УДК 622.24.085.5

С.В.КАЗАКОВ
Горно-электромеханический факультет,
студент группы ГМ-97-1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА СТАНКА ДЛЯ ПОДВОДНОГО БУРЕНИЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Для геологического изучения морского шельфа необходимо создать новые эффективные технические средства. Технические параметры буровых установок для работы в сложных гидрогеологических условиях должны позволять вести работы при глубинах моря 200 м и ниже, а также обеспечивать проходку скважин глубиной до 30 м в породах IV-IX категорий по буримости.

По данным зарубежной и отечественной литературы определены четыре основных типа буровых установок, способных удовлетворить указанные требования:

- буровые установки «сухопутного» типа, смонтированные на специализированных судах с якорной системой стабилизации над местом бурения;
- специализированные буровые суда с динамической системой стабилизации и компенсацией вертикальных перемещений;
- шлангокабельные суда;
- подводные, дистанционно управляемые буровые станки, тенденция к развитию которых четко прослеживается в настоящее время.

Рассмотрен гидропривод подводного станка для бурения геолого-разведочных скважин, выбрано оборудование с учетом динамических характеристик. Рассмотрено состояние теории и практики в области подводных поисково-разведочных работ. Определены режимные параметры при бурении и требуемая мощность гидромотора. Выполнен анализ работы бурового станка. Сделано математическое описание динамики станка. Составлена блок-схема, дифференциальные уравнения и графики динамики, а также дан их анализ.

The development of new efficient engineering facilities is needed to carry out sea shelf geological exploration. The drilling rigs technological properties to operate under complicated hydrogeological conditions should make it possible to use them at sea depths of 200 m and lower as well as they should ensure the borehole drilling as deep as 30 m through the rock of 4-9 classes by drillability.

According to foreign and home references there have been defined four basic types of drilling rigs capable of fulfilling the above-mentioned requirements, viz.

- drilling rigs of "the land" type, installed on board the specialized vessels that have an anchor system of stabilization over the site to be drilled;
- specialized vessels with a dynamic system of stabilization and compensation of vertical displacements;
- hose-and-cable ships;
- submerged remote control drilling rigs, the tendency to further development of which is being clearly traced at present;

The hydraulic drive of a submerged rig to drill exploratory well is considered in this paper, as well as the equipment with due regard to dynamic characteristics having been selected and recommended. The state of development of theory and practice in the area of submarine searching and required hydraulic motor power are determined. The drilling rig operation is analyzed. A mathematical description of the rig's dynamics is made. A flow chart, differential equations and a chart of dynamics have been made, as well as their analysis having been performed.

Постоянно нарастающие темпы развития промышленности и топливно-энергетического комплекса требуют интенсивного расширения минерально-сырьевой базы. В связи с этим ставится задача увеличения объема поисково-разведочных работ, в том числе в новых малоизученных районах. В числе наиважнейших задач выделяется поиск, раз-

ведка и освоение запасов минерального сырья в зоне континентального шельфа РФ.

К настоящему времени как за рубежом, так и у нас в стране накоплен значительный опыт в области разведки и освоения морских месторождений нефти и газа. Достигнуты определенные успехи, которые хорошо освещены в научно-технической литературе. В то же время уровень работ по разведке месторождений твердых полезных ископаемых в море остается сегодня крайне низким. Объясняется это, прежде всего, тем, что до сего времени не испытывался ощутимый дефицит в полезных ископаемых, благодаря благоприятным геологическим условиям на территории Российской Федерации. Однако в последнее время запросы потребителей выросли настолько, что в самом ближайшем будущем, по мнению специалистов*, могут возникнуть значительные трудности, связанные с истощением разведанных на суше месторождений ряда важнейших полезных ископаемых, таких, например, как алюминий, марганец, медь, кобальт и т.д. Это обстоятельство, а также достаточно возросший к настоящему времени уровень возможностей современной техники и технологии обусловили необходимость и возможность начала серьезного исследования и практического освоения минеральных запасов дна Мирового океана, и в первую очередь его континентального шельфа. По мнению отечественных и зарубежных специалистов*, эти работы представляются весьма перспективными, что подтверждается имеющимися в мировой практике примерами освоения морских месторождений твердых полезных ископаемых на море.

