

ОБЗОР ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ ПРЕССИОМЕТРОМ: ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ

Можейко И. Г., Пашкевич А. И.

Научный руководитель – Моради Сани Б.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь

Аннотация. В статье приводится обзор типов прессиометров и особенностей их использования в разных странах, перечисляются достоинства и недостатки прессиометрических испытаний, оценивается применимость прессиометров в различных грунтах.

Введение

Прессиометрические испытания можно проводить во всех видах грунта. Отдельные типы прессиометров получили широкое распространение в одних странах, но не получили в других, следовательно, исследования в этой области являются актуальными.

Прессиометрические испытания позволяют определить прочностные и деформационные характеристики грунтов в условиях их естественного залегания (таблица 1).

В общем случае испытания прессиометром позволяют определить:

- прессиометрический модуль деформации грунта E_p ;
- упругий модуль при разгрузке E_R ;
- коэффициент бокового давления в состоянии покоя K_o ;
- коэффициент консолидации в горизонтальном направлении c_h ;
- предельное давление на грунт p_l ;
- недренированная прочность глинистых грунтов c_u [1].

Испытания прессиометрами регулируются в различных странах следующими стандартами (таблица 2).

Таблица 1. – Выбор прессиометров для определения свойств грунта

Типы прессиометров	Балонный		Самозабуривающийся		Вдавливаемый
	среднее	высокое	среднее	высокое	
Давление	среднее	высокое	среднее	высокое	среднее
Вид грунта	дисперсные грунты	скальные грунты	дисперсные грунты без включений	слабые скальные грунты	грунты, в которые может быть погружен зонд
Вид испытания	Менард	Напряжение/деформация	Напряжение/деформация		Напряжение/деформация
Параметры	Модуль деформации, предельное давление	Горизонтальное напряжение σ , прочность из предельного давления	Прочность из кривой нагружения, прямое измерение σ , G из цикла «разгрузка/нагрузка»		Горизонтальное напряжение σ , прочность по кривой разгрузки и корреляции

Таблица 2. – Стандарты проведения прессиометрических испытаний

Страна	Вид ТНПА
Беларусь	СТБ ISO 22476-4-2009 Геотехнические исследования и испытания. Полевые испытания. Часть 4. Испытание с использованием прессиометра Менарда
Россия	ГОСТ Р ИСО 22476-4-2017 Геотехнические исследования и испытания. Испытания полевые. Часть 4. Испытание прессиометром Менарда. 2) ГОСТ 20276.2-20 Грунты. Метод испытания радиальным прессиометром. 3) ГОСТ 20276.6-2020 Грунты. Метод испытания лопастным прессиометром. 4) ГОСТ 20276.7-2020 Грунты. Метод испытания прессиометром с секторным приложением нагрузки.
Европа	ISO 22476-4:2012 "Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 4: Menard pressuremeter test"
США	ASTM D 4719

Примечание собственная разработка.

Основные типы прессиометров, применяемых на практике, рассмотрены на рисунке 2.



Рисунок 2. – Типы прессиометров

В баллонном (пневматическом) прессиометре или прессиометре Менарда в ходе испытаний выполняется измерение расширения резиновой камеры, опущенной на заданную глубину в предварительно пробуренную скважину, при заданном давлении жидкости или воздуха [2].

Самозабуривающийся прессиометр имеет режущую часть, при помощи которой выполняется разбуривание грунта с одновременной промывкой водой и удалением грунта на поверхность.

Вдавливаемый конусный прессиометр сочетает в себе гибкую камеру и стальной конический зонд.

В лопастном прессиометре в грунт вдавливаются два жестких штампа прямоугольной формы, площадь которых зависит от глубины испытания и вида грунта. Разновидностью лопастных являются 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° до 90° [3].

Различные типы прессиометров нашли свое распространение в различных странах (таблица 3).

В Республике Беларусь используется радиальный прессиометр РП-1, однако самозабуривающиеся и конусные прессиометры не нашли своего применения в Беларуси и России.

