

Канд. техн. наук, доцент **А.С. Конорев**,
канд. техн. наук **С.А. Мирончук**,
инженер **В.А. Думенко**,
инженер **А.И. Александрова**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)

Конт. информация: konorev@rosdornii.ru;
mironchuk@rosdornii.ru;
dumenko@rosdornii.ru;
AlexandrovaAI@rosdornii.ru

Разрушение автомобильных дорог, а также сокращение их срока службы, как правило, обусловлено движением тяжеловесных транспортных средств, осевые нагрузки которых оказывают повышенное разрушающее воздействие на дорожную конструкцию, нанося ощутимый ущерб, особенно в периоды пониженной прочности. Как известно, в весенний период влажность грунта значительно повышается, вследствие чего происходит снижение несущей способности земляного полотна. В целях предотвращения преждевременного разрушения дорожных конструкций существует практика введения временных ограничений, что предусматривает снижение допустимых значений осевых нагрузок транспортных средств. В связи с этим важное значение имеет определение с высокой точностью периода весеннего оттаивания. В статье проанализированы результаты проведения измерений воднотеплового режима дорожной конструкции и прочности конструкций. Исходя из этого, была подтверждена обоснованность применения коэффициентов, в основе расчета которых лежит суммирование среднесуточных температур воздуха как общедоступного индикатора динамики изменения климатических условий. На основе проведенного анализа предложен общий порядок определения границ периода весеннего оттаивания грунта земляного полотна.

Ключевые слова: временное ограничение, влажность грунта, дорожная одежда, прочность дорожной одежды, несущая способность грунта земляного полотна.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из причин разрушения автомобильных дорог и снижения их срока службы является движение тяжеловесных транспортных средств, нагрузка на ось или группу осей которых превышает допустимые значения. Главным образом это отчетливо проявляется в весенний период.

Как известно, прочность дорожной конструкции напрямую зависит от прочностных характеристик грунта земляного полотна, а точнее его способности сопротивляться накоплению остаточных деформаций, с учетом водно-теплового режима. В весенний период влажность грунта значительно повышается, вследствие чего необходим особый подход к эксплуатации и содержанию автомобильных дорог. Для предотвращения преждевременного разрушения дорожных конструкций необходимо снизить допустимые значения осевых нагрузок транспортных средств.

Именно поэтому важно с достаточной точностью определять границы периода весеннего оттаивания и в зависимости от состояния дорожных конструкций назначать в данный период допустимые осевые нагрузки транспортных средств.

Прогнозированием периода весеннего оттаивания занимались многие ученые с середины XX века. Были изучены и предложены различные принципы работы по установлению оптимальных сроков ограничения движения транспортных средств. Так, в монографии под редакцией И.А. Золотаря «Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд» [1] при исследовании периода весеннего оттаивания грунта земляного полотна был изучен индекс накопления отрицательных температур. Кроме того, в данной области исследований известны труды В.В. Лопашука, И.Н. Пугачева, А.М. Кулижникова [2].

Определение периода оттаивания грунта земляного полотна

Для определения характеристик водно-теплового режима грунта земляного полотна в рамках решения задачи на каждом исследуемом участке были применены термокосы (для мониторинга изменения температуры грунта по глубине и дальнейшего определения скорости движения уровня, имеющего нулевую температуру) и датчики влажности (для замеров показателей влажности грунта).

Датчики влажности использовались для обеспечения периодических замеров значений влажности грунта земляного полотна с целью установления сезонных изменений водно-теплового баланса дорожной

конструкции, определения периода максимальной влажности грунта земляного полотна и уточнения периода с максимально ослабленной конструкцией автомобильной дороги.

На **рис. 1** показан график изменения кривых влажности на участке исследуемой автомобильной дороги. На графике прослеживается участок резкого возрастания влажности на стыке апреля и мая, который соответствует оттаиванию грунта на соответствующих глубинах. Этому участку предшествует период, начинающийся зимой, когда грунт земляного полотна замерзает и датчики фиксируют критически низкие значения влажности.

