

УДК 551.463

ОПЫТ СНИЖЕНИЯ ПОМЕХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМУ ПРИЕМУ МЕТОДОМ ПОСТАНОВКИ СУДНА НА ГЛУБОКОВОДНЫЙ ЯКОРЬ

© 1994 г. Л. Б. Комлев, А. В. Фурдуев

Акустический институт им. Н.Н. Андреева РАН

117036 Москва, ул. Шверника, 4

Поступила в редакцию 30.11.93 г.

Приведена простая схема глубоководной (1700 м) якорной постановки научно-исследовательского судна "Академик Николай Андреев" (водоизмещением 10 тыс. т) на горе Крылова в Атлантическом океане во время совместного российско-американского эксперимента по приему сигналов, излучавшихся от острова Херд. Описано поведение судна на якоре. Анализируются преимущества акустико-океанологических измерений при якорной постановке судна в сравнении с измерениями в условиях ветрового дрейфа судна.

При проведении акустико-океанологических исследований с борта судна обычно необходимо обеспечить стабильность положения приборов, гирлянд датчиков, вертикальность или заданную ориентацию акустических антенн, отсутствие вибрационных или турбулентных псевдозвуковых помех звукоприему и для некоторых задач практическое постоянство координат судна. Перечисленные требования не могут быть выполнены на дрейфующем судне. Набегающий на погруженные приборы поток вызывает их перемещение, вибрации. При переменном, зависящем от скорости ветра, дрейфе ненадежны кабельные петли нейтральной плавучести или иные развязки между качающимся судном и приборами. Кабели вытягиваются и всплывают при увеличении дрейфа, либо тонут при уменьшении скорости дрейфа, поэтому при умеренных скоростях ветра рывки судна по кабелю передаются антеннам, снижая точность и помехоустойчивость измерений. Особенно недопустима нестабильность измерительных средств при проведении акустико-томографических исследований [1, 2]. Поддерживать постоянными координаты судна, ликвидировать ветровой дрейф, составляющий обычно 0.5 - 1.0 м/с, можно с помощью системы позиционирования или противодрейфового удержания. Однако эти системы создают недопустимо высокий уровень шума, мешающий акустическим измерениям, требуют долговременной высокоточной работы двигателей и не обеспечивают стабильность положения опущенных за борт приборов и кабелей. При противодрейфовом удерживании резко возрастает опасность перепутывания между собой нескольких кабельных систем, одновременно опущенных с борта судна, или их захват винтом, рулевыми устройствами.

Опыт проведения многочисленных экспериментов показал, что для повышения точности измерений, снижения скорости потока, набегающего на измерительные системы, обеспечения стабильности их положения, ликвидации псевдозвуковых

помех на протяжении многосуточных акустико-океанологических измерений целесообразно проводить эксперименты при глубоководной якорной постановке судна [2]. Такая постановка была осуществлена на НИС "Академик Николай Андреев" водоизмещением 10 тыс. т. Простота разработанной схемы и технологии постановки судна на глубоководный якорь обеспечивает возможность ее реализации практически на любом научно-исследовательском судне. При этом важно, что не требуется устанавливать на судне никакого дополнительного оборудования, громоздких систем или приспособлений, достаточно лишь иметь синтетический трос необходимой длины, стандартный надувной понтон и легкий якорь с цепным бриделем.

На рис. 1 изображена схема якорной постановки НИС "Академик Николай Андреев" (АНА) на вершине подводной горы Крылова в Атлантическом океане. Глубина горизонтальной площадки, на которую был сброшен якорь, - 1700 м, ее размеры примерно 500 × 800 м. Этот пример выбран потому, что он демонстрирует возможность достаточного "попадания" якоря в выбранную точку методом сброса якоря на ходу судна (3 - 4 уз) при буксировке за судном предварительно выпущенной якорной системы. В этом случае за бортом судна на растительном тросе вывешивается якорь и цепной бридель малыми петлями (на обрываемых весом якоря каболках), а за бортом буксируется якорный трос, надувная бочка, соединительный трос с поплавком на конце и бросательный конец также с поплавком. При сбросе якоря цепь обрывает каболки и якорь, за ним цепной бридель, падая увлекает за собой якорный трос. Если в момент отдачи якоря буксируемая за судном система была натянута, то рывок сбрасываемого якоря не опасен для троса. Точка падения якоря на дно оказывается за кормой судна по направлению вытянутой буксируемой якорной системы примерно на расстоянии 20 - 25% от глу-

