В случае, если трещина имеет разрушение кромки, технология ремонта должна начинаться с операции ее разделки, то есть искусственного расширения ее верхней части с образованием камеры, в которой обеспечивается оптимальная работа герметизирующего материала на растяжение в период раскрытия трещины. Причем ширина камеры должна быть не меньше зоны разрушения кромок трещины. Для создания наилучших условий работы герметика в камере соотношение ее ширины и глубины обычно принимается как 1:1. Кроме того, при определении геометрических размеров камеры необходимо учитывать максимальное возможное раскрытие трещины и относительное удлинение используемого герметизирующего материала. Обычно ширина камеры находится в пределах 12-20 мм.

В случае, когда кромки трещины не подвергались разрушению и имеется возможность качественно загерметизировать трещину без ее разделки, данную операцию можно исключить из технологического процесса. Следует отметить, что операция фрезерования или разделки трещины является наиболее дорогостоящей из-за высокой стоимости применяемого инструмента, и включение ее в технологию и производство работ должно быть экономически и технически обосновано.

Важнейшим условием обеспечения качества герметизации трещин является наличие хорошего сцепления герметика со стенками неразделанной трещины или отфрезерованной камеры. В связи с чем большое внимание уделяется проведению подготовительных работ по очистке и просушке трещины. Даже небольшое количество грязи или влаги в полости трещины не позволяет обеспечить надежную адгезию мастики к ее стенкам. В некоторых случаях для улучшения адгезии производят подгрунтовку стенок отфрезированной камеры праймером - маловязкой пленкообразующей (склеивающей) жидкостью. Однако данная операция более эффективна при ремонте цементнобетонных, чем асфальтобетонных покрытий. Для асфальтобетонных покрытий более целесообразно использовать подогрев зоны трещины до температуры, при которой происходит выделение вяжущего из асфальтобетона на стенках трещины, которые увеличивают сцепление герметика со стенками. Бесспорно, основной технологической операцией при ремонте трещин является их заливка горячей мастикой. Мастика предварительно нагревается до температуры 150-180^{0}С, после чего подается в устроенную камеру или непосредственно в полость трещины. При этом в зависимости от применяемого оборудования можно либо произвести герметизацию самой трещины, либо одновременно с заливкой устроить на поверхности покрытия в зоне трещины пластырь. Такой пластырь шириной 6-10см и толщиной 1-3 мм позволяет укрепить кромки трещины и предотвратить их разрушение. Однако опыт таких работ показывает, что устройство пластыря в зоне трещины на автомобильных дорогах с высокой интенсивностью движения малоэффективно, так как материал пластыря довольно быстро разрушается колесами движущегося транспорта.

Завершающей операцией технологии и ремонта трещин является присыпка загерметизированной трещины дробленным сухим песков фракции 3-5 мм, близким по цвету основному минеральному материалу покрытия. Присыпка служит для

восстановления общей текстуры и шероховатости покрытия, а также предотвращает налипание мастики на колеса автомобиля.

Технологический процесс санации трещин должен быть практически не прерывен. Операция очистки от пыли и грязи, подсушки, прогрева и заливки трещин должны переходить одна в другую при минимальном разрыве по времени.

В Красноярском крае при условиях сурового резко-континентального климата, когда суровые зимы с сорокаградусными морозами сменялись коротким, но тёплым летом. Сегодня климатические условия существенно изменились. Зимы стали теплее, осенние и весенние периоды продолжительнее.

На состояние дорожного покрытия наиболее сильно влияют периоды, когда дневная температура достигает положительных значений, а ночная опускается ниже 0 ^{0}С. Вода, попавшая в трещины асфальтобетона, замерзает и мгновенно разрывает их. Поэтому необходимо вовремя залечивать трещины.

Однако этому препятствуют несколько обстоятельств. Во-первых, удлинивший осенний период с многократными циклами замерзания и таяния воды, во-вторых, зимние оттепели, которые к весне уже серьёзно портят состояние дорожного покрытия. Вместе со стаявшим снегом открываются многочисленные трещины и выбоины [1].

Проблема в том, что начинать латать трещины и выбоины приходится ранней весной. Сегодня есть 4 наиболее известных современных технологий. Одной их которых является технология литого асфальта. Она предназначена для экстренного ремонта. С ее помощью на дороге можно оперативно «залатать» наиболее «проблемные» ямы и выбоины. Такая «заплатка» является локальным исправлением ситуации. Это позволяет облегчить ситуацию до установления погоды, при которой можно проводить основательные ремонтные работы. Главное преимущество «литого асфальта» - оперативность. Эта технология не требует длительного подготовительного процесса и применения техники разных видов (катков, фрез и пр.) Для того, чтобы устранить дорожный дефект таким способом нужна лишь одна установка - термос-миксер.

