Найденный модуль деформации пылеватого песка $E=6,4\text{МПа}$ соответствует коэффициенту пористости $e=0,55$ или его плотному состоянию (см. табл. 1 в приложении к СП 22.13330.2016. [1]) <http://elima.ru/scripts/ground.php>.

Обработка результатов аналитических вычислений по ф. 1, 2, 3 позволяет также построить графическую зависимость $S_i=S_i(P_i)$, (использование «Mathcad», «Excel» - кривая 2 на рис. 4) и, таким образом, прогнозировать нелинейную работу основания для фундамента (штампа) заданного размера на всём диапазоне давлений, вплоть до предельного состояния. Более подробную информацию см. лекционный материал на сайте: <http://www.buildcalc.ru/Learning/SoilMechanics/Open.aspx?id=Chapter12>

Вывод. Сопоставление экспериментальных и расчётных результатов (кривые 1 и 2 на рис. 4) показывает их удовлетворительную сходимость, а, следовательно, обоснованность и возможность, использования результатов расчёта при решении различных геотехнических инженерных задач.

1. Свод правил. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054206>
2. Алексеев С. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Избранные главы. Учебное пособие (для магистрантов и аспирантов строительных специальностей), Издательство АСВ. М. 2019 г.
3. Механика грунтов, основания и фундаменты. Алексеев С.И., Алексеев П.С. учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / Алексеев С. И., Алексеев П. С.. Москва, 2014. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58871

Алексеев С.И.

Вероятностная оценка промерзания грунта как определяющий фактор глубины заложения фундаментов

*Петербургский государственный университет путей сообщения императора
Александра I
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/sr-10-08-2020-03

idsp: sciencerrussia-10-08-2020-03

Аннотация

Приведены результаты обработки измеренных глубин промерзания грунта по данным метеорологической станции как для поверхности с естественным покровом, так и для оголённой поверхности. Показана изменчивость средних значений глубин промерзания за отдельные десятилетия для сорокалетнего периода наблюдений. Ряд наблюдений за глубиной промерзания, в соответствии с нормальным распределением, может быть представлен как изменяющаяся величина с различной степенью вероятности. Предложена методика вычисления глубины промерзания грунта, которая в зависимости от сложности решаемой задачи, использует вероятностный подход с различной степенью обеспеченности.

Ключевые слова: Глубина промерзания грунта, глубина заложения фундаментов, вероятностная оценка промерзания, средняя температура за зимний период, вероятностная шкала, обеспеченность повторяемости промерзания.

Введение

Надёжность и долговечность эксплуатации фундаментов лёгких сооружений в большой степени зависит от глубины заложения или от степени пучинистости промерзающего окружающего грунта. Как известно, процесс пучения грунта в природных условиях отличается крайней неравномерностью, поскольку на него влияют большое количество факторов. Одним из важных и определяющих является фактор

промерзания. Данное явление очень изменчиво, особенно для поверхности с естественным покровом, зависит от геолого-географической среды.

Глубина промерзания по рекомендации СП 22.13330.2016 [1]

Большинство разработанных методов расчёта по определению глубины промерзания основания зависят, в основном, от степени изученности теплофизических свойств грунтов, изменяющихся во времени, и климатических особенностей района строительства. В этом отношении, наиболее достоверными являются данные, полученные экспериментальным путём. Следует отметить, что систематических и массовых наблюдений за глубиной промерзания грунта для целей строительства проводилось недостаточно, а имеющиеся сведения очень разрознены, поэтому в нормативной литературе рекомендуется определять глубину промерзания (d_{fn}) по эмпирической формуле [1]:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}, \quad (1)$$

где M_t - безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе. Данная величина определяется по СП строительной климатологии и геофизике, а при отсутствии в них данных для конкретного пункта или района строительства - по результатам наблюдений гидрометеорологической станции, находящейся в аналогичных условиях с районом строительства; d_0 - эмпирический коэффициент, зависящий от гранулометрического состава грунта.

Расчёт по формуле (1) используется в основном при проектировании фундаментов, а в условиях глубокого сезонного промерзания является приближённым, к тому же вряд ли его можно считать достаточно надёжным. Это обстоятельство легко определить исходя из величины M_t , которая изменяется из года в год в широких пределах и даёт лишь около 50% обеспеченности, что для большинства возводимых сооружений недостаточно.

