

**ПРОМРЫБОЛОВСТВО**

УДК 639.2.081.1:629.12.015.65

**Ю.В. Еремин<sup>1</