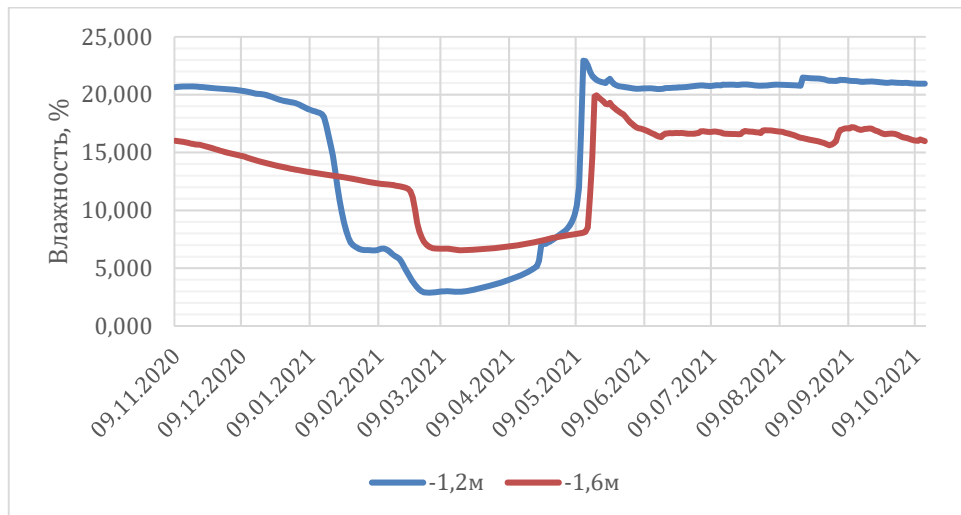


Рис. 1. Показания датчиков влажности на участке исследуемой автомобильной дороги

Наряду с вышеуказанными измерительными устройствами для оценки прочностных параметров конструкции дорожных одежд применялась установка динамического нагружения (далее – установка FWD).

Данные, полученные при помощи установки FWD, позволили определить общий модуль упругости и осуществить мониторинг изменения прочности дорожных конструкций на рассматриваемых участках автомобильных дорог с целью подтверждения ослабления дорожной конструкции в период оттаивания грунта земляного полотна.

Для анализа данных о температуре воздуха существует распространенный подход вычисления показателя «коэффициент температурной аккумуляции», принцип применения которого заключается в анализе температурных условий и учете сезонных особенностей периода, предшествующего времени введения весенних ограничений [3-5]. В основе

данного подхода лежит алгебраическая сумма среднесуточных температур. Набор остальных факторов может отличаться, но численные значения данных факторов устанавливаются опытным путем, в зависимости от региона.

При описании зависимостей на основе опытных данных важное значение имеют статистические показатели. Тем не менее, многие методы анализа малоэффективны при наличии факторов, зависящих от климатических показателей. В связи с этим определение такого показателя, как временной интервал, когда грунт находится в наиболее переувлажненном состоянии, не может основываться, например, на подходе с использованием осреднения исторических показателей. Назначение периода временных ограничений принципиально важно увязывать с климатическими факторами и динамикой их изменения на текущий период времени. Возможным вариантом для принятия решения может быть учет изменения температурных параметров на период с конца осени по конец весны. Пример таких параметров на исследуемом участке за период 2017-2021 гг. представлен на **рис. 2**.

