

УДК 624.132

Оборудование для исследования глубоководных скважин

Михаил Сукач

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Воздухофлотский просп. 31, Киев, Украина, 03680
msukach@ua.fm, <https://orcid.org/0000-0003-0485-4073>

Received: 18.10.2021; Accepted: 23.11.2021
<https://doi.org/10.32347/gbdmm.2021.98.0301>

Аннотация. С ростом подводного строительства возрастает потребность в точных инженерных данных морского дна. Современная техника позволяет брать пробы донных грунтов с частично нарушенной структурой, особенно слабых грунтов и илов. Испытания таких образцов в лабораторных условиях приводит к неизбежным погрешностям. Несмотря на постоянное совершенствование технических средств пробоотбора, они не могут полностью заменить исследования свойств донных грунтов в естественных условиях. Поэтому возникла необходимость в создании устройств для натурального изучения подводных грунтов. В глубоководных скважинах применяются следующие методы исследования грунта: штамповые испытания, вращательный срез, пенетрационный каротаж, резание грунтов, прессиометрия.

Бурение подводных скважин на дне осуществляется с плавбазы и буровой установки. В качестве базы используют понтоны (катамараны, тримараны) и буровые суда (самоходные и несамоходные). На шельфе чаще применяют понтоны с выдвижными опорами или затопленным основанием. Буровую вышку с рабочим оборудованием обычно размещают в центре понтона. Выбор бурового определяется обусловлен целью работ, глубиной и диаметром подводных скважин, глубиной моря, водоизмещением буровой установки, физико-механическими свойствами донного грунта и др.

Глубоководное бурение проводят со специальных судов, на которых смонтирована буровая установка. Применяются суда с открывающимся днищем или специальной шахтой для пропуска обсадных и бурильных труб, а также с выдвижными консольными платформами. Буровые суда и понтоны удерживают в неподвижном положении с помощью четырех или шести якорей, закрепленных на носу и ко-

рме плавсредства. Буровые установки обеспечивают вращательное, ударно-вращательное, ударно-канатное, вибрационное, вращательно-всасывающее и эрлифтное бурение. Бурение на максимальных глубинах в океане осуществляется с помощью глубоководных донных платформ и автономных управляемых аппаратов.

Ключевые слова: глубоководная скважина, бурение, штамповые испытания, вращательный срез, пенетрационный каротаж, резание грунтов, прессиометрия.

ШТАМПОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Испытания грунтов статическими нагрузками (штампами) являются наиболее достоверными по сравнению с любыми испытаниями, проводимыми в условиях естественного залегания грунтов в тех случаях, когда эти исследования необходимы для строительства долговременных сооружений, так как штампы моделируют совместную работу фундаментов и оснований [1, 2]. Однако эти исследования проводят только для ответственных сооружений из-за большой трудоемкости, продолжительности опытов и значительной стоимости их проведения. Интерпретацию результатов испытаний производят согласно ДСТУ Б В.2.1-7-2000 (ГОСТ 20276-99) Основания и фундаменты зданий и сооружений. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

При установке на морское дно исследовательского оборудования, агрегатов сбора твердых полезных ископаемых и др. также необходима оценка несущей способности донных грунтов, которая определяется

штамповыми испытаниями. Наиболее широко применяют плоские и конусные штампы.

Для определения несущей способности грунтов в глубоководных условиях применяют устройство (а.с. 538092), которое состоит из пенетрационной штанги 1 с датчиком давления 2 на ее нижнем конце (Рис. 1). На штанге выполнены кольцевые проточки 3, в которые входят защелки 4 под действием электромагнитов 5, установленных на ползуне 6. На верхнем конце штанги закреплен поплавок 7 с отверстиями 8 и 9. В поплавке помещен источник питания 8, соединенный кабелем 9 с электромагнитами 5. Вдавливание пенетрационной штанги в грунт осуществляется по мере заполнения поплавка водой под действием разности веса воды и воздуха. По достижении соответствующей несущей способности грунта датчик давления отключает электромагниты и защелки фиксируют штангу. Устройство

