

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ПРОБООТБОРНИКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА

С.В. Гошовский, Б.Н. Васюк, Украинский государственный геологоразведочный институт, Украина

Приведены схемы, техническая характеристика новой электроприводной вращательной установки для подводного бурения; даны рекомендации по её применению.

Мировой океан является богатейшим источником минеральных ресурсов, которые частично уже используются человеком. Украина, как морская держава, проводит геологические, экологические исследования в пределах своей морской экономической зоны с целью оценки минерально-сырьевых ресурсов, охраны окружающей среды, для подводного строительства, в том числе нефте- и газопроводов, сооружений для разведки и добычи углеводородов, геологического изучения, прогноза, поисков и добычи полезных ископаемых, решения иных задач. Общегосударственной программой развития минерально-сырьевой базы Украины в акватории Чёрного и Азовского морей на территории украинского шельфа предусматриваются поисковые работы на строительные материалы, россыпи титана и циркония, благородные и цветные металлы, минеральные соли, углеводородное сырьё, в том числе газогидраты; поиск и разведка в Мировом океане месторождений полиметаллических и железомарганцевых конкреций, отработка техники, технологии их добычи и переработки.

При выполнении перечисленных работ используются специальные технические средства и технологии [1;2]: различного рода понтоны (буксируемые, самоходные) с установленным на них буровым оборудованием; суда, переоснащённые для задач геологической разведки; специальные суда для бурения на нефть и газ (глубина воды 300-500 м, глубина бурения до 3 км); специально оборудованные суда «Гломар Челленджер» и «Джойдес Резолюшн», используемые в основном для решения глобальных исследовательских задач.

Для изучения украинского шельфа Чёрного и Азовского морей используется, в частности, научно-исследовательское судно «Диорит», принадлежащее предприятию Причерномор ДРГП. Это судно оснащено стационарным буровым станком ЗИФ-1200МР и комплексом КГК-100, обеспечивающим бурение с гидротранспортом керна. Указанным комплексом, с использованием лебёдки станка ЗИФ-1200МР, производится бурение скважин глубиной до 110 м; основной недостаток способа связан с ограничением глубины моря, при котором возможно его применение: не более 70 м, что определяется весом бурильной колонны и грузоподъёмностью бурового станка.

Следует отметить, что способ отбора проб морских отложений с использованием стационарного бурового станка, установленного на борту специализированного судна, не всегда применим или является оптимальным вследствие следующих факторов: оснащение судов буровым оборудованием в морском исполнении связано со значительными финансовыми затратами; при бурении судно должно быть зафиксировано над устьем скважины, для чего необходима сложная система динамического позиционирования; процесс бурения существенно зависит от волно-ветрового режима и т.д. Использование крупнотоннажных специализированных буровых судов, оснащённых стационарным буровым оборудованием, наиболее целесообразно при разведке морских месторождений нефти и газа.

При многих видах морских геологических и экологических работ успешно используются технические средства, спускаемые с борта плавсредств общего назначения небольшого и среднего водоизмещения, которые обеспечивают отбор проб поверхностных слоёв донных осадков, а также бурение скважин глубиной до 6-10 м [1]. К этим средствам относятся грейфер и драга [1], ударная грунтовая трубка [3], вибрационная грунтовая трубка [3], гидроударная погружная буровая установка [1; 4], автономные вращательные пробоотборники [1; 5].

Грейфер и драга спускаются с борта судна на тросе на глубину до 4000 м, эффективны при взятии проб неконсолидированных отложений, несвязных обломков скальных пород и

т.д., их применение недопустимо при необходимости получения проб с ненарушенной структурой.

Ударная трубка включает следующие основные детали и узлы: колонковую трубу, крышечный клапан, заострённый наконечник с лепестковым затвором. Трубка спускается в воду на тросе, внедряется в донные отложения за счёт сил инерции, при подъёме устройства проба породы удерживается в керноприёмной трубе затвором. Устройство обеспечивает получение проб пород малой твёрдости и абразивности I-IV категории по буримости, наиболее эффективно при изучении тонкозернистых осадков; неприменимо для отбора проб пород средней твёрдости или крепких, а также крупнообломочных пород. Технически наиболее совершенные ударные трубки обеспечивают получение проб длиной до 10 м, при глубине акватории до 4000 м.