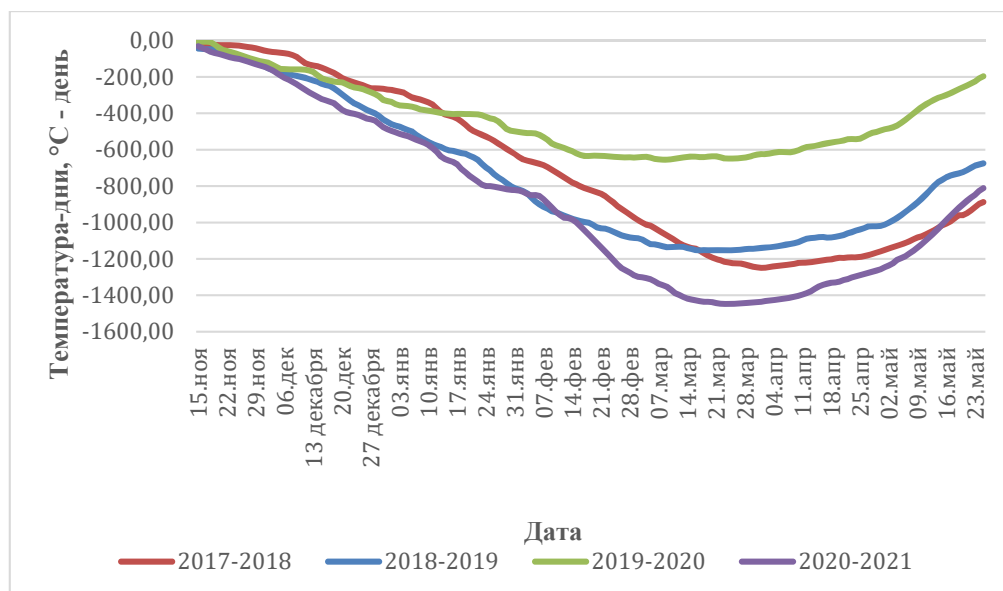


Рис. 2. Графики изменения коэффициента температурной аккумуляции на исследуемом участке за период с конца осени по конец весны 2017-2021 гг.

Проанализировав вышеуказанные графики с температурным накоплением, можно сделать вывод, что характер кривой чувствителен к тенденциям климатических изменений. В рассматриваемый период

2017 - 2021 гг. прослеживалось изменение амплитудных значений кривых от года к году. Согласно архивным данным погоды [6], значения среднесуточной температуры воздуха в зимне-весенний период в 2017-2021 гг. на исследуемом участке приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения среднемесячной температуры, полученные на метеостанции вблизи объекта исследования

<i>Месяц</i> <i>Год</i>	<i>Среднемесячная температура воздуха, °С</i>					
	<i>Декабрь</i>	<i>Январь</i>	<i>Февраль</i>	<i>Март</i>	<i>Апрель</i>	<i>Май</i>
<i>2017</i>	-7,14	-14,23	-11,77	-2,94	2,99	9,74
<i>2018</i>	-9,6	-11,5	-12,2	-9,3	+2,7	+8,7
<i>2019</i>	-6,3	-11,8	-9,6	+1,2	+3,6	+14,0
<i>2020</i>	-11,4	-5,6	-4,6	+0,7	+5,1	+13,5
<i>2021</i>	-9,77	-10,61	-16,08	-5,21	6,02	17,33

Коэффициент температурного накопления (оттаивания) H_{oi} и коэффициент температурного накопления (промерзания) H_{pi} различны по своей природе. Для проведения расчета в весенний период применяют H_{oi} , в осенний период – H_{pi} . Расчет H_{oi} необходимо начинать в день, после которого значения данного коэффициента будут положительными. Расчет H_{pi} необходимо начинать в день, после которого значения данного коэффициента будут отрицательными. Если данное условие не соблюдено, то расчет необходимо выполнять заново при новом периоде положительных и отрицательных среднесуточных температур соответственно. При этом данные коэффициенты определяются единым образом.

Для наглядности все приведенные формулы имеют общий вид в связи с тем, что отдельные параметры могут различаться и устанавливаться в зависимости от региона. При необходимости некоторые показатели могут быть определены опытным путем.

Формула расчета коэффициента температурного накопления (промерзания) в общем виде выглядит следующим образом (1):

$$H_{pi} = T_i + H_{pi-1} , \quad (1)$$

где

$H_{\Pi i}$ – коэффициент температурного накопления расчетного дня;

T_i – среднесуточная температура воздуха в расчетный день i ;

$H_{\Pi i-1}$ – коэффициент температурного накопления в день, предшествующий расчетному.

В целях прогнозирования начала периода весеннего оттаивания грунта земляного полотна были проанализированы показания термокос. При этом была выявлена следующая закономерность: чем больше глубина заложения датчика температуры, тем менее характерна кривизна температурных данных (значения температур были зафиксированы на глубине от 0,1 м до 2,5 м с шагом в 200 см). Данную закономерность можно проследить на графике, представленном на **рис. 3**.

