

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ НА ФУНДАМЕНТЫ

Фатхлисламов Артур Равильевич

магистрант, Тюменский индустриальный университет, РФ, г. Тюмень

Краев Андрей Николаевич

научный руководитель, канд. техн. наук, Тюменский индустриальный университет, РФ, г. Тюмень

Морозное пучение грунтов является одной из существенных проблем, возникающих при проектировании зданий и сооружений. Данное явление негативно влияет на здания, вызывая их разрушение, что угрожает безопасности жизни и здоровья находящихся там людей.

Решение этой проблемы предполагает использование системы «фундамент-основание». Наличие такой системы подразумевает решение комплексной задачи, состоящей в совместных расчетах. Их необходимость важна для современного уровня развития строительной науки, в котором при внедрении современных методов расчета и новейших материалов достигнута возможность проектирования конструкций с минимальными запасами прочности [2].

В данной работе рассматривается система «фундамент – основание» ввиду её универсальности как для зданий, так и сооружений. При ее расчете возникает необходимость решения комплексной задачи, состоящей в оценке жесткости фундамента, оценке жесткости конструкций и рассмотрении взаимодействия конструкции с деформируемым основанием, т.е. решения контактной задачи. Описанию моделей основания посвящено большое количество работ, однако рассмотрение системы "фундамент – основание" в условиях морозного пучения не проводилось, в то время как явление морозного вспучивания рассматривалось отдельно, о чем свидетельствует наличие большого количества методов и приемов борьбы с пучением.

Морозное пучение – это увеличение объема грунта при отрицательных температурах. Это происходит потому, что влага, содержащаяся в грунте, увеличивается в объеме при замерзании. Это явление зависит от многих факторов, возникновение и формирование которых связано с климатическими, геологическими, гидрологическими и другими условиями. В данной работе будет рассмотрено влияние плотности и влажности грунта на морозное пучение в виду того, что они играют наибольшую роль в данном явлении и являются основными. В то же время, величина промерзших грунтов с достаточной степенью достоверности может быть определена только в том случае, если все факторы, влияющие на промерзшие грунты, будут учитываться совместным комплексным образом. [6].

Влиянию плотности грунта начали уделять внимание относительно недавно. В частности, Венн и Ротледж в 1940 году обнаружили, что величина морозостойкости в значительной степени зависит от плотности грунта. На влияние плотности грунта обратили также внимание А. Я. Тулаев и Г. М. Соскин [3].

