

Keywords: *plating, refractory coating, synthetic diamonds, matrix material wear resistance.*

Литература

1. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов / Ю.В. Найдич, Г.А. Колесниченко, И.А. Лавриненко, Я.Ф.Моцак. – К.: Наук. думка, 1977. – 186 с.
2. Evans D., Nicholas M., Scott P. The wetting and bonding of diamonds by copper titanium alloys // *Ind. Diamond Rev.*– 1977.– № 9.– P. 306–309.
3. Коновалов В. А. Исследование влияния прочности алмазоудержания и износостойкости металлических связей на работоспособность алмазно-абразивного инструмента: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.– Харьков, 1974. – 27 с.
4. Захидов С. Х. Исследование прочности удержания зерна в связке при температурно-силовых воздействиях : Автореф. дис. ... канд. техн. наук.– М., 1974. – 34 с.
5. Найдич Ю.В., Уманский В.П., Лавриненко И.А. Прочность алмазо-металлического контакта и пайка алмазов – К.: Наук. думка, 1988. – 136 с.
6. Дуда Т.М. Взаимодействие на границах контакта алмаз—покрытие—связка / *Сверхтвердые матер.*, № 5. – 1980. С. 30–33
7. Исонкин А.М., Богданов Р.К. Влияние металлизации алмазов на показатели работоспособности буровых коронок / *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Гірничо-геологічна».*– Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – Вип. № 14 (181). – С.158–164
8. Влияние металлизации алмазов на прочностные характеристики композиционного алмазосодержащего материала матрицы буровых коронок / А.М. Исонкин, Т.М. Дуда, Л.И. Александрова и др. // *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр.* – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2013. – Вып. 16. – С. 63–69.

Поступила 10.07.14

УДК 622.24.085

А. А. Каракозов, канд. техн. наук; **С. Н. Парфенюк**, **А. Р. Сафронова**

Донецкий национальный технический университет, Украина

РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ОПОР ПОГРУЖНЫХ УСТАНОВОК ТИПА УГВП ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ШЕЛЬФЕ

В статье приведены результаты работы по определению устойчивости стабилизирующих опор погружных установок типа УГВП, предназначенных для однорейсового бурения геологоразведочных скважин на шельфе гидроударными снарядами с глубиной опробования до 6–10 м. Полученные данные позволяют определить область эксплуатации установок в зависимости от конструктивных параметров стабилизирующих опор.

Ключевые слова: *бурение геологоразведочных скважин на шельфе, погружные установки, гидроударные буровые снаряды, устойчивость опоры.*

В настоящее время в геологоразведочной отрасли стран СНГ достаточно широко применяются установки типа УГВП (УГВП–130/8, УГВП–130/10, УГВП–150М и др.), способные выполнять однорейсовое бурение скважин в породах I–IV категорий по буримости на глубину до 6–10 м с борта неспециализированных малотоннажных судов [1]. В состав этих установок входит стабилизирующая опора, в основу конструкции которой положена идея