Также используется технология ремонта дорожного покрытия с применением инфракрасных разогревателей. Данный метод, позволяет устранять дефекты любой сложности. Он хорошо зарекомендовал себя при необходимости устранить колею или модифицировать асфальтобетон на участках дорог с повышенной нагруженностью (остановки общественного транспорта, развязки, мосты и т.д.) без долгосрочного закрытия движения. Метод применяется при локальном ремонте, устранении ям, выбоин и трещин, а также при необходимости выравнивания «стыковых швов», которые остаются на полотне дороги после ремонта отдельных ее участков. Преимущества технологии: не требует выполнения работ по фрезерованию, позволяет работать независимо от погодных условий, не требует длительного перекрытия движения.

Еще одна технология - струйно-инъекционная холодная технология. Эта технология заделки выбоин на дорожных покрытиях с помощью битумной эмульсии является сейчас одной из наиболее передовых и прогрессивных. Суть ее состоит в том, что все необходимые операции выполняются рабочим органом одной машины (установки) самоходного или прицепного типа. Подготовка выбоины к ремонту сводится фактически только к тщательной ее очистке от пыли, мусора и влаги путем продувки высокоскоростной струей воздуха и к обработке поверхности выбоины битумной эмульсией. Операция обрезки, разлома или фрезерования асфальтобетона вокруг выбоины в этой технологии может не производиться. Сама заделка выбоины осуществляется посредством ее заполнения мелким щебнем, предварительно обработанным битумной эмульсией в камере смешения машины. За счет вовлечения и

подачи щебня воздушной струей, его укладка в выбоину происходит с высокой скоростью, что обеспечивает хорошую его упаковку (уплотнение), практически исключающую необходимость в дополнительном использовании виброплит и виброкатков. Струйно-инъекционный метод заделки выбоин можно использовать почти круглый год.

Еще одной, не менее популярной технологией считается ремонт дорожного покрытия холодным асфальтом. Она активно применяется в странах Северной Европы и США. Холодный асфальтобетон используют для локального ремонта и устранения таких дефектов покрытия как ямы, выбоины и трещины. В этом случае их заделывают специальной смесью на основе жидких или маловязких битумов. Такой асфальт можно заготовить с запасом, хранить и перевозить без ограничений по времени, характерных для традиционного «горячего» асфальта, который после отгрузки с завода необходимо тут же использовать или утилизировать. Еще одно преимущество технологии – возможность применять ее при температуре до минус 10 ^{0}С. «Холодный асфальт» - технология довольно дорогая [2].

Таким образом наиболее пригодные технологии по ремонту дорожных одежд в Красноярском крае: с применением инфракрасных разогревателей и струйно-инъекционная холодная технология, так как они позволяют вести работы по ремонту трещин, выбоин и ям почти круглый год. Что является основным критерием для Красноярского края, так как осенние, весенние периоды положительные, и перепад через 0 ^{0}С происходит долгое время.

Список литературы

1. Электронный ресурс: [http://www.gornovosti.ru/tema/traffic/kak-dolgo-prosluzhat-otremontirovannyye-dorogi-krasnoyarska40519.htm]
2. Электронный ресурс: [http://www.admkrsk.ru/citytoday/municipal/roads/modernroads/Pages/technology.aspx]

УДК 625.08

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДА НАНЕСЕНИЯ ФИГУРНОЙ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ НА КАПИТАЛЬНЫЕ ТИПЫ ПОКРЫТИЯ

Сафаров Н.А.
научный руководитель канд. техн. наук Серватинский В.В.
Сибирский федеральный университет

Ключевые слова. Дорожный принтер; математическая модель; серводвигатель;

Для механизированного нанесения краски используют разнообразные машины и механизмы, от ручных мобильных разметчиков до специального оборудования, устанавливаемого на шасси грузовых автомобилей. Такие машины наносят линейную разметку. Для нанесения фигурных знаков разработан дорожный принтер.

На сегодняшний день нет автоматизированных способов нанесения фигурной разметки ни в отечественной, ни в зарубежной практике из-за нерентабельности производства работ данным способом, другими словами, дешевле сделать трафареты и нанести разметку вручную, но разнорабочие имеют низкую производительность и при больших объемах работ не справляются в срок и допускают грубые погрешности (неровное нанесение, нарушение технологии нанесения, несовпадение проектных и фактических координат разметки).

В результате исследований и лабораторных испытаний, нами был сконструирован и собран дорожный плоттер на колесной базе (рис.1), что позволяет устройству работать автономно без участья человека на основе заложенной программы.