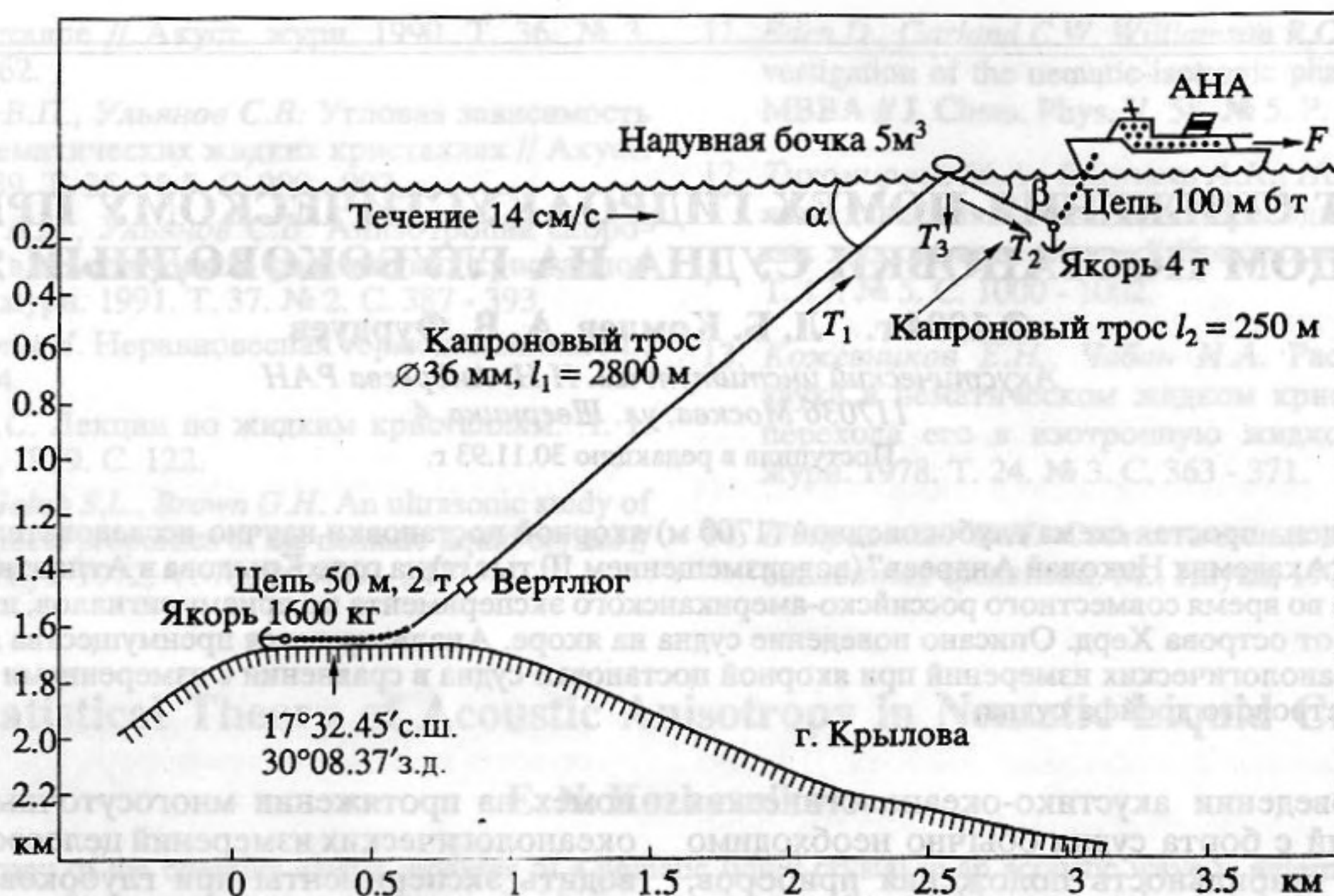


Рис. 1. Схема постановки НИС "Академик Николай Андреев" (АНА) на глубоководный якорь: l_1 , l_2 и T_1 , T_2 — длины и растягивающие усилия капроновых тросов; T_3 — сила, затапливающая бочку, F — сила парусности судна.

бины места, скорость падения на дно не превышает 2 м/с; при этом благодаря тормозящей силе якорного троса цепь не падает на якорь. Заходить судном к точке постановки следует против направления ожидаемого дрейфа (против ветра).