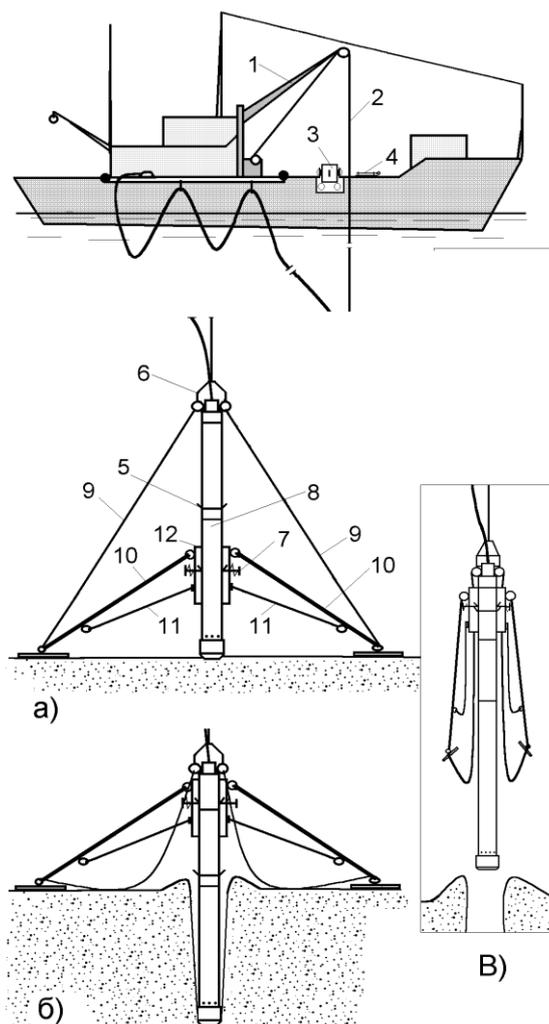


Рис. 1. Схема работы стабилизирующей опоры: а – при постановке на дно; б – при бурении; в – при подъёме установки; 1 – грузовая стрела; 2 – трос; 3 – кантователь; 4 – кронштейн; 5 – кольцо; 6 – грузовой переходник; 7 – фиксаторы; 8 – гидроударный буровой снаряд; 9 – растяжки (тросовые); 10 – лапы; 11 – растяжки (цепные); 12 – цилиндр

изменения её габаритов в рабочем и транспортном положении (рис. 1).

Опора представляет собой конструкцию, соединённую с гидроударным буровым снарядом 8 тросовыми растяжками 9 и состоящую из цилиндрического корпуса 12 с шарнирно закреплёнными на нём лапами 10. Раскрытие опорных лап ограничивается длиной цепных растяжек 11. Цилиндр опоры оснащён подпружиненными захватами – фиксаторами 7.

В рабочее положение опора переводится за бортом судна при спуске установки на дно моря (рис. 1, а). В процессе бурения фиксаторы 7 скользят по поверхности гидроударного бурового снаряда 8, не препятствуя углубке скважины. При встрече с кольцом 5, имеющим обратную по отношению к ним конусность, фиксаторы 7 отжимаются, обеспечивая беспрепятственное прохождение гидроударного бурового снаряда 8. Затем они занимают исходное положение (рис. 1, б). По окончании бурения снаряд 8 вместе с опорой (за счёт

взаимодействия конусного кольца 5 и фиксаторов 7) извлекается из скважины и поднимается к борту судна. При подъеме установки лапы 10 складываются (рис. 1, в), что позволяет закрепить опору на кронштейне 4 за бортом судна.

Стабилизирующая опора должна обеспечивать устойчивость буровой установки в различных условиях эксплуатации при различных скоростях течения и углах наклона морского дна.

Для определения границ области эксплуатации с точки зрения обеспечения гарантированной стабилизации установки на морском дне решалась задача об устойчивости системы «гидроударный буровой снаряд-опора». Была рассмотрена расчетная схема,

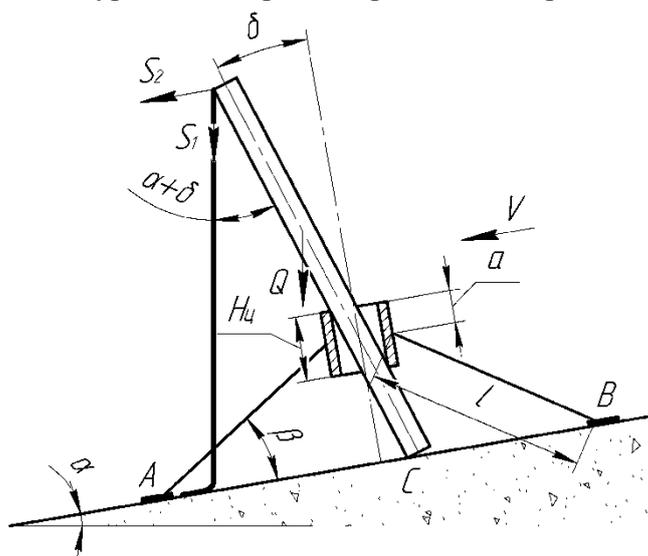


Рис. 2. Расчётная схема системы «гидроударный буровой снаряд – опора»

