

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИРАМИДАЛЬНЫХ СВАЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЯ СИЛ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ

Колесников Л.И., Шикалович Н.С., Захаров Н.К.,  
Стайков А.А.

Одесская Государственная академия строительства и архитектуры

Одним из существенных затруднений при строительстве в районах с глубоким промерзанием грунтов является наличие морозного пучения оснований. Специальными исследованиями фундаментов из пирамидальных свай была установлена возможность их применения в слабопучинистых грунтах, с ограничениями по несущей способности в среднепучинистых, и невозможностью их применения в сильнопучинистых грунтах.

В практике строительства зданий и сооружений еще нередко встречаются случаи недоучета мерзлотно-грунтовых процессов. Наблюдения показывают, что деформации зданий могут проявляться как в процессе промерзания, так и в процессе последующего оттаивания грунтов.

Известно много случаев деформирования зданий и искусственных сооружений, обусловленные мерзлотно-грунтовыми процессами в Украине, особенно в северо-восточной ее части. Нередки случаи, когда деформации принимают такие размеры, что ставится вопрос об усилении деформированных зданий.

Большое влияние на интенсивность морозного пучения грунтов оказывают такие факторы, как состав и плотность грунта, его влажность и глубина залегания подземных вод, температурный режим в период промерзания, а также нагрузка, передаваемая на фундамент.



Для уменьшения воздействий сил морозного пучения грунтов на фундаменты сооружений в необходимых случаях предусматриваются различные противопучинные мероприятия. К таковым относится и устройство свайных фундаментов.

С целью установления области применения пирамидальных свай в морозоопасных грунтах НИЛ "ТЕЛИОС" ОГАСА был выполнен комплекс полигональных исследований.

Исследования работы пирамидальных свай на воздействие морозного пучения производились в Иркутском грунтовом регионе на трех опытных полигонах, сложенных соответственно сильно-, средне- и слабопучинистыми грунтами. Испытания проводились на протяжении двух циклов глубокого сезонного промерзания и оттаивания грунтов на каждом из этих опытных полигонов. Всего в морозоопасных грунтах было испытано 26 свай пирамидальной формы.

Исследования состояли из следующих основных этапов:

- установление несущей способности свай до начала промерзания грунтов;
- наблюдения в период циклов промерзания-оттаивания грунтов за перемещениями свай, нагруженных долевой нагрузкой от их несущей способности, а также за послойными перемещениями грунта и его дневной поверхности;
- установление несущей способности свай после циклов промерзания-оттаивания грунтов.

На рис. 1 показана схема одного из опытных полигонов

Реперная система устраивалась для возможности контроля вертикальных перемещений загрузочных платформ-ростверков по схеме "труба в трубе" (рис. 2) Контроль за неподвижностью реперной системы, состоящей из двух реперов на каждую сваю, производился геометрическим нивелированием по программе П класса с использованием инварных реек. В качестве высотной основы служили глубинные репера, выполненные на призматических сваях (рис.3).