После постановки якорной системы, судно должно подойти, ориентируясь на надувной понтон к поплавкам, поднять из воды бросательный конец и, быстро закрепив соединительный трос к становому якорю, вытравить штатную цепь на 4 смычки в воду (рис. 1). В дальнейшем судно, увлекаемое ветром, обтянет якорную систему и займет положение примерно носом на ветер; рывок за счет инерции судна, как показали расчеты, не может быть опасен для целостности системы, если скорость дрейфа в момент обтягивания тросов не превышает 0.5 м/с и становой якорь к этому моменту будет уже опущен, а, следовательно, выполнит свою роль демпфера.

Особенность приведенной на рис. 1 схемы состоит в применении тонкого, практически нейтральной плавучести, синтетического троса (в рассматриваемом примере это капроновый трехрядный трос диаметром 36 мм и разрывной прочностью 180 кН). Использовать тонкий трос в этой схеме удается благодаря развязке его от динамических нагрузок качающегося судна с помощью амортизирующего фильтра, состоящего из надувной плавучести (стандартный понтон водоизмещением 5 т), соединительного синтетического троса (длиной 250 м) и опущенного на глубину 100 м (4 смычки цепи) штатного станowego

якоря судна (масса якоря 4 т, масса 100 м цепи 6 т). Капроновый трос в описываемом случае был выбран исходя из возможности его приобретения. Для штатного вооружения судна подобной якорной системой следует рекомендовать незакручивающийся многопрядный трос или фал нейтральной плавучести из сверхвысокомодульных нитей (СВМ), например, типа "Кевлар" (прочность на разрыв около 3 кН/мм²) или "Армос" производства НПО "Химволокно" в г. Мытищи (прочность около 5 кН/мм²). Трос длиной 10 км из волокна "Армос" при прочности на разрыв 200 кН будет иметь диаметр вместе с хлорвиниловым шлангом около 10 мм и потребует для хранения вьюшку с объемом барабана не более 1 м³. При этом такой трос обеспечит постановку даже крупного судна на якорь на глубинах до 6 км.

Параметры элементов якорной системы, изображенной на рис. 1, выбираются исходя из сил, действующих на судно вследствие ветра или течения. Площадь лобовой парусности корпуса, надстроек, мачт, трубы и т.п. судна, определенная по чертежам, составила 520 м². Сила, необходимая для удержания судна на якорю, определялась по известной формуле:

$$F = c_x \frac{\rho v^2}{2} S, \quad (1)$$

где ρ — удельная плотность воздуха, кг/м³, v — скорость ветра в м/с, S — площадь парусности в м², коэффициент c_x был принят равным единице. Проверка показала, что определенная по формуле си-