показанная на рис. 2, которая учитывает влияние на равновесие установки веса гидроударного бурового снаряда и опоры, угла наклона дна, а так же сил, обусловленных действием течения на элементы установки, которые при этом рассматриваются как два отдельных тела, взаимодействующих друг с другом и имеющие возможность относительного перемещения. Поскольку при эксплуатации установок типа УГВП нагнетательный шланг сбрасывается за борт и частично ложится на дно моря, то при учете его воздействия на устойчивость опоры принимались во внимание только те силы, которые действуют на участок шланга от места закрепления его на гидроударном буровом снаряде до морского дна. В расчетной схеме также учитывалась возможность перекоса снаряда в цилиндре опоры, обусловленного зазором между ними. Горизонтальная ось направлена вдоль плоскости дна, а вертикальная – перпендикулярна ей.

Рассматривались опоры с числом лап от 3 до 6. Задача решалась для более неблагоприятного случая работы установки на дне, когда течение и наклон дна направлены в

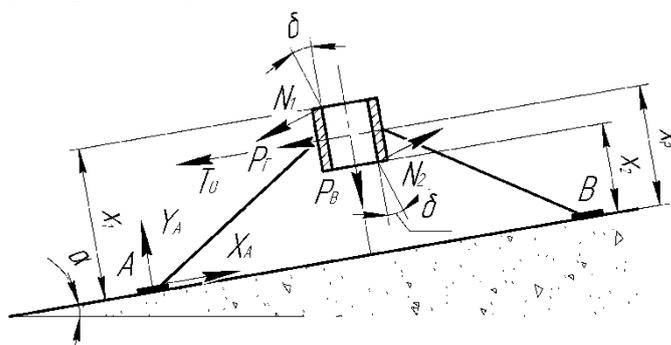


Рис. 3. Схема действия сил на стабилизирующую опору

одну сторону, а плечо опрокидывания имело минимально возможные значения.

Дополнительно оценивалась устойчивость опоры и при максимально возможных плечах опрокидывания с целью определения возможной области эксплуатации установок (максимально возможных скоростей течения и углов наклона дна) при использовании средств для принудительной ориентации опоры относительно течения.

При решении задачи рассматривалось критическое равновесие опоры, т.е. случай, когда реакция в точке B равна нулю. Тогда на опору действуют следующие силы (рис. 3):

- горизонтальная составляющая веса P_T :

$$P_T = k(nq_2l + M_{ц}g)\sin\alpha,$$

где n – число лап; q_2 – вес 1 м лап; l – длина лап; $M_{ц}$ – масса цилиндра; g – ускорение свободного падения; α – угол наклона дна; k – коэффициент, учитывающий потери веса элементов установки в воде

$$k = 1 - \rho / \rho_M,$$

где ρ , ρ_M – плотность морской воды и материала опоры;

- вертикальная составляющая веса P_B :

$$P_B = k(nq_2l + M_{ц}g)\cos\alpha;$$

- сила действия течения на опору T_0 :

$$T_0 = 0,5F_0\rho V^2,$$

где V – скорость течения; F_0 – площадь парусности опоры (определяется как площадь проекций элементов опоры на плоскость, перпендикулярную вектору течения);

- силы действия гидроударного бурового снаряда на опору N_1 , N_2 ;
- реакции в точке A (горизонтальная составляющая X_A и вертикальная составляющая Y_A).

Вертикальные координаты точек приложения этих сил определяются следующим образом:

- для P_T и P_B :

$$X_p = \frac{0,5q_2l^2n\sin\beta + M_{ц}g(l\sin\beta + a - H_{ц}/2)}{nq_2l + M_{ц}g},$$

где $H_{ц}$ – высота цилиндра опоры;

- для T_0 : $X_{T_0} = X_p$;
- для N_1 : $X_1 = l\sin\beta + a$;
- для N_2 : $X_2 = l\sin\beta + a - H_{ц}$,

где a – координата точки закрепления осей лап на цилиндре опоры (считается от верхнего края); β – угол наклона лап опоры.