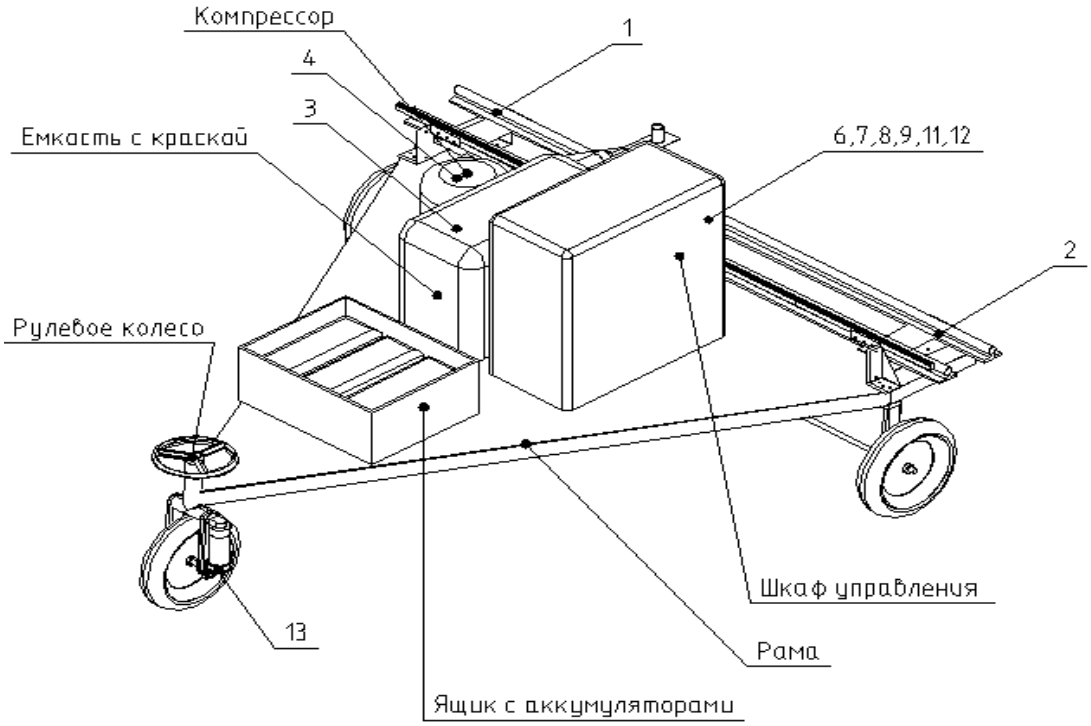

Рис.1 - Дорожный Плоттер

Данное устройство обладает следующим функционалом:

- дистанционное управление;
- совместимость программного обеспечения с COREL DRAW, AutoCAD (на данный момент, в дальнейшем возможно добавление программ);
- возможность печати на дорожном покрытии буквенных и символьных изображений шириной не менее 1,85м;
- возможность печати цветного рисунка;
- геометрическая точность печати: ±1,0 см;
- малые габаритные размеры, что позволяет легко транспортировать оборудование на место и с места работ, а также не нарушать нормативов безопасности дорожного движения при работе с ним.

Нами были установлены в ходе теоретических исследований, а также лабораторных и производственных экспериментов, закономерности влияния характеристик покрытия на точность выполнения рисунка и в конечном итоге осталось доработать программное обеспечение по управлению процессом нанесения информационной разметки на напольных поверхностях и получить патент. На данный момент получен патент на устройство, и в процессе получения патент на программное обеспечение.

Дорожный принтер был представлен на городской конкурс научно-технического творчества молодежи «Инженерная лига», где получил сертификат. Также экспериментальный образец выставлялся в качестве экспонента в Международном выставочно-деловом центре «Сибирь».

Целью данного исследования является повышение безопасности дорожного движения за счет нанесения информационной разметки на напольных поверхностях автоматизированным способом. Для этого мы провели анализ существующих методов нанесения фигурных знаков и разработали гипотезу их нанесения, вследствие чего было создано техническое решение для нанесения информационной разметки на напольных поверхностях с помощью дорожного плоттера.

Список литературы

1. Емельянов Р.Т. Моделирование динамики регулируемого гидромотора / Р.Т. Емельянов Л.В., Скурихин А.В. , Закурдаев А.В. /Вестник Красноярского аграрного университета, № 8, 2014. с. 181-185
2. Емельянов Р.Т. Дорожный принтер / А.С.Климов. А.В. Закурдаев, Л.В. Скурихин, О.Л. Климова, Е.С. Турышева / Патент на полезную модель №.153211 опубл. 10.06.2015, Бюл. №19
3. Prokopiev A. P., The analytical solution and the dynamic charac-terristics of the system model velocity control vibrating roller/P., Prokopiev, A. P., V. I. Ivanchura, R. T. Emelianov Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 4 (2014 7) 482-490