

2. Кузеванов К.И., Е.М. Дутова, Д.С. Покровский. Использование геоинформационных технологий при исследовании процессов техногенного подтопления урбанизированных территорий (на примере г. Томска). // Известия Томского политехнического университета 2004 Т. 307. № 7. - С. 30–35.

Романенко О.Н. – старший преподаватель, **Амосова Л.Н.** – к.т.н., доцент, **Ревякин В.С.** – д.г.н., профессор, Алтайский государственный технический университет, E-mail: stf-ofigig@mail.ru.; **Ван А.В.** – д.г.-м.н., профессор, Сибирская государственная геодезическая академия.

УДК 625.72

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

В.Л. Свиридов

Предложена методика расчета фактической несущей способности дорожных одежд нежесткого типа в наиболее неблагоприятный по условиям увлажнения земляного полотна весенний период, в течение которого влияние автомобильного движения на работу дорожной конструкции является наиболее существенным, так как прочность дорожных конструкций в это время достигает минимальных значений.

Ключевые слова: влажность, дорожная одежда, модуль упругости, нагрузка, ограничение движения, прочность, условия эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что значительная часть существующих автомобильных дорог общего пользования в настоящее время не отвечает требованиям современного движения и нуждается в комплексе мероприятий, повышающих качество дорог и безопасность дорожного движения.

В условиях недостаточной прочности дорожных одежд и ограниченного финансирования дорожных работ сезонное ограничение движения тяжеловесных транспортных средств по осевым нагрузкам является важнейшим мероприятием для обеспечения сохранности автомобильных дорог в процессе эксплуатации.

Потребность в сезонном ограничении движения возникает в случаях, когда дорожные конструкции либо не рассчитаны на пропуск тяжеловесных нагрузок, либо их несущая способность не отвечает требованиям, предъявляемым по условиям движения и нет возможностей для своевременного осуществления ремонта или усиления дорожной одежды.

Решение о введении временного ограничения движения транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования принимается органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Утверждается порядок введения и сроки действия временного ограничения движения. При-

нятое решение доводится до заинтересованных лиц с помощью средств массовой информации. Дорожные организации разрабатывают схемы организации движения, согласовывают их с органами ГИБДД, обеспечивают установку дорожных знаков, ограничивающих осевые нагрузки транспортных средств, и организуют весовой контроль на соответствующих участках дороги. Ограничение движения, как правило, не распространяется на рейсовые автобусы и автомобили, перевозящие скоропортящиеся продукты питания и медицинские препараты, а также автомобили аварийной, пожарной и медицинской служб.

Начало и конец периода ограничения движения определяют по результатам ежедневных испытаний дорожной одежды на контрольных точках, сопоставляя фактически измеренные прогибы конструкции с предельно допускаемыми значениями по условиям движения. Период снижения несущей способности дорожных конструкций, когда их фактические прогибы превышают допустимые значения, соответствует периоду ограничения движения тяжеловесных транспортных средств.

Значение предельно допускаемого прогиба устанавливается расчётом в соответствии с отраслевыми дорожными нормами ОДН 218.1.052-2002 или приближённо, проведением испытаний нагрузкой в одних и тех же кон-

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

трольных точек в разные сезоны года. При этом за допускаемое значение прогиба принимается прогиб, полученный в начале осеннего неждливого периода.

Ориентировочно продолжительность неблагоприятного периода в сутках $T_{огр.}$ в районах с сезонным промерзанием грунтов земляного полотна допускается определять по формуле

$$T_{огр.} = h_{пр} / V_{от},$$

где $h_{пр}$ - глубина промерзания грунта земляного полотна в см, $V_{от}$ - среднесуточная скорость оттаивания грунта, определяемая по скорости опускания нулевой изотермы (в среднем, равная 1-3 см/сут. в средней полосе России по результатам многолетних наблюдений).

