Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1986, т. 108

УДК [551.352:624.131.43]:528.087.4

# УСТАНОВКА ДЛЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

И.П.ТИМОФЕЕВ, Н.К.УЛАЩИК,
Е.М.УЛЬЯНОВ, А.Г.АНДРЕЕВ

В настоящее время активно развивается промышленное освоение океана и одно из основных направлений работ по исследованию его ресурсов – добыча полезных ископаемых. Для добычи полезных ископаемых на шельфе создан комплекс машин и аппаратов, куда входят землесосы, подводные бульдозеры типа "Комацу", роботы "Нихон" и "Комацу", аппарат РУМ, система "Хитачи", различные шагающие установки, разработанные и испытанные в Советском Союзе. Опыт эксплуатации этих установок показал, что разработка машин без всестороннего предварительного изучения физико-механических свойств грунта в зоне их предполагаемой эксплуатации приводит к большим затратам средств и времени на создание неработоспособных или неоптимальных конструкций.

Сейчас стоит вопрос о начале освоения океанского дна на глубинах до 6000 м. Затраты на создание механизмов и машин, работающих в таких сложных условиях, предстоят весьма большие и приступать к их разработке и изготовлению можно лишь после создания аппаратов и установок, с помощью которых проводят полный комплекс работ по изучению физико-механических свойств грунтов дна океана.

Широкое и систематическое изучение свойств донных грунтов обычными методами – отбор предварительных проб грунта с последующим исследованием его в лабораторных условиях – не дает достаточно достоверных данных. Основным недостатком такого метода является значительное нарушение структуры грунта в процессе отбора пробы и изменение напряжений в образце по сравнению с напряжениями, существовавшими в массиве. Эффект от сильных изменений водяного давления дает дополнительную нарушенность, которая хорошо еще не изучена. Производительность таких традиционных средств мала, а трудовые затраты значительны. Очевидно, необходимо создать специальные аппараты и установки, способные вести исследование донных грунтов в условиях их естественного залегания. Правильное использование и интерпретация данных, полученных на таких установках, в сочетании с данными лабораторных испытаний может дать широкую информацию, которая окажет значительную помощь при проведении исследований свойств донных грунтов на больших площадях с малыми затратами.

В Ленинградском горном ин-те совместно с ин-том "ВНИИОкеангеология" разработана глубоководная исследовательская установка УГИ, которая позволяет определить значения параметров донных грунтов в натурных условиях

путем непосредственного воздействия на донный грунт на глубинах до 6000 м.

С помощью установки можно проводить:

I) исследование процессов механического разрушения, захвата и перемещения грунта различными типами рабочих органов (ковшом, лотком, резцом), определение удельных нагрузок, возникающих в процессе взаимодействия рабочих органов с грунтом, в зависимости от его свойств, конструкции и параметров рабочих органов (углов резания, ширины режущей кромки и др.), параметров резания (толщины, схемы и скорости резания);

2) определение физико-механических свойств донных грунтов - несущей способности, липкости, сопротивления лопастному сдвигу, сопротивления зондированию конусом;

3) отбор проб донных грунтов.

Искиметрия грунтов (резание) осуществляется с помощью рабочих органов в виде ковшей, лотков и резцов с параметрами: ширина режущей кромки 20-400 мм; углы резания 30, 45, 60°; глубина резания 50-200 мм; усилие подачи 0-5 кН; ход подачи до 1000 мм. Производится запись усилия резания и скорости перемещения рабочих органов с помощью автомата сбора данных АСД ("ВНИИОкеангеология").

Обработка результатов измерения позволяет определить зависимости:

$$P_c = f(t);\ P_c = f(h_c);\ S = f(t);\ V = f(t);\ a = f(t),$$

где $P_c$ - сила сопротивления резанию, Н; $t$ - время процесса резания, с; $h_c$ - глубина резания, мм; $S$ - путь резания, м; $V$ - скорость резания, м/с; $a$ - ускорение при резании, м/с$^2$.

Результаты замеров силы сопротивления резанию пересчитываются на удельную величину в ньютонах на сантиметр.

Сила резания является косвенной характеристикой плотности сложения и консистенции грунтов. Расчетным путем определяется энергоемкость процесса резания $A_c = P_c S$ и удельная энергоемкость на разрушение единицы объема грунта.

Несущая способность поверхности грунтов определяется штамповыми испытаниями. При этом предусматриваются плоские штампы и конусные с углом конуса 60 и 30°, диаметры штампов приняты 75, 150 и 300 мм. Глубина погружения до 200 мм. При установке на дно замеряются усилия внедрения штампов в грунт, подсчитывается удельная несущая способность грунтов $P$ и по полученным данным строятся зависимости:

$$P = f(\alpha);\ P = f(D);\ P = f(F),$$

где $\alpha$ - угол конуса штампа; $D$ - диаметр штампа; $F$ - площадь штампа.

