

Васечкин М.В., инж.

АДИ ДонНТУ, г. Горловка

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ В ГОРОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ДОНБАССА

Показано, что уступы Центрального района Донбасса вызывают повышенные динамические нагрузки на дорожные одежды, утечки воды из подработанных коммуникаций, которые ухудшают их водно-тепловой режим. Модули упругости суглинков подработанных территорий снижаются на 45%. Рассмотрена проблема увеличения загрязнения окружающей среды в результате изменения режима движения автомобилей вследствие разрушения дорожной одежды.

Постановка проблемы

Автомобильный транспорт является одним из основных загрязнителей атмосферного воздуха городов Донбасса. По данным исследований, на главных магистралях г. Горловка концентрация вредных веществ в отработанных газах автомобилей превышает нормативы в 1,7-4,9 раза.

Отработанные газы и соли тяжелых металлов негативно воздействуют на зеленые насаждения улиц. Загазованность воздуха влияет на здоровье людей, в том числе водителей, способствуя возникновению ДТП.

Одним из источников загрязнения воздуха городов является пыль как продукт износа дорожных покрытий. Содержание пыли на дороге может превышать 100 мг/м^3 при допустимом содержании 5 мг/м^3 . Каждый автомобиль рассеивает в атмосферу 10 кг резины с вредными веществами в год [1].

Анализ последних достижений и публикаций

Ухудшению неблагоприятной экологической ситуации способствует размещение Горловки в зоне влияния подземных горных работ. Из 570 км уличной сети города примерно 340 км были подвержены влиянию подземных горных работ. При этом на земной поверхности, в том числе на дорожных одеждах улиц и дорог, образуются уступы высотой до 350 мм . Обработка результатов съемок уступов на улицах и дорогах города специалистами Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета (АДИ ДонНТУ) [4] дала возможность выполнить их распределение по высоте.

Цель статьи – анализ причин неудовлетворительного состояния дорожных одежд улиц и дорог на подработанных территориях Донбасса, в том числе подработанных пластами крутого падения, что является причиной изменения режима движения автомобильного транспорта, и, как следствие, повышения в воздухе количества вредных веществ, поступающих с отработанными газами и изношенной резиной колес автомобильного транспорта.

Изложение основного материала

Для установления характера распределения уступов на покрытии 17 подработанных улиц г. Горловка выполнен статистический анализ распределения уступов, снятых в результате многолетних наблюдений сотрудниками АДИ ДонНТУ на полях пяти шахт ПО «Артемуголь». Для каждой улицы была выполнена выборка уступов по высоте – $5, 10, 15, 20, 25, 30$ и 35 см . Выше 35 см на проезжих частях улиц уступы не зафиксированы, хотя рядом на тротуарах высота их достигала в отдельных случаях более 50 см . Затем для каждого ряда по обычным формулам статистики были вычислены математические ожидания, дисперсии, сре-

дние квадратичные высоты. Для всей суммарной выборки (691 уступ), кроме этих характеристик, вычислены плотности вероятности $f(h)$ и интегральное распределение ее $F(h)$.

Из рис. 1 следует, что распределение высот уступов на покрытиях улиц и дорог подработанных городов подчиняется экспоненциальному закону.

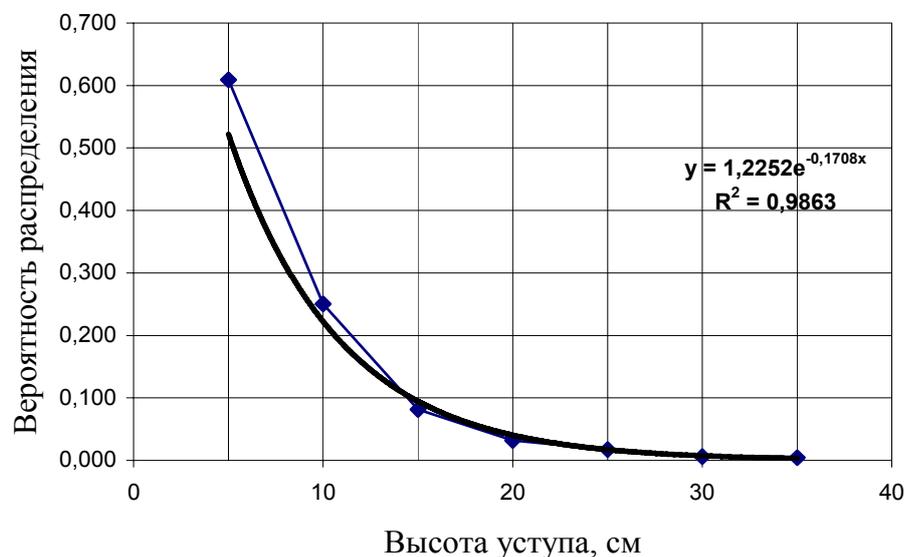


Рис. 1. Кривая плотности вероятности распределения уступов на улицах г. Горловка по высоте