Цель настоящего исследования – разработка надежных и простых критериев для оценки несущей способности автомобильных дорог нежесткого типа с возможностью установления предельных значений осевых нагрузок в наиболее неблагоприятный по условиям увлажнения земляного полотна весенний период, в течение которого влияние автомобильного движения на работу дорожной конструкции является наиболее существенным, так как прочность дорожных конструкций в это время достигает минимальных значений.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В основу предлагаемых мероприятий по сбору исходных данных положены сведения об ежегодных величинах весеннего влагонакопления, глубины промерзания дорожной одежды и о сроках наступления расчетного периода – времени полного оттаивания рабочих слоев дорожной одежды.

Величина весеннего влагонакопления определяется по высоте снежного покрова и максимальной влажности грунта в момент оттаивания. Величина глубины промерзания рабочих слоев дорожной одежды и время наступления расчетного периода определяется непосредственным измерением температуры стенки измерительной трубы по высоте, установленной на автомобильной дороге, на границе между покрытием и обочиной.

Для сбора сведений об ежегодных величинах глубины промерзания рабочих слоев дорожной одежды силами дорожных хозяйств будут изготовлены и установлены на характерных участках автомобильных дорог измерительные металлические трубы по ГОСТ 3262-75 с условным проходом (внутренним

диаметром) от 25 до 50 мм обыкновенной толщины или усиленные. Конструкция измерительной трубы представлена на рисунке 1.

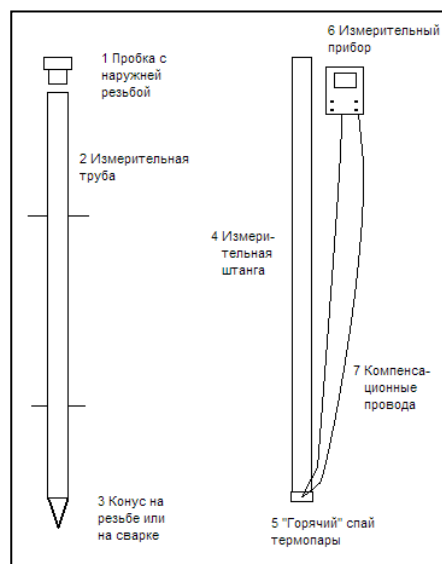


Рисунок 1 - Конструкция измерительной трубы для определения глубины промерзания рабочих слоев дорожной одежды, грунта и скорости их оттаивания

Металлическая пробка (1) представляет собой шестигранную головку под гаечный ключ и надежно крепится посредством резьбового соединения к верхней части измерительной трубы (2). Во избежание проворачивания измерительной трубы вокруг своей оси в момент откручивания или закручивания металлической пробки при нахождении трубы в рабочем положении в слоях дорожной одежды, к наружной поверхности трубы по всей высоте привариваются 2-3 хомута. Конус (3) герметично крепится к нижней части измерительной трубы (2) на резьбе или на сварку таким образом, чтобы во внутреннюю полость трубы не попала влага. Измерительная штанга (4) имеет наружный диаметр на 5-10 мм меньше внутреннего диаметра измерительной трубы (2). Штанга (4) заканчивается эластичным наконечником с наружным диаметром на 3-5 мм меньше внутреннего диаметра измерительной трубы (2).

На боковой поверхности эластичного наконечника надежно крепится «горячий» спай термопары (5) с таким расчетом, чтобы при погружении измерительной штанги (4) в измерительную трубу (2) «горячий» спай термопары (5) касался внутренней поверхности измерительной трубы. Для определения глубины измерения температуры внутри трубы (2) на боковую поверхность штанги (4) нане-

сена сантиметровая шкала с нулевой отметкой на уровне «горячего» спая термопары. Длина компенсационных проводов термопары (7) от «горячего» спая (5) до измерительного прибора (6) должна быть достаточной для погружения штанги (4) в трубу (2) и удобства работы с прибором (6). Измерительный прибор прямопоказывающий (измерительная шкала в градусах Цельсия) и имеет возможность замера температуры в диапазоне минус 20 – плюс 20^oC (например М-838 или аналогичный).