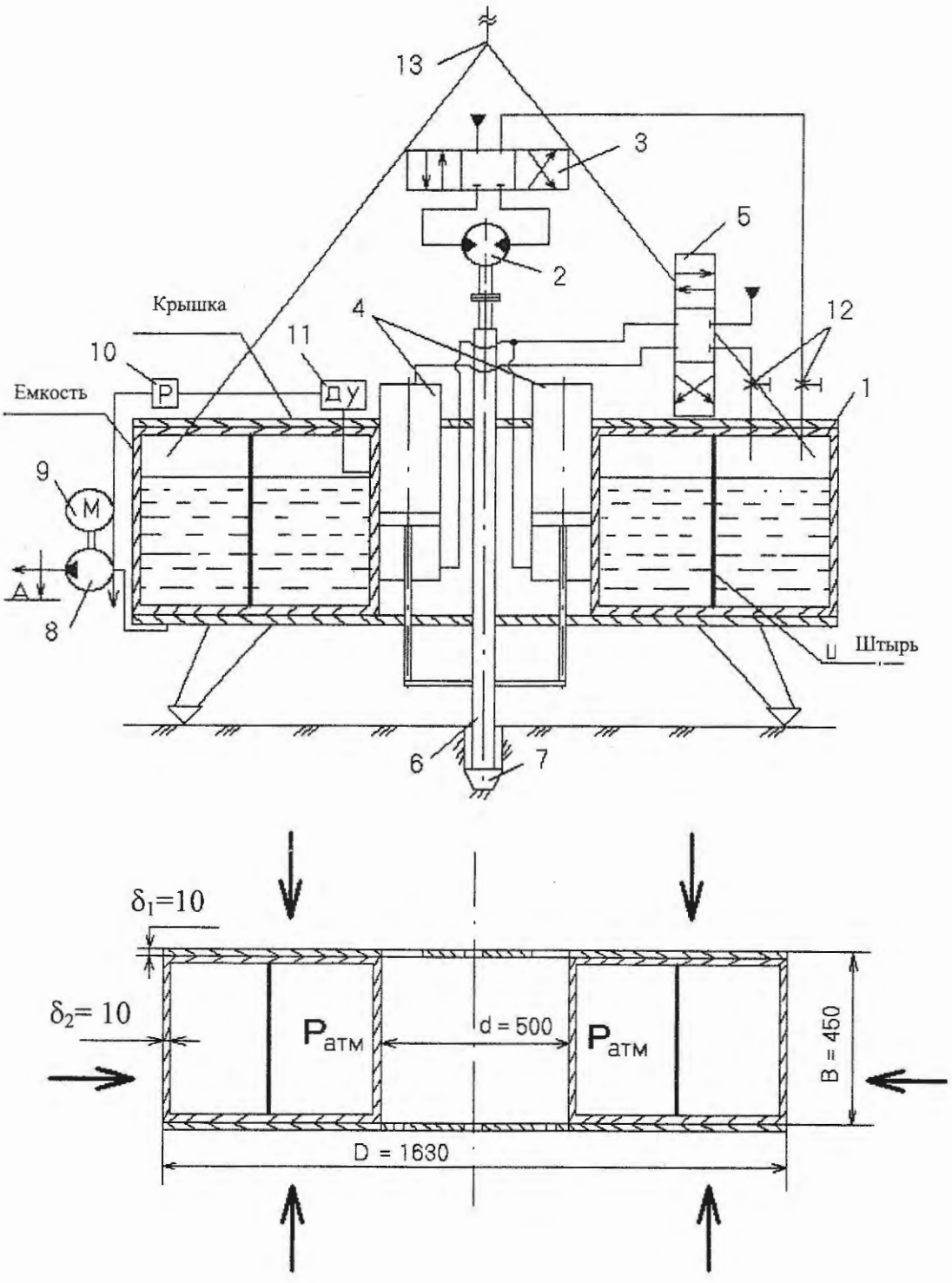
В предлагаемой работе рассмотрены вопросы проектирования и исследования гидропривода станка для подводного бурения геолого-разведочных скважин. Станок (см. рисунок) включает связанную с грузоподъемным механизмом судна обслуживания опорную раму 1, выполненную в виде емкости, заполняемой водой. На корпусе емкости установлены приводы вращения и подачи, причем привод вращения буровой штанги выполнен в виде гидромотора 2 и распределителя потока 3, а привод подачи – в виде двух гидроцилиндров 4 и распределителя потока 5. Приводы вращения и подачи приводят в действие буровую штангу 6 с долотом 7. Станок также снабжен насосом 8 с электродвигателем 9, узлом регулирования подачи насоса 10 и датчиком уровня воды 11. Входы гидромотора и гидроцилиндров подачи соединены через распределители потока с окружающей средой, а их выходы через дроссели 12 – с емкостью. В свою очередь, емкость через гибкий шланг 13 соединена с атмосферой и параллельно со входом насоса 8, выход которого соединен с окружающей средой, причем узел регулирования подачи насоса соединен с датчиком уровня воды в емкости. Управление механизмами станка производится дистанционно с плавсредства с помощью системы автоматизации.