Изменчивость глубины промерзания

Приведём результаты наблюдений за глубиной промерзания грунта, к примеру, на метеорологической станции г. Иркутска. Легко заметить их значительную изменчивость, как в отдельные годы, так и десятилетия. Средние значения глубин промерзания грунта за отдельные десятилетия (сорокалетний период) приведены на рис. 1. За представленный расчётный период наблюдений глубины промерзания, взятые величины за отдельные десятилетия имеют значительную амплитуду колебаний относительно среднего значения. Наибольшие изменения глубин промерзания наблюдаются для поверхности с естественным покровом, очевидно, что в этом случае наиболее существенным фактором является снежный покров. Следует отметить, что за этот же расчётный период наблюдений, максимальная и минимальная глубина промерзания грунта под поверхностью с естественным покровом, взятая по климатологическому справочнику, достигли:

- 196 см в зиму 1935-1936 гг.,
- 92 см в зиму 1962-1963 гг.

Под оголённой поверхностью соответственно:

- 296 см в зиму 1928-1929 гг.
- 250 см в зиму 1920-1921 гг.

Проведя обработку ряда измерений глубины промерзания грунта, наблюдавшиеся на метеорологической станции г. Иркутска, например, с 1930 по 1969 гг. под поверхностью с естественным покровом, получим следующие статистические характеристики ряда:

- Среднее арифметическое $h=144$ см;
- Дисперсия $S=494,17$ см²;

- Среднее квадратичное отклонение $S_x=22,3$ см;
- Максимальная амплитуда колебаний $A=104$ см;
- Коэффициент вариации $V=0,153$ см;
- Коэффициент асимметрии $\beta_1=0,2708$;
- Эксцесс $\beta_2=-0,1455$

Средняя из максимальных глубин промерзания грунта по метеорологической станции г. Иркутска: а – оголенная поверхность; б – поверхность с естественным покровом; 1 – за отдельные десятилетия; 2 – за весь период

Рис. 1. Динамика изменений глубин промерзания грунта по метеорологической станции г. Иркутска (сорокалетний период наблюдений)

Полученные характеристики, зависящие в конечном итоге от температуры воздуха, высоты снежного покрова и влажности грунта, не позволяют с достаточной надёжностью дать обычными методами, рекомендованными в нормативных документах, количественную оценку глубины промерзания.

Для решения подобных задач применительно к районам глубокого сезонного промерзания необходимо подходить с вероятностной оценкой [2]. Для этого, используя вычисленные характеристики – статистики наблюдений, находим вероятностную закономерность закона изменения. Поскольку вычисленные значения β_1 и β_2 близки к нулю, а также соблюдаются условия: $|\beta_1| \leq 3S_{\beta_1}$ и $|\beta_2| \leq 5S_{\beta_2}$ [3],

$$S_{\beta_1} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}}; \quad S_{\beta_2} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}}; \quad (2)$$

где n – число членов ряда, то наблюдаемое распределение можно с достаточным приближением считать нормальным [4].

Таким образом, глубину промерзания грунта следует рассматривать как вероятностную характеристику. В этом случае целесообразно использовать методику вычислений, разработанную М.В. Завариной [2], определяя функцию распределения вероятностей $F(a)=P(x \geq a)$, которая широко применяется в строительной климатологии.

Вероятностная оценка глубины промерзания

Для большей наглядности воспользуемся графическим методом изображения измеренных значений глубин промерзания грунта, на бумаге с вероятностной шкалой, в прямоугольной системе координат, разработанным А. Хазеном [5].

Построив по результатам измерений для метеостанции г. Иркутска номограмму расчёта максимальных глубин промерзания под оголённой поверхностью различной степени вероятности F (рис. 2), получим:

- Максимальную глубину промерзания грунта, возможную раз в 10 лет – 281 см ($F=10\%$);
- Раз в 20 лет – 284 см ($F=5\%$);
- Раз в 50 лет – 287 см ($F=2\%$).

Все эти значения существенно превосходят средний максимум, вычисленный за тот же период обычным способом (рис. 1).