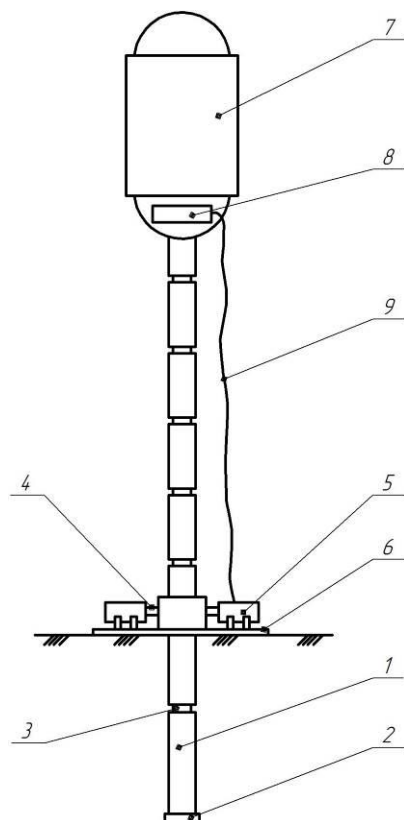


Рис. 1. Устройство для определения несущей способности глубоководных грунтов

Fig. 1. Device for determining the bearing capacity of deep-sea soils

поднимают на борт судна и по положению ползуна определяют глубину залегания грунта с заданной несущей способностью.

Фирмой "Мак Клелланд" разработано устройство для измерения несущей способности донного грунта на месте залегания, которое представляет собой металлический короб площадью $0,7 \times 0,7 \text{ м}^2$ с балластом и кронштейнами по углам [3]. К кронштейнам крепятся шесть полых труб, в которых свободно скользят ножки с плоскими башмаками, сохраняющими неподвижность при давлении на грунт до 5 кПа. При заглублении в грунт основания короба, лежащего на дне, ножки вдвигаются внутрь полых труб. Уровень заглубления фиксируют пружинным измерителем, представляющим собой цилиндрическую пружину, надетую на каждую из ножек. Полные перемещения измеряют после поднятия установки на палубу. Устройство рассчитано на работу в пределах давлений от 5...40 кПа.

ВРАЩАТЕЛЬНЫЙ СРЕЗ

Вращательный срез применяют в качестве экспрессного метода для определения прочности грунта как в набортных лабораториях, так и в условиях их естественного залегания [4]. Результатом испытания подводных грунтов является определение сцепления τ_0 и угла внутреннего трения ϕ донного грунта ДСТУ Б В.2.1-7-2000 (ГОСТ 20276-99). Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

Испытания заключаются во вращательном сдвиге объема грунта по цилиндрической поверхности крестообразной крыльчаткой, состоящей из четырех лопастей, размеры которых составляют по высоте от 60 до 200 мм и по диаметру от 50 до 100 мм.

Крыльчатку вдавливают в грунт и проворачивают вокруг своей оси на 720° . Сопротивление грунта при срезе определяют по максимальному крутящему моменту

$$\tau_{ср} = M_{\max} / B_{кр}, \text{ Па,}$$

где $B = (0,5\pi d^2 h / (1 + d / 3h))$ – постоянная крыльчатки; d и h – соответственно диаметр и высота лопастей, м.

Сопротивление грунта при сдвиге находят по минимальному крутящему моменту, соответствующе

$$\tau_{сд} = M_{\min} / B_{кр}, \text{ Па}$$

Коэффициент внутреннего трения грунта

$$\tan \varphi = \tau_{сд} / (\tau_{сд} + p_{гр}), \text{ град.},$$

где $p_{гр} = \rho g H$, Па - давление грунта на глубине проведения опыта H , м; ρ – плотность грунта, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с².

Удельное сцепление грунта рассчитывают по формуле

$$\tau_o = \tau_{ср} - (\tau_{ср} + p_{гр}) \tan \varphi, \text{ Па.}$$

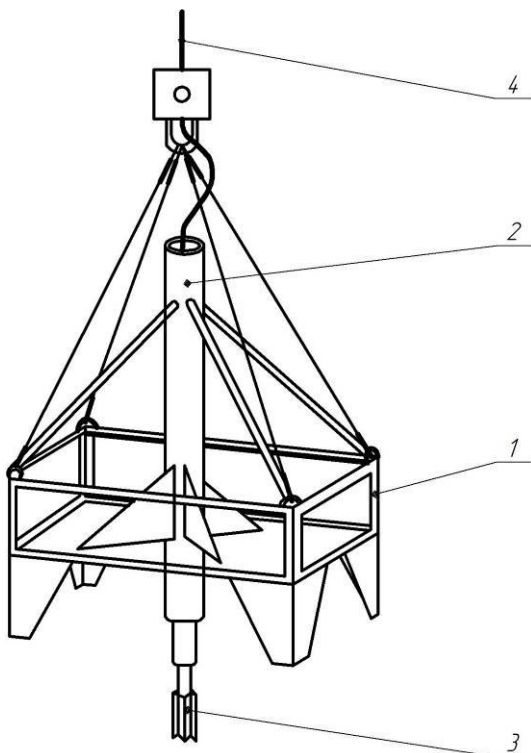


Рис. 2. Установка для исследования подводных грунтов "Халибуд"