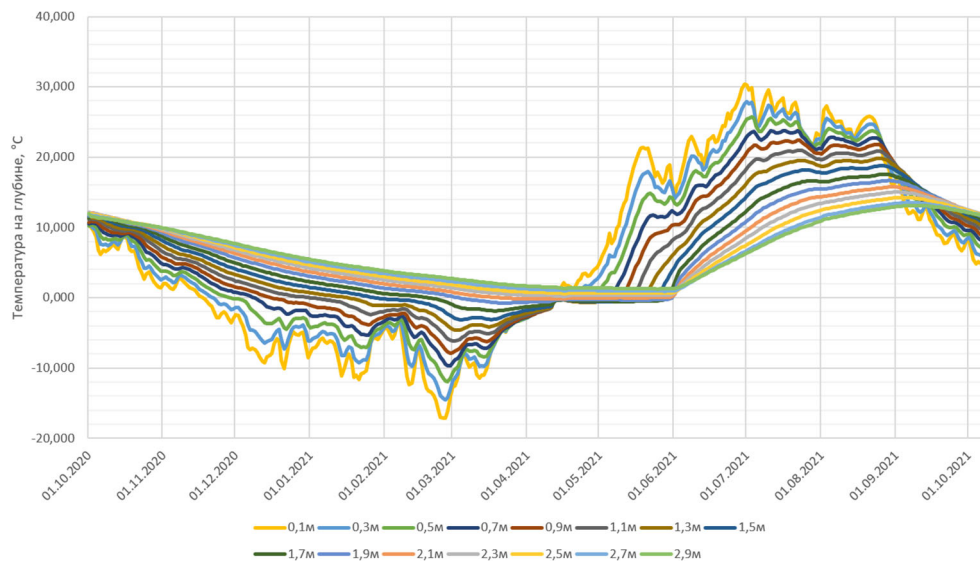


Рис. 3. Показания датчиков температуры на участке автомобильной дороги

Благодаря данным, полученным при помощи термокосы, можно дополнительно определить положение отметок нулевых температур с течением времени, что в дальнейшем позволит проанализировать характер промерзания и оттаивания материалов на рассматриваемых участках автомобильных дорог (**рис. 4**).

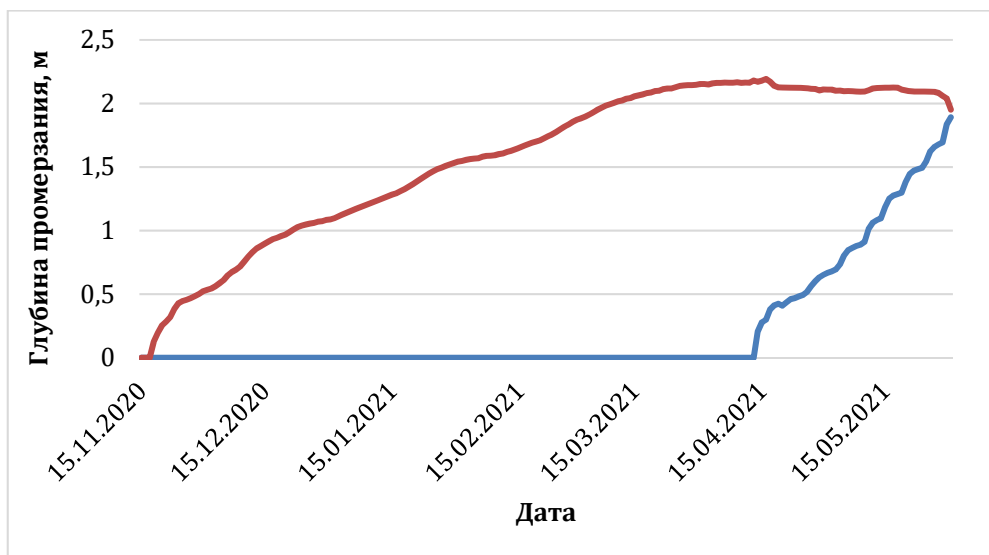


Рис. 4. Положение нулевой изотермы на рассматриваемом участке автомобильной дороги

Пространство между кривыми характеризует массив материалов, температура которых в рассматриваемый момент времени является отрицательной.

Как видно из графика (**рис. 4**), изменение кривой, характеризующее непосредственное промерзание материалов, происходит в период с середины ноября 2020 г. по середину марта 2021 г. Затем данная кривая имеет не столь выраженный характер – увеличение глубины промерзания материалов не происходит. В связи с этим данная кривая, описывающая промерзание материалов, будет характеризоваться нижней границей нулевой изотермы.

Проанализировав характер поведения кривой промерзания и оттаивания материалов, удалось установить, что значения коэффициента температурного накопления (промерзания) имеют достаточно хорошую корреляционную связь с глубиной промерзания: чем выше значение данного коэффициента, тем больше глубина промерзания материалов. Кривая изменения данного коэффициента приведена на **рис. 5**.