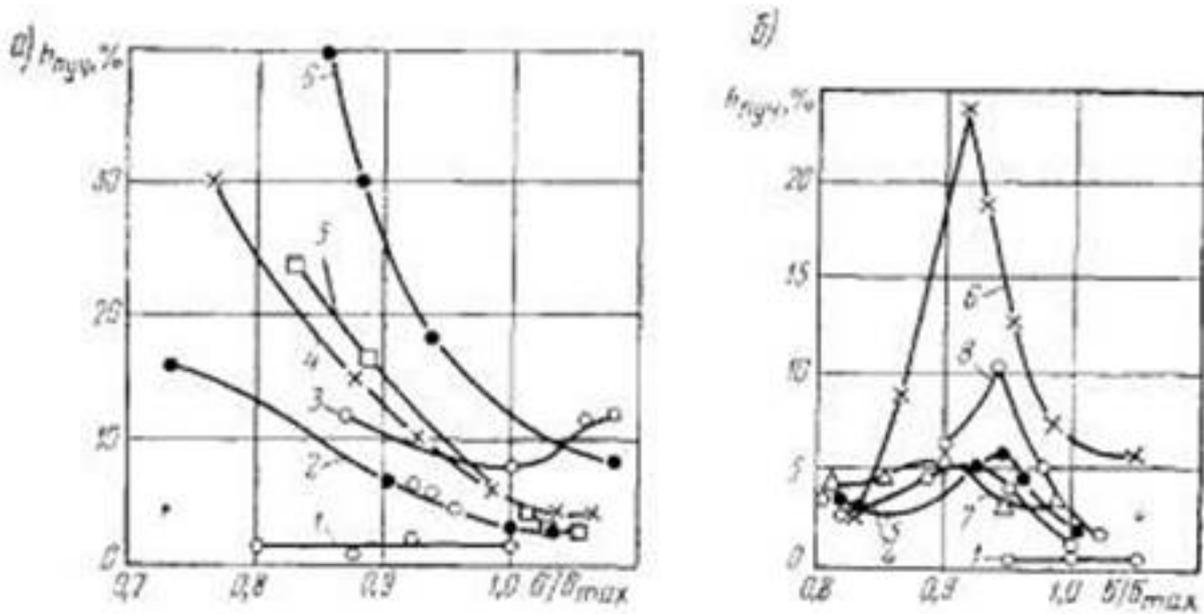


Рисунок 1. Зависимость морозного пучения грунтов от их плотности: а - замораживание с напором воды; б - замораживание без напора воды; 1 - песок; 2 - тяжёлый суглинок; 3 - супесь мелкая; 4 - глина; 5 - супесь; 6 - пылеватый грунт; 7 - суглинок; 8 - пылеватый суглинок.

Характер зависимости морозного пучения от плотности грунтов (рис. 1) в основном определяется не типом грунта, а способом водонасыщения. При водонасыщении без напора влаги зависимость отображается кривыми с максимумом, а при наличии напора морозное пучение непрерывно уменьшается с увеличением плотности.

Для оценки влияния влажности на величину морозного пучения используют такие величины, как суммарная влажность мерзлого грунта - W_{tot} и влажность мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями - W_m . Они определяются в соответствии с ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

Силы морозного пучения действуют не только на основание фундамента, но и на его боковые стенки, так как грунт увеличивается в объеме не только под фундаментом, но и вокруг него. Грунт вокруг фундамента зимой примерзает к его стенкам и при движении тянет его за собой. Таким образом, вся сила пучения может быть разделена на две составляющие: одна действует на основание (нормальная составляющая), другая - на стенки (касательная составляющая) (рис. 2). Чем глубже устроен фундамент, тем меньше сила пучения, действующая на него. Но в то же время боковая поверхность увеличивается и вместе с ней увеличивается суммарная касательная сила, действующая на стенки фундамента [7]. Данный вывод делали многие исследователи, в т. ч. Невзоров А. Л. [4], Алексеев А. Г. [1] и Бургонутдинов А. М. [3].