Fig. 2. Installation for the study of underwater soils "Khalibud"

Для измерения прочности донных грунтов на глубине свыше 1500 м методом вращательного среза применяется установка "Халибуд", разработанная корпорацией "Мак Клелланд" [3]. Установка (Рис. 2.) состоит из несущей рамы 1 размером 1,2×1,2 м² с опорной стойкой 2, на которой смонтирована крыльчатка 3, и грузонесущего кабеля 4. Максимальное заглубление крыльчатки в грунт 5,4 м. На Рис. 3 показаны результаты измерений сопротивления вращательному срезу и несущей способности донных илистых грунтов, полученные с помощью управляемой крыльчатки "Ремонт Ван".

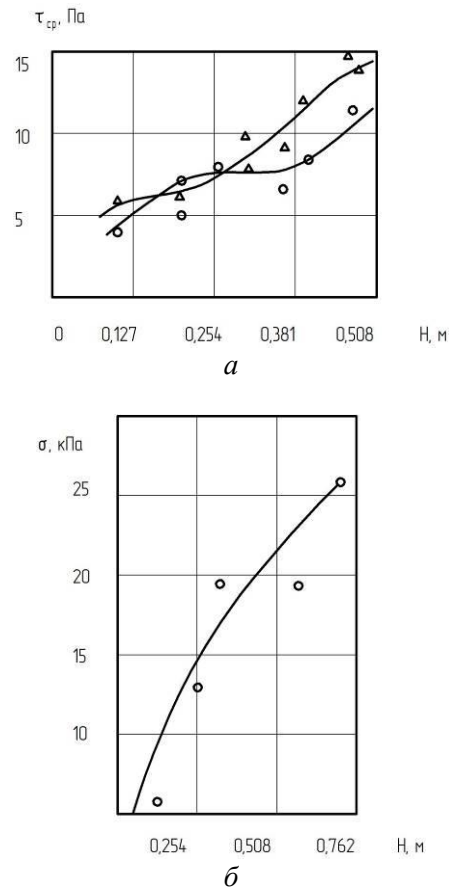


Рис. 3. Характеристики донного илистого грунта, полученные на установке "Халибуд": а – сопротивление вращательному срезу; б – несущая способность (H – величина заглубления крыльчатки в грунт)

Fig. 3. Characteristics of the bottom silty soil obtained on the "Khalibud" installation: a - resistance to rotational shear; b - bearing capacity (H - the value of the impeller penetration into the ground)

Крыльчатки, применяемые на автономной платформе "Дотипос" имеют четыре размера диаметром от 51 до 102 мм [5]. Соотношение высоты к диаметру крыльчаток равно двум. Величина внедрения в грунт до 3 м.

В Лехайском университете разработана глубоководная исследовательская платформа для измерения прочности ненарушенных грунтов (Рис. 4). Платформа представляет собой сварную конструкцию пирамидальной формы 1, на которой установлены вертикальный стержень 2 с крыльчаткой 3, механизм внедрения 4, погружной маслозаполненный двигатель 5, аккумуляторы питания 6, тензометрический датчик крутящего момента 7 и датчик пространственного положения 8. Диаметр крыльчатки 75 мм, высота 150 мм, скорость вращения 1,33 град/с. Наибольшая глубина внедрения 3 м. Рабочая глубина устройства 4600 м. Вес платформы 1380 кг.

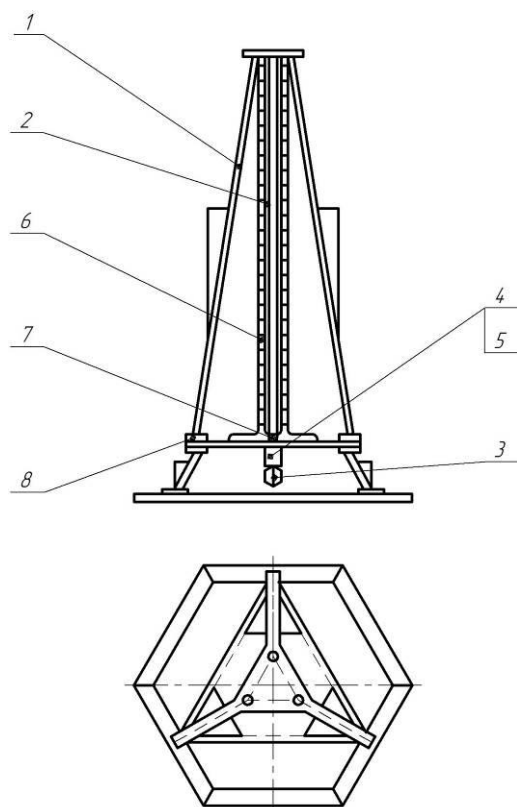


Рис. 4. Глубоководная исследовательская платформа Лехайского университета

Fig. 4. Deep Sea Research Platform Lehighs University

ПЕНЕТРАЦИОННЫЙ КАРОТАЖ

Пенетрационный каротаж заключается в исследовании донного массива путем внедрения в него специального зонда, объединяющего ряд первичных преобразователей непрерывного действия, которые регистрируют измерительную информацию в аналоговой или дискретной форме.