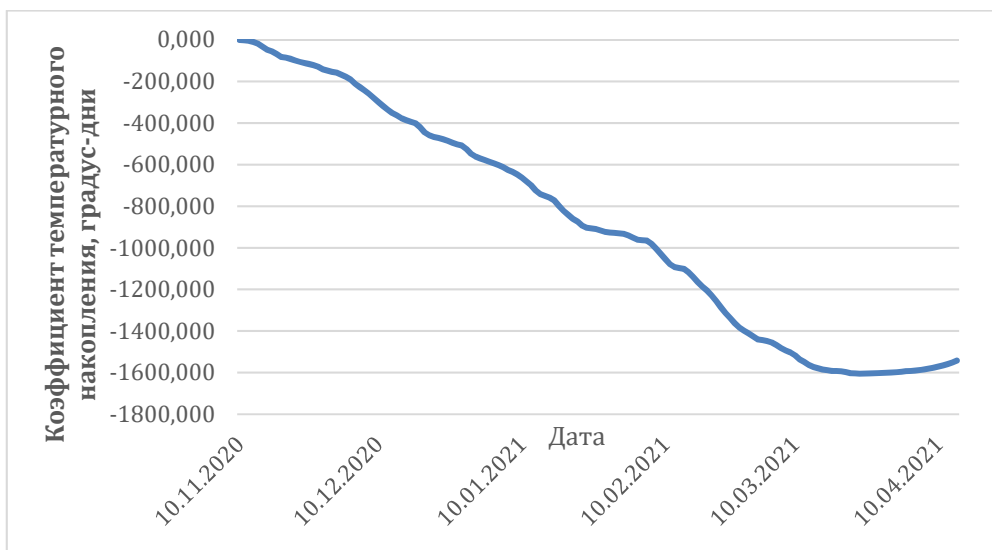


Рис. 5. Кривая коэффициента температурного накопления

Сравнив график кривой коэффициента температурного накопления (промерзания) и график зависимости температурной аккумуляции от глубины промерзания за период с конца осени по начало весны, можно выделить ее аналогичный характер изменения. Вследствие этого для подтверждения корреляционной связи были рассчитаны коэффициенты, характеризующие возможность наличия зависимости между глубиной промерзания материалов и коэффициентом температурного накопления (промерзания). В **табл. 2** представлены параметры связи данных двух величин.

Таблица 2

Определение корреляции между массивами данных

<i>Коэффициент корреляции, R</i>	<i>Коэффициент детерминации, R^2</i>
0,9838	0,9679

Определив значения вышеуказанных величин, можно отметить релевантность данных коэффициентов для дальнейшего учета в работе.

В целях мониторинга промерзания дорожной конструкции ежедневно необходимо рассчитывать глубину промерзания грунта земляного полотна в соответствии с формулой (2):

$$h_{\text{при}} = \frac{A \times H_{\text{п}i}}{10^5} - C, \quad (2)$$

где

$h_{\text{при}}$ – глубина промерзания в расчетный день i ;
 A, C – коэффициенты, зависящие от типа грунта земляного полотна и определяемые на основе данных мониторинга дорожных конструкций.

Вышеуказанные коэффициенты зависят не только от климатических особенностей, но и от таких факторов, как тип грунта, конструктивные особенности дорожной одежды и т.д. Значения соответствующих коэффициентов, полученных непосредственно для исследуемых участков автомобильных дорог, определялись по результатам научно-исследовательской работы [7].

В соответствии с ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [8], рабочий слой земляного полотна сверху ограничивается подошвой нижнего слоя дорожной одежды, а его нижняя граница определяется большим значением, выбранным между $2/3$ от глубины промерзания грунта и глубиной 1,5 м. Согласно исследованиям [9], было установлено, что критический период, когда происходит оттаивание грунта земляного полотна, характеризуется установлением положительных температур на глубине 20 см от низа дорожной одежды.

В весенний период расчет коэффициента температурного накопления (оттаивания), соответствующего расчетному дню (H_{oi}), характеризуется суммой среднесуточной температуры воздуха в расчетный день и коэффициента температурного накопления (оттаивания) в день, предшествующий расчетному.