Рис. 2. Номограмма для расчёта максимальной глубины промерзания грунта на метеорологической станции г. Иркутска: 1 – оголённая поверхность (по годовым максимумам); 2 – поверхность с естественным покровом (по формуле Пуассона, с вероятностью промерзания $H \geq 150$ см)

Поскольку период наблюдений за глубиной промерзания на большинстве метеорологических станций мал (< 25 лет), то для получения вероятностных значений целесообразно воспользоваться законом Пуассона. Проведя расчёты по этому методу для поверхности с естественным покровом, и нанеся их на бумагу с вероятностной шкалой, получим номограмму для расчёта максимальных глубин промерзания различной вероятности (рис. 2). Полученные расчётом величины максимальных глубин промерзания грунта, возможные раз в 10, 20 и 50 лет, также будут значительно превосходить средний максимум, вычисленный за тот же период обычным способом (рис. 1).

Таким образом, в районах глубокого сезонного промерзания для получения надёжных данных по величине глубины промерзающего слоя грунта наиболее целесообразно в расчётах подходить с вероятностной оценкой имеющихся значений в зависимости от ответственности возводимого сооружения.

Вероятность изменения температур воздуха за зимний период

Следует подчеркнуть, что многолетние наблюдения за сезонно мёрзлым слоем грунта, проводимые на метеорологических станциях, дают возможность оценить вероятностные значения промерзания грунта, главным образом, во временной динамике. Поэтому применимость полученных значений может быть распространена только на территории вблизи станций наблюдения при условии идентичности геолого-географической среды. Это объясняется, прежде всего, влиянием комплекса природных

факторов на мощность сезонно мёрзлого слоя грунта и большой вариабельностью её не только во времени, но и в пространстве.

В тех случаях, когда при проектировании фундаментов в районах глубокого сезонного промерзания, использовать методику определения глубины промерзания грунта с вероятностной оценкой имеющихся данных не представляется возможным, так как необходимых наблюдений практически нет, неизбежно применение теплотехнических расчётов, изложенных в нормативных документах [1]. Однако в вычислениях (1), как представляется, целесообразно находить не величину M_t , которая даёт лишь 50% обеспеченности, что для большинства проектных решений недостаточно, а учитывать возможные отклонения от среднего значения с различной степенью вероятности. Для этого рассмотренная методика используется при определении температур воздуха с различной степенью вероятности изменения их за зимний период по данным ближайшей метеорологической станции.

Заключение

1. В районах глубокого сезонного промерзания для получения надёжных данных по величине глубины промерзающего слоя грунта наиболее целесообразно в расчётах подходить с вероятностной оценкой имеющихся значений в зависимости от ответственности возводимого сооружения.

2. Проектировщик, с заданной степенью обоснованности, в зависимости от решения поставленной задачи (степени ответственности сооружения), при помощи расчётов может находить глубину промерзания грунта с различной степенью повторяемости данной величины (рис. 2). Так, при расчёте глубины промерзания грунта с вероятностью:

- $F=20\%$, получим повторяемость данной величины не чаще чем раз в 5 лет.
- $F=5\%$, получим повторяемость данной величины не чаще чем раз в 20 лет.
- $F=2\%$, получим повторяемость данной величины не чаще чем раз в 50 лет.

Выбор окончательного решения с любой степенью вероятности зависит от степени ответственности решаемой задачи и решается индивидуально.

1. Свод правил. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. СП 22.13330.2011. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084710>
2. Заварина М.В. Строительная климатология. Л., Гидрометеиздат, 1976 г.
3. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М., «Наука», 1971 г.
4. Вентцель С.В. Теория вероятностей. М., «Наука», 1964 г.
5. Шторм Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества. М., «Мир», 1970 г.

Корвякова С.М., Корвякова О.Я.

Эволюция малых архитектурных форм (МАФ) как объектов градостроительной среды в России с XVIII до начала XXI веков (3 части, 1-я часть)

*Воронежский государственный технический университет
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/sr-10-08-2020-04

idsp: sciencerrussia-10-08-2020-04

Аннотация

Статья посвящена вопросу развития и смене малых архитектурных форм с течением времени. Приведены примеры малых архитектурных форм по каждому виду