Комплекс методов пенетрационного каротажа включает: гамма-каротаж, ГК; гамма-гамма каротаж, ГГК (определение объемной массы грунтов); нейтрон-нейтронный каротаж, ННК (определение влагосодержания грунтов); статическое зондирование (определение вида пород, прочностных и деформационных характеристик грунтов, оценка однородности разреза).

По результатам пенетрационного каротажа строят поля распределения свойств донного грунта по профилям и определяют расчетные показатели.

Для исследования донных грунтов шельфа создана подводная пенетрационно-каротажная станция ПСПК-69, эксплуатируемая на судне "Геолог-1" [6]. Исследования проводят погружной установкой, состоящей из удерживателя колонны штанг 1, несущей формы с балластной емкостью 2, герметичного контейнера 3, гидроцилиндра 4, который приводится в действие гидросистемой 5, компенсатора давления 6, электродвигателя 7, балласта 8 и колонны штанг 9 с измерительным зондом 10 (Рис.5).

Связь с бортом судна обеспечивается с помощью кабеля 11, по которому подается электропитание и съем сигналов с датчиков. Питание электродвигателя осуществляется с помощью силового кабеля 12. Управление погружным устройством и регистрация данных измерений производится на борту плавсредства. В измерительном зонде размещены три тензометрических датчика для определения прочностных параметров при вдавлении зонда в грунт, а также два или три датчика радиоактивного каротажа для определения физических свойств грунта при извлечении из него зонда (плотности и влагосодержания). Серьезным недостатком этой устано-

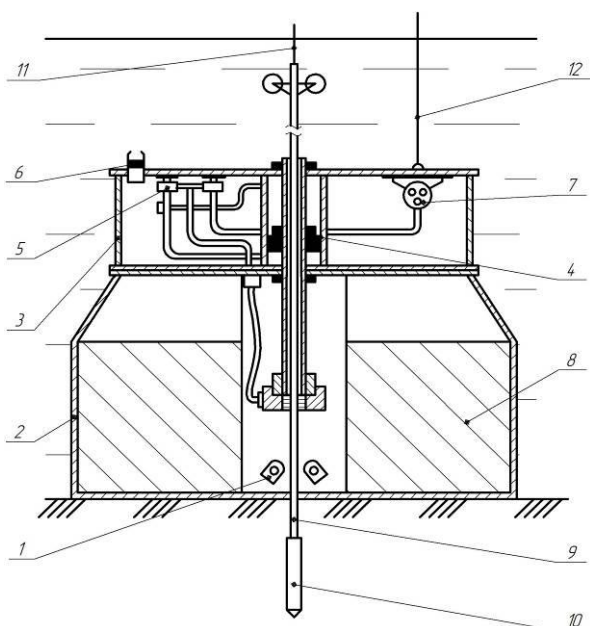


Рис. 5. Пенетрационно-каротажная станция ПСПК-69

Fig. 5. Penetration and logging station PSPK-69

вки является ее большая масса, что затрудняет эффективную работу на слабых грунтах, таких как ил и песок.

Методы пенетрационного каротажа позволяют получать непрерывную по глубине запись значений показателей состава, состояния и свойств пород. Реализуются они на основе проходки статическим зондированием. Регистрирующая аппаратура расположена в наконечнике зонда, который находится в забое. Запись показателей осуществляют в условиях судовой лаборатории (на дневной поверхности).

За рубежом также широко применяются установки для пенетрационного каротажа. Однако из-за технических сложностей для глубоководных исследований донных грунтов их не используют.

Преимущества пенетрационного каротажа заключаются в непрерывности получения информации о свойствах грунта по глубине его залегания и хорошая сходимость результатов с другими геофизическими методами [7]. В то же время его недостатками является относительно низкая производительность определения физико-механических свойств донных грунтов, сложность аппаратного обеспечения и дистанционного управления.

РЕЗАНИЕ ГРУНТОВ

Одним из основных прочностных свойств грунтов является параметр сопротивляемости их разработке. Он определяется усилием грунтовой среды резанию рабочими органами землеройных машин.