Вибрационная трубка включает в конструкцию горизонтальную раму с вертикальными направляющими, каретку, вибратор и колонковый набор. Каретка скользит по направляющим, к ней сверху присоединён вибратор, внизу – колонковая труба; в нижней части трубы установлен наконечник с лепестковым клапаном. Вибратор представляет собой электродвигатель переменного тока, на валу которого с обоих концов насажены эксцентричные грузы, помещён в герметичный кожух. Вибротрубка с борта судна на трос-кабеле опускается на морское дно, включается вибратор, определяющий внедрение колонковой трубы в донные отложения; при подъёме устройства проба породы удерживается в колонковой трубе лепестковым клапаном. В отличие от грунтовых трубок, применение которых наиболее рационально в местах распространения тонкозернистых осадков, вибротрубка может эффективно использоваться для получения колонок грубозернистых осадков (песка, гравия, ракушечника). Вибротрубка обеспечивает подъём колонок песчано-гравийных грунтов длиной до 4,5 м, может применяться на глубинах в несколько десятков метров. Основным недостатком вибротрубки связан с быстрым нагревом электродвигателя, размещённого в герметичном кожухе, и его выходом из строя; перегрев двигателя связан с тем, что не предусмотрено его эффективное охлаждение при работе устройства.

Гидроударная погружная буровая установка ПУВБ (разработка Донецкого НТУ), как и вибротрубка, включает в конструкцию раму с вертикальными направляющими, колонковую трубу, однако вместо электровибратора оборудована гидроударником; подача воды в рабочую полость последнего осуществляется по гибкому шлангу насосом, установленным на судне. Гидроударная установка за один рейс обеспечивает бурение скважин глубиной до 5 м, при глубине акватории до 100 м, обладает большей надёжностью, чем вибротрубка; при этом установка неприменима при бурении пород средней твёрдости или крепких, а также пород, перемежающихся по твёрдости.

Более универсальными являются автономные вращательные пробоотборники с электро- или электрогидравлическим приводом, которые способны производить бурение как рыхлых, так и крепких горных пород, при глубине погружения пробоотборника до 4000 м. Следует выделить многорейсовые погружные установки, которые способны бурить на глубину 30-40 м и более, и однорейсовые с глубиной бурения до 6 м. Многорейсовые установки имеют сложную конструкцию, многие находятся на стадии разработки, в настоящей статье рассматриваться не будут. Однорейсовые вращательные пробоотборники более просты и надёжны, что может быть доминирующим фактором для их широкого применения при морских работах; разработкой этих пробоотборников занимаются специалисты многих стран. Примером однорейсовой вращательной установки может служить английский подводный пробоотборник [5], включающий в конструкцию опорную раму, по вертикальным направляющим которой перемещается каретка с закреплённым на ней герметичным двигателем постоянного тока; к выходному валу последнего присоединена колонковая труба, оснащённая кернорвательным устройством и алмазной коронкой. Электродвигатель соединён силовым кабелем с аккумулятором, установленным на раме. Установка оснащена возвратным пружинным механизмом, обеспечивающим извлечение колонковой трубы из скважины по завершению рейса, глубина воды при использовании установки более 1000 м. К недостаткам установки следует

отнести возможность перегрева герметичного электродвигателя и ограниченный ресурс работы вращателя в течение рейса, поскольку питание электродвигателя осуществляется от аккумуляторов.

В плане решения задачи совершенствования технических средств для подводного бурения в Днепропетровском отделении Украинского государственного геологоразведочного института разработана электроприводная подводная буровая установка ЭПБУ [6;7;8], схема которой представлена на рис. 1.

Электродвигатель 4 асинхронный, предназначен для работы в водной среде, марка ПЕДВ9-180, мощность 9 кВт, частота вращения 2850 мин^{-1} , напряжение питания $\sim 380 \text{ в}$, масса 90 кг. В заводскую конструкцию электродвигателя внесено изменение: включён дополнительный упорный резино-металлический подшипник, за счёт чего обеспечивается работоспособность двигателя как при растягивающем, так и при сжимающем усилии на валу.

Редуктор 5, присоединённый к нижнему торцу электродвигателя, планетарный, марки ЗМП40-71 с передаточным отношением $i=40$, частотой вращения ведомого вала $n=71 \text{ мин}^{-1}$, крутящим моментом $M_k = 250-375 \text{ Нм}$, массой $M=25 \text{ кг}$.