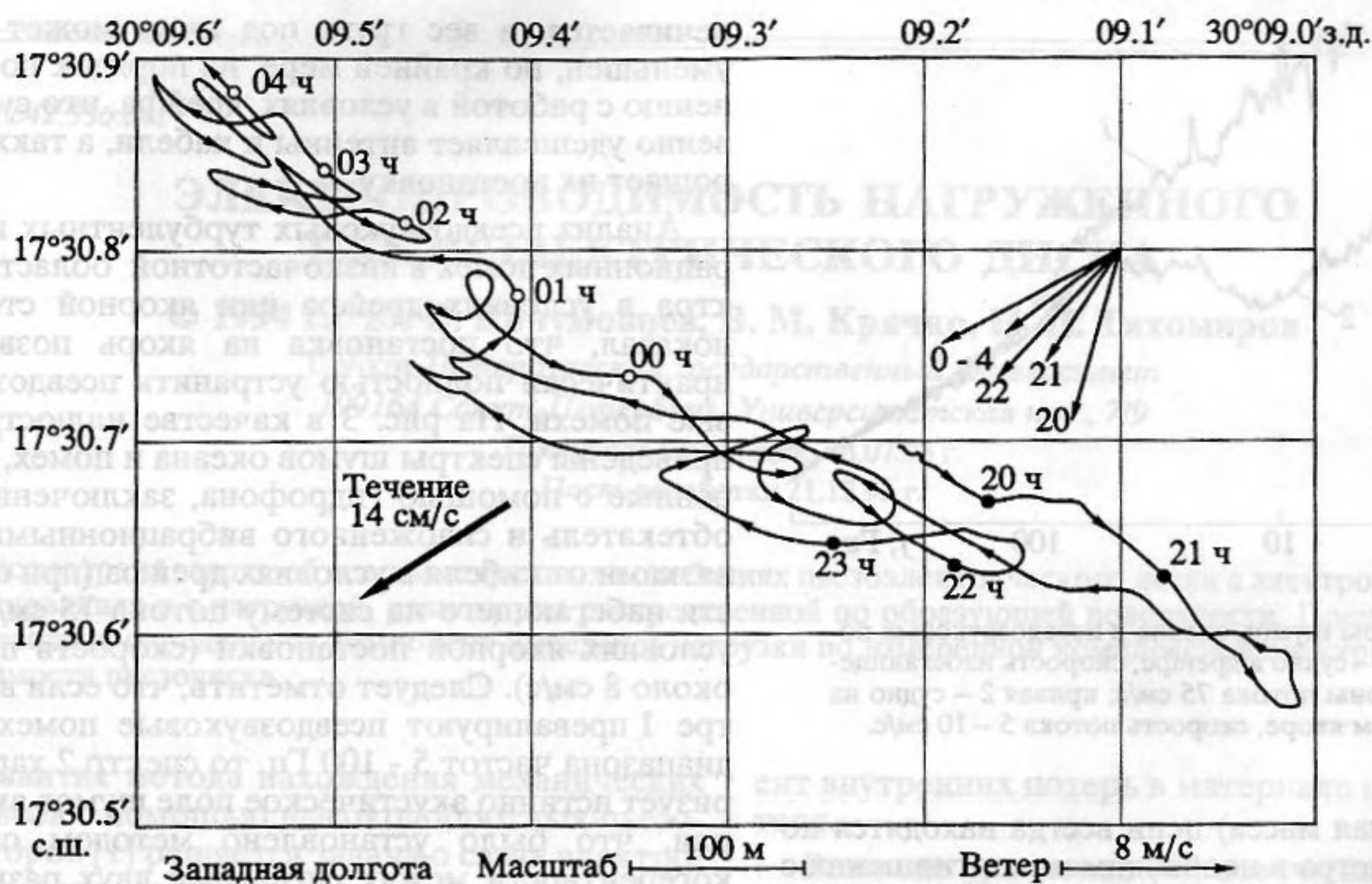


Рис. 2. Карта хождения судна на якорь в течение 8 часов. Точки на трассе проставлены через каждый час. Изменяющаяся за это время скорость ветра символически изображена в правом верхнем углу рисунка.

ла оказалась близка к реальной и составила при скорости ветра 5 м/с – 6.5 кН, при 10 м/с – 26 кН, при 15 м/с – 58 кН.

Предельная скорость ветра якорной постановки, определяемая условием, когда сила, приложенная в центре парусности, становилась равной разрывной прочности троса, составила в нашем случае 30 м/с. Масса примененного якоря 1600 кг была выбрана так, чтобы его держащая сила не превышала разрывную прочность троса для типичных грунтов и обеспечивала удержание судна на якорь до скоростей ветра 15 - 20 м/с. Такой подход позволяет сохранить якорь, а некоторое смещение судна с ползущим по дну якорем не мешает достижению главной цели якорной постановки – ликвидации набегающего на системы потока воды. В описываемой схеме якорной постановки был применен якорь Холла и цепной бридель длиной 50 м с массой, равной массе якоря. Следует отметить, что применение для облученной якорной постановки якоря Холла, или адмиралтейского, вокруг штока которого может запутаться трос, не оптимально. Наиболее выгоден якорь с повышенной держащей силой, например, якорь Матросова, так как в этом случае как масса якоря, так и масса бриделя могут быть уменьшены в 2 - 2.5 раза. Действительно, если держащая сила якоря Холла, или адмиралтейского, в илистых или песчаных грунтах равна 2.5 - 3 весам якоря, то для якоря Матросова она в 8 - 10 раз больше веса якоря [3, 4]. Для описываемой системы якорь должен обладать максимальной держа-

щей силой при наименьшем весе, что упрощает постановку. Калибр цепи бриделя (диаметр в миллиметрах круглого железа, из которого изготовлена цепь) определяется из соотношения $d = \sqrt{P}/1.1$, где P – масса якоря в килограммах, d – калибр в миллиметрах [2].

Возвращаясь к схеме якорной постановки на рис. 1, приведем формулы, удобные для оценки сил, действующих на якорный трос T_1 , на трос, соединяющий бочку со станovým якорем T_2 , и притапливающей бочку силы T_3 :

$$T_1 = \frac{F}{\cos \alpha}; \quad T_2 = \frac{F}{\cos \beta}; \quad (2)$$

$$T_3 = F (\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \alpha).$$

Оценки показывают, что амплитуда динамической нагрузки на тросы и бочку при амплитуде килевой качки судна ± 5 м не превосходит 5% от силы T_1 , T_2 или T_3 .