Дорожные условия определяют режим работы двигателей, от которого зависит расход топлива и выброс окиси углерода. Условия движения автомобилей на городских улицах и дорогах являются самыми сложными из-за различной скорости движения автомобилей на участках с разными продольными уклонами и с различной степенью ровности [2]. С этой точки зрения улицы и дороги подработанных городов Донбасса представляют максимально сложные условия, способствующие увеличению вредных выбросов в атмосферу.

Движение автомобиля по неровным покрытиям автомобильных дорог сопровождается непрерывными колебаниями его поддресоренных и неподдресоренных частей, которые вызывают динамические нагрузки на автомобиль и дорожную конструкцию. При движении автомобиля по покрытиям с периодическими неровностями возможен отрыв колеса от поверхности покрытия и последующий удар колеса по покрытию. Скорости автомобиля, при которых происходит отрыв колеса от неровности, критические, по определению проф. А.К.Бируля, и вычисляются по формуле (1) [3]:

$$V_{кр} = s_0 \cdot \sqrt{\frac{g}{8 \cdot h_0}}, \quad (1)$$

где s_0 – длина уступа, h_0 – максимальная высота уступа.

В табл. 1 приведены значения критических скоростей для характерных уступов. В таблицу включены уступы длиной 3, 5 и 7 м с высотами 5, 10, 20 и 30 см. Критические скорости для уступов высотой 20 и 30 см находятся в пределах наиболее распространенных скоростей грузовых автомобилей в городах.

При наезде на неровность синусоидального профиля колеса вызывает образование поверхностных волн в покрытии. Скорость вертикального перемещения колеса при столкновении определяется по приближенной формуле:

$$V_0 = \frac{2h_0V}{s_0}. \quad (2)$$

Значения критических скоростей при проезде уступов

Характеристики	Длина уступа, м											
	3				5				7			
Высота уступа, м	0,05	0,1	0,2	0,3	0,05	0,1	0,2	0,3	0,05	0,1	0,2	0,3
Критическая скорость, км/ч	54	38	27	22	89	63	45	36	125	88	62	51

При скорости движения транспорта 60-80 км/ч, высоте неровностей 5-20 мм и шаге неровностей 3-5 м скорость столкновения колеса с покрытием составляет 3,2-15 см/с. При коротких неровностях (длиной до 1 м) скорость столкновения может колебаться от 16 до 75 см/с.

Скорость удара на уступах может достигать значительных величин, особенно при малых длинах уступов. Для характерного уступа высотой 10 см и длиной 5 м скорость удара колеблется от 0,22 до 1,11 м/с, а для городских условий, где скорость движения автомобилей ограничена до 40-60 км/ч, составляет 0,22-0,67 м/с (рис. 2).