Для начала подготовки объявления о введении временных ограничений следует определить число суток, необходимых для оттаивания на расчетную глубину дорожной конструкции D . Данное значение можно определить по формуле (3):

$$D = \frac{(h_{\text{до}} + 20)}{V_{\text{нач}}} + N_c, \quad (3)$$

где

N_C – число суток переходного периода, после окончания которого начинается оттаивание дорожной конструкции до расчетной глубины;

$V_{\text{нач}}$ – скорость оттаивания грунта земляного полотна к началу периода введения ограничений, см/сут.;

$h_{\text{до}}$ – общая толщина слоев дорожной одежды на участке автомобильных дорог регионального значения, см.

Значение N_C непосредственно зависит от теплофизических характеристик материалов.

Продолжительность действия временных ограничений обусловлена периодом времени с момента оттаивания грунта на глубине 20 см от верха рабочего слоя земляного полотна до полного оттаивания рабочего слоя земляного полотна на всю глубину.

Расчет прочности дорожной конструкции выполняется в пределах оптимальных значений ввиду того, что несущая способность рабочего слоя грунта соответствует расчетной.

Окончание срока весенних ограничений определяется как число дней с момента окончания периода, определяемого значением N_C , до оттаивания дорожной конструкции до глубины низа рабочего слоя земляного полотна $h_{\text{рс}}$. Число дней до окончания срока действия временных ограничений S может быть определено по формуле (4):

$$S = \frac{h_{\text{рс}}}{V_{\text{ср}}} , \quad (4)$$

где

$V_{\text{ср}}$ – значение средней скорости оттаивания грунтов в весенний период, зависящее от типа грунта и его состояния;

$h_{\text{рс}}$ – глубина низа рабочего слоя земляного полотна.

Таким образом, относительно дня фиксации величины числа N_C снятие временных ограничений следует выполнять, с учетом полученного количества суток S .

Даты введения временных ограничений для дорог с дорожными одеждами переходного типа также допускается определять при использовании среднестатистических данных таким образом, чтобы была установлена положительная среднесуточная температура воздуха. При этом срок прогнозирования начала периода временных ограничений для дорожных одежд переходного типа составляет две недели при применении данных прогноза среднесуточных температур воздуха.

При расчете также необходимо дополнительно учитывать, что в соответствии с приказом Минтранса РФ от 12.08.2011 года № 211 (далее – Приказ) [10] на автомобильных дорогах максимальный срок введения весенних ограничений составляет 30 суток. При этом в случае дорог регионального значения исполнительной властью субъекта определяются сроки введения весенних ограничений. Тогда особый интерес представляет сравнение полученных на основе обработки и анализа совокупности полученных по результатам замеров и мониторинга данных в период нахождения дорожной конструкции в наиболее ослабленном состоянии в 2021 г. с фактически введенными сроками весенних ограничений на примере условий в пределах одного субъекта. Полученные вследствие анализа результатов замеров сроки ограничения движения транспортных средств на рассматриваемых участках в пределах одного субъекта находятся в диапазоне с 18 апреля по 26 мая. Таким образом, чтобы обеспечить сохранность всех автомобильных дорог, совокупная продолжительность периода ограничений в субъекте должна составить 39 дней, так как на исследуемых участках автомобильных дорог наблюдалась различная динамика изменений температурных условий, температуры на глубине промерзания/оттаивания грунта, типа грунта, теплофизических свойств материалов дорожной конструкции и т.д. Официально же введенный срок весенних ограничений составил 30 дней и продолжался с 12 апреля по 11 мая. С учетом вышеизложенного особое внимание следует обратить на необходимость дифференциации сроков ввода весенних ограничений транспортных средств в пределах субъектов.

Таким образом, исходя из рассмотренного выше принципа работ, можно определить границы периода весеннего оттаивания на конкретном участке с целью предотвращения преждевременного разрушения дорожной конструкции. При этом важно учитывать особенности рассматриваемого региона при дальнейшем расчете необходимых показателей для повышения точности определения дат весеннего оттаивания. Вышеописанный анализ в значительной мере будет способствовать предотвращению преждевременного разрушения дорожной конструкции.

ВЫВОДЫ

1. Проанализированы результаты проведения измерений водно-теплового режима дорожной конструкции и прочности конструкций, что позволило подтвердить обоснованность применения коэффициентов, в основе расчета которых лежит суммирование средне-суточных температур воздуха как общедоступного индикатора динамики изменения климатических условий.