Величина площади F_0 для различных опор определяется следующим образом:

- для трёхлапой опоры

$$F_0 = H_{ц}D_{ц} + d(l\sin\beta + a - H_{ц}) + 2dl\cos\gamma,$$

где d – диаметр лап опоры;

- для четырёхлапой опоры

$$F_0 = H_{ц}D_{ц} + 4dl\cos\gamma;$$

- для шестилапой опоры

$$F_0 = H_{ц}D_{ц} + 2dl + 4dl\cos\gamma,$$

где $D_{ц}$ – диаметр цилиндра опоры; γ – угол между проекцией лапы и линией, соединяющей нижние концы двух смежных лап,

$$\gamma = \pi(n-2)/(2n).$$

Условием критического равновесия является равенство нулю суммы моментов всех вышеприведенных сил относительно точки A ($\Sigma M_A = 0$).

Область значений скоростей течения и углов наклона дна, при которых опора сохраняет устойчивость, определяется условием $\Sigma M_A \geq 0$ (положительное направление моментов сил – по часовой стрелке).

Имеем два условия равновесия, соответственно, при минимальном и максимальном плече опрокидывания:

$$P_B l_{II} \sin \gamma + N_1 (l_{II} \sin \gamma - D_{II} / 2 + \Delta_{II}) \sin \delta + N_2 X_2 \cos \delta - (P_{\Gamma} + T_0) X_P - N_1 X_1 \cos \delta - N_2 (l_{II} \sin \gamma + D_{II} / 2 - \Delta_{II}) \sin \delta \geq 0'$$

$$P_B l_{II} + N_1 (l \cos \beta + \Delta_{II}) \sin \delta + N_2 X_2 \cos \delta - (P_{\Gamma} + T_0) X_P - N_1 X_1 \cos \delta - N_2 (l \cos \beta + D_{II} - \Delta_{II}) \sin \delta \geq 0'$$

где Δ_{II} – толщина стенки цилиндра опоры; l_{II} – расстояние в горизонтальной плоскости от центра опоры до точки контакта лапы с морским дном,

$$l_{II} = l \cos \beta + D_{II} / 2,$$

где δ – угол перекоса снаряда в цилиндре опоры,

$$\delta = \arctg \left(\frac{D_{II} - 2\Delta_{II} - D}{H_{II}} \right),$$

где D – диаметр гидроударного бурового снаряда.

При определении сил N_1 и N_2 буровой снаряд рассматривается в виде балки, возможность перемещения которой ограничивается тремя реакциями: двумя искомыми силами и реакцией морского дна, компенсирующей составляющую веса бурового снаряда, действующую вдоль его оси. Тогда величины сил N_1 и N_2 можно определить на основании уравнения равновесия балки под действием моментов, определяющихся следующими силами:

- составляющая веса бурового снаряда Q_{Γ} , перпендикулярна его оси:

$$Q_{\Gamma} = k(Mg + q_1 H_{KH}) \sin(\alpha + \delta),$$

где M – масса гидроударника; q_1 – вес 1 м колонкового набора; H_{KH} – длина колонкового набора;

- вес участка шланга S_1 :

$$S_1 = k_1 q_{III} H \cos(\delta) / \cos(\alpha),$$

где q_{III} – вес 1 метра шланга; H – высота гидроударного бурового снаряда; k_1 – коэффициент, учитывающий потери веса шланга в воде

$$k_1 = 1 - \rho_{III} / \rho_M,$$

где ρ_{III} – плотность материала шланга;

- сила действия течения на шланг S_2 :

$$S_2 = 0,5 F_2 \rho V^2,$$

где F_2 – парусность шланга

$$F_2 = d_{III} H \cos \delta,$$

где d_{III} – диаметр шланга;

- силы действия течения на пробоотборник T_1 и T_2 (выше и ниже цилиндра опоры):

$$T_1 = 0,5 \rho D V^2 (H \cos \delta - l \sin \beta - a); T_2 = 0,5 \rho D V^2 (l \sin \beta + a - H_{II}).$$

Координаты приложения этих сил вдоль оси снаряда равны:

