

## Из опыта первых испытаний талых крупнообломочных грунтов лопастными прессиометрами Л.С. Амаряна



**Статья представляет собой обзор, в котором впервые сделан анализ применения лопастных прессиометров конструкции Л.С. Амаряна для испытания талых крупнообломочных грунтов в скважинах в условиях Северо-Востока СССР. Автор также рассматривает наиболее приемлемые варианты конструкций таких приборов.**

### **Ульянов Василий Юрьевич**

Ассистент кафедры Основания и фундаменты Приднепровской Государственной Академии Строительства и Архитектуры (ПГАСА)

Среди наиболее распространенных видов опытных полевых работ, таких как статическое зондирование, штамповые и прессиометрические испытания, пожалуй, только последние позволяют проводить испытания крупнообломочных грунтов в скважинах.

### **Конструкции прессиометров**

По конструкции и характеру воздействия на стенки скважин прессиометры можно разделить на радиальные, лопастные и с секторным приложением нагрузки.

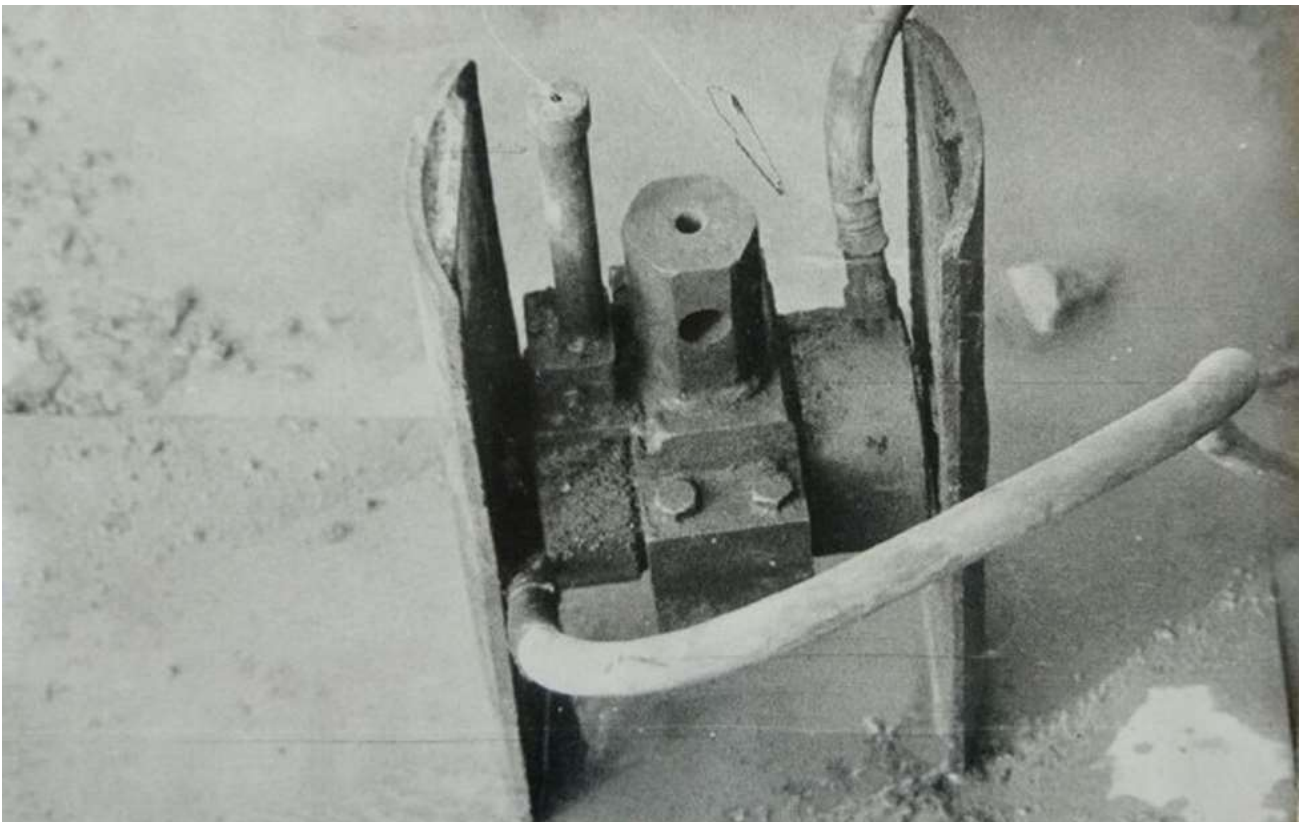
Радиальные прессиометры осуществляют равномерное нагружение стенок скважины эластичной оболочкой посредством нагнетания внутрь нее жидкости или газа. Лопастные прессиометры обычных конструкций (отечественные ЛПМ 14...22) воздействуют на грунты горизонтальной нагрузкой, которая передается плоскими вертикальными стальными пластинами-штампами. Огромное достоинство таких приборов заключается в том, что штампы срезают стенки лидерной скважины и испытываемый грунт имеет