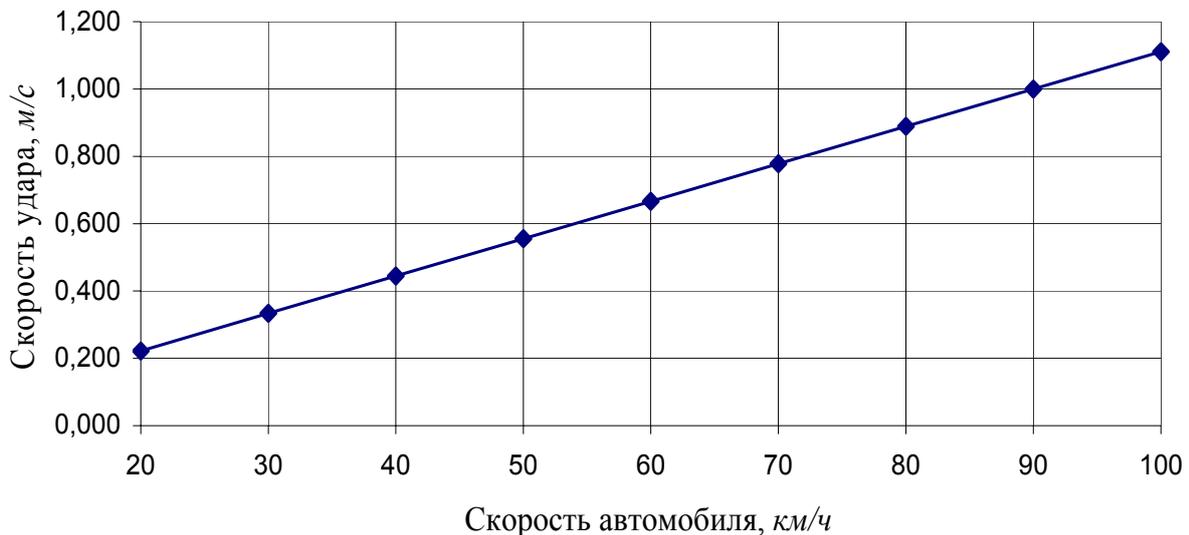


Рис. 2. Удар колеса по покрытию на уступе высотой 10 см, длиной 5 м

Состояние уличной сети городов Донбасса находится в особо неудовлетворительном состоянии на исходе цикла весеннего оттаивания. Этому в немалой степени способствует выпуск на улицы тяжелых автомобилей с большой статической нагрузкой на колесо. В городах Центрального Донбасса к этому следует добавить ударную нагрузку на уступах и прочих неровностях покрытий, неудовлетворительный водно-тепловой режим грунта в основании дорожных одежд.

Сдвиги земной поверхности вызывают подвижки основания дорожных одежд в разных направлениях, нарушение геомеханической целостности нижележащих слоев грунта, изменение продольных и поперечных уклонов в хаотичных направлениях с нарушением условий работы дорожного водоотвода, ухудшение качественных характеристик, которое приводит к снижению прочности покрытия и земляного полотна.

При этом решающее значение имеет изменение условий дорожного водоотвода, приводящее к переувлажнению земляного полотна и основания дорожной одежды и снижению их прочностных характеристик.

В городах Центрального Донбасса годовая сумма атмосферных осадков составляет 524 мм, что соответствует 524 тыс. м^3 на 1 км^2 в год.

Полученное количество осадков надо разделить на три части, точное соотношение между которыми установить пока никому не удалось. Это испарение, поверхностный сток и инфильтрация в грунт.

Для сопоставления увлажнения оснований дорожных одежд в городах Донбасса от атмосферных осадков и утечек воды из водопроводных сетей произведем следующий ориентировочный расчет. Допустим, что половина из выпавших за год осадков испаряется и на 1 км^2 остается 262 тыс. м^3 воды в год. Предположим, что территория города хорошо спланирована и половина этой воды уйдет в орографическую сеть прилегающих к городу территорий (в водотоки и водоемы). Оставшиеся 131 тыс. м^3 на 1 км^2 попадут в грунт и на различных участках территории, в зависимости от геологического строения, типа грунтов, характера покрова поверхности, либо уйдут в глубже расположенные слои, либо образуют верховодку, избыточно увлажняя основание дорожных одежд. Принятая методика расчета дорожных одежд учитывает все эти факторы [5]. В зависимости от дорожно-климатической зоны (для Донбасса это IV зона) назначаются все грунтовые характеристики и выполняется расчет толщины и несущих характеристик дорожной конструкции в целом, который обеспечивает прочность и эксплуатационную пригодность дорожной одежды на расчетный срок в 15 или 10 лет, в зависимости от категории дороги, а следовательно, от интенсивности движения и грузоподъемности автомобилей.

В городах Донбасса, особенно в его Центральном районе, подработанными оказываются вместе с дорогами и водопроводные сети, которые и без того уже изношены. Например, в г. Горловка, по официальным данным, протяженность водопроводных сетей на балансе Горловского управления водопроводно-канализационного хозяйства государственного производственного предприятия «Укрпромводчермет» (ГУВКХ ГПП «Укрпромводчермет») составляет $1243,9 \text{ км}$. Степень износа их – $80,8\%$. К этому можно добавить, что из $465,7 \text{ км}$ канализации две трети сетей изношены на 100% . Вода из изношенных сетей попадает в грунт, заполняя подвалы домов, коллекторы тепловых сетей, и избыточно увлажняя основания дорожных одежд.

В этом легко убедиться, выполнив следующий приближенный расчет. В сутки на г. Горловку нормативная подача воды составляет 154 тыс. м^3 , что составляет $56 \text{ млн. } 210 \text{ тыс. м}^3$ в год. Норматив водопотребления (самый высокий в Донбассе) – $11,4 \text{ м}^3$ на человека в месяц. Данные по потребителям, установившим водомеры, дают величины расхода от 4 до 10 м^3 в месяц. Таким образом, средняя цифра – $7,5 \text{ м}^3$ в месяц. Для Горловки с населением в 300 тыс. человек месячный расход воды составляет $2 \text{ млн. } 250 \text{ тыс. м}^3$, а годовой – 27 млн. м^3 . Это составляет 48% поданной в город очищенной питьевой воды, остальные 52% – утечки. Основная часть воды попадает в грунт. По данному расчету это $29 \text{ млн. } 210 \text{ тыс. м}^3$ в год. Площадь застройки в городе более 200 км^2 . Следовательно, на каждый квадратный километр приходится в год 146 тыс. м^3 воды. По данным ГУВКХ ГПП «Укрпромводчермет», потери составляют более 60% воды, поступающей в город.

