

С. В. Богданович, начальник управления диагностики дорог и мостов РУП «Белдорцентр»;  
В. И. Жилинский, инженер отдела оценки и планирования РУП «Белдорцентр»

### УЧЕТ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

The paper proposes an empiric model for forecasting temperature pavement according to ambient temperature, humidity, wind direction and presence of vegetation along a highway. The obtained model can be used to forecast slipperiness formation during winter highway operation.

**Введение.** Зимний период, который длится на территории Республики Беларусь от трех до четырех месяцев, затрудняет дорожным службам обеспечение условий для безопасного и бесперебойного движения автомобильного транспорта на дорогах. Снегопады ведут к ухудшению видимости, способствуют уменьшению пропускной способности. Некачественная уборка снега ведет к образованию снежного наката. Более опасным явлением, которое также характерно для нашей территории в зимний период, является образование гололеда, происходящее из-за перепадов температуры окружающего воздуха. Гололед опасен еще и потому, что спрогнозировать его наступление с достаточно высокой точностью крайне сложно [1, 2].

Ликвидация последствий снегопада происходит, как правило, в директивные сроки, установленные соответствующими нормативными документами, то есть уже после случившегося факта. С гололедом дела обстоят иначе: данное явление необходимо предотвратить, так как устранение уже образовавшегося гололеда требует значительно больших затрат времени и средств. Кроме того, своевременное предотвращение гололеда способствует снижению отрицательного влияния на окружающую среду.

В РУП «Белдорцентр» ведутся работы по совершенствованию системы зимнего содержания автомобильных дорог общего пользования. Данная система представляет собой совокупность дорожных измерительных станций, проводящих прогнозирование зимней скользкости и термокартирование автомобильных дорог. На первой стадии внедрения системы на территории нашей республики установлено более 50 дорожных измерительных станций. Вторая стадия требует некоторого времени и состоит в разработке термокарт автомобильных дорог.

Задача термокартирования заключается в измерении температуры покрытия автомобильной дороги при трех интервалах температур окружающего воздуха. Первый интервал (от +2°C до -5°C) является наиболее опасным, поскольку именно в этом интервале чаще всего происходит образование гололеда. Измерения происходят также при -5°C до -10°C и ниже -10°C. После температурных измерений производится обработка результатов по специальной

методике и составляются термокарты, в том числе выявляются участки, подверженные образованию гололеда в первую очередь. Использование термокарт позволяет снизить расход дорогостоящих противогололедных материалов и степень загрязнения придорожной полосы.

**1. Обработка результатов измерений параметров окружающей среды.** Нами обработаны данные дорожных измерительных станций с 2003 по 2006 год. На основании этих результатов установлено, что образование гололеда на поверхности покрытия автомобильной дороги происходит в следующих основных случаях:

- температура окружающего воздуха находится в пределах от +2°C до -3°C, при этом температура покрытия автомобильной дороги отличается от температуры окружающего воздуха на 0-1°C, относительная влажность окружающего воздуха превышает 92%;

- температура окружающего воздуха находится в пределах от -3°C до -5°C, при этом температура покрытия автомобильной дороги отличается от температуры окружающего воздуха на 1-2°C, относительная влажность окружающего воздуха находится в пределах от 85 до 92%;

- температура окружающего воздуха находится в пределах от -5°C до -10°C, разность температур покрытия и окружающего воздуха составляет до 3°C и относительная влажность воздуха от 75 до 85%;

- температура окружающего воздуха ниже -10°C, при этом температура покрытия автомобильной дороги отличается от температуры воздуха на 3-5°C, относительная влажность окружающего воздуха менее 75%.

**2. Влияние рельефа местности и климатических факторов на температуру покрытия.** Результаты измерений дорожных измерительных станций, генерируемые ими прогнозы применимы к достаточно короткому участку дороги - иногда в радиусе не более 10 км вокруг станции [3]. Для детального изучения процессов изменения температуры покрытия автомобильной дороги производились измерения температуры покрытия на расстоянии до 50 км от места установки станции. При этом учитывался рельеф местности и растительность в придорожной полосе. Данные факторы оказывают заметное влияние на изменение темпе-

ратуры покрытия и, следовательно, на образование гололеда. На основании произведенных исследований было установлено, что температура покрытия локального участка заметно отклоняется от средней температуры покрытия в следующих основных случаях:

- при прохождении автомобильных дорог по мостам, путепроводам, эстакадам, когда происходит обдув ветром как верха покрытия, так и низа искусственного сооружения;
- когда автомобильная дорога проходит по открытым участкам;
- когда продольный профиль запроектирован по обертывающей, на низких участках;
- когда автомобильная дорога проходит в глубокой выемке.