Зондирование производится внедрением в грунт штампов с углами конуса 30 и 60°, диаметрами 75 и 150 мм. Глубина внедрения до 1000 мм, внедрение осуществляется с помощью грузов массой до 200 кг. При внедрении измеряются скорости (от 0 до 5 м/с), глубина и усилие зондирования.

По полученным данным строятся зависимости для различных грунтов

$$P=f(\alpha);\quad P=f(D);\quad P=f(F);$$
$$P=f(\alpha);\quad V=f(D);\quad V=f(F).$$

Определяется удельное сопротивление пенетрации:

$$h^{*}=\frac{P_{\text{пг}}}{h^{n}},$$

где $P_{\text{пг}}$ – усилие внедрения, Н; $h$ – глубина внедрения, см; $n$ – показатель степени.

Строятся зависимости усилия внедрения от глубины внедрения $P_{\text{пг}}=f(h^2)$ и $P_{\text{пг}}=f(h^3)$ в квадрате для глинистых грунтов, в кубе для песчаных грунтов.

Полученные данные по углам конуса 30 и 60° с помощью метода двух пенетраций позволяют получить параметры прочности: сцепление и угол внутреннего трения $\varphi$, используя зависимости

$$K_{\varphi}=f(\varphi);\quad K_{\alpha}=f(\varphi).$$

По полученным данным определяются в табличной форме консистенция глинистых грунтов, плотность сложения песчаных грунтов, угол внутреннего трения, а также модуль общей деформации $E_0=7R_{\text{кон}}$, где $R_{\text{кон}}=tg\beta$; $\beta$ – угол наклона графиков $P_{\text{пг}}=f(h^2)$ и $P_{\text{пг}}=f(h^3)$.

В момент отрыва установки от грунта определяется усилие прилипания (при наличии липких грунтов), которое пересчитывается на удельную величину для различных грунтов.

Сопротивление лопастному сдвигу определяется крыльчаткой, которая должна работать при следующих параметрах: угловая скорость 0,1–0,02 $с^{-1}$, крутящий момент создает удельную нагрузку 0,04–2,0 $Н/см^2$, глубина внедрения до 1000 мм, угол поворота крыльчатки 180°, высота крыльчатки 150 мм, диаметр 75 мм.

Производятся замеры угловой скорости, крутящего момента, усилия внедрения в грунт. По полученным данным строятся зависимости

$$P=f(\lambda);\quad P=f(\omega);\quad P=f(h),$$

где $\lambda$ – угол поворота крыльчатки, град; $\omega$ – угловая скорость, $с^{-1}$.

Сопротивление сдвигу (естественное сложение) определяется по формуле:

$$\tau_{max}=\frac{T_{max}}{k},$$

где $T_{max}$ – максимальный крутящий момент, Н·см; $k$ – конструктивная константа крыльчатки, $см^3$,

$$k=\frac{\pi D_{\text{К}}^{2}}{2}\left(\frac{D_{\text{К}}}{3}+h_{\text{К}}\right),$$

$h_{\text{К}}$ – высота крыльчатки, см; $D_{\text{К}}$ – диаметр крыльчатки, см.

Сопротивление сдвигу (нарушенное сложение)