Опорный узел 6 установлен на фланце в нижней части редуктора, включает в конструкцию упорный резино-металлический подшипник, воспринимающий как растягивающие, так и сжимающие усилия, обеспечивает защиту подшипников качения редуктора от динамических усилий, которые возникают в процессе бурения. Опорный узел оборудован, также, обратным клапаном, обеспечивающим призабойную циркуляцию промывочной жидкости при «расходке» колонковой трубы. Масса опорного узла $M=24 \text{ кг}$.

Колонковая труба 7 присоединена к ведомому валу опорного узла; наружный диаметр трубы 108 мм, длина 3,3 м. Внизу труба оборудована специальным лепестковым затворным устройством 9. Устройство запатентовано [8], удерживает пробу морских отложений при подъёме установки, работоспособно не только при ударно-вибрационном бурении, как большинство аналогов, но и при вращательном бурении. К нижней части затворного устройства на резьбе присоединена твёрдосплавная резовая коронка СА6-112.

Масса вращателя (эл. двигатель, редуктор, опорный узел) и колонкового набора 178 кг.

Опорная система фиксирует вращатель и колонковый набор в вертикальном положении при бурении, обеспечивает их необходимые перемещения, включает опорную раму 12 с направляющим конусом, имеющим боковую прорезь, через которую возможно отклонение колонковой трубы в радиальном направлении; в процессе бурения прорезь перекрывается стопором 11. К опорной раме на резьбе присоединены направляющие трубы 8, их верхние части зафиксированы траверсой 14 с центральным отверстием, через которое проходит трос 1 и кабель 2. По направляющим трубам свободно перемещаются втулки 3, прикреплённые шарнирными механизмами к электродвигателю, которые определяют возможность отклонения последнего в вертикальной плоскости. Таким образом, опорная система обеспечивает осевое перемещение вращателя и колонкового набора в процессе бурения, а также их вынос при размещении установки на палубе судна. Масса опорной системы 155 кг.

Для использования данной буровой установки необходимо судно, оснащённое специальным оборудованием, которое обеспечит перемещение установки с палубы судна, где производятся монтажные работы, за борт, дальнейшее погружение установки в море, её подъём после завершения цикла бурения и размещение на палубе судна.

В геологоразведочном предприятии Причерномор ДРГП была испытана предложенная буровая установка для подводного бурения ЭПБУ-1, которая имела следующую техническую характеристику:

-основные узлы: электровращатель, колонковый набор, опорная система, шарнирный механизм крепления вращателя;

-габаритные размеры: высота 5,1 м, ширина 2,05 м;

-масса 333 кг (вращателя и колонкового набора- 178 кг, опорной системы- 155 кг);

-электродвигатель ПЕДВ 9-180, мощность 9 кВт;

-частота вращения колонкового набора 71 мин^{-1} ;