2. Установлена связь между значениями коэффициента температурного накопления (промерзания) и глубины промерзания, и в соответствии с этим был разработан общий вид формулы глубины промерзания.
3. С использованием аналитических данных, в том числе результатов вышеприведенного анализа, предложен общий порядок определения границ периода весеннего оттаивания грунта земляного полотна.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. проф. А.И. Золотаря [и др.]. – М.: Транспорт, 1971. – 415 с.*
2. *Лопашук В.В. Ограничение движения транспортных средств на автомобильных дорогах Российской Федерации в весенний период / В.В. Лопашук, И.Н. Пугачев, А.М. Кулижников, А.И. Ярмолинский. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 197 с.*
3. *Improved Spring Load Restriction Guidelines Using Mechanistic Analysis. – 2000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lrrb.org/pdf/200018.pdf> (дата обращения: 15.03.2022).*
4. *NCEI's Data Helps DOTs in the Northeast Conserve Low-Volume Roads – 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nesdis.noaa.gov/news/nceis-data-helps-dots-the-northeast-serve-low-volume-roads> (дата обращения: 05.03.22).*
5. *Cumulative thawing index-a general model 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/315828148_CUMULATIVE_THAWING_INDEX-A_GENERAL_MODEL (дата обращения: 05.03.22).*
6. *Прогноз и архив погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://weatherarchive.ru/> (дата обращения: 05.03.22).*
7. *Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка методики прогнозирования начала периода весеннего оттаивания грунта земляного полотна на автомобильных дорогах регионального значения Пермского края и определения допустимых осевых нагрузок транспортных средств в весенний, летний, осенний и зимний периоды (заключительный)», согласно государственному контракту № 0156200009001112. Заключительный отчет. – М.: 2021. – 373 с.*
8. *ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд [Электронный ресурс]. – Режим доступа:*

- <https://docs.cntd.ru/document/1200015514> (дата обращения 05.03.22).
9. Государственное задание от 16 августа 2017 г. № 103-00003-17-02 на 2017 г. «Анализ правоприменения раздела IV порядка осуществления временных ограничений или прекращения движения транспортных средств по автомобильным дорогам федерального значения и частным автомобильным дорогам, утвержденного Приказом Минтранса России от 12 августа 2011 г. (зарегистрирован Минюстом России от 2 декабря 2011 г., регистрационный номер № 22475), включающего в том числе зарубежный опыт. Научное обоснование целесообразности (нецелесообразности) введения временных ограничений движения транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования федерального значения в период возникновения неблагоприятных природно-климатических условий, в случае снижения несущей способности конструктивных элементов автомобильной дороги, её участков». Годовой отчет за 2017 г. – М., 2018. – 34 с.
 10. Приказ Минтранса РФ от 12 августа 2011 г. № 211 «Об утверждении Порядка осуществления временных ограничений или прекращения движения транспортных средств по автомобильным дорогам федерального значения и частным автомобильным дорогам» [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902296756> (дата обращения 14.03.22).

L I T E R A T U R A

1. *Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna i dorozhnyh odezhd / Pod red. prof. A.I. Zolotarya [i dr.]*. – М.: Transport, 1971. – 415 с.
2. *Lopashuk V.V. Ogranichenie dvizheniya transportnyh sredstv na avtomobil'nyh dorogah Rossijskoj Federacii v vesennij period / V.V. Lopashuk, I.N. Pugachyov, A.M. Kulizhnikov, A.I. Yarmolinskij*. – Vladivostok: Dal'nauka, 2009. – 197 с.
3. *Improved Spring Load Restriction Guidelines Using Mechanistic Analysis*. – 2000 [Elektronnyj resurs]: *Rezhim dostupa: <https://www.lrrb.org/pdf/200018.pdf>* (дата обращения: 15.03.2022).
4. *NCEI's Data Helps DOTs in the Northeast Conserve Low-Volume Roads – 2017* [Elektronnyj resurs]. – *Rezhim dostupa: <https://www.nesdis.noaa.gov/news/nceis-data-helps-dots-the-northeast-conserve-low-volume-roads>* (дата обращения: 05.03.22).