На основании обработки полученных данных нами разработана формула для определения температуры покрытия автомобильной дороги при известной температуре окружающего воздуха:

$$t_{\text{пок}} = t_{\text{воз}} \pm K_{\text{ш}} \pm K_{\text{ветр}} \pm K_{\text{раст}}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{пок}}$  – определяемая температура покрытия автомобильной дороги, °С;  $t_{\text{воз}}$  – измеренная температура воздуха, °С;  $K_{\text{ш}}$  – температурная поправка, учитывающая влияние изменения температуры покрытия в результате изменения влажности окружающего воздуха;  $K_{\text{вет}}$  – температурная поправка, учитывающая влияние изменения температуры;  $K_{\text{раст}}$  – температурная поправка, учитывающая степень влияния растительности на изменение температуры покрытия автомобильной дороги.

Определение величины коэффициентов, входящих в формулу (1), выполнено на основе анализа большого количества данных, полученных дорожными измерительными станциями в зимний период 2004–2006 годов. За одну зиму количество показаний только одной станции превышает 18 тыс. Всего было рассмотрено по 4 станции в каждой области. Для каждой области определялось свое значение коэффициентов, поскольку они несколько различаются.

Так, для Минской области роза ветров преобладающего направления ветра в течение года и распределение ветров с диапазонами температур, способствующих образованию гололеда, выглядят следующим образом (рис. 1).

На основании анализа графиков и данных об образовании гололеда и температуре покрытия можно установить температурную поправку, учитывающую влияние изменения температуры покрытия в результате изменения направления ветра по Минской области. Наиболее опасными и часто повторяющимися являются случаи, когда температура окружающего воздуха находится в пределах от +2°С до –5°С. В рассматриваемом случае наиболее преобладающим является западное направление, при нем средняя температура воздуха составляет –2°С, температурная

поправка –1. Все температурные поправки для ветрового потока представлены в табл. 1.

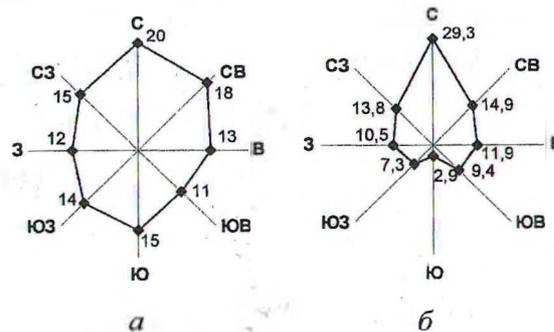


Рис. 1. Характеристика ветров для Минской области: а – преобладающие направления в течение года; б – опасные по условиям гололедообразования температуры воздуха

Аналогично определяем коэффициенты влажности. При этом все значения влажности разбивались на следующие диапазоны: менее 60%; от 60 до 65%; от 65 до 70%; от 70 до 75%; от 75 до 80%; от 80 до 85%; от 85 до 90%; от 90 до 95% и более 95%.

Для рассматриваемой Минской области имеет место следующее распределение температуры и влажности в зимний период (рис. 2, 3).

После обработки данных получены значения коэффициентов, учитывающих влияние изменения температуры покрытия в результате изменения влажности окружающего воздуха, представленные в табл. 2.