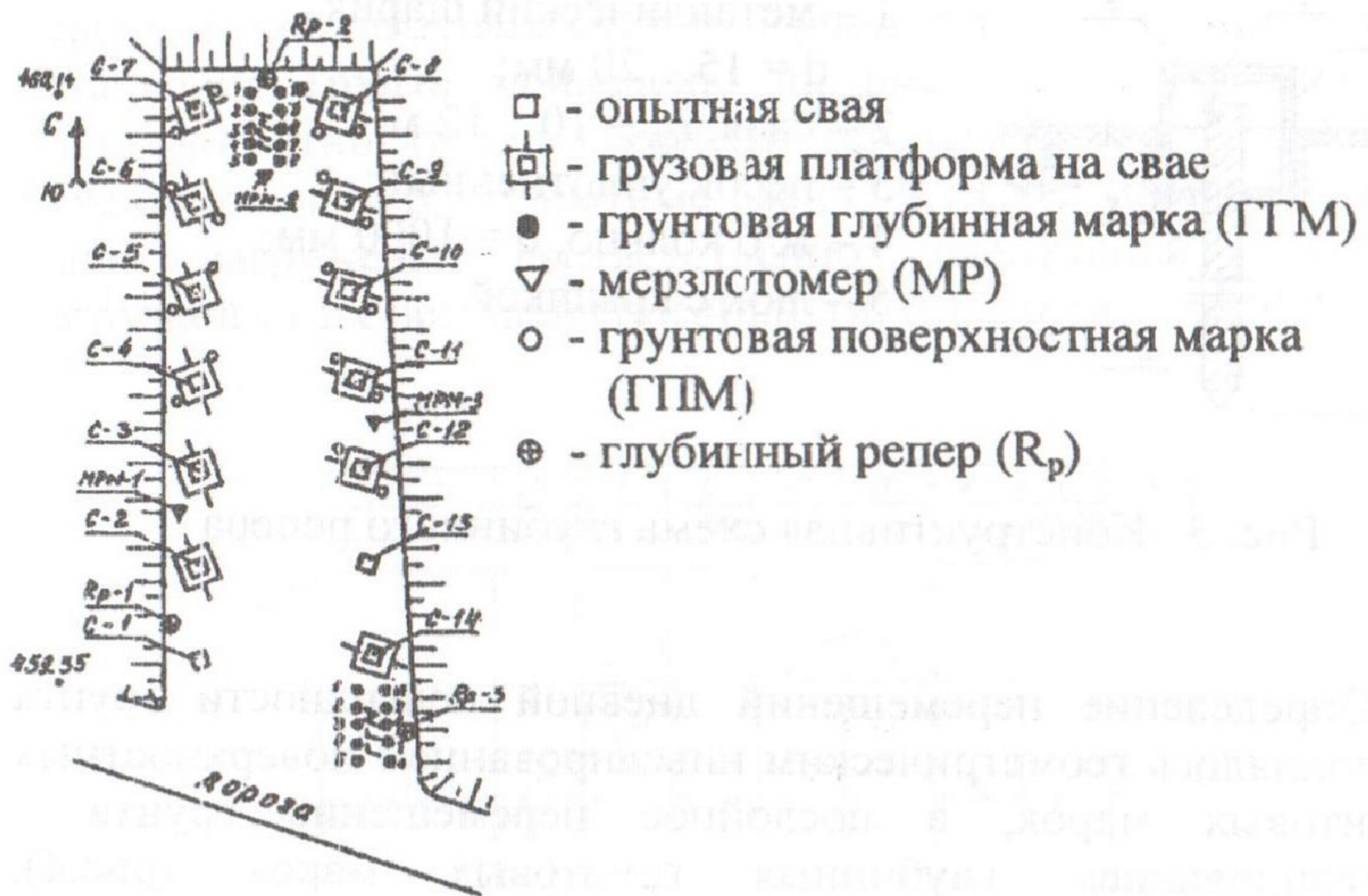


Рис. 1 Схема полигона № 2 по испытанию свай на морозное пучение