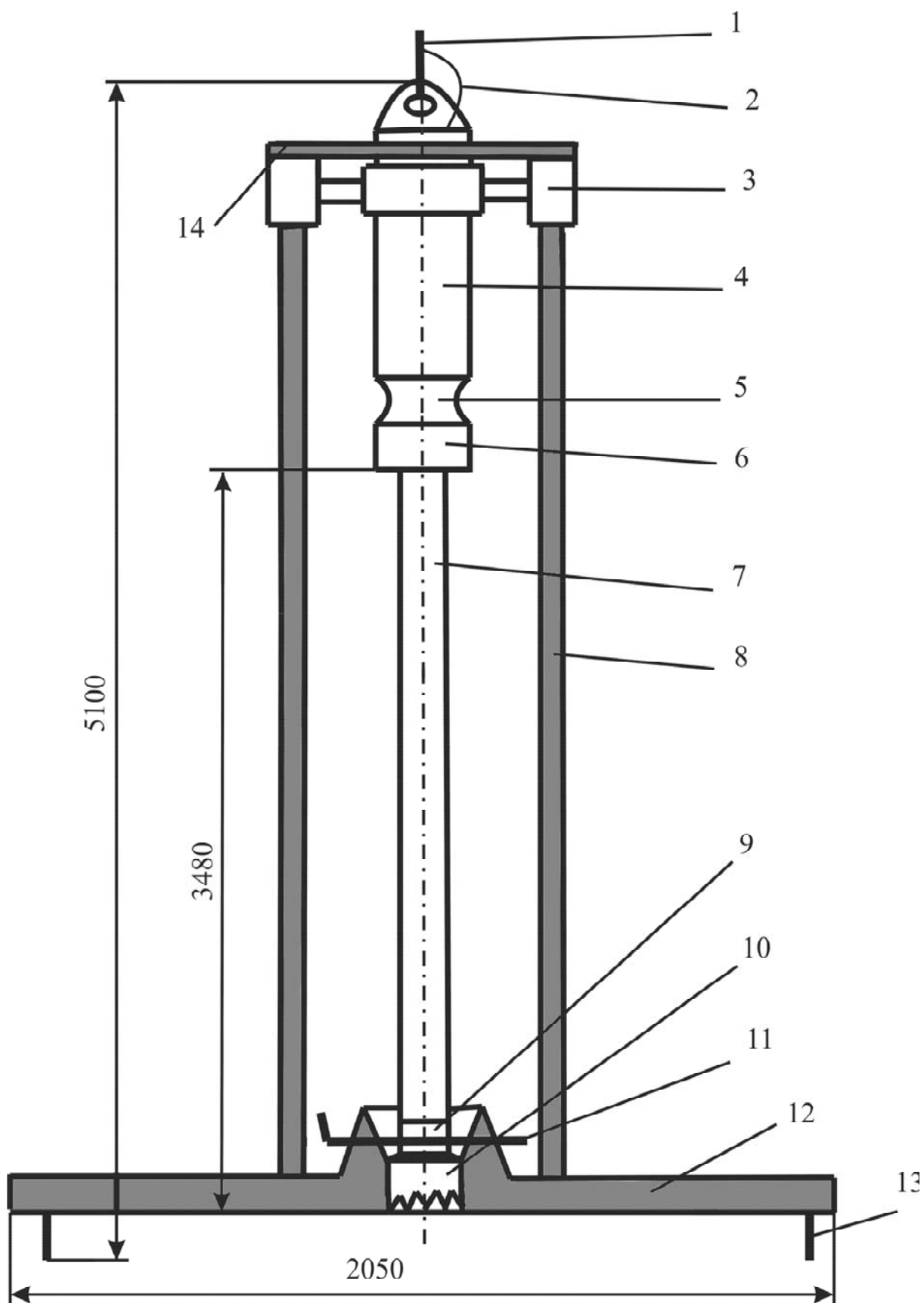


Рис.1. Схема установки для подводного бурения: 1-трос, 2-электрокабель, 3-штулка, 4-электродвигатель, 5-планетарный редуктор, 6-опорный узел, 7-колонковая труба, 8-направляющая труба, 9-затворное устройство, 10-коронка, 11-стопор, 12-опорная рама, 13-штырь, 14-траверса.

- осевое усилие на породоразрушающий инструмент 1,7 кН (178 кгс);
- промывка-призабойная, обеспечивается «расходкой» колонкового набора;
- тип затворного устройства-лепестковый, адаптированный для вращательного бурения;
- породоразрушающий инструмент-твёрдосплавная коронка СА6-112.

При испытаниях использовалось исследовательское судно «Топаз» предприятия Причерномор ДРГП, которое было оснащено необходимым оборудованием: подъёмной стрелой с блоком на концевом участке и корабельной лебёдкой. Стрела закреплялась на раме с возможностью поворота в горизонтальной плоскости на 180° , блок стрелы поднимался над фальшбортом судна на 5,3 м, над палубой-на 5,8 м, максимальный вылет стрелы за борт составлял 1,75 м; трос лебёдки проходил через блок, концевым участком прикреплялся к двигателю.

В результате испытаний была установлена работоспособность основных узлов установки, в частности вращателя и нового затворного устройства, соответствие достаточно несложной системы спуска- подъёма, установленной на судне, условиям применения установки. Важным результатом испытаний является подтверждение применимости электродвигателя типа ПЕДВ при проведении подводных буровых работ; работоспособность этого двигателя в водной среде обеспечивается за счёт применения специальных изолированных обмоток и резино-металлических подшипников. Электродвигатель ПЕДВ при работе в воде не герметизируется кожухом, его обмотки омываются водой, обеспечивается их эффективное охлаждение и исключается перегрев; в водной среде надёжно работают резино-металлические подшипники двигателя.