Таблица 3. – Типы прессиометров, используемых в разных странах

Страна	Вид прессиометра
Беларусь	Прессиометр Менарда или радиальный (баллонный) прессиометр

Россия	Прессиометр Менарда, лопастный прессиометр, прессиометр с секторным приложением нагрузки
Франция	Прессиометр Менарда, самозабуривающийся прессиометр
Англия	Прессиометр Менарда, самозабуривающийся прессиометр, вдавливаемый конусный прессиометр
США	Прессиометр Менарда или радиальный (балонный) прессиометр

Примечание собственная разработка.

Рассмотрим достоинства и недостатки прессиометрических испытаний. Достоинства:

- любые грунтовые условия могут быть исследованы при соответствующем выборе типа прессиометра;
- имеется подобие между расширением оболочки прессиометра и условиями расширения цилиндрической плоскости, что позволяет использовать аналитические решения для определения параметров прессиометров;
- могут быть определены основные параметры грунтов (E_p , c_u , природные горизонтальные напряжения для глинистых грунтов и Φ для песчаных грунтов);
- используются как для исследования свойств природных грунтов, так и для грунтов после их искусственного закрепления;
- параметры грунтов, полученные прессиометрическим методом, могут использоваться для калибровки данных статического зондирования и др. полевых испытаний;

Недостатки прессиометрических испытаний:

- сложность получения повторяемых результатов в случае использования балонного прессиометра, так как существует зазор между баллоном и стенками скважины;
- невозможность полноценно использовать балонный прессиометр в песчаных и слабых водонасыщенных глинистых грунтах из-за возможности обрушения стенок скважины;
- применение самозабуривающегося прессиометра является трудоемким и требует квалифицированного персонала и не применимо в грунтах с включениями;
- конусный прессиометр из-за особенностей конструкции (конус и резиновый баллон имеют равный диаметр) может быть поврежден силами трения, поэтому резиновую оболочку прессиометра

приходится дополнительно защищать кожей и стальными пластинами.

Применимость прессиометров в различных грунтах рассмотрим в таблице 4.

Таблица 4. – Применимость прессиометров в различных грунтах

Вид грунта	Тип прессиометра		
	баллонный	самозабуривающийся	конусный
Мягкие глины	A	A	A
Твердые глины	A	A	A
Рыхлые пески	B – с поддержкой стенок	A	A
Плотные пески	B – с поддержкой стенок	B	C
Гравелистые грунты	C – с бурением	N	N
Выветрелые скальные грунты	A	B	N
Слитные скальные грунты	A	N	N
A – очень хорошая применимость; B – хорошая; C – удовлетворительная; N – невозможно применять			

Примечание собственная разработка.

Заключение

1. Прессиометрические испытания позволяют определить множество деформационных и прочностных характеристик грунта и могут проводится во всех видах грунта.

2. Выделяют различные типы прессиометров: радиальный или баллонный (прессиометр Менарда), самозабуривающийся, вдавливаемый конусный и лопастный прессиометры.

3. В разных странах отдаются используются различные типы прессиометров. В Республике Беларусь используется радиальный прессиометр РП-1, а самозабуривающиеся и конусные прессиометры не нашли своего применения в Беларуси и России.

4. Сравнивая применимость прессиометров в различных грунтах, можно отметить, что баллонный прессиометр может быть применен в любых видах дисперсных и скальных грунтов, при возможности пробурить скважину с устойчивыми стенками; самозабуривающийся прессиометр применим в песчаных и глинистых грунтах без исключений, а конусный – только в те грунты, в которые возможно его погружение вдавливанием.

Литература

1. Кошелев, А. Г. Испытания скальных грунтов прессиометрами: проблемы и решения / А. Г. Кошелев / Инженерные изыскания. – №5-6. – 2014. – С. 46-51.

2. Геотехнические исследования и испытания. Полевые испытания. Часть 4. Испытание с использованием прессиометра Менарда : СТБ ISO 22476-4-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск : РУП «Стройтехнорм», г. Минск, 2010. – 138 с.

3. Грунты. Метод испытания радиальным прессиометром : ГОСТ 20276.2–2020. – Введ. 11.08.2020. – М.: Стандартиформ, 2020. – 16 с.