

Теоретические основы промерзания земляного полотна

Кривко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Введение

Водно-тепловой режим – это закономерное изменение влажности и температуры в различных точках земляного полотна в течение года. Изменения влажности и температуры в земляном полотне тесно связаны между собой, а поэтому рассматриваются комплексно в виде водно-теплого режима.

Водно-тепловой режим земляного полотна и окружающей местности имеют тесную связь, но и определенное отличие, которое заключается в том, что теплопроводность и теплоемкость покрытий и поверхности грунта за пределами дороги неодинаковы; структуры грунта земляного полотна и грунта окружающей местности разные. В процессе эксплуатации дороги вода и снег систематически удаляются с покрытия, а на окружающей местности задерживаются продолжительное время. Отличие водно-теплого режима дорожной конструкции и окружающей местности также во многом зависит от технологии возведения земляного полотна, источников получения грунта и типа машин, выполняющих строительство.

Теоретические основы промерзания земляного полотна

Промерзание грунтов – это переход грунта из одного состояния в другое с резким изменением его физико-

механических свойств. Это сложный процесс, протекающий по-разному для различных видов грунтов. Все грунты по особенностям их промерзания в природных условиях подразделяются на три основные группы [1,2]:

I – суглинки и глины;

II – супеси, мелкие и пылеватые пески;

III – средние пески, крупнозернистые и крупнообломочные грунты.

Глубина и характер промерзания грунтов зависят от температуры воздуха, высоты снежного покрова, растительности, типа грунта, степени увлажнения его и ряда других метеорологических факторов.

По данным наблюдений [1], глубина проникновения нулевой изотермы при одинаковой сумме отрицательных среднесуточных температур воздуха (635 градусо-дней) для различных типов грунтов разная: для суглинков – 135 см; мелких и пылеватых песков – 139 см; крупнообломочных грунтов – 177 см. Неодинаковы также глубина проникновения отрицательной температуры в грунт и температура замерзания грунтов. Крупнообломочные грунты замерзают при температуре, близкой к 0 оС, с образованием заметной границы между талым и мерзлым грунтами. При промерзании мелкодисперсных грунтов образуется зона промерзания (слой, в котором происходят фазовые превращения воды), разделяющая полностью промерзший и талый грунты.

Температура замерзания мелкодисперсных грунтов более низкая, чем у крупнообломочных грунтов. Это связано с тем, что мелкозернистые грунты имеют мелкие поры и повышенное количество связанной воды, которая замерзает при значительно низшей температуре, чем свободная вода.

Грунтовая вода обычно является связанной, плотность ее более единицы, содержит, как правило, растворимые соли,

взвешенные частицы, испытывает большое давление со стороны заземленного воздуха, имеет меньшую степень подвижности, чем вода, находящаяся в свободном состоянии. Совокупность указанных свойств как раз и понижает температуру замерзания грунтовой влаги, а вместе с ней и самого грунта. Установлено, что все грунты замерзают при температуре ниже 0 оС. Существенное влияние на это оказывают вид грунта, его влажность и продолжительность действия отрицательной температуры.

Например, глинистый грунт с влажностью 30 % замерзает при температуре от минус 1,0 оС до минус 2,0 оС, а песок с 10 %-ной влажностью – при температуре минус 0,5 оС. Это говорит о том, что глубина промерзания грунтов зависит не только от вида грунта, но и от его влажности. Чем выше теплопроводность грунта, тем больше глубина его промерзания. Влажность грунта в начальный момент способствует промерзанию, так как увеличивает теплопроводность, а в дальнейшем процесс замедляется. Это связано с тем, что при замерзании воды выделяется теплота льдообразования, поэтому скорость и глубина промерзания более влажного грунта будут меньше, чем грунта с меньшей влажностью.

Вопросу промерзания грунта посвящены работы многих исследователей: М. Н. Гольдштейна, В. С. Лукьянова, И. И. Леоновича, И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко, А. Я. Тулаева и др. Анализируя данные исследования, а также проведенные авторами статьи, можно сделать заключение, что на глубину промерзания влияет многообразие факторов, которые целесообразно разделить на две группы.

К первой группе относятся факторы зонального характера (рельеф местности, тип грунта и др.), величина которых почти не изменяется во времени.

Во вторую группу входят факторы, существенно изменяющиеся во времени. К ним относятся: сумма отрицательной температуры воздуха, продолжительность и интенсивность действия отрицательной температуры, высота снежного покрова, залегание уровня грунтовых вод, влажность грунта и др. Указанные факторы не только трудно определяемые, но некоторые из них не поддаются учету, поэтому и результаты, полученные предлагаемыми способами, различные. Глубина промерзания, определенная по формулам для одной и той же местности (г. Минск), для одного и того же типа грунта, неодинакова, а колеблется в широких пределах. Разность между максимальной и минимальной глубинами промерзания составляет более 50 %. Это можно объяснить тем, что формулы учитывают действие не всех, а только некоторых факторов. Учесть существенное влияние большого числа факторов на глубину промерзания, по мнению авторов, можно, используя методы математической статистики для обработки данных натурных наблюдений.

Из анализа работ по определению глубины промерзания грунтов следует, что она в основном зависит от климатических, гидрологических, грунтовых и других природных условий, которые варьируются в широких пределах, поэтому и глубина промерзания не остается постоянной, а изменяется из года в год. В связи с этим, авторы считают, что глубину промерзания грунтов можно рассматривать как случайную величину, и для ее определения применять вероятностные методы.

Применение теории вероятностей к определению глубины промерзания грунтов основано на известной центральной предельной теореме теории вероятностей [3,4]. Исследованиями авторов статьи установлено, что глубина промерзания грунтов подчиняется нормальному закону распределения, который вполне может быть

применен для ее определения. С помощью кривых распределения (обеспеченности) можно определить глубину промерзания грунтов любой заданной обеспеченности в пределах данного периода наблюдений.

В практике ряды наблюдений (на метеорологических станциях) за глубиной промерзания грунтов бывают короткими и не дают возможности построить надежную кривую распределения (для Беларуси ряды наблюдений составляют 20–30 лет). В связи с этим, разными авторами разработаны теоретические кривые распределения, с помощью которых можно определить величину редкой повторяемости, выходящую за пределы ряда наблюдений. К ним относят: биномиальную кривую распределения С. И. Рыбкина, трехпараметрическое Г-распределение С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля и двойное.

Заключение

По степени увлажнения грунты на территории Беларуси можно отнести к II-й и III-й расчетной схеме.

В зимнее время при образовании пучин капиллярная вода является основным источником льдонакопления в основаниях дорожных одежд. Это наиболее опасный источник увлажнения.

Перемещение капиллярной и пленочной воды обусловлено наличием в дорожной конструкции температурного градиента.

Изменение температуры воздуха существенно влияет на режим влажности в грунтах земляного полотна. При повышении температуры повышается испарение влаги из грунта потому, что относительная влажность воздуха уменьшается, а дефицит влаги увеличивается.

Установлено, что интенсивное водонасыщение грунта происходит в первые пять суток после начала увлажнения, по истечении 15–20 сут почти прекращается.