Таким образом, предложенная установка ЭПБУ-1 является функционально завершённым техническим средством для подводного вращательного однорейсового бурения; обеспечивает вращение колонкового набора и породоразрушающего инструмента, создание осевого усилия, промывку скважины за счёт призабойной циркуляции воды, удержание керна в колонковой трубе новым затворным устройством при подъёме установки.

Следует отметить, что существуют многие варианты совершенствования конструкции предложенной установки ЭПБУ-1, в частности, нами разработана и запатентована подводная буровая установка, обладающая повышенной устойчивостью на морском дне [7], она может использоваться, например, при изучении газовых факелов Чёрного моря, основная масса которых приурочена к перегибам рельефа морского дна и связана как с положительными (хребты, сопки), так и с отрицательными формами (желоба, каньоны, лощины), а сами газовые факелы сопровождаются связанными с ними карбонатными новообразованиями в виде плоских плит с конусовидными наростами [9]. Указанный рельеф дна не является препятствием для проведения буровых работ под водой с использованием модернизированной установки.

На рис.2 представлена схема буровой установки, обладающей повышенной устойчивостью, что обеспечивается поплавком 11, установленным в верхней части направляющих штанг 9. При наклоне установки момент силы тяжести направлен таким образом, что может вызвать её опрокидывание, однако момент выталкивающей силы, действующей на поплавок, имеет противоположное направление и компенсирует опрокидывающий момент, определяет устойчивость установки на морском дне даже при его неровностях, как это показано на рисунке. При изучении газовых факелов для интенсификации газопроявлений применяется метод бурения серии скважин сплошным забоем, что обеспечивается новой установкой, оборудованной шнеком, чем подтверждается её универсальность

Выводы

Разработана новая электроприводная установка для подводного бурения ЭПБУ-1, повышенная эффективность которой определена применением электродвигателя типа ПЕДВ с изолированными обмотками, омываемыми водой, что исключает их перегрев, а также применением нового лепесткового затворного устройства, адаптированного к условиям вращательного бурения. Оснащение установки поплавком, который монтируется в верхней части направляющих труб, повышает её устойчивость в процессе бурения, обеспечивает возможность проведения подводных буровых работ на морском дне с перегибами рельефа. Затворное устройство и установка, оборудованная поплавком, нами запатентованы.