Следует отметить, что анализ данных дорожных измерительных станций для целей разработки прогнозных моделей имеет определенное преимущество по сравнению с анализом данных многолетних метеорологических наблюдений, поскольку последние уже несколько неадекватно отражают ситуацию. Это объясняется тем, что по данным исследования климата, проведенным Республиканским гидрометеорологическим центром, с 1988 года началось интенсивное потепление. Средняя температура января и февраля 1989 г. превышала норму на 7–7,5°С, в марте и апреле – на 3–5°С. Лишь с мая температура стала колебаться вблизи средних значений. В целом этот год оказался самым теплым за столетний период – превысил норму на 2,2°С и несколько меньше на западе (в Брестской и Гродненской областях) – 0,8°С. Значительное повышение температуры характерно в основном для зимних месяцев. Ядро зимы – период самых низких температур, в ряде лет сдвинулось на начало зимы, а в отдельные годы (1993, 1998) даже на ноябрь. Переход температуры воздуха через 0°С в отдельные годы в ряде районов Беларуси отмечен в феврале, а в 1989, 1990 и 2002 годах – в январе. В целом для зимнего периода характерными стали оттепели, увеличилась их продолжительность [4].

Таблица 1

## Температурные поправки для учета влияния ветрового потока для Минской области

Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Температурная поправка	+0,5	+0,5	-0,5	-0,5	0	-0,5	-0,5	0

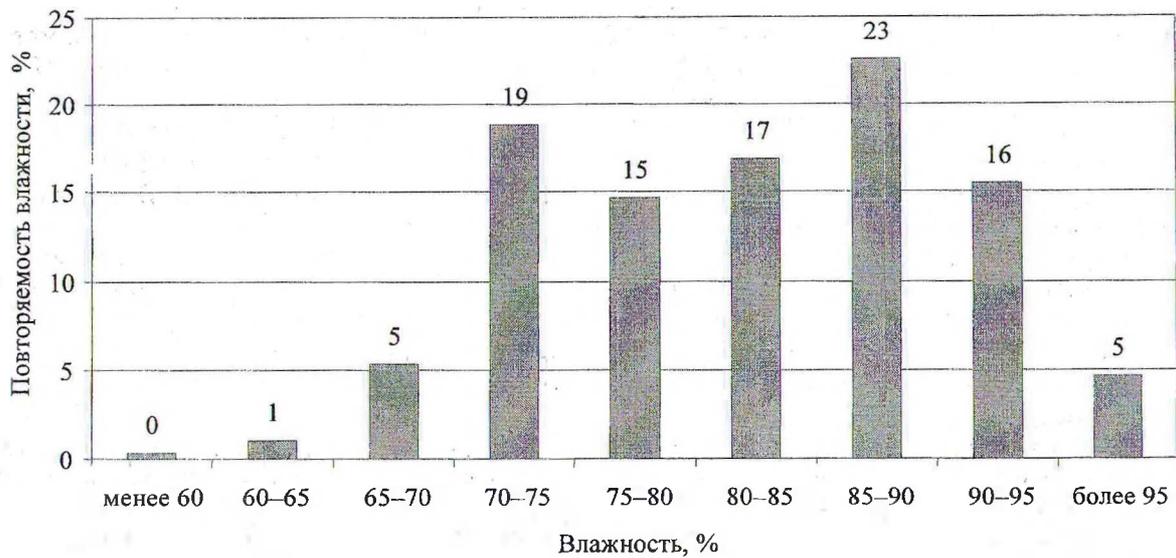


Рис. 2. Диаграмма распределения влажности воздуха в Минской области в зимний период