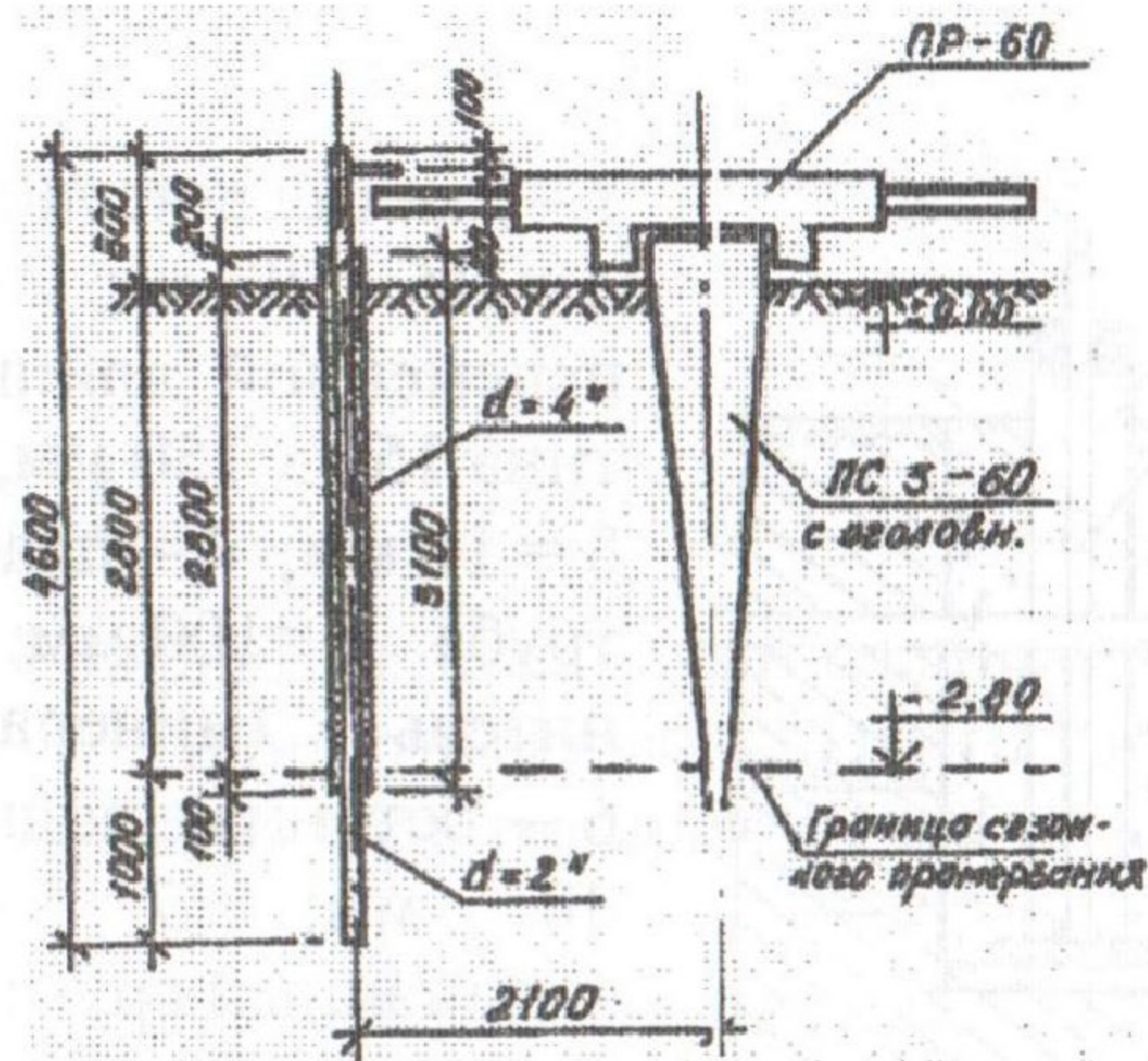
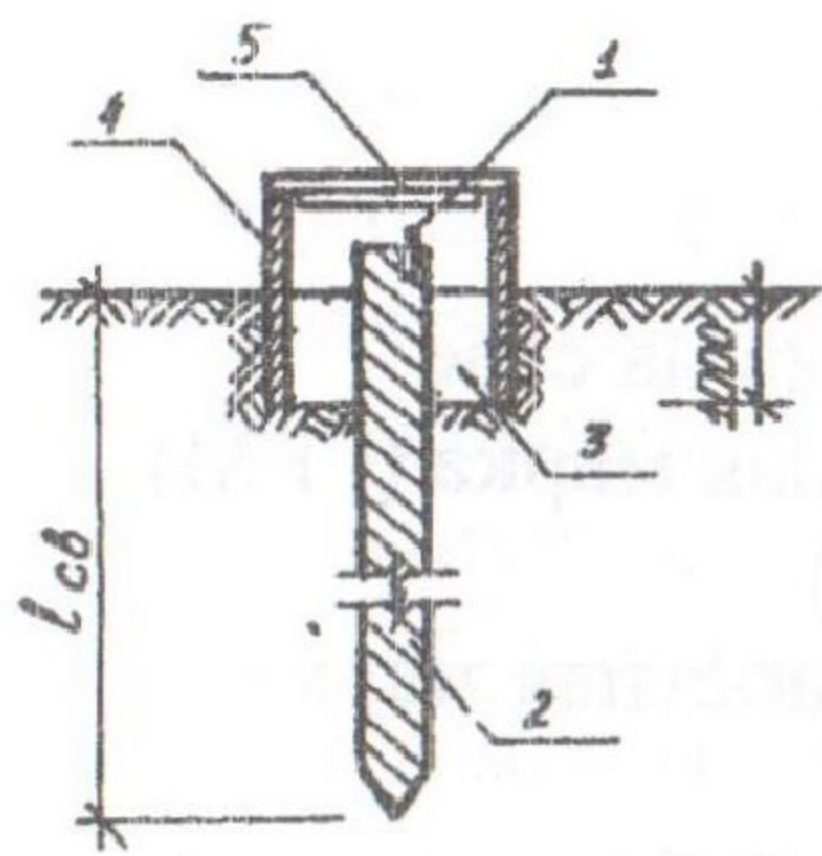