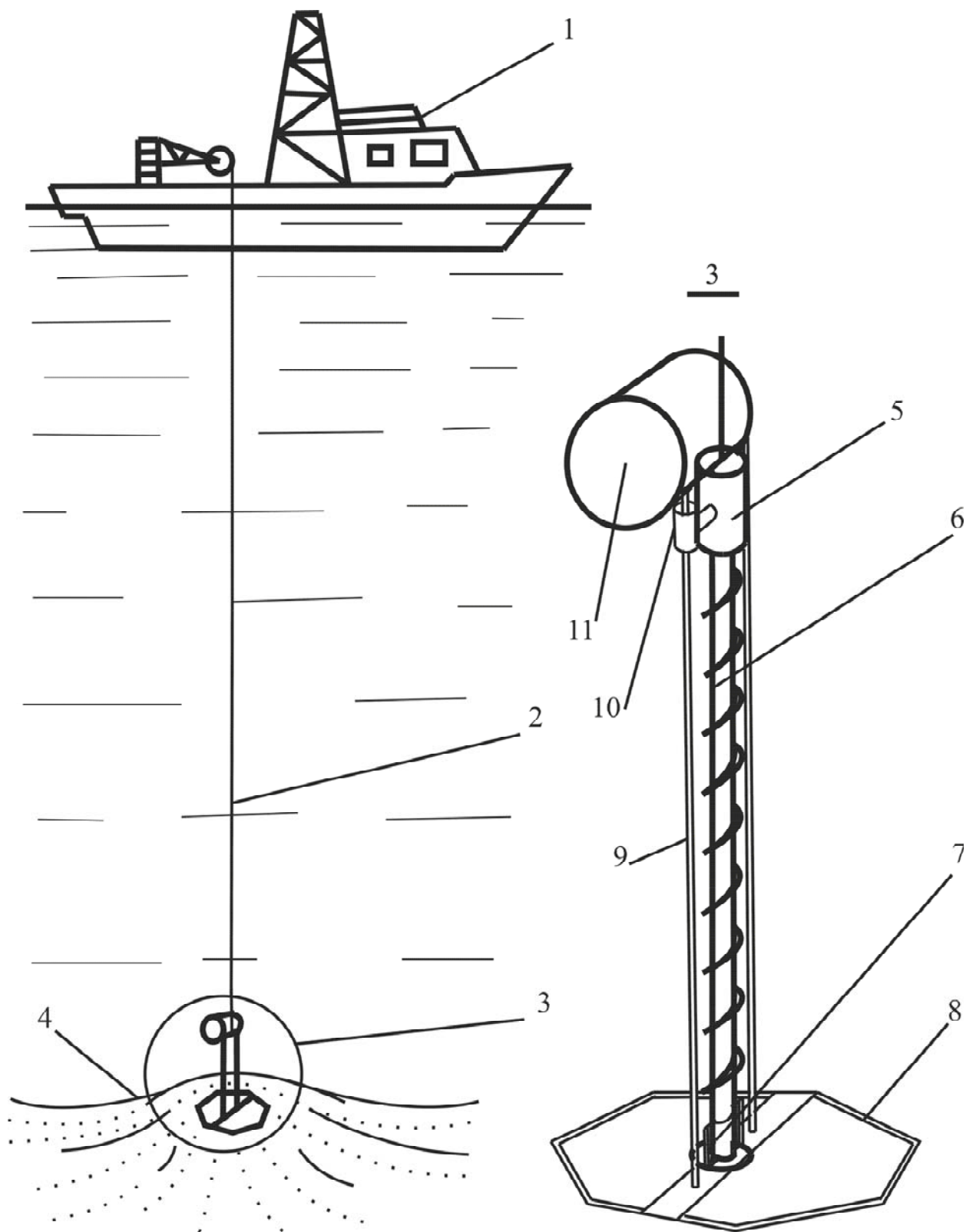


Рис.2. Схема буровой установки повышенной устойчивости: 1-специализированное судно, 2-трос-кабель, 3-установка для подводного бурения, 4-конус газового факела, 5-вращатель, 6-шнек, 7-долото, 8-опорная рама, 9-направляющая штанга, 10-втулка, 11-поплавок.

Список литературы

1. Шнюков Е.Ф., Зиборов А.П. Минеральные богатства Чёрного моря.-К.: ОМГОР НАН Украины, 2004.-280 с.
2. Горная энциклопедия: В 5 т. / Гл. ред. Е.А. Козловский.-М.: Сов. Энциклопедия, 1984-1991.- Т. 3.- 592 с.
3. Методика морских геологических исследований // Труды института океанологии.-М.: Издательство Академии наук СССР, - С. 85- 129.
4. Применение погружных автономных установок для однорейсового бурения подводных скважин / О.И. Калиниченко, А.В. Коломоец, Е.В. Квашнин и др.-М., 1988.-45 с.
5. Лукошков А.В., Шелковников И.Г. Вращательные пробоотборники для исследования морского дна // Обзор. ЭИ. «Техн. и технол. геол. развед. работ; орг. производства.»-М.: ВИЭМС, 1978.-60 с.
6. Гошовський С.В., Васюк Б.М. До питання науково-методичного забезпечення колонкового буріння // Збірник наукових праць УкрДГРІ.-К.: Видавництво УкрДГРІ. 2007-С.53-56.
7. Пат. 23522 Україна, МПК Е21В 7/12, Верстат для підводного буріння / С.В. Гошовський, Б.М. Васюк.- Заявл. 26.01.2007. Опубл. 25.05.2007. Бюл. № 7.
8. Пат. 34391 Україна, МПК Е21В 17/07. Універсальний затворний пристрій ґрунтоносу / С.В. Гошовський, Б.М.Васюк.-Заявл. 06.03.2008. Опубл. 11.08.2008. Бюл. № 15.
9. Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Клещенко С.А. и др. Газовые факелы на дне Чёрного моря.-К.: ОМГОР НАНУ, 1999.-134 с.