минимальные нарушения. Но, к сожалению, для испытаний крупнообломочных грунтов такие устройства совершенно не применимы.

Менее известны прессиометры с секторным приложением нагрузки. Они воздействуют на стенки скважины горизонтальной нагрузкой, передаваемой, как правило, двумя стальными цилиндрически изогнутыми плитами (штампами), каждая из которых охватывает сектор от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ . Фактически, эти приборы по своей сути являются разновидностью обычных лопастных прессиометров, в большей степени учитывающих условия работы прибора в скважине. Плиты располагаются на диаметрально противоположных сторонах скважины. Ещё менее известен другой тип такого прибора, который имеет только один выдвижной штамп, а на противоположной его стороне имеется секторный выступ, в точности такой же по форме, как выдвижной штамп. Нагружение стенок скважины от этого не меняется – ведь оба сектора давят на стенки с одинаковой силой, а вот конструкция несколько упрощается.

### **Прессиометр гидравлический ЛПГ-42 конструкции Л.С. Амаряна**

Цилиндрические штампы секторных прессиометров, таким образом, разжимаются горизонтально, нагружая стенки скважины. Достигается это следующим способом: горизонтально расположенные гидроцилиндры разжимают, а после опыта сжимают цилиндрические секторные штампы [1]. К данному типу как раз и относится практически неизвестный в настоящее время тип такого прибора, а именно – скважинный лопастной прессиометр гидравлический ЛПГ-42 диаметром 273 мм, сконструированный Л.С. Амаряном специально для исследования широко развитых на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке крупнообломочных грунтов с различными заполнителями (рис. 1).



**Рис.1.** Лопастной прессиометр гидравлический ЛПГ-42 конструкции Л.С. Амаряна после первых опытов

Проведение опыта и методика обработки результатов, в сущности, не отличаются от испытаний обычными отечественными лопастными прессиометрами известных типов [2–6]. За рубежом самый известный из таких приборов – прессиометр «Goodman Jack», методика испытания которым описывается в стандарте ASTM D 4971-02 [7, 8].

Первые испытания прибора были проведены экспедицией ПНИИС в Монголии в начале 80-х годов. В последствии чертежи прибора с комплектом необходимой документации были в 1986 г. переданы в «СевВостТИСИЗ» Госстроя РСФСР (г. Магадан) для испытаний талых крупнообломочных грунтов в условиях Северо-Востока СССР. Первый прибор был изготовлен в цехах магаданского ремонтно-механического завода (МРМЗ) и после доукомплектования на базе мастерских треста испытан отделом опытных работ в строительном котловане на площадке марчеканского завода по ремонту строительно-дорожных машин в г. Магадане в ноябре 1986 г (рис. 2.). В последствии на МРМЗ был изготовлен и второй прибор, незначительно отличавшийся от первого. В целом, первые опыты подтвердили выводы, сделанные в отчёте ПНИИСа по результатам исследований крупнообломочных грунтов в Монголии, о пригодности данного типа приборов для определения деформационных свойств талых грунтов данного типа (в основном, галечниковых с песчаным заполнителем) в условиях Северо-Востока СССР.



**Рис.2.** Проходка первой технической скважины для испытаний лопастным прессиометром в условиях Северо-Востока СССР. В центре – автор статьи.