Опираясь на оценки по формулам (1) и (2), зная глубину H планируемой якорной постановки, длину якорного троса l_1 (рис. 1) выбирают в пределах $2H \geq l_1 \geq 1.5H$, тогда сила, действующая на тросы, не будет превышать 1.35 от силы парусности. Длина соединительного троса бочка-якорь судна l_2 всегда может быть выбрана около 200 - 250 м так же, как и вытравливаемая длина цепи штатного станového якоря l_3 , равной 100 м или 4 смышки. Это соотношение длин эффективно для гашения динамических нагрузок на любом судне, в частности, потому, что масса штатного якоря и ка-

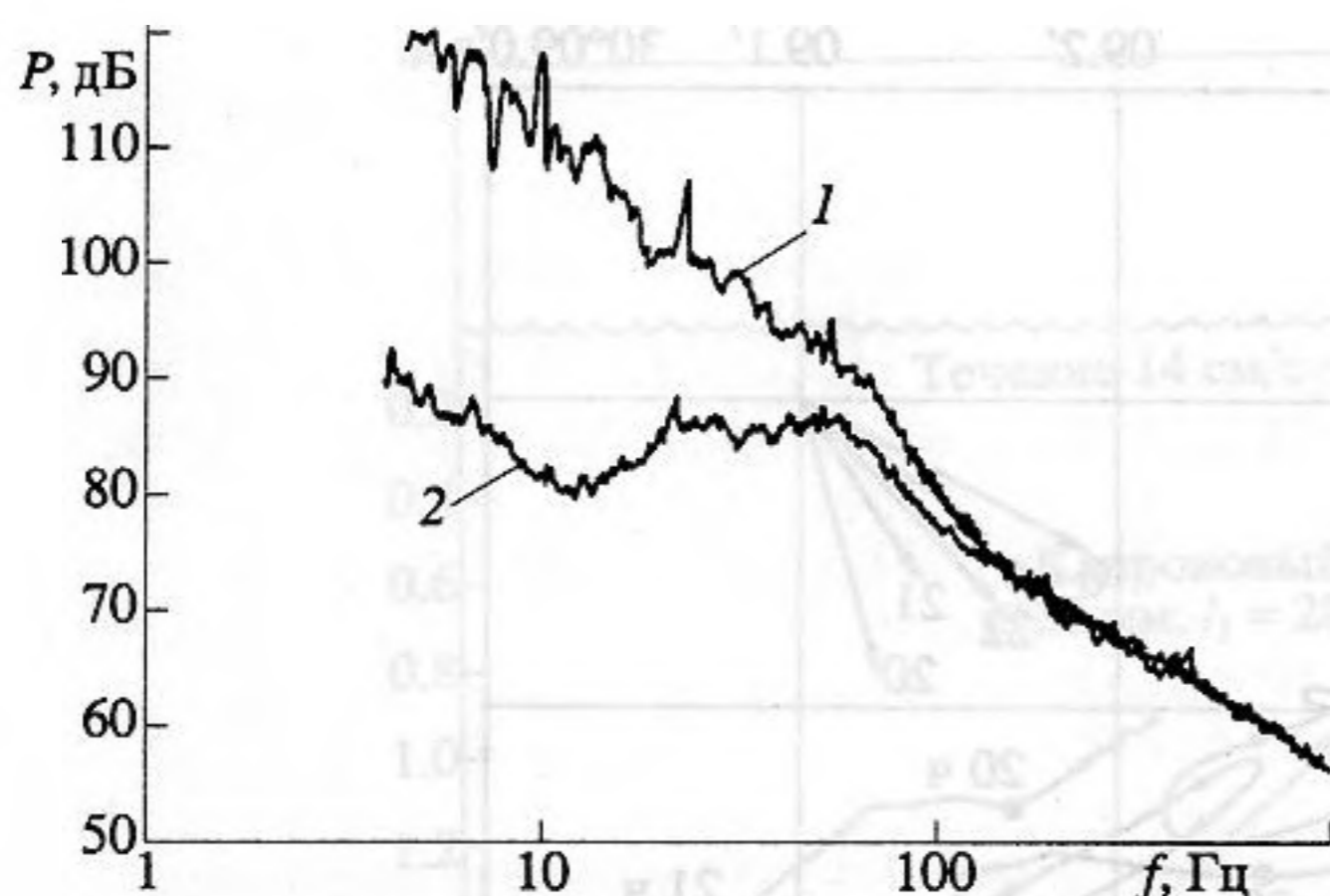


Рис. 3. Спектры шумов океана и псевдозвуковых помех: кривая 1 – судно в дрейфе, скорость набегающего на гидрофоны потока 75 см/с; кривая 2 – судно на глубоководном якорю, скорость потока 5–10 см/с.