А.В. Шпиков разработал устройство для определения сопротивления грунтов резанию по высоте буровой скважины [8]. Устройство включает трос 1, который крепится к механизму 3 фиксаторов 5, обсадную трубу 2 с кольцевым пазом 4 в нижней части, кабеля 6, тензодатчиков 7, тяг 8, ножей 9, стержня 10 и предохранительной трубы 11 (Рис. 6).

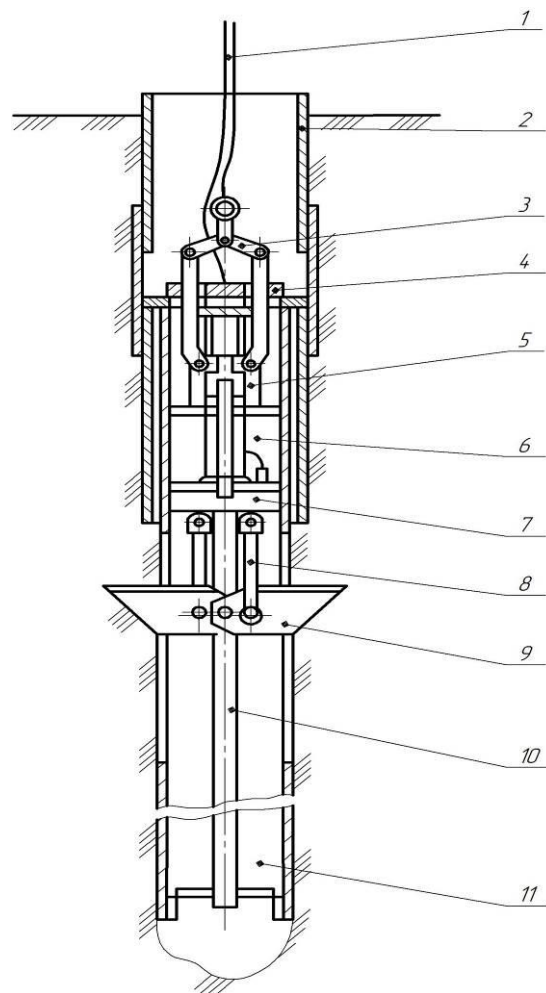


Рис. 6. Устройство для определения сопротивления грунтов резанию по высоте буровой скважины

Fig. 6. Device for determining the resistance of soils to cutting along the height of the borehole

Данная конструкция в отличие от известных позволяет определять сопротивление резанию неустойчивых, грунтов, песков, илов. В скважину опускают на тросе трубчатый корпус, в прорези которого находятся подпружиненные ножи.

Устанавливают корпус на забой и лебедкой извлекают обсадные трубы. Срабатывает механизм заклинивания и корпус вместе с башмаком обсадной трубы поднимают вверх. Ножи, шарнирно закрепленные одним концом в корпусе, принимают горизонтальное положение. Сопротивление резанию грунтов передается на тензометрический датчик давления и фиксируется на самописце.

Таким образом определяют сопротивление резанию всего пробуренного слоя грунта. Однако в данном случае условия резания существенно отличаются от условий резания при проведении дноуглубительных работ, так как ширина ножей устройства на порядок меньше, чем глубина резания. Кроме того, при проведении работ, на дне необходимо разрушать верхний слой, грунта [9 – 11]. Этот же прибор не пригоден для исследования процессов резания поверхностного слоя дна.

С этой целью разработаны и испытаны на глубине до 6000 м стационарные установки для исследования донных грунтов (С.-Петербургский горный институт) и буксируемая установки *SIC Mk-II* (Япония). Конструкции и принцип их действия описаны в главе 5 настоящей монографии.

ПРЕССИОМЕТРИЯ

Прессиометрические испытания проводятся с целью определения модуля деформации, сцепления и угла внутреннего трения подводных грунтов.

Метод прессиометрии заключается в следующем. Зонд, выполненный в виде металлического цилиндра с надетой на него резиновой оболочкой, погружают в предварительно пробуренную скважину. Оболочка, под которую под давлением подают воздух или жидкость, деформирует грунт. Соотношение между деформацией оболочки и нагрузкой (давлением) на стенки

скважины характеризует механические свойства грунта.

Применяют пневматические, гидравлические и механические системы нагружения. Измерительная система может быть гидравлической с визуальной или автоматической регистрацией и электрической. Действующие стандарты регламентируют ряд требований к количественным и качественным параметрам скважины, а также точности применяемых датчиков и регистрирующей аппаратуры.