- считая от нижнего торца снаряда:

$$X_{S_1} = X_{S_2} = H;$$

$$X_Q = \frac{Mg(H + H_{KH}) + q_1 H_{KH}^2}{2(Mg + q_1 H_{KH})}; X_{T_2} = 0,5(l \sin \beta + a - H_{II}) / \cos \delta;$$

- считая от верхнего торца снаряда:

$$X_{T_1} = 0,5(H - (l \sin \beta + a) / \cos \delta).$$

Тогда значения сил N_1 и N_2 могут быть определены как

$$N_1 = (Q_r(X_Q - X_2 / \cos \delta) + T_1(X_{T_1} + H_{II} / \cos \delta) + (S_1 \cos(\alpha + \delta) + S_2 \cos \delta)(H - X_2 / \cos \delta) - T_2 X_{T_2}) / H_{II},$$

$$N_2 = (Q_r(X_Q - X_1 / \cos \delta) + T_1 X_{T_1} + (S_1 \cos(\alpha + \delta) + S_2 \cos \delta) \times (H - X_1 / \cos \delta) - T_2(X_{T_2} + H_{II} / \cos \delta)) / H_{II}.$$

Поиск рациональных параметров стабилизирующей опоры осуществляется на основании предложенной методики расчёта при помощи персонального компьютера. Поскольку учитывается влияние большого количества величин на стабильность системы «гидроударный буровой снаряд – опора», то при определении параметров стабилизирующей опоры производится расчет нескольких конкретных конструкций, из которых затем выбирается наиболее рациональный вариант для конкретных условий эксплуатации.

Исходные данные для расчёта стабилизирующей опоры, предназначенной для эксплуатации установок УГВП в условиях Чёрного и Азовского морей, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные для расчёта параметров опоры

№ п/п	Наименование	Значение
1	Длина снаряда, м	8-12
2	Длина колонкового набора, м	6-10
3	Масса гидроударника, кг	160
4	Вес 1 м колонкового набора, Н/м	270
5	Диаметр снаряда, мм	127
6	Диаметр шланга, мм	58
7	Вес 1 м шланга, Н/м	35,5

Область устойчивости определялась для опор с диаметром лап 50 и 73 мм и длиной 4,5 и 6 м. При обосновании рекомендаций для выбора конструктивных параметров опоры необходимо ориентироваться на значения преобладающих скоростей течения в районе предполагаемых работ.

Например, в северо-западной части Чёрного моря преобладают течения со скоростями 0,3–0,5 м/с, рельеф дна моря в этом районе достаточно пологий. Тогда при использовании снаряда длиной 8 м (колонковый набор – 6 м) даже опора с длиной лап 4,5 м и их диаметром 50 мм обеспечивает устойчивость установки УГВП-130/8 при углах наклона дна от 6–8° до 13–16°, что достаточно для выполнения работ. Однако при использовании снаряда с длиной колонкового набора 10 м для этих условий эта опора уже непригодна – необходимо использовать опору с длиной лап 6 м и их диаметром 73 мм, при этом желательна принудительная ориентация опоры по течению для обеспечения максимального плеча опрокидывания.

На рис. 4 приведены результаты расчётов, характеризующие область устойчивого положения установки на дне моря.