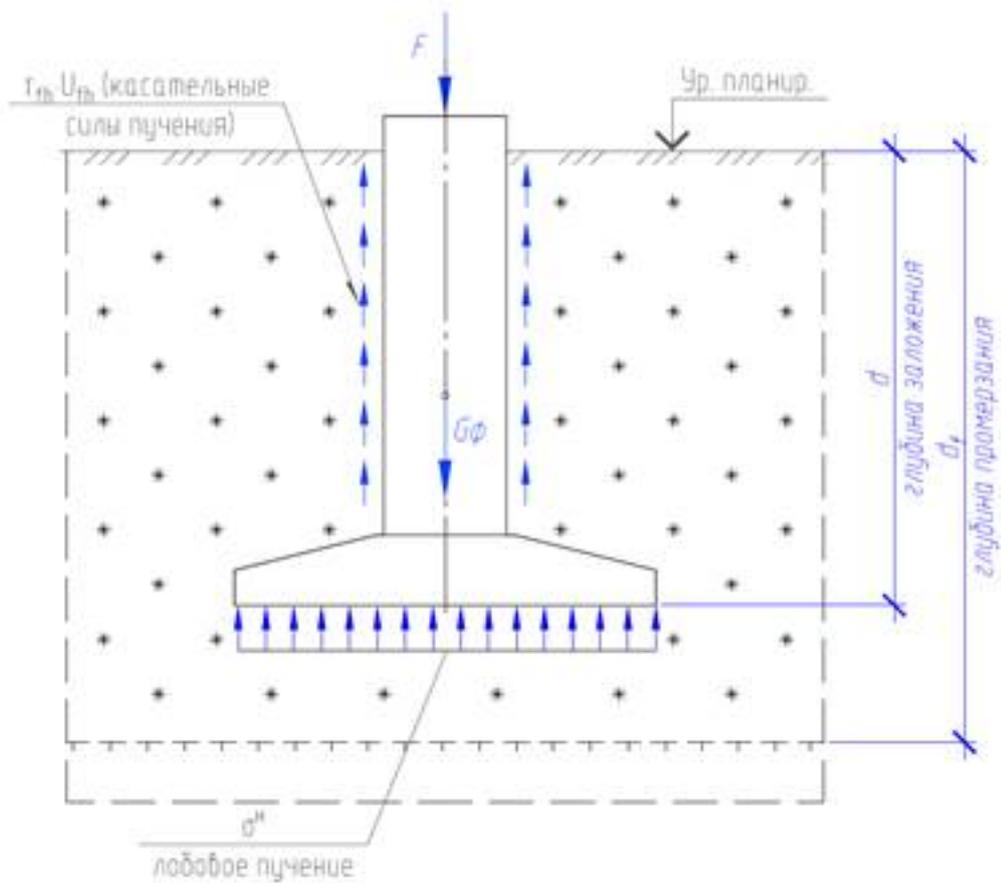


Рисунок 2. Схема воздействия лобовых и касательных сил морозного пучения на фундамент

На рисунке 3 показана зависимость величины силы набухания от глубины фундамента. Он показывает, что максимальная сила пучения будет приходиться на фундамент, заложенный на глубине около 0,5 м - т.е. это наименее подходящая глубина.

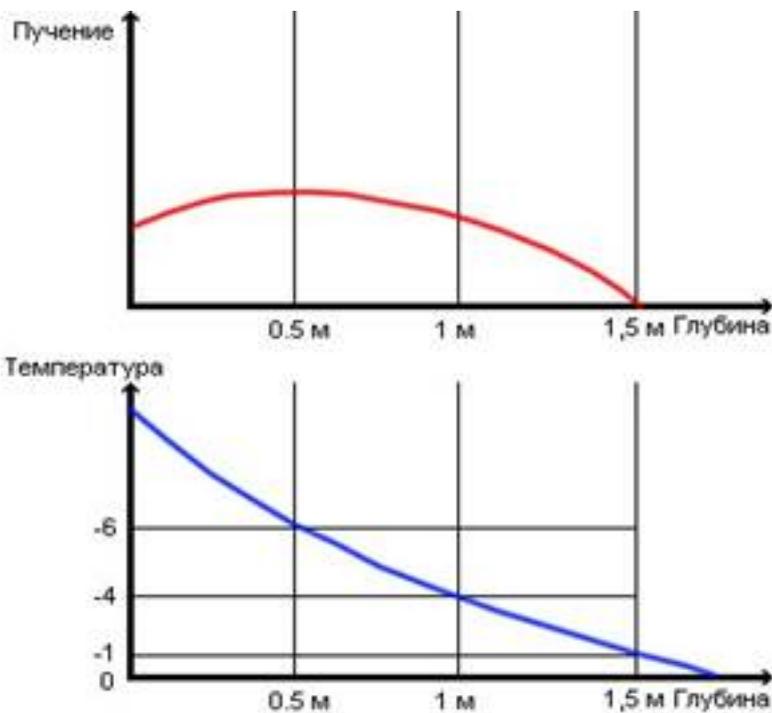


Рисунок 3. График зависимости силы пучения от глубины заложения фундамента

Для оценки деформированного состояния грунтового основания был произведён расчёт в соответствии с Рекомендациями по проектированию и расчету малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах [5]. Расчёт производился, исходя из следующих условий:

$$h_{fp} \leq S_u \tag{1}$$

$$\varepsilon_{fp} \leq \left(\frac{\Delta S}{L}\right)_u \tag{2}$$

Согласно требованиям, расчётная величина подъёма основания h_{fp} и расчётная относительная деформация пучения ε_{fp} не должны превышать предельных значений.