Прессиометрические испытания глубоководных грунтов до настоящего времени почти не проводились, хотя в инженерно-геологических исследованиях грунтов при строительстве на суше этот метод применяют довольно широко. Преимуществами прессиометрии являются относительная дешевизна и простота испытания грунтов, позволяющая по отношению напряжение-деформация определять свойства грунтов. Метод позволяет проводить испытания при циклической нагрузке. Это особенно важно

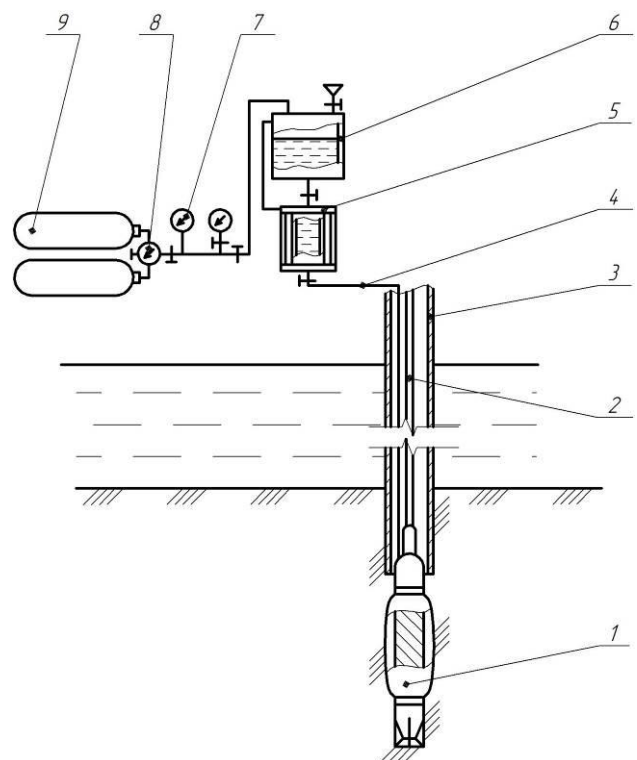


Рис. 7. Схема прессиометрической установки ПГ-108-СМ

Fig. 7. Scheme of the pressuremeter installation PG-108-SM

в случаях, когда невозможно получить образцы грунта ненарушенной структуры. В лаборатории методики инженерной геологии ВМНПО "Союзморинжгеология" проведены испытания грунтов морского дна с помощью прессиометрической установки ПГ-108-СМ (Рис. 7). Работы выполнялись с борта НИС "Таймыр" и "Диорит" на шельфе Балтийского моря [12].

Испытания проведены на глубине 15...20 м при бурении колонковым способом с обсадными трубами. При бурении на больших глубинах обсадка не применялась. Перерыв между бурением и началом испытаний не превышал 20 мин., что определялось устойчивостью стенок скважины. Прессиометр опускался в забой с помощью буровых труб и залавливался далее на заданную глубину (до 40 м).

На Рис. 8 приведен пример прессиометрического графика. Модуль деформации грунта определяется в соответствии с ДСТУ Б В.2.1-7-2000 (ГОСТ 20276-99). Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости

$$E = K \gamma_n \frac{q_k - q_n}{r_k - r_n}, \text{ Па,}$$

где q_n и q_k – нагрузка на грунт в начале и конце участка пропорциональных деформаций; r_n , r_k – радиусы скважин, соответствующие нагрузкам q_n и q_k ; K – корректирующий множитель.

Угол внутреннего трения φ и сцепление C грунтов определялись по методике ВСЕТИНГЕО на основе решения смешанных задач теорий упругости и пластичности:

$$\varphi + \cot \varphi = \pi(q_n/q_k + 0,5), \text{ рад;}$$

$$C = (q_t/q_k - 1)q_n \tan \varphi, \text{ Па,}$$

где q_t – предел прочности грунта, определяемый по прессиометрической кривой.

Трудности в проходке скважин в морских условиях и недостаток времени обусловили применение прессиометров для испытания грунтов без бурения скважин. Так, в Кембриджском университете разработан

самозаглубляющийся зонд, который погружается в грунт без зазора между стенкой скважины и оболочкой [13]. Зонд представляет собой трубу с режущим башмаком 1, внутри которой установлена буровая коронка 2 с приводом от полого вала 3 (Рис. 9). Промывочная вода подается в забой по полости вала, а шлам удаляется на поверхность через зазор между валом и корпусом зонда. Деформации оболочки 4 измеряют с помощью пружинного тензодатчика 5. Зонд имеет также датчик порового давления 6.