Рис. 2 Конструктивная схема независимого репера и его установки относительно грузовой платформы

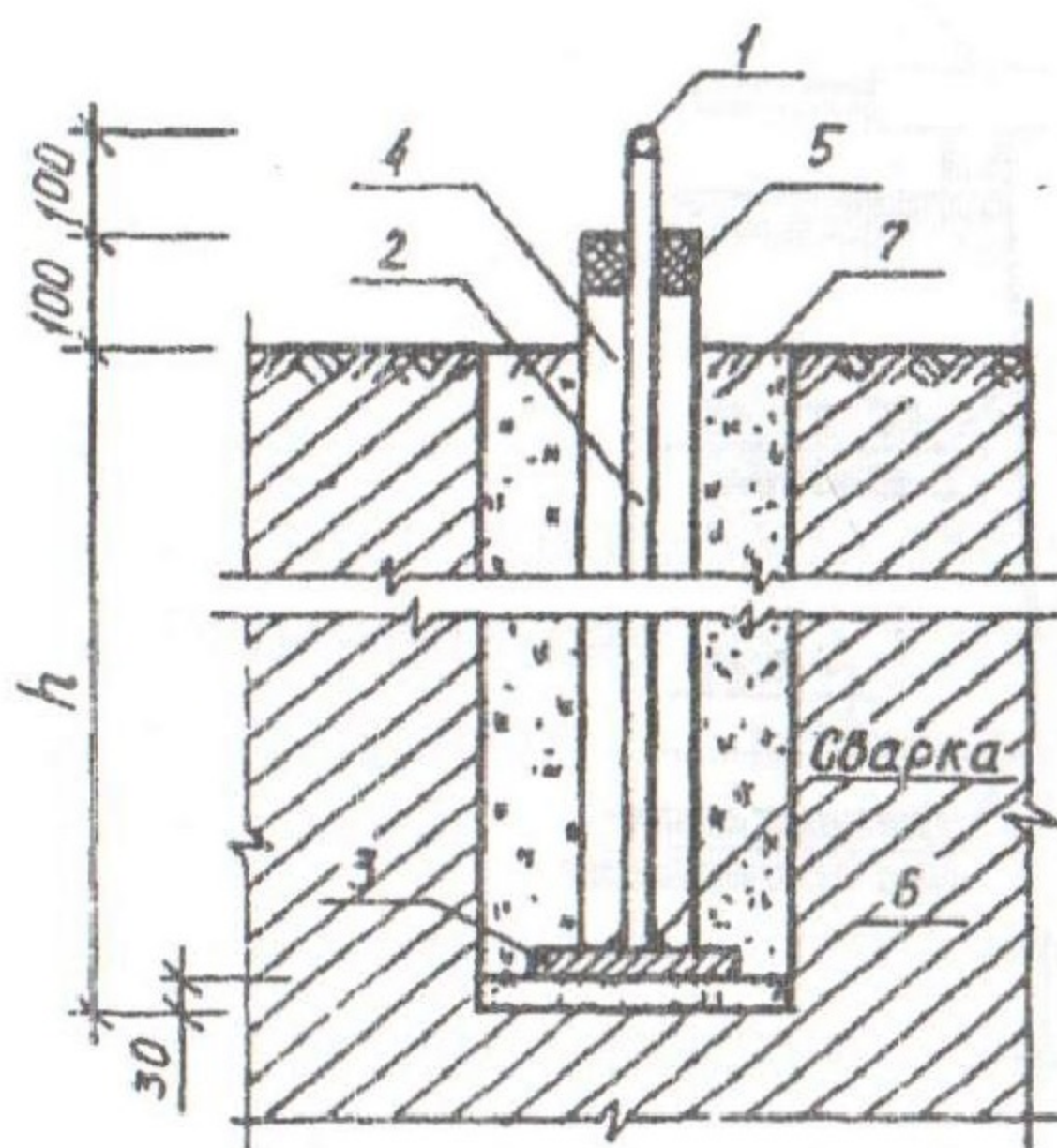




- 1 – металлический шарик,  
 $d = 15...20$  мм;
- 2 – свая,  $l_{св} = 10...12$  м;
- 3 – песок уплотненный;
- 4 – ж/б кольцо,  $d = 1000$  мм;
- 5 – люк с крышкой

Рис. 3 Конструктивная схема глубинного репера

Определение перемещений дневной поверхности грунта выполнялось геометрическим нивелированием поверхностных грунтовых марок, а послойное перемещение грунта – нивелированием глубинных грунтовых марок (рис.4), установленных на глубину до 3 м с интервалом 0,25 м. Глубина промерзания грунта определялась по мерзлотомерам Ратомского.