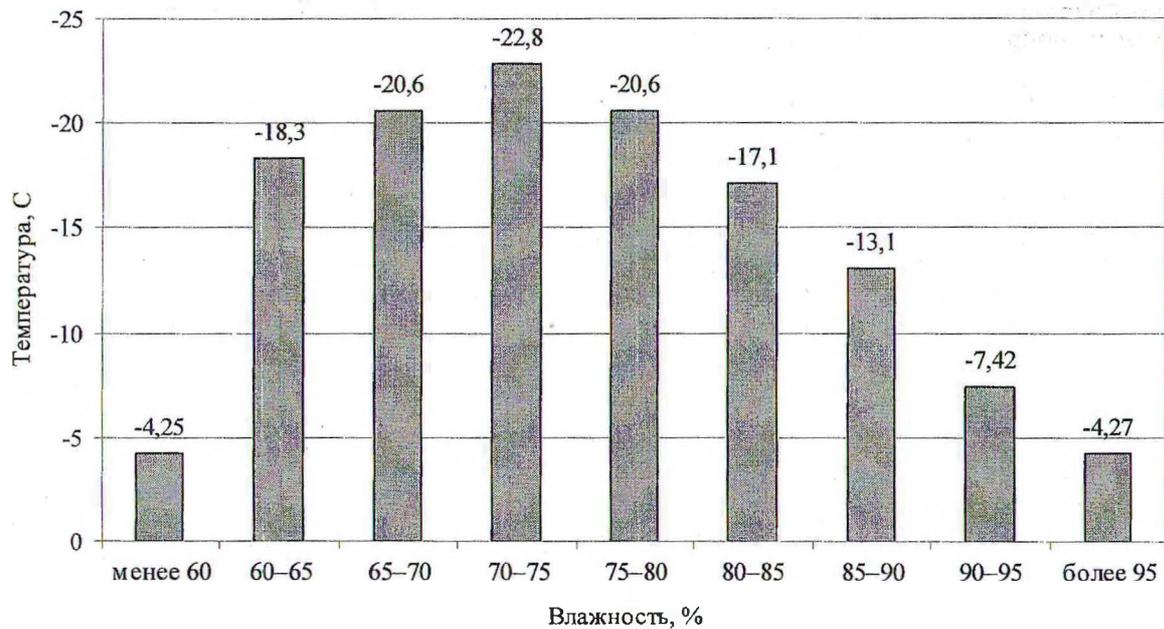


Рис. 3. Средняя температура воздуха для заданного диапазона влажности по Минской области в зимний период

Таблица 2

## Коэффициенты влажности для Минской области

Интервал влажности, %	Менее 60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95	более 95
Температурная поправка	0	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-1	-1

Как отмечалось выше, образование гололеда на покрытии связано с разностью температур воздуха и покрытия, формулу можно записать в виде

$$t_{\text{пок}} - t_{\text{воз}} = \pm K_W \pm K_{\text{ветр}} \pm K_{\text{раст.}}$$

С использованием формулы можно производить прогнозирование возникновения гололеда на покрытии автомобильной дороги. При этом необходимо учитывать два метеорологических параметра – температуру и относительную влажность воздуха.

Нами установлено, что образование гололеда будет происходить в следующих случаях:

– сумма температурных поправок находится в пределах от 0 до 1, а температура окружающего воздуха от  $+2^{\circ}\text{C}$  до  $-3^{\circ}\text{C}$  и влажность окружающего воздуха более 92%;

– сумма поправок от 1 до 2, температура окружающего воздуха от  $-3^{\circ}\text{C}$  до  $-5^{\circ}\text{C}$  и влажность окружающего воздуха от 85 до 92%;

– сумма поправок равна 3, температура окружающего воздуха от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  и влажность воздуха от 75 до 85%;

– сумма поправок более 3, температура окружающего воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ , влажность окружающего воздуха менее 75%.

**Выводы.** В зимний период одним из наиболее опасных явлений на автомобильной дороге является гололед, и поэтому прогнозирование его наступления представляет собой первостепенную задачу.

1. Предложена эмпирическая модель прогноза температуры покрытия в зависимости от температуры воздуха, влажности, направления ветра и наличия растительности вдоль дороги.

2. С использованием большого количества данных, полученных дорожными измерительными станциями, определены значения температурных поправок, входящих в модель про-

гноза температуры покрытия. Полученную модель в дальнейшем можно использовать для прогнозирования образования скользкости в период зимней эксплуатации автомобильных дорог.

### Литература

1. Леонович, И. И. Дорожная климатология: учеб / И. И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2005. – 485 с.

2. Васильев, А. П. Состояние дорог и безопасность движение автомобилей в сложных погодных условиях / А. П. Васильев. – М.: Транспорт, 1976. – 224 с.

3. Богданович, С. В. Анализ моделей прогнозирования температуры дорожного покрытия с использованием экспериментальных данных / С. В. Богданович, В. И. Жилинский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообр. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 103–106.

4. Леонович, И. И. Тенденции изменения климата в Республике Беларусь и их учет при зимнем содержании автомобильных дорог / И. И. Леонович // Современные технологии, машины и материалы для зимнего содержания автомобильных дорог: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: МГТУ, 2003. – С. 11–13.