Место установки измерительной трубы на характерном участке автомобильной дороге определяется силами специалистов дорожного хозяйства, осуществляющего работы по содержанию данного участка автомобильной дороги. Как правило, место установки измерительной трубы должно находиться в непосредственной близости от дорожного предприятия, на границе между проезжей частью автодороги и укрепленной обочиной. Глубина установки трубы должна превышать наибольшую глубину промерзания грунтов для данной местности. Верхний обрез измерительной трубы должен находиться на глубине 0,1-0,15 м от поверхности укрепленной обочины с таким расчетом, чтобы труба не могла быть повреждена дорожной техникой во время очистки дороги от снежного покрова при зимнем содержании данного участка автомобильной дороги.

Измерение ежегодной величины глубины промерзания рабочих слоев дорожной одежды осуществляется в следующем порядке. В весенний период, после наступления первых дневных положительных температур (как правило, с 15 по 30 марта), в месте установки измерительной трубы необходимо снять верхний слой укрепленной обочины диаметром 0,5-0,8 м и очистить верхнюю часть измерительной трубы на глубину 0,10-0,15 м. Гаечным ключом отвернуть пробку (1). Подсоединить холодные концы термопары к измерительному прибору (6) и включить прибор. Для проверки правильности подключения полюсов холодных концов термопары необходимо 10-15 секунд подержаться рукой за горячий спай термопары и по прибору наблюдать повышение температуры. Затем аккуратно опустить измерительную штангу (4) с термопарой внутрь измерительной трубы (2) до дна. Медленно поднимая штангу вверх, наблюдать за показаниями измерительного прибора. Как только измеряемая температура достигнет 0^oC, штангу зафиксировать. Перемещая штангу вверх или вниз на 0,5-1 см,

определить точное местоположение границы перехода температуры через ноль. По измерительной шкале на штанге определить глубину промерзания рабочих слоев дорожной одежды в сантиметрах и зафиксировать это значение в рабочем журнале. Осуществить повторный замер уровня промерзания грунта. Штангу с термопарой извлечь из трубы (2), прикрыть от возможного нагрева солнечными лучами «горячий» спай термопары и через 2-3 минуты измерить температуру окружающего воздуха. Пробку (1) установить на место и надежно закрутить гаечным ключом. Нарушенный верхний слой обочины вернуть на место с тщательным уплотнением.

При выполнении измерений необходимо помнить, что вводимая внутрь трубы (2) измерительная штанга (4) с эластичным наконечником может являться аккумулятором тепла или холода в зависимости от температуры окружающего воздуха и влиять на точность измерений. Поэтому штанга с наконечником должна быть изготовлена из материала с наименьшей теплоемкостью (например, полиэтиленовая полая трубка с пенополистирольной пробкой из экструдированного пенополистирола, в боковую поверхность которой вмонтирован «горячий» спай термопары). Измерение необходимо проводить при температуре окружающего воздуха, близкой к нулю.

Сроки наступления расчетного периода (время полного оттаивания рабочих слоев дорожной одежды) определяется следующим образом. После наступления времени устойчивых дневных положительных температур (как правило, это вторая-третья декада апреля – первая декада мая) необходимо ежедневно определять верхнюю границу оттаивания с фиксацией глубины оттаивших слоев рабочей одежды. Многолетними наблюдениями установлено, что средняя скорость оттаивания рабочих слоев дорожной одежды под асфальтобетонным покрытием составляет 5 см в сутки, а на обочине – 3 см в сутки. Так как измерительная труба должна быть установлена на границе между асфальтобетонным покрытием и укрепленной обочиной, то средняя скорость оттаивания на данном участке будет составлять порядка 4 см в сутки. Учитывая вышеизложенное, за начало наступления расчетного периода принимается тот день, когда по всей высоте измерительной трубы не фиксируется отрицательной температуры. Даже если температура небольшого участка трубы будет равна 0^oC, рабочие слои дорожной одежды под асфаль-

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

тобетонным покрытием находятся в максимально обводненном состоянии, а следовательно, имеют минимальную несущую способность. В этот момент необходимо вводить сезонные ограничения полной массы проходящего автотранспорта (ограничения значений осевой нагрузки).