Однако, часть оборудования после первых же опытов все же пришлось дорабатывать. В частности, это касалось масляного насоса, который был дооснащён более совершенной системой специально изготовленных гидравлических вентилей для переключения режимов его работы, а также замены заводских штуцеров на собственные для надёжного соединения отрезков гибких гидравлических шлангов масляных магистралей. Короткий буровой колонковый снаряд диаметром 273 мм, оснащённый армированными твёрдыми сплавами зубьями Бара и предназначенный для проходки технических скважин под прибор в крупнообломочных грунтах, пришлось дополнительно оснащать системой пневмовыдува керна (рис.3.). Для этой цели в мастерских треста была оперативно доработана буровая установка УГБ-1ВС на базе ЗИЛ-131.



**Рис.3.** Бурение технической скважины коротким колонковым буровым снарядом с зубьями Бара (система пневмовыдува керна пока отсутствует)

От использования для этих же целей буровых установок УГБ-50М после первых опытов по ряду технических причин было принято решение отказаться. Также была признана совершенно необходимой и впоследствии создана оригинальная система локального обогрева геолога-оператора у скважины, производящего длительные опыты в условиях обычных для этого региона низких зимних температур (до – 35С в г. Магадане и до – 50С в

населённых пунктах вдоль Колымской трассы). Представлялось необходимым изготовить и отдельную независимую реперную систему для крепления индикатора перемещения струнного типа ИЧ-1, т.к. использовать для этих целей элементы буровой установки ввиду передаваемой значительной вибрации при работе дизельного привода бурового агрегата оказалось невозможным, а остановка двигателя даже на время опыта в зимний период совершенно исключалась. Тем более, что исходя из колымского опыта, на всех буровых установках треста дизельный привод бурового агрегата технологически был закольцован с карбюраторным двигателем автомобиля ЗИЛ-131 для предотвращения остывания и заморозки последнего. Одновременно с этим отапливалась и кабина водителя. По причине вибрации также практически исключалась тросовая подвеска буровых штанг с прибором над забоем скважины при производстве опыта (рис. 4.). Определённую сложность на первых порах представлял выбор точек бурения технических скважин под испытания прибором, особенно на склонах сопки, где преобладали уже не галечниковые грунты с песчаным заполнителем, а щебенистые и даже глыбовые разности (элювий гранодиоритов). В зимний период в условиях талых грунтов г. Магадана были сложности и с проходкой коротким колонковым снарядом большого диаметра мерзлых грунтов, развитых с поверхности, а также нередких в грунтовом разрезе и типичных для этой местности т.н. «перелетков». Но всё дополнительное оборудование, изготовленное в ремонтных мастерских треста для укомплектования прибора и дооборудования самой буровой установки, доказало свою высокую надёжность в сложных природно-климатических и геолого-технических условиях Крайнего Севера.



**Рис. 4.** Автор настоящей статьи регистрирует полученные значения в ходе первых испытаний грунтов лопастным прессиометром ЛПГ-42

Однако в ходе выполнения полевых работ выявились и некоторые недостатки конструкции самого прибора, главными из которых являлись следующие:

- открытая струнная система измерения перемещений выдвижной лопасти-штампа посредством блочков оказалась морально устаревшей, технически недостаточно надёжной и ремонтпригодной, особенно при отрицательных температурах, в следствии забивания грунтом, частых обрывов струн в местах крепления, запутывания струны вокруг шлангов и бурильных штанг при монтаже;
- не очень удачная конфигурация лопастей–штампов (отношение ширины к высоте);

- недостаточная жёсткость конструкции лопастей-штампов (загибание краевых частей лопастей-штампов вовнутрь в следствии продавливания штоком горизонтального гидроцилиндра подвижной лопасти-штампа);
- частое самопроизвольное проворачивание лопастей-штампов вокруг своей оси, приводящее к мгновенному заклиниванию прибора в скважине при спуско-подъёмных операциях, как правило, сопровождающееся критическим натяжением с последующим обрывом струны датчика перемещения. Это, в свою очередь, требовало высокой квалификации буровой бригады;
- отсутствие подсветки прибора на забое скважины (при монтаже и проведении испытаний в сухой скважине).