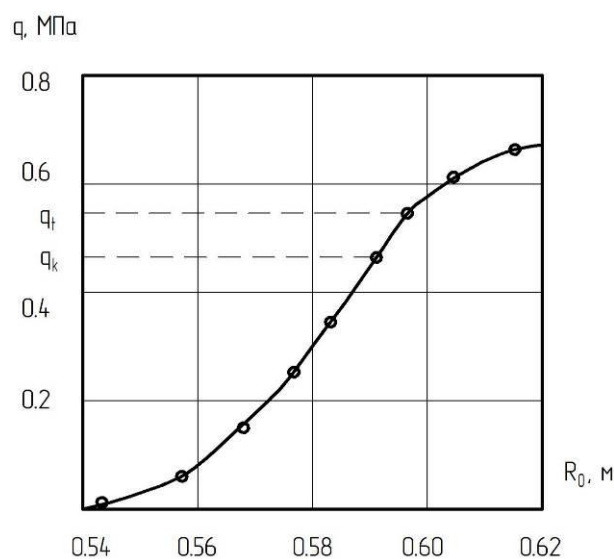


Рис. 8. Прессиометрический график: R_0 – радиус скважины

Fig. 8. Pressuremeter graph: R_0 – well radius

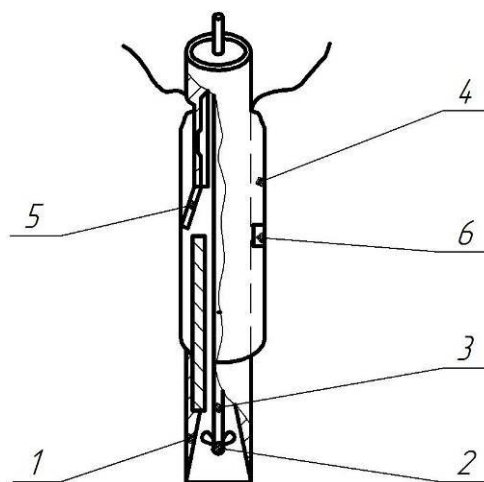


Рис. 9. Самозаглубляющийся зонд

Fig. 9. Self-Deploying Probe

Недостатком метода прессиометрии является относительно низкая производительность из-за необходимости выдержки во времени режима давления на грунт.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Архангельский И. В.** Морское бурение инженерно-геологических скважин. Ленинград: Недра, 1980, 263.
2. **Трофименко Ю. Г., Воробков П. Н.** Полевые методы исследования строительных свойств грунтов. Москва, Стройиздат, 1981, 214.
3. **Stremplan T. N., Spenser S. C.** Mc Clelland. End. Inc., Offshore Technology Conference, 1980, Vol.2.
4. **Сукач М. К.** Разработка глубоководных грунтов. Киев, Наукова думка, 1998, 348. ISBN 966-00-0462-1.
5. **Noorany I.** Underwater soil sampling, testing and construction Control. USA, Philadelphia, 1977.
6. **Ферронский В. И., Грязнов Т. А.** Пенетрационный каротаж. Москва, Недра, 1979, 335.
7. **Сукач М. К.** Идентифікація робочих процесів глибоководних ґрунторозробних машин. Київ, КНУБА, дис.д.т.н., спец. 05.05.04, 1999, 376.
8. **Баладинский В. Л., Лобанов В. А., Галанов Б. А.** Машины и механизмы для подводных работ. Ленинград, Судостроение, 1979, 191.
9. **Сукач М. К.** Синтез землерийної і дорожньої техніки: підручник / За ред. д.т.н., проф. М.К. Сукача. Київ, Лира-К, 2013, 376. ISBN 978-966-2609-48-6.
<https://doi.org/10.26884/mks-lirak.02>
10. **Сукач М. К., Филонов Ю. П., Пузаков Д. В.** Характеристики процесса резания грунта в замкнутом пространстве. Гірн., буд., дор. та меліорат. машини, 2006, Вип. 67, 8-11.
11. **Сукач М. К., Филонов Ю. П., Новиков Р. Ю.** Модель пластической деформации грунта при щелевом резании. Гірн., буд., дор. та меліорат. машини, 2011, Вип.77, 3-10.
<https://doi.org/10.26884/mksu.a11234>
12. **Горецкий Я. С., Грищенко И. И., Сафенова А. А., Шехтер Е. Ю.** Определение механических свойств грунтов морского дна прессиометром. Методы и технические средства для морских инженерно-геологических исследований, Сб. статей, ВНИИморгео, Рига, 1984, 23-26.
13. **Николаевский В. Н., Сарников Н. М., Шефтер Г. М.** Динамика упругопластиче-

ских дилатирующих сред. Москва, Наука, 1975, 397.