Приблизительный подсчет показал, что к $131 \text{ тыс. м}^3/\text{км}^2$ в год атмосферных осадков добавляется $146 \text{ тыс. м}^3/\text{км}^2$ утечек воды из водопроводных сетей.

Дорожные одежды улиц наших южных городов не рассчитаны на такое избыточное увлажнение, как не рассчитаны они и на увеличившуюся в последние годы интенсивность автомобильного движения.

Фактором снижения прочности дорожных одежд является уменьшение значения модуля упругости грунта в условиях подработки. Эта проблема детально исследовалась в свое время в Донецком ПромстройНИИпроекте [6] на двух экспериментальных площадках. Для наших условий подходит первая площадка, размещенная над полем шахты «Углегорская» ПО «Ордженикидзеуголь». В зоне влияния на площадку в течение пяти лет велись горные

работы на горизонтах 121, 202, 220 и 340 м, с общей мощностью пластов 5,49 м, и углом падения 68-75°. До подработки и после нее были отобраны образцы почвы с ненарушенной структурой из шурфов, где были заложены реперы, между которыми ежемесячно измерялись расстояния. Данные наблюдений были обработаны, когда горизонтальные деформации растяжения достигли 10 мм/м, а на поверхности земли образовалась трещина раскрытием 100-110 мм. При этом оказалось, что весовая влажность увеличилась на 6%, коэффициент влажности – на 5%, незначительно изменился объемный вес, увеличилась пористость, на 13% увеличился угол внутреннего трения, на 45% снизилось сцепление – с 0,079 до 0,043 МПа. Грунты были представлены делювиальными лессовидными суглинками мощностью 4-5 м, очень характерными для Донбасса.

Выполненные расчеты соотношения нормативных значений модулей упругости и сцепления суглинков показывают, что зависимость между ними близка к прямо пропорциональной. Это дает основание уменьшать расчетное значение модуля упругости на территориях, подработанных пластами крутого падения, на 45% от нормативных значений.

Таким образом, выполнение мероприятий, позволяющих устранить влияние горных работ на разрушение покрытий улиц и дорог городов Донбасса позволит исключить избыточные выбросы отработанных автомобильных газов в окружающую среду и повышенный износ резины колес автомобилей, что нормализует экологическое состояние улиц и дорог.

Выводы

Анализ приведенных в работе данных показывает, что дорожные одежды подработанных городов могут быть приведены в состояние, при котором возможно выполнение существующих экологических требований для автомобильного движения, после реализации следующих мероприятий:

1. Применения метода расчета толщины нежестких дорожных одежд для избыточно увлажненных дорожных оснований. При этом расчетные модули упругости грунтов (суглинков) необходимо уменьшить на 45%.

2. Улучшения водно-теплого режима дорожных конструкций городских улиц, т.е. устранения массовых утечек воды из сетей водопотребления и водоотведения, которое представляет собой сложный и дорогостоящий комплекс работ. Кроме того, в условиях подтопления земляного полотна из-за повышения уровня грунтовых вод на участках мульд сдвижения необходима разработка специальных конструкций дренирования оснований дорожных одежд.

Список литературы

1. Гончаренко В.И., Столярова Н.А., Сидько Д.В. Эксплуатация автомобильных дорог и окружающая среда // Труды международной научно-технической конференции «Экология промышленных регионов». – Донецк: ООО «Лебедь», 1999. – С. 100-102.
2. Хомяк Я.В., Скорченко В.Ф. Автомобильные дороги и окружающая среда. – К.: Вища школа, 1983. – 160 с.
3. Смирнов А.В. Динамика дорожных одежд автомобильных дорог. – Омск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1975. – 184 с.
4. Сирик А.Г. Прогноз геометрических параметров уступов на земной поверхности при разработке свит крутых пластов в Донбассе. – Дис... канд. техн. наук. – Донецк, 1990. – 204 с.
5. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. – М.: Транспорт, 1985. – 157 с.
6. Бронштейн Б.Е., Хаджинов С.З. К определению изменений свойств грунтов при их подработке // Строительство сооружений над горными выработками / Донецкий ПромстройНИИпроект: Сб. научн. трудов. – М., 1965. – № 6. – С. 9-16.

Стаття надійшла до редакції 15.09.06

© Васечкін М.В., 2006