- 1 – металлический шарик,  
 $d = 15...20$  мм; 2 – стержень  
переменной длины; 3 – плас-  
тина 150 x 150 мм, толщиной  
 $\delta = 10$  мм; 4 – пластмассовая  
труба  $d = 100$  мм; 5 – уплот-  
нитель (минеральная вата);  
6 – бетонная подготовка:  $\delta =$   
30 мм; 7 – обратно  
засыпанный грунт

Рис. 4 Конструктивная схема грунтовой глубинной марки



Характерные графики перемещений дневной поверхности и перемещений опытных свай в период 1 цикла промерзания-оттаивания грунта приведены на рис. 5. Грунты данной площадки относятся к среднепучинистым и имеют модуль пучения равным 5,5. Опытные сваи С-9...С-12 марки ПС 4-80 были загружены соответственно следующей долевой нагрузкой от их несущей способности: 0.12; 0.88; 0.63; 1.12.

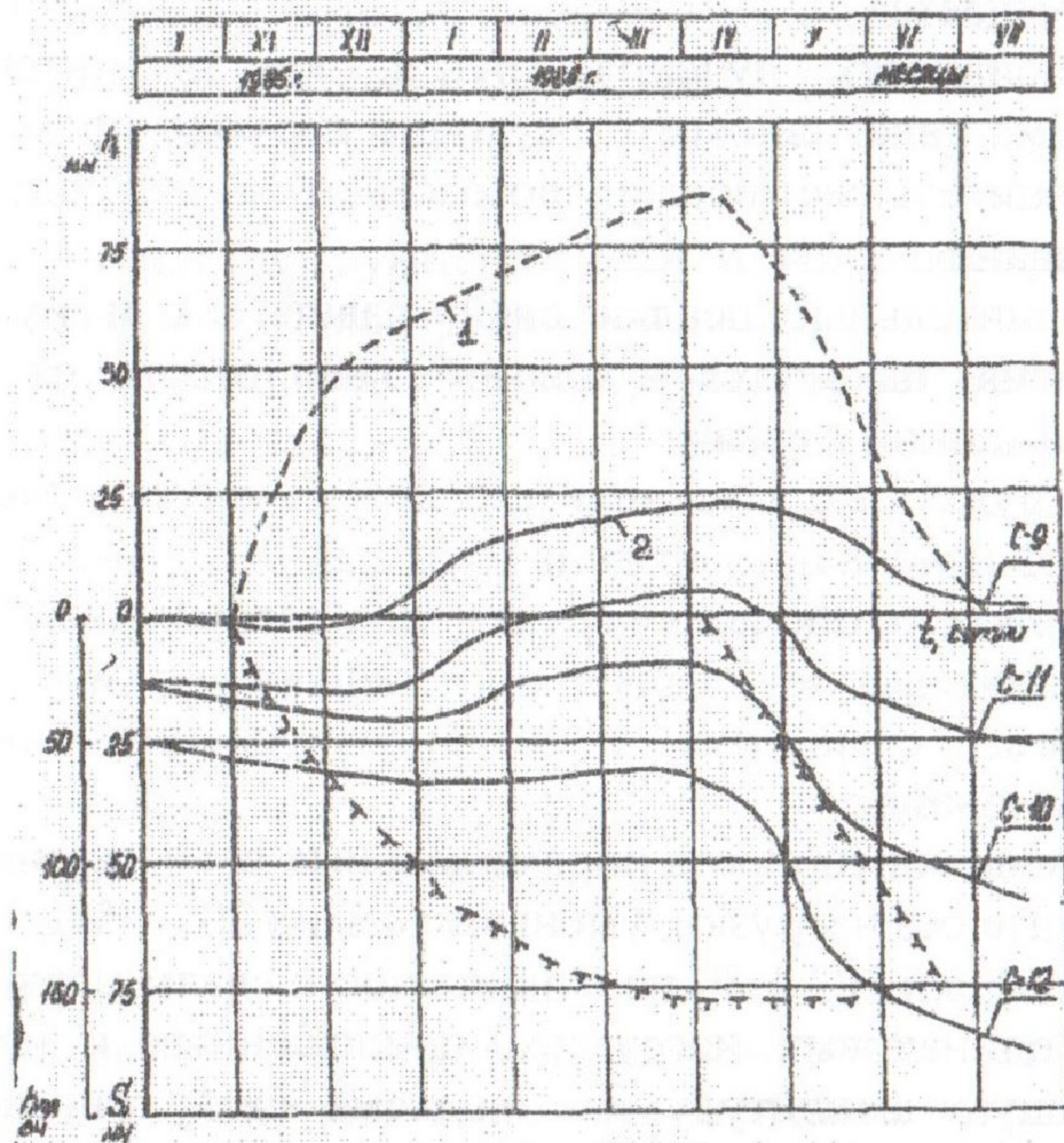


Рис. 5 Графики перемещений дневной поверхности (1) и опытных свай (2) при 1 цикле промерзания-оттаивания грунтов на полигоне № 2

Анализ исследований работы пирамидальных свай в среднепучинистых грунтах позволил сделать такие выводы:



1. Максимальной высоты пучения  $h_{\text{пуч}}$  или высоты подъема свай достигают при максимальной глубине промерзания или в последующий промежуток времени, длящийся около месяца, когда глубина промерзания уже идет на спад; высота пучения тем больше, чем меньше прилагаемая нагрузка.
2. При увеличении глубины промерзания грунта естественная стабилизированная осадка свай под нагрузкой затухает и при определенной глубине промерзания вообще прекращается.
3. Интенсивность пучения грунта, как и интенсивность подъема свай, снижается в конце периода промерзания, а дополнительные осадки возрастают к периоду полного оттаивания.
4. Дополнительные осадки свай, равно как и их скорости развития, находятся в прямой зависимости от нагрузки, приложенной к сваям.  
Незагруженные сваи не вернулись до своего положения на период начала промерзания грунта на 4...6 мм.  
В период оттаивания грунта все загруженные сваи дали дополнительную осадку, превышающую как величину подъема свай, так и стабилизированную осадку до промерзания.
5. Несущая способность пирамидальных свай, прозимовавших в грунте без нагрузки, уменьшилась на 20...25%.