Также в расчётах присутствует толщина демпфирующей подушки h_n , поэтому результаты расчётов приводятся без и с применением подушки (таб. 2).

Расчёт (таб. 1 и 2) проведён для ленточного фундамента мелкого заложения на мягкопластичном суглинке под бескаркасные здания с несущими стенами из блоков и кирпичной кладки без армирования.

Таблица 1.

Результаты расчёта величины подъёма основания

--	--	--	--	--

d_f , м	h_f , м	h_{fp} , м	ε_{fp}	S_u , м
0,5	0,1443	0,14	0,0071	0,025
1	0,0484	0,04		

В данной таблице приведены результаты расчёта таких величин, как:

- h_f – величина морозного пучения ненагруженного глинистого грунта при промерзании до расчётной глубины d_f
- h_{fp} – расчётная величина подъёма основания от пучения грунта под фундаментом с учётом давления под его подошвой
- ε_{fp} – расчётная относительная деформация пучения грунта основания под фундаментом
- S_u – предельная величина морозного пучения ненагруженного глинистого грунта при промерзании до расчётной глубины
- $(\Delta S/L)_u$ – предельная расчётная относительная деформация пучения грунта основания под фундаментом

Исходя из результатов расчёта, вытекает вывод, что полученные значения превышают предельные и необходимо принять меры по уменьшению величины подъёма грунта.

Таблица 2.

Результаты расчёта с учётом демпфирующей подушки

Толщина демпфирующей подушки, см	Суммарная величина морозного пучения ненагруженного грунта, м
Без подушки	19,27
С подушкой толщиной: 5	17,41
“ 10	15,62
“ 15	13,91
“ 20	12,28
“ 25	10,75