В день установления расчетного периода (даты полного оттаивания рабочих слоев дорожной одежды) необходимо отобрать пробы грунта из подстилающего слоя основания. Для этого буроямом или другим пробоотборником отбирают пробу грунта в количестве не менее 1,0 кг и упаковывают в герметичный пакет (полипропиленовый или полиэтиленовый мешок) во избежание преждевременного высыхания. Затем проба доставляется в лабораторию. Освобожденный от упаковки грунт делится на две пробы и каждая взвешивается на весах с точностью до 1 грамма (m_1). Затем пробы сушатся до постоянной массы при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$ и вновь взвешиваются (m_2). Влажность грунта W вычисляется как среднее арифметическое значение двух параллельных испытаний по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%.$$

Затем в полевых условиях определяется тип грунта. Зная тип грунта по ГОСТ 25100-95 и его влажность, по предложенной сотрудниками кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии АлтГТУ номограмме определяются расчетные параметры данного рабочего слоя дорожной одежды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расчет фактической несущей способности дорожных одежд нежесткого типа осуществляется с применением программных модулей «Топоматик Robur», предложенных научно-производственной фирмой «ТОПОМАТИК», г. Санкт-Петербург. Принцип расчета заключается в последовательном снижении нормативной нагрузки на ось в связи с наступлением расчетного периода года до значений, когда проверочный расчет дорожной одежды на прочность будет удовлетворять трем критериям: достаточности прочности по упругому прогибу, по сдвигу и на растяжение при изгибе.

Перед началом работы необходимо подробно ознакомиться с возможностями и особенностями работы каждого модуля. Для этого необходимо инсталлировать в папку «Program Files» рабочего компьютера программные модули «Топоматик Robur» и внимательно озна-

комиться с инструкциями.

✓ Модуль Topomatic-Robur-Roadbed 1.0 RRC позволяет осуществлять расчет дорожной одежды жесткого типа по МУ 21.03-99 (взамен ВСН 197-91).

✓ Модуль Topomatic-Robur-Roadbed 1.2 LRF позволяет осуществлять расчет слоев усиления существующей конструкции дорожной одежды нежесткого типа по ОДН 218.1.052-2002.

✓ Модуль Topomatic-Robur-Roadbed 2.0 VSN позволяет осуществлять расчет дорожной одежды нежесткого типа по ВСН 46-83.

✓ Модуль Topomatic-Robur-Roadbed 4.0 GOST позволяет осуществлять расчет дорожной одежды нежесткого типа по ОДН 218.046-2001 с учетом особенностей назначения вновь введенных ГОСТ Р 52748-2007 с 01.01.2008 г. нагрузок.

✓ Модуль Topomatic-Robur-Roadbed 4.0 ODN позволяет осуществлять расчет дорожной одежды нежесткого типа по ОДН 218.046-2001.

Из всех предлагаемых НПФ «ТОПОМАТИК» программных модулей «Топоматик Robur», только модуль Topomatic-Robur-Roadbed 2.0 VSN позволяет вводить величину статической нагрузки, ниже нормированной ОДН 218.046-2001 (менее А1 с величиной до 100 кН). Поэтому на стадии проверочного расчета величины снижения нагрузки на ось в период весенней распутицы рекомендуется пользоваться именно модулем Topomatic-Robur-Roadbed 2.0 VSN, несмотря на тот факт, что ВСН 46-83 не действует на территории РФ и заменен ОДН 218.046-2001. При этом расчет на прочность необходимо выполнять для данного участка автомобильной дороги (с одинаковыми исходными данными) последовательно изменяя расчетные нагрузки от большей к меньшей: а) автобусы группы А (с нормированной статической нагрузкой на ось 110 кН); б) автомобили группы А (с нормированной статической нагрузкой на ось 100 кН); в) автобусы группы Б (с нормированной статической нагрузкой на ось 70 кН); г) автомобили группы Б (с нормированной статической нагрузкой на ось 60 кН);

Расчет прочности существующей конструкции автомобильной дороги необходимо начинать с расчетной нагрузки «автобусы группы А» (статическая нагрузка на ось 110 кН). При этом необходимо задавать фактическую приведенную интенсивность движения транспорта в обоих направлениях без исключения тяжеловесного транспорта и нормативный срок службы асфальтобетонного покры-

