

## ОЦЕНКА СИЛ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ

В.Я. ЛАПШИН канд. техн. наук, доц.,

Б.Г. АЛЕКСЕЕВ канд. техн. наук, доц.,

Ю.Б. РАХЛИН канд. техн. наук, доц.

*Уральский государственный технический университет*

Согласно современным представлениям, формирование давления морозного пучения нормального к подошве штампа связано с явлениями тепло- и массопереноса и дифференциации грунта на ледяные и минеральные агрегаты. Так Н.В. Демьянков указывал, что эти усилия могут достигать 200 МПа. М. И. Евдокимов - Рокотовский расчетным путем определил давление растущего кристалла льда - 720 МПа. А.М. Пчелинцев выращивал шпирь льда при давлении 10 МПа. Н.Н. Морарескул зафиксировал относительную нормальную силу пучения в лабораторном опыте 1 МПа, а Н.А. Толкачев - 7,5 МПа. В полевых условиях В.О. Орлов зафиксировал усилие в 6 МПа. По лабораторным данным Ф. Радда и Д. Ортли нормальные силы достигали 20 МПа.

Как видно, силы пучения у различных исследователей отличаются до трех порядков. Такой разброс данных объясняется рядом причин. Испытывались разные грунты с различными физическими свойствами. Отличались приемы экспериментирования и сами установки. Однако, даже на одной и той же экспериментальной площадке в разные годы силы пучения отличались в несколько раз ( В.Г. Тишин, Г.В. Натров ). До настоящего времени причины этого явления окончательно не выяснены. Определенный вклад в изучение этого процесса внес А. В. Брушков, который исходил из посылки, что напряжения являются следствием недопущения деформации пучения и поэтому важно знать зависимость величины напряжения от степени недопущения деформации.

Недопущение деформаций осуществляется различными способами. Так, Н.Н. Морарескул использовал дискретное нагружение образца путем все

возрастающих нагрузок. С. Тебер, Н. А. Толкачев, Т. Такачи, Х. Сюзерлэнд и др. измеряли напряжение пучения с помощью динамометра, а В. О. Орлов измерял силы пучения с помощью электромеханического динамометра. Все указанные способы имеют недостатки. При дискретном нагружении в ходе опыта неизбежны ошибки. Так, использование динамометров основано на известной допустимой величине перемещений присущей конкретному динамометру. Применение жестких динамометров с минимальной величиной допустимых перемещений способствует уменьшению погрешности определений. Однако мы полагаем, что более перспективно использование в опытах постоянных нагрузок, когда нагрузка в ходе испытаний не изменяется.

Наши многолетние лабораторные испытания водонасыщенных грунтов в условиях компрессионного сжатия (на установках типа ИПГ - ИДСПОГ 7, выпускаемых Уральским политехническим институтом) при отсутствии смерзания грунта с обоймой приборов (1, 2), свидетельствуют о том, что с увеличением глубины промерзания образца (диаметром 100 мм) до 5, 10, 15 см и более значимого увеличения давления, нормальных сил не наблюдается. Однако, каждый конкретный грунт имеет определенное значение давления пучения нормального к подошве штампа. Следует отметить, что для изученных глинистых, сильно- и чрезмерно пучинистых грунтов при давлении штампа  $q=0,3$  МПа деформации пучения практически затухали, формировалась массивная криогенная текстура, механизм сегрегационного ледообразования не функционировал (время испытаний не превышало месяца). Полагаем, что относительное постоянство давления нормальных сил независимо от глубины промерзания образца в одометре объясняется тем, что площадь активной зоны пучения при любой глубине промерзания постоянна и равна диаметру компрессионного прибора. Поэтому усилие выпучивания, действующее в образце нормально к подошве штампа, мы назвали компрессионным давлением морозного пучения -  $P_{\text{п}}^{\text{compr}}$ , а компрессионную относительную деформацию морозного пучения -  $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{compr}}$ .

При промерзании грунта в натуре, давление нормальное к подошве штампа увеличивается с ростом глубины промерзания грунта под подошвой фундамента за счет формирования мощного твердомерзлого слоя грунта, обладающего значительной жесткостью. При упрощенном анализе, увеличение давления пучения происходит за счет повышения высоты усеченного конуса, верхним основанием которого является подошва круглого фундамента, а нижнее основание расположено, примерно, на уровне нулевой изотермы. При увеличении глубины промерзания в натуре, площадь активной зоны пучения резко возрастает, и, соответственно, растет давление морозного пучения.

Для изученных сильно и чрезмерно пучинистых грунтов, при поверхностной нагрузке  $q = [0,05; 0,3]$  МПа, зависимость  $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{compr}} = f(q)$  можно аппроксимировать гиперболическими функциями вида  $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{compr}} = \frac{K}{e^q - e^{-q}}$  при значениях параметра  $K = [0,05 - 0,3]$ .

Следует отметить, что по данным полевых испытаний при тех же значениях поверхностной нагрузки, отмечается менее значительное снижение степени пучинистости, чем в лабораторных экспериментах. Этот факт становится очевидным, если рассмотреть приближенную схему распределения давления под штампом. В такой упрощенной схеме давление в грунте под подошвой штампа распределяется под углом к вертикали, примерно равном 30 - 45 градусов. Если принять этот угол равным 45 градусов, то при глубине промерзания грунта в натуре, равной диаметру штампа площадь зоны формирования нормальных сил морозного пучения увеличится, примерно, на порядок, а при глубине промерзания, равной двум диаметрам штампа, площадь зоны формирования нормальных сил морозного пучения, действующих на штамп, возрастет, приблизительно, в 25 раз. Поэтому в натуральных условиях при давлении штампа 0,3 МПа отмечается лишь снижение величины пучения штампа, а не прекращение, зафиксированное в лабораторных испытаниях.

При увеличении поверхностной нагрузки на мерзлый грунт с 0,05 до 3 МПа наблюдается оттаивание ледяных линз, отжатие влаги от штампа, формирование прослоев льда вдали от штампа.

При прочих равных условиях, воронка продавливания под штампом углубляется по мере уменьшения диаметра штампа. Непосредственно под штампом обычно формируется массивная криогенная текстура, которая может плавно переходить в неполнослоистую, а затем и в слоистую криотекстуру при удалении от штампа. При снижении скорости промерзания до 0 - 2 мм/сут и остановки фронта промерзания пучение штампа прекращается.

Бытующее мнение о том, что нормальные силы морозного пучения можно полностью погасить давлением от сооружения справедливо далеко не во всех случаях. Так, при промерзании мощного слоя тонкодисперсных влажных глинистых грунтов нагрузка величиной 0,1 - 0,3 МПа снижает пучинистость основания, но не исключает возможность появления сверхнормативных деформаций сооружения.

1. Лапшин В.Я., Пыщев Н.Ф. Учет неравномерности морозного пучения грунтов при проектировании линейных сооружений - межвузовский сборник "Основания и фундаменты в геологических условиях Урала", Пермский политехнический институт, Пермь, 1984. С. 96 - 101.
2. Ершов Э.Д., Лапшин В.Я. и др. "Деформации и напряжения в промерзающих и оттаивающих грунтах." Издательство Московского университета, 1985. С. 168.