REFERENCES

1. **Arhangel'skij I. V.** (1980). Morskoe burenie inzhenerno-geologicheskikh skvazhin. Leningrad, Nedra, 263. (*in Russian*).
2. **Trofimenko Ju. G., Vorobkov P. N.** (1981). Polevye metody issledovaniya stroitel'nyh svojstv gruntov. Moskva, Strojizdat, 214. (*in Russian*).
3. **Stremplan T. N., Spenser S. C.** (1980). Mc Clelland. End. Inc., Offshore Technology Conference, Vol.2.
4. **Sukach M. K.** (1998). Razrabotka glubokovodnyh gruntov. Kiev, Naukova dumka, 348. ISBN 966-00-0462-1 (*in Russian*).
5. **Noorany I.** (1977). Underwater soil sampling, testing and construction Control. USA, Philadelphia.
6. **Ferronskij V. I., Grjaznov T. A.** (1979). Penetracionnyj karotazh. Moskva, Nedra, 335. (*in Russian*).
7. **Sukach M. K.** (1999). Identifikacija robochih procesiv glibokovodnih gruntorozrobnih mashin. Kiïv, KNUBA, dis. d.t.n., spec. 05.05.04, 376 (*in Ukrainian*).
8. **Baladinskij V. L., Lobanov V. A., Galanov B. A.** (1979). Mashiny i mehanizmy dlja podvodnyh robot. Leningrad, Sudostroenie, 191. (*in Russian*).
9. **Sukach M. K.** (2013). Sintez zemlerijnoï i dorozhn'oï tehniki: pidruchnik / Za red. d.t.n., prof. M.K. Sukacha. Kyiv, Lira-K, 376. ISBN 978-966-2609-48-6. (*in Ukrainian*).
<https://doi.org/10.26884/mks-lirak.02>
10. **Sukach M. K., Filonov Ju. P., Puzakov D. V.** (2006). Harakteristiki processa rezaniya grunta v zamknutom prostranstve. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioretion machines], No. 67, 8-11. (*in Russian*).
11. **Sukach M. K., Filonov Ju. P., Novikov R. Ju.** (2011). Model' plasticheskoy deformacii grunta pri shhelevom rezanii. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioretion machines], No.77, 3-10. (*in Russian*).
<https://doi.org/10.26884/mksu.a11234>
12. **Goreckij Ja. S., Grishhenko I. I., Safenova A. A., Shehter E. Ju.** (1984). Opredelenie mehanicheskikh svojstv gruntov morskogo dna pressiometrom. Metody i tehniczeskie sredstva dlja morskikh inzhenerno-geologicheskikh

issledovanij, Sb. statej, VNIImorgeo, Riga, 23-26. (in Russian).

13. **Nikolaevskij V. N., Sarnikov N. M., Shefter G. M.** (1975). *Dinamika uprugoplasticheskikh dilatirujush-hih sred.* Moskva, Nauka, 397. (in Russian).

Deepwater Well Survey Equipment

Mykhailo Sukach

*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. With the growth in underwater construction activities, there is an increasing need for accurate seabed engineering data. Modern technology makes it possible to take samples of bottom soils with a partially disturbed structure, especially for weak silty soils and silts. Testing such samples in laboratory conditions leads to inevitable errors. Despite the constant improvement of technical means of sampling, they cannot fully replace studies of the properties of bottom soils in natural occurrence. Therefore, it became necessary to create devices for the natural study of underwater soils. The following soil investigation methods are used in deep-sea wells: stamp tests, rotational shear, penetration logging, soil cutting, pressuremetry.

Drilling of underwater wells at the bottom is carried out from floating drilling rigs, consisting of a floating base and a drilling rig. pontoons (catamarans, trimarans) and drilling ships (self-propelled and non-self-propelled) are used as a base. On the shelf, pontoons with retractable supports or a flooded base are more often used. The drilling rig with working equipment is usually placed in the center of the pontoon. The choice of drilling equipment is determined by the purpose of the work, the depth and diameter of underwater wells, the depth of the sea, the displacement of the drilling rig, the physical and mechanical properties of bottom, soil, etc.

Deep-sea drilling is carried out from special vessels on which the drilling unit is mounted. Vessels with an opening bottom or a special shaft for the passage of casing and drill pipes, as well as those with retractable cantilever platforms, are used. Drilling ships and pontoons are kept in a fixed position with the help of four or six anchors attached to the bow and stern of the craft. Drilling rigs provide rotary, percussion-rotary, shock-rope, vibration, rotary suction and airlift drilling. Drilling at maximum depths in the ocean is carried out using deep-sea bottom platforms and autonomous controlled vehicles.

Keywords: deep water well, drilling, punch tests, rotational shear, penetration logging, soil cutting, pressuremetry.