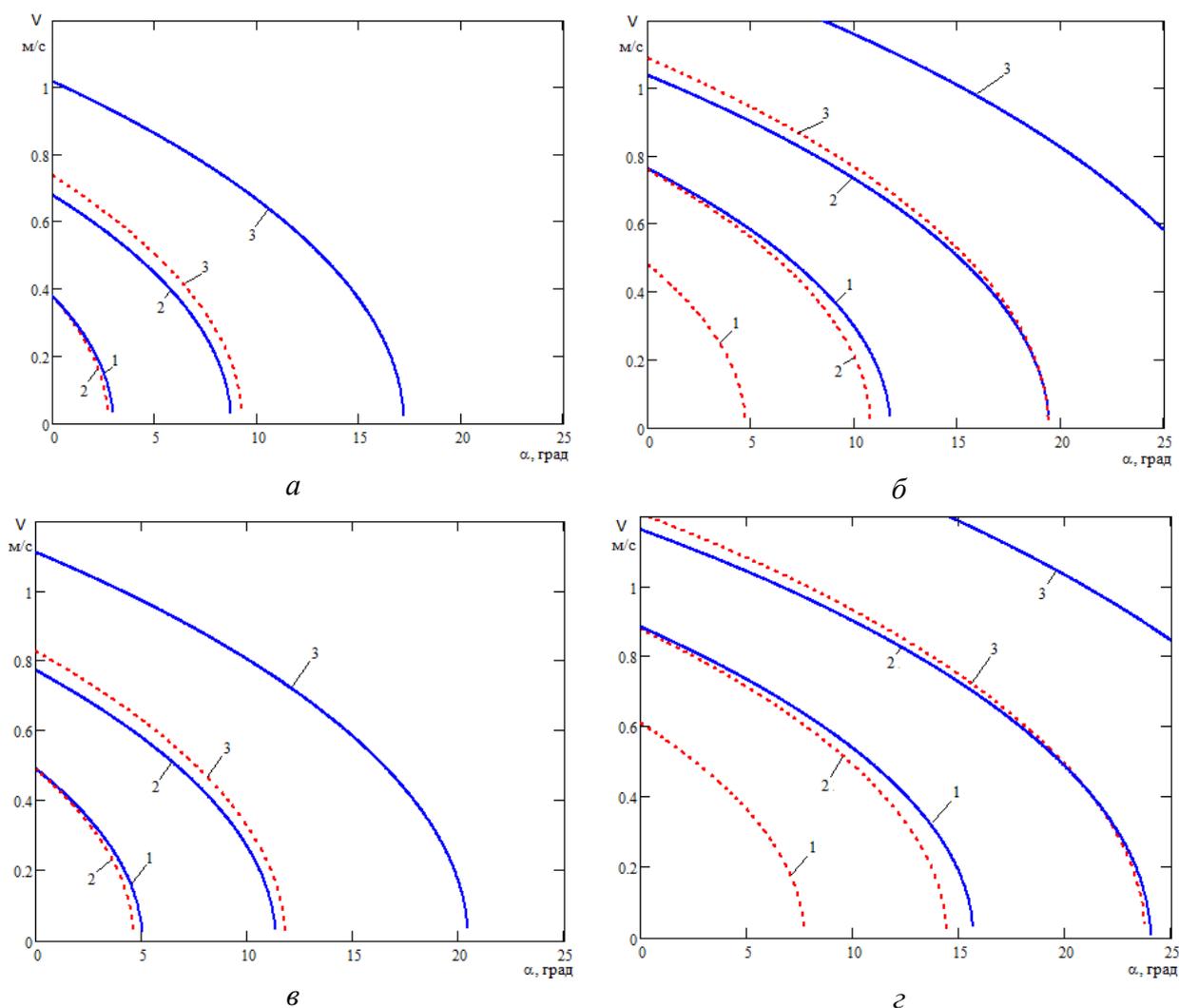


Рис. 4. Границы области устойчивого положения установки на дне моря. Длина / диаметр лап опоры: а – 4,5 м / 50 мм; б – 6 м / 50 мм; в – 4,5 м / 73 мм; г – 6 м / 73 мм. Длина колонкового набора: 1 – 10 м; 2 – 8 м; 3 – 6 м. Пунктирная линия соответствует минимальному плечу опрокидывания, сплошная – максимальному плечу

В табл. 2 приведены конструктивные параметры опор, обеспечивающих стабилизацию гидроударного бурового снаряда длиной 8–12 м на дне моря.