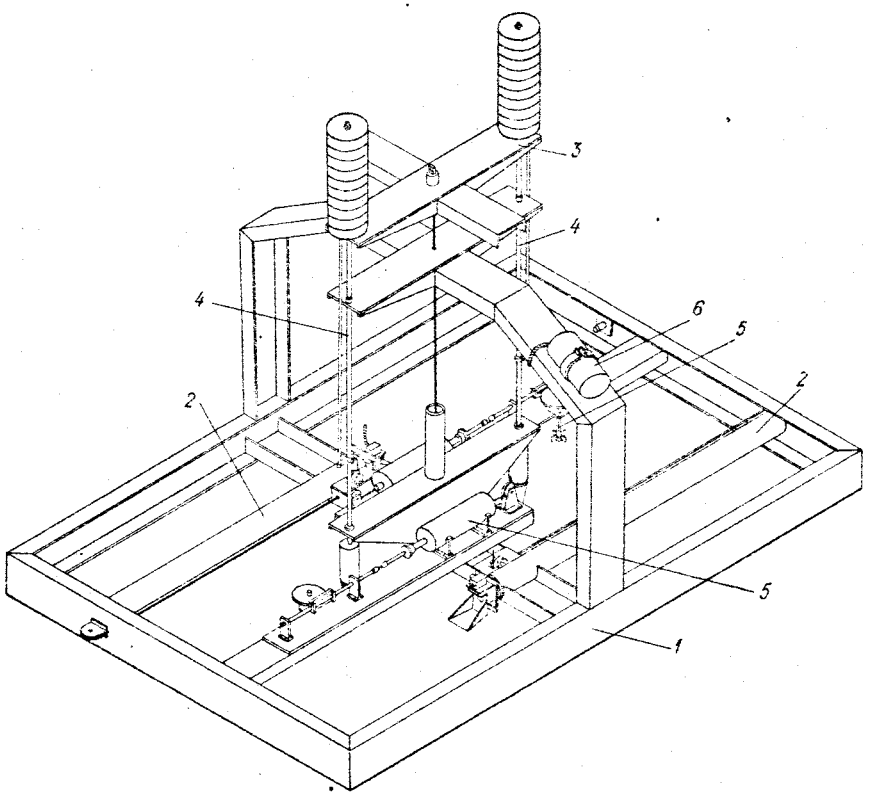
$$\tau_{min}=\frac{T_{min}}{k},$$

где $T_{min}$ – минимальный крутящий момент после разрушения грунта, Н·см.

Контроль качества полученной информации осуществляется сравнением результатов испытаний с набортными лабораторными замерами. Вычисленные коэффициенты пропорциональности по результатам испытаний сравниваются с эталонными значениями:

$$K_1 = \frac{R_{60}}{R_{30}}; \qquad K_2 = \frac{\tau_{max}}{R_{30}} .$$

Общий вид установки показан на рисунке. Установка состоит из несущей рамы I, двух пружинных движителей 2, крестовины 3, зондов 4, датчиков вращательного среза 5, автомата сбора данных 6. Несущая рама представляет собой прямоугольник, сваренный из швеллеров, в средней части прямоугольника вварен горизонтальный швеллер, служащий дополнительной опорой пружинным движителям. К раме приварена траверса.




Установка глубоководная исследовательская

Пружинный движитель состоит из неподвижной трубы, закрепленной одним концом на внешнем швеллере рамы, а другим на горизонтальном. В неподвижную трубу вставлены пружина и подвижная труба с открытым передним торцом, куда вставляется пробка с центральным отверстием. На пробку одет полиэтиленовый чулок, входящий в подвижную трубу. Подвижная труба ориентируется с неподвижной с помощью шпонки.

Зондирующее устройство состоит из сменных конусов, соединенных с датчиками усилия, расположенных в общем корпусе со штангой. На штанге

фиксаторами крепится датчик перемещений, а на верхнем торце закреплены сменные грузы. Штанга вместе с датчиком перемещения может двигаться под действием силы тяжести грузов вертикально в двух направляющих втулках, закрепленных в кронштейнах несущей рамы.

Датчик вращательного среза состоит из пружинного движителя, датчика усилия, закрепленного на фланце штока движителя и соединенного с датчиком пути, который установлен в двух опорах. На датчике пути закреплена зубчатая рейка, входящая в зацепление с зубчатым колесом, ступица колеса входит в подшипник и через шпонку передает крутящий момент на трубу, на нижнем конце которой установлена крыльчатка. Подвижные трубы движителей режущих органов и штоки пружинных движителей датчиков вращательного среза с помощью тросов через систему блоков связаны с крестовиной.

Установка работает следующим образом. Перед спуском установки на дно на палубе плавсредства производят ее подготовку к работе. Для этого извлекают пробку из подвижной трубы, закрепляют на ней полиэтиленовый чулок, собирая его в складки, и устанавливают пробку на место. На пальцы подвижных труб навешивают требуемые рабочие органы, которые через упорную планку взаимодействуют с датчиком усилия резания. Труба датчика вращательного среза с крыльчаткой выдвигается вниз на требуемую глубину внедрения в грунт и стопорится. На штанги зондирующих устройств устанавливаются требуемые конуса и закрепляется необходимое количество грузов.

Подготовленная установка поднимается за проушину крестовины, которая при перемещении вверх поднимает зонды и с помощью тросов взводит пружинные движители с режущими органами и датчиком вращательного среза, при этом штоки движителей датчиков вращательного среза стопорятся. После опускания установки на дно при контакте несущей рамы с грунтом произойдет ослабление каната, на котором подвешена установка, и крестовина будет перемещаться вниз и при этом режущие рабочие органы под действием силы пружин будут срезать слой грунта на морском дне, а конуса зондирующих устройств под действием силы тяжести грузов будут внедряться в грунт. При опускании крестовины на траверсу несущей рамы освобождаются штоки пружинных движителей датчиков вращательного среза, и крыльчатки начнут вращаться. Датчики усилий и пути подадут сигналы на АСД и будут регистрировать силы и скорости резания зондирования и вращательного среза. В конце хода рабочие органы придут в контакт с пуансонами, установленными на раме, и отсекут и подадут пробы грунта в полиэтиленовый чулок.

При подъеме установки за крестовину она поднимет вверх зондирующие устройства и тросами снова взведет все пружинные движители. Установку можно перенести на новый участок морского дна без подъема на плавсредство и произвести новый цикл работы и измерений.