Для дальнейшего усовершенствования прибора было предположено следующее:

- замена открытой струнной системы измерения перемещений лопасти-штампа на герметичную проводную тензометрическую (электромеханическую) или струнную закрытого типа (в жёсткой металлической оплётке пружинного типа);
- изменение отношения ширина лопасти-штампа к высоте (уменьшение высоты);
- изменение конструкции лопастей-штампов (увеличение жёсткости), особенно в узле сочленения со штоком гидроцилиндра;
- исключение проворачивания лопастей-штампов вокруг своей оси (путём установки специальных ограничителей в нижней части прибора);
- подсветка прибора на забое скважины (путём установки светодиодного светильника с отражателем и дистанционным переключателем);
- монтаж в нижней части прибора съёмной короткой (до 0,5 м) штанги с упором в виде ножа или пяты для фиксации прибора над забоем скважины при производстве опыта;
- автоматизация всей системы в целом при проведении опыта и компьютеризация (в отведённой перспективе) при обработке результатов испытаний.

Также при проведении полевых испытаний и последующей обработке их результатов, со временем выяснилась особенность работы прибора в различных грунтах (песчаных, гравийных, галечниковых, элювиальных). В частности, глубина внедрения в стенки скважины подвижной и неподвижной лопастей прибора вместо заявленной равновеликой оказалась закономерно различной, причём в особо плотных крупногалечниковых грунтах внедрения неподвижной лопасти-штампа иногда вообще не отмечалось. Это обстоятельство вызвало необходимость обоснования введения в основную расчётную формулу по определению модуля деформации либо одного из двух коэффициентов, учитывающих работу лопастей штампов, как то:  $k=1$  (как при работе с двумя рабочими лопастями-штампами) или  $k=1,2$  (как при работе фактически с однолопастным типом прибора), или же какого-то промежуточного значения данного коэффициента, что в итоге серьёзно влияло на величину модуля деформации испытываемого грунта. Ввиду сложности с измерением фактической глубины внедрения в стенку даже сухой скважины неподвижной лопасти-штампа на больших глубинах, особенно в зимний период (когда трестом выполнялся основной объём работ), в т.ч. и по причине отсутствия видимости (т.н. «парения» скважин в талых грунтах в сильные морозы), исследования по этому важному направлению не были завершены.



## Заключение

В заключение следует отметить, что специалистами треста в конце 80-х годов был разработан и изготовлен уникальный скважинный прессиометр клинового типа для испытаний талых крупнообломочных грунтов в скважинах диаметром до 168 мм, лишённый части недостатков ЛППГ-42. Однако общий развал строительной отрасли СССР в указанные годы, а также прекращение финансирования ввиду резкого сокращения объёмов изыскательских работ и вынужденная реорганизация треста «СевВостТИСИЗ» не позволили довести эти крайне перспективные работы даже до стадии полевых испытаний. Какие-либо упоминания об этих, по-своему уникальных приборах, совершенно отсутствуют в научно-технической литературе, а имеющиеся в распоряжении автора статьи фотографии – единственные сохранившиеся документальные свидетельства выполненных в 80-х годах на Северо-Востоке СССР пионерных исследований. Как отсутствуют и сведения о современных приборах, которые должны были прийти к ним на замену.

Таким образом, проблему полевых испытаний крупнообломочных грунтов в скважинах можно считать до сих пор окончательно не решённой.

## Список литературы

1. Кошелев А.Г. Испытания скальных грунтов прессиометрами. Проблемы и решения / Инженерные изыскания, № 5-6, М., 2014, стр. 46-50.
2. ГОСТ 20276-99. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости / М.: МНТКС, 1999.
3. Рекомендации по испытаниям грунтов методом лопастной прессиометрии / ПНИИИС, М.: Стройиздат, 1985, 48с.
4. Амарян Л.С. Лопастная прессиометрия и ее применимость в инженерной геологии. Сборник научных трудов «Технология и техника полевых испытаний грунтов». ПНИИИС. М., 1986, стр. 14-20.
5. Амарян Л.С., Васильев А.В., Цинский Б.В. и др. Руководство по испытанию грунтов лопастными прессиометрами и прессиометрами-сдвигомерами. ПНИИИС. М., 1981, 42 с.
6. ASTM D 4971-02. Standard test method for determining the in situ modulus of deformation of rock using the diametrically loaded 76-mm borehole jack. ASTM International, 2002.
7. *Goodman R.E., Harlamoff A.J., Horning D.O.* Device for testing rock in place: United States patent 3446062 A. Abstract of the disclosure. Berkeley, California, USA: University of California, USPTO, 1969.