Таблица 2. Конструктивные параметры опор для стабилизации гидроударных буровых снарядов установок типа УГВП

№ п/п	Наименование	Значение	
1	Диаметры цилиндра опоры, мм:	290/150	
2	Высота цилиндра опоры, мм	450	
3	Координата закрепления лап, мм	160	
4	Число лап опоры	4	
5	Угол раскрытия лап опоры, град	15	
6	Диаметр лап опоры, мм	50 / 73	
7	Вес 1м лап опоры, Н/м	59,2 / 83,2	
8	Длина лап опоры, м	4,5	6
9	Масса опоры, кг	160/200	195 / 250

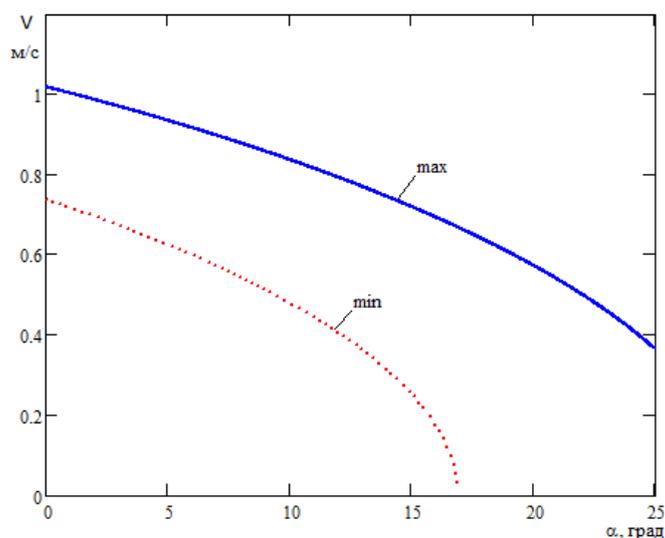


Рис. 5. Границы области устойчивого положения установки на дне моря при использовании динамического утяжелителя.

Следует отметить, что одним из путей повышения устойчивости стабилизирующей опоры является использование динамического утяжелителя [2], который подвижно устанавливается на гидроударнике, при этом трос 2 (рис. 1) соединяется с динамическим утяжелителем вместо грузового переходника 6. Это позволяет при отклонении оси гидроударного бурового снаряда от вертикали создавать дополнительное усилие, действующее на его верхнюю часть и препятствующее опрокидыванию опоры. Например, использование утяжелителя массой 120 кг с описанной выше опорой с длиной лап 4,5 м и их диаметром 50 мм позволяет увеличить нижнюю границу области стабилизации гидроударного бурового снаряда при скоростях течения 0,3–0,5 м/с до 10–15° (рис. 5) вместо 6–8° (рис. 4, а).

Кроме того, такая мера позволяет существенно повысить механическую скорость бурения за счёт ограничения перемещения снаряда вверх и использования энергии удара бойка гидроударника вверх для нанесения дополнительных ударов, воздействующих на забой скважины [2].

В статті розглянуті результати роботи по визначенню стійкості стабілізуючих опор заглибних установок типа УГВП, які застосовуються для однорейсового буріння геологорозвідувальних свердловин на шельфі гідроударними снарядами з глибиною опробування до 6–10 м. Отримані данні дозволяють визначити область експлуатації установок в залежності від конструктивних параметрів стабілізуючих опор.

Ключові слова: буріння геологорозвідувальних свердловин на шельфі, заглибні установки, гідроударні бурові снаряди, стійкість опори.

The article presents the research results on the definition of stability of stabilizing supports of submersible drilling tools such as UGVP for single run offshore prospecting borehole drilling with hydraulic hammer tools with sampling depth up to 6-10 m. Results allowed determine the area of operation of supports which depends on its design parameters.

Key words: offshore prospecting borehole drilling, submersible drilling tools, hydraulic hammer tool, stabilizing support.

Литература

1. Калининченко О.И., Зыбинский П.В., Каракозов А.А. Гидроударные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе. – Донецк: «Вебер» (Донецкое отделение), 2007. – 270 с.
2. Каракозов, А. А. Сравнительная теоретическая оценка влияния применения утяжелителей и колонковых наборов с подвижными трубами на эффективность процесса бурения донных отложений гидроударными буровыми снарядами // Наукові праці ДонНТУ, Серія «Гірничо-геологічна». – Донецьк, ДонНТУ, 2006. – Вип. 111. – Т. 2. – С. 113–118.

Поступила 10.07.14