6. Сваи марки ПС 4-80 по отношению к сваям марки ПС 3-60, при одинаковых нагрузках, приложенных к ним, имеют меньшую амплитуду как подъема свай, так и развития дополнительных осадок. Этот факт обусловлен тем, что у свай марки ПС 4-80 процент отношения боковой поверхности свай, расположенной в зоне талого грунта выше, чем у свай ПС 3-60.
7. Для определения предельно-допустимой нагрузки на сваю в средне-пучинистых грунтах можно рекомендовать следующую зависимость:



$$N = \left(1 - \frac{df}{l}\right) Fd$$

где  $Fd$  – несущая способность сваи,

$l$  – длина сваи,

$df$  – глубина промерзания грунта

Обобщение результатов экспериментальных исследований пирамидальных свай в грунтах различной степени пучинистости позволило установить такие закономерности совместной работы пирамидальных свай и их оснований, находящихся в зоне глубокого промерзания грунтов.

1. На работу пирамидальных свай в морозоопасных грунтах существенное влияние оказывают степень пучинистости грунтов, уровень нагружения свай и количество циклов промерзания-оттаивания грунтов основания.
2. Основными факторами, характеризующими воздействие сил морозного пучения на работу пирамидальных свай в пучинистых грунтах, являются выпучивание малозагруженных свай и дополнительные осадки свай (в период оттаивания) с коэффициентом их загрузки  $k_3 \geq 0,8$
3. Влияние сил морозного пучения грунтов при переходе от первого ко второму циклу сезонного промерзания грунтов на развитие обусловленных ими деформаций основания свай и формирование их несущей способности снижается в среднем в 1,5 раза.
4. Добивка свай на 1/20 часть их длины приводит к восстановлению их несущей способности, утраченной вследствие воздействия морозного пучения на основание свай.
5. Фундаменты из коротких пирамидальных свай применимы без каких-либо ограничений по несущей способности в слабопучинистых грунтах, их применение в сильнопучинистых грунтах не рекомендуется.
6. Применение фундаментов из коротких пирамидальных свай в среднепучинистых грунтах с модулем пучения  $m < 7$  возможно, но с ограничением по несущей способности в зависимости от глубины промерзания и принятой длины свай.