Станок работает следующим образом. При опускании станка на дно и установке его в рабочее положение с помощью распределителей включается гидромотор вращателя и гидроцилиндры механизма подачи. Рабочий перепад давлений на гидромоторе и гидроцилиндрах определяется разностью между давлением гидростатического столба жидкости и давлением перед дросселями. С помощью насоса, приводимого в движение электродвигателем, датчика уровня воды и узла изменения подачи в опорной раме – емкости поддерживается постоянный уровень воды. Давление перед дросселями определяется нагрузками на гидромотор и гидроцилиндры. С увеличением глубины погружения увеличивается максимальный крутящий момент и максимальное усилие подачи за счет увеличения гидростатического столба жидкости.

---

* *Спрингс К.Я* Морская геология и проблемы минерального сырья. М., 1971.

Научно-технический прогресс в области техники и технологии геологоразведочных работ до 1990-2000. М., 1979.



Гидравлическая схема станка

Станок может работать на большой глубине с любым подъемным устройством, установленным на плавсредстве.

При проектировании станка приняты:

Частота вращения бурового снаряда, об/мин	От 600 до 1250
Скорость подъема бурового снаряда, м/с	0,6
Длина хода подачи, мм	450
Удельная масса, кг/кВт	36
Масса станка, кг	1000

Указанные параметры можно обеспечить, если в качестве двигателя применить гидромотор типа Г15-25Р и гидроцилиндры ГЦ 01 (50 × 32 × 500). Одной из задач, возникающих при проектировании такого гидропривода, является определение объема и разработка конструкции емкости. Емкость должна обеспечивать нормальную работу гидромотора и гидроцилиндров. С этой целью объем емкости должен выбираться исходя из трех условий:

1) трехминутная производительность гидромотора и гидроцилиндров;

2) емкость должна обеспечивать поднятие и опускание станка;

3) корпус емкости должен выдерживать гидростатическое давление на глубине 500 м.

Выполняем первое условие. Расход гидромотора $Q_м = 168$ л/мин, а одного гидроцилиндра $Q_ц = 6$ л/мин, тогда их суммарный трехминутный расход

$$Q_\Sigma = 3(168 + (2 \cdot 6)) = 540 \text{ л} \Rightarrow W_1 = 540 \text{ л}.$$

Второе условие. Известна масса станка $m = 1$ т. Найдем требуемый объем емкости, способный под действием архимедовой силы поднять заданную массу в соленой воде:

$$F_A = \rho g w \Rightarrow w = \frac{F_A}{\rho g} = \frac{10000}{1200 \cdot 9{,}81} =$$

$$= 0{,}85 \text{ м}^3 \Rightarrow W_2 = 850 \text{ л}.$$

Берем емкость объемом 850 л.

Третье условие. Определение толщины стенки емкости и крышки. Опасное сечение тора находится по его диаметру. Раскладываем силы, действующие на это сечение, составляем систему уравнений. Делаем допущение $\delta_1 = \delta_2 = \delta$. Тогда, решая уравнение, находим δ. Подставив в уравнение значения известных нам величин, получаем численное значение δ:

$$\delta = \frac{P}{\sigma\left(\frac{2}{B} + \frac{1}{R - r}\right)} =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^6}{125 \cdot 10^6\left(\frac{2}{0{,}45} + \frac{1}{0{,}815 - 0{,}25}\right)} =$$

$$= 0{,}0064 \text{ м} = 6{,}4 \text{ мм}.$$

Приняв коэффициент запаса $K_З = 1{,}5$, получаем толщину стенки $\delta = 10$ мм.