5. *Cumulative thawing index-a general model 2017 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.researchgate.net/publication/315828148_CUMULATIVE_THAWING_INDEX-A_GENERAL_MODEL (data obrashcheniya: 05.03.22).*
6. *Prognoz i arhiv pogody [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://weatherarchive.ru/> (data obrashcheniya: 05.03.22).*
7. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote «Razrabotka metodiki prognozirovaniya nachala perioda vesennego ottaivaniya grunta zemlyanogo polotna na avtomobil'nyh dorogah regional'nogo znacheniya Permskogo kraya i opredeleniya dopustimyh osevyh nagruzok transportnyh sredstv v vesennij, letnij, osennij i zimnij periody (zaklyuchitel'nyj)» soglasno gosudar-stvennomu kontraktu № 0156200009001112. Zaklyuchitel'nyj otchyot. – M.: 2021. – 373 s.*
8. *ODN 218.046-01. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://docs.cntd.ru/document/1200015514> (data obrashcheniya 05.03.22).*
9. *Gosudarstvennoe zadanie ot 16 avgusta 2017 g. № 103-00003-17-02 na 2017 g. «Analiz pravoprimeneniya razdela IV poryadka osushchestvleniya vremennyh ogranichenij ili prekrashcheniya dvizheniya transportnyh sredstv po avtomobil'nyh dorogam federal'nogo znacheniya i chastnym avtomobil'nyh dorogam, utverzhdyonnogo Prikazom Mintransa Rossii ot 12 avgusta 2011 g. (zaregistririvan Minyustom Rossii ot 2 dekabrya 2011 g., registracionnyj nomer № 22475), vklyuchayushchego v tom chisle zarubezhnyj opyt. Nauchnoe obosnovanie celesoobraznosti (necelesoobraznosti) vvedeniya vremennyh ogranichenij dvizheniya transportnyh sredstv po avtomobil'nyh dorogam obshchego pol'zovaniya federal'nogo znacheniya v period vozniknoveniya neblagopriyatnyh prirodno-klimaticheskikh uslovij, v sluchae snizheniya nesushchej sposobnosti konstruktivnyh elementov avtomobil'noj dorogi, eyo uchastkov». Godovoj otchet za 2017 g. – M., 2018. – 34 s.*
10. *Prikaz Mintransa RF ot 12 avgusta 2011 g. № 211 «Ob utverzhdenii Poryadka osushchestvleniya vremennyh ogranichenij ili prekrashcheniya dvizheniya transportnyh sredstv po avtomobil'nyh dorogam federal'nogo znacheniya i chastnym avtomobil'nyh dorogam» [Elektronnyj resurs]. – 2014. – Rezhim dostupa: <https://docs.cntd.ru/document/902296756> (data obrashcheniya 14.03.22).*

.....
**FORECASTING THE SPRING THAWING PERIOD OF
ROAD SUBGRADE SOIL**

Ph. D. (Tech.), Associate Professor A.S. Konorev,

Ph. D. (Tech.) S.A. Mironchuk,

Engineer V.A. Dumenko,

Engineer A.I. Aleksandrova

(FAI «ROSDORNII»)

Contact information: konorev@rosdornii.ru;

mironchuk@rosdornii.ru;

dumenko@rosdornii.ru;

AlexandrovaAI@rosdornii.ru

The destruction of roads as well as the decrease in their service life is usually caused by traffic of heavy vehicles, the axial loads of which have an increased destructive effect on the road structure, resulting in significant damage, particularly during periods of reduced strength. As known, during the spring period soil moisture increases significantly, consequently the reduction of the subgrade bearing capacity is occurred. In order to prevent premature destruction of road structures, there is a practice of introducing temporary restrictions that entails reducing permissible values of vehicle axial loads. In view of this, the determination of the spring thaw period to high precision is important. This article analyzes the measurement results of the road structure water-thermal regime and structures strength. Thus, the validity of using coefficients based on the summation of average daily air temperatures as a generally available indicator of the dynamics of climatic conditions has been confirmed. Based on the above analysis, the procedure for determining the boundaries of the spring thawing period of subgrade is proposed.

Key words: *temporary restriction, soil moisture, road pavement, strength of road pavement, bearing capacity of subgrade soil.*

Рецензент: д-р техн. наук, профессор А.М. Кулижников
(ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 21.03.2022 г.