тия на данном участке автомобильной дороги (не менее 7 лет с момента последней реконструкции или капитального ремонта асфальтобетонного покрытия). В разделе «Конструкция дорожной одежды» нужно выбрать аналогичные фактическим слою покрытия, основания и грунт из имеющегося в базе данных модуля перечня. Если такого покрытия или основания в базе данных нет, то взять похожий по свойствам с таким же модулем упругости E [МПа] или с близким значением. Если в результате проверочного расчета на прочность при статической нагрузке на ось 110 кН и заданной интенсивности движения дорожная одежда не будет удовлетворять трем критериям: достаточности прочности по упругому прогибу, по сдвигу и на растяжение при изгибе, то такая конструкция дороги требует усиления.

Если расчет показывает достаточную прочность при нормальных условиях эксплуатации с нагрузкой на ось 110 кН, то в разделе «Нагрузки» необходимо выбрать следующую меньшую нагрузку: «автомобили группы А» (с нормированной статической нагрузкой на ось 100 кН), а в перечне транспортных средств этого же раздела напротив таких автомобилей и тракторов (с нагрузкой на ось более 100 кН) поставить нули (так как движение этих транспортных средств на период весеннего ограничения по данному участку дороги запрещено). Нормативный срок службы покрытия необходимо уменьшить до 1 года. В разделе «Конструкция дорожной одежды» нужно выбрать слои основания и грунт с учетом снижения их несущей способности из предложенной номограммы в зависимости от вещественного состава и результатов определения влажности (W , %).

Последовательно снижая нормированную статическую нагрузку на ось выбором типа транспортных средств (автобусы группы Б с нагрузкой на ось 70 кН или автомобили группы Б с нагрузкой на ось 60 кН) и убирая из перечня интенсивности движения соответствующие автомобили и трактора, добиться удовлетворения проверочного расчета трем критериям достаточности прочности: по упругому прогибу, по сдвигу и на растяжение при изгибе. Если по какому либо одному или двум критериям добиться достаточности прочности не удастся, то определяющим при этом служит критерий «прочность по сдвигу». Если по этому критерию не удастся достичь требуемой расчетной прочности даже при нагрузке 60 кН, то на период весенней распутицы для данного участка автомобильной дороги необходимо предпринимать срочные меры по снижению влажности обводненного слоя. Для этого рекомендуется перейти

к разделу «Осушение» в данном модуле и оценить расчетом эффективность предлагаемых Вами мероприятий по осушению земляного полотна и рабочих слоев дорожной одежды.

В результате проведенных расчетов для данного участка дороги будет получена предельная нагрузка на одну ось в случае использования однобаллонного колеса. Эта нагрузка (в тоннах) должна быть нанесена на запрещающий знак 3.12 по ГОСТ Р 52290-2004. Данные дорожные знаки совместно с информационными табличками должны быть установлены в сроки в соответствии с Постановлением Администрации Алтайского края о введении в действие временных (сезонных) значений осевых нагрузок или ограничений массы транспортных средств

Для определения наступления срока прекращения сезонных ограничений значений осевой нагрузки автотранспорта необходимо каждые 3-5 суток, начиная спустя 20 суток после введения ограничений, повторно отбирать пробы грунта, определять их влагосодержание и несущую способность по номограмме Используя модуль Topomatic-Robur-Roadbed 2.0 VSN, осуществлять проверочный расчет с увеличенной несущей способностью высыхающего грунта. Время достижения достаточной прочности соответствует моменту снятия сезонных ограничений значений осевой нагрузки автотранспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52290-2004 Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования.
2. ГОСТ Р 52748-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения.
3. ВСН 46-83 Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Минтрансстрой СССР.
4. ВСН 52-89. Указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд: Минавтодор РСФСР.
5. ОДН 218.046-2001 Отраслевой дорожный норматив. Проектирование нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 46-83). - Росавтодор Минтранса России.
6. ОДН 218.1.052-2002 Отраслевой дорожный норматив. Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89). - Росавтодор Минтранса России.

Свиридов В.Л. – д.т.н., профессор, Алтайский государственный технический университет, E-mail: egogo1980@mail.ru.