На станок, погруженный на пятисотметровую глубину, действует давление $P = 5$ МПа. Емкость представлена в виде объемного тора с площадью верхней крышки

$$S = \pi\left(R^2 - r^2\right) = \pi\left((0{,}815)^2 - (0{,}25)^2\right) =$$

$$= 1{,}89 \approx 1{,}9 \text{ м}^2.$$

Давление гидростатического столба жидкости на эту площадь создает усилие

$$F = PS = 5 \cdot 10^6 \cdot 1{,}9 = 9{,}5 \cdot 10^6 = 950 \text{ т}.$$

Наибольшей нагрузке будут подвергаться стенки конструкции в продольном направлении, относительно вертикальной оси, они будут испытывать напряжение сжатия

$$\sigma_{сж} = \frac{F}{2\pi(R + r)\delta} = \frac{9{,}5 \cdot 10^6}{6{,}28 \cdot 1{,}065 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{9{,}5 \cdot 10^9}{66{,}88} = 142 \text{ МПа}.$$

Поскольку за основу материала конструкции принята сталь – Ст.3 с допустимым напряжением $\sigma_{доп} = 125$ МПа, конструктивным путем нужно компенсировать излишнее напряжение сжатия. Для этого, найдя допустимое усилие сжатия данной конструкции $F_{доп} = 6 \cdot 10^6$ Н, мы определим избыточное усилие $F_{изб}$, которое и нужно компенсировать. Решится это простым линей-

ным уравнением, разностью между действующим и допустимым усилиями:

$$\frac{F_{доп}}{F} = \frac{2\pi(R+r)\delta\sigma_{доп}}{2\pi(R+r)\delta\sigma_{сж}};$$

$$\frac{F_{доп}}{F} = \frac{\sigma_{доп}}{\sigma_{сж}};$$

$$F_{доп} = \frac{F\sigma_{доп}}{\sigma_{сж}} = \frac{9{,}5\cdot10^6\cdot125}{142} =$$

$$= 8{,}36\cdot10^6 \approx 8\cdot10^6 \text{ Н}.$$

$$F_{изг} = F - F_{доп} = (9{,}5-8)\cdot10^6 = 1{,}5\cdot10^6 \text{ Н}.$$

Полученную разность $F_{изг} = 1{,}5\cdot10^6$ Н предлагается погасить, установив в полость емкости три металлических штыря диаметром $d = 35$ мм, с размещением на 120° один относительно другого, на среднем диаметре по окружности. Тогда

$$\sigma_{доп}SZ = F_{изг} \Rightarrow SZ = \frac{F_{изг}}{\sigma_{доп}} = \frac{1{,}5\cdot10^6}{125\cdot10^6} =$$

$$= 0{,}012 \text{ м}^2 \Rightarrow \pi R^2 Z = 0{,}012;$$

$$R = \sqrt{\frac{0{,}012}{Z\pi}} = \sqrt{\frac{0{,}012}{3\cdot3{,}14}} = 0{,}035 \text{ м} = 35 \text{ мм}.$$

Объем, занимаемый тремя штырями, $V = 0{,}01$ м^3 настолько мал, по сравнению с объемом емкости $V = 0{,}85$ м^3, что им можно пренебречь.

Таким образом, для правильного функционирования подводного станка избрали емкость с размерами:

Внутренний диаметра d, мм	500
Наружный диаметра D, мм	1630
Высота B, мм	450
Толщина стенки конструкции и емкости δ, мм	10

Выводы

1. Проведенные расчеты показывают, что рассматриваемый станок может функционировать в подводных условиях, но при этом гидроаппаратура должна работать на морской воде.

2. Для вертикальных перемещений станка до глубины 500 м необходима емкость с толщиной стенки 10 мм.

3. Окончательные конструктивные параметры станка могут быть определены после анализа статических и динамических характеристик, что будет сделано в дальнейшем.

Научный руководитель доцент, к.т.н. *О.В.Кабанов*

УДК 622.23.03.008

А.В.ЛИСИЦКИЙ
Горно-электромеханический факультет,
магистрант кафедры АПП, ассистент профессора

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНЫМ ВОДООТЛИВОМ ЗА СЧЕТ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ВОДОПРИТОКОВ

Увеличение энергетической составляющей в себестоимости продукции горных предприятий приводит к необходимости использования многоагрегатных водоотливных установок угольных шахт для регулирования графиков электрических нагрузок. Для этого откачка воды, поступающей в горные выработки с поверхности или из водоносных горизонтов, должна производиться в периоды внепиковых нагрузок.