либр (понтонная масса) цепи всегда находятся по правилам Регистра в необходимом соотношении с основными характеристиками судна [4].

Опыт показал, что постановка судна на глубоководный якорь, при определенном навыке, занимает всего несколько часов и может быть осуществлена даже при слабом ветре. Судно, стоящее на якорю, под воздействием ветра и течения совершает сложные движения. Траектория этих движений, измерявшаяся с высокой точностью с помощью спутниковой навигации, приведена на рис. 2. Хожение судна на якорю во многом определялось несимметричным креплением (за один клюз).

Измерение скорости потока, набегающего на опущенные с борта системы показало, что средняя величина этого потока не превосходит в отдельные моменты 15 см/с и главным образом обусловлена действующим в районе постановки течением. Скорости потока, обусловленные хождением судна на якорю, не превосходили 10 см/с при скорости ветра 12–14 м/с. Следует заметить, что при такой скорости ветра дрейф судна относительно воды обычно составлял 1–1.2 м/с. Оказалось, что ориентация акустических систем (при отклонении от вертикали не более 1°) легко обес-

печивается, а вес груза под ними может быть уменьшен, по крайней мере, на порядок по сравнению с работой в условиях дрейфа, что существенно удешевляет антенны и кабели, а также упрощает их постановку.

Анализ псевдозвуковых турбулентных и вибрационных помех в низкочастотной области спектра в условиях дрейфа или якорной стоянки показал, что постановка на якорь позволяет практически полностью устранить псевдозвуковые помехи. На рис. 3 в качестве иллюстрации приведены спектры шумов океана и помех, измеренные с помощью гидрофона, заключенного в обтекатель и снабженного вибрационными развязками от кабеля в условиях дрейфа (при скорости набегающего на систему потока 75 см/с) и в условиях якорной постановки (скорость потока около 8 см/с). Следует отметить, что если в спектре 1 преобладают псевдозвуковые помехи для диапазона частот 5–100 Гц, то спектр 2 характеризует истинно акустическое поле шумов акватории, что было установлено методом оценки когерентности между сигналами двух разнесенных по вертикали гидрофонов [3]. Рис. 3 демонстрирует очевидные преимущества якорной постановки для проведения низкочастотных акустических исследований. На рис. 3 по оси ординат отложены уровни звукового давления в децибелах относительно 10^{-6} Па Гц $^{-0.5}$, по оси абсцисс – в логарифмическом масштабе частота в герцах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Munk W., Wunsch C. Ocean acoustic tomography: a scheme for large-scale monitoring // *Deep Sea Res.*, 1979. V. 26A. P. 123–161.
2. Burenkov S.V., Gavrilov A.N., Uporin A.Y., Furduev A.V. Heard island feasibility test: long-range sound transmission from Heard island to Krylov underwater mountain // *J. Acoust. Soc. Amer.* 1991. V. 90. № 4. Pt. 2. P. 2330.
3. Свенсон С.С. Справочник по морским такелажным работам. Л.: Судостроение, 1987.
4. Алексюк В.В., Литвиненко А.И., Болтин Г.Н., Цурбан А.И. Пособие для боцмана морского судна. М.: Транспорт, 1970.
5. Фурдуев А.В. Спектры шумов океана и псевдошумовые помехи звукоприему // *Вопросы судостроения. Сер. Акустика.* 1978. Вып. 10. С. 41–51.

Improvement of Hydroacoustic Reception by Deep-Sea Ship Anchorage

L. B. Komlev and A. V. Furduev

A simple scheme of the deep-sea (1700 m) anchorage of research vessel *Akademik Nikolai Andreev* (10 000 ton displacement) at the Krylov seamount in the Atlantic during a joint Russian–American experiment on reception of signals transmitted from Heard island is presented. Behavior of an anchored ship is described. Acoustic experiments in the ocean from an anchored ship are advantageously compared to measurements from a drifting ship.