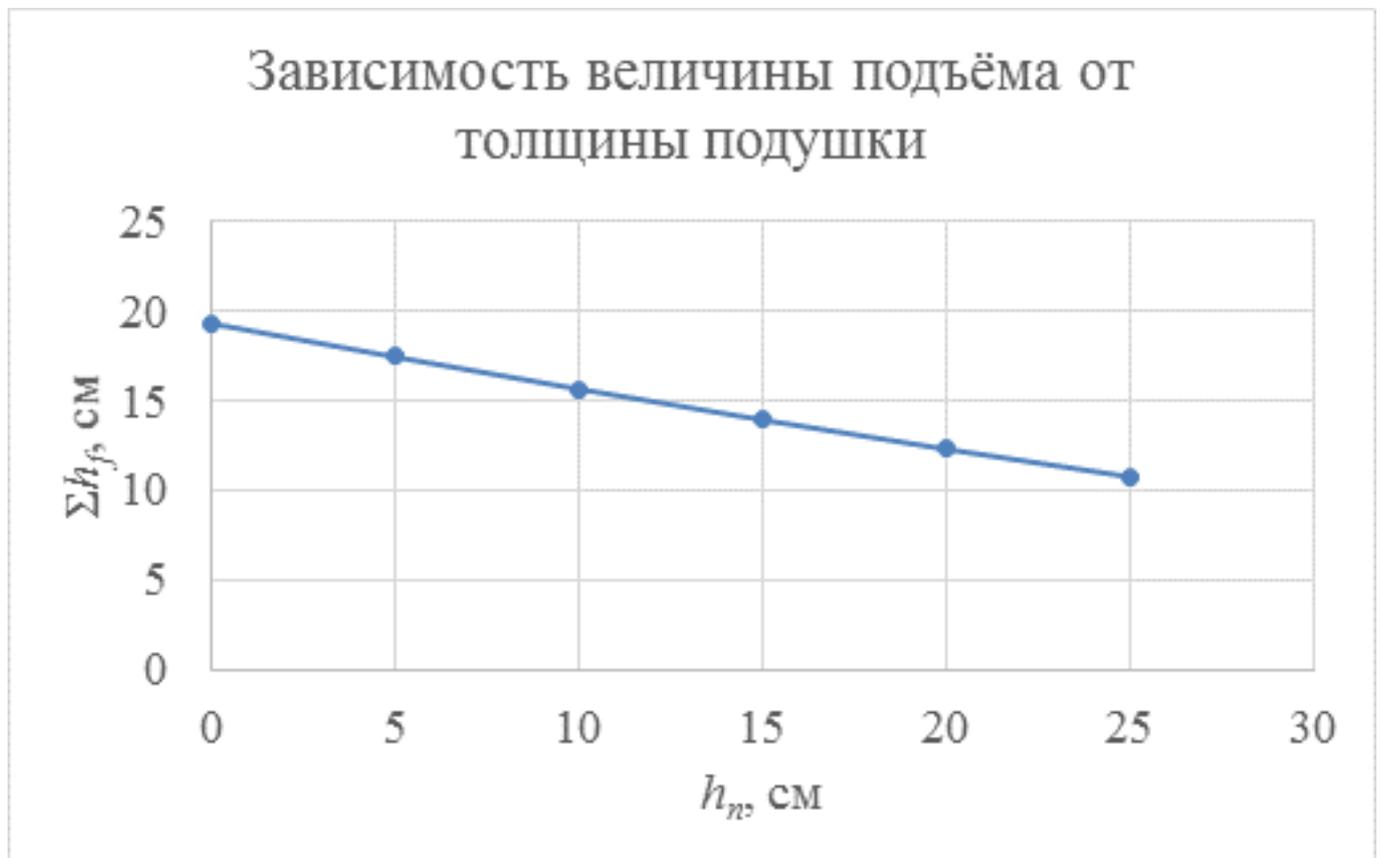


Рисунок 4. зависимость величины подъёма основания от толщины демпфирующей подушки. На горизонтальной оси отображены значения толщины демпфирующей подушки h_n , на вертикальной - суммарная величина морозного пучения ненагруженного грунта Σh_f

В соответствии с результатами расчётов и графиком, представленным на рис. 4, демпфирующая подушка должна использоваться для снижения величины подъёма основания грунта под действием сил морозного пучка, при этом зависимость величины подъёма от толщины подушки обратно пропорциональна.

Список литературы:

1. Алексеев, А. Г. Определение горизонтального давления грунта на подпорные стены при сезонном промерзании-оттаивании: дис. ... канд. тех. наук / А.Г. Алексеев. - М.: ОАО "ПНИИС", 2006.
2. Барменкова, Е. В. Напряженно-деформированное состояние здания, фундамента и основания с учётом их совместной работы: дис. ... канд. тех. наук / Е. В. Барменкова. - М.: МГСУ, 2011.
3. Бургунутдинов, А. М. Деформации морозного пучения / А.М. Бургунутдинов, Р.Н. Тякина // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. - Пермь 2013. - Том 3. - С. 55 - 59.
4. Невзоров А. Л. Фундаменты на сезоннопромерзающих грунтах / Архангельский ГТУ - М.: АСВ, 2000 - 152 с.
5. Рекомендации по проектированию и расчету малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова - М.: Стройиздат, 1985 - С. 17 - 30.

6. Рекомендации по учёту и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов под редакцией Дриньяка О. Г. / ПНИИИС – М.: Стройиздат, 1986 – 72 с.
7. Силы морозного пучения грунтов: воздействие сил пучения на фундамент, борьба с силами пучения: [Электронный ресурс] // Строй своими руками. URL: <http://stroy-svoimi-rukami.ru/fundament/view/3/> (Дата публикации 16.05.2010). Дата обращения 6.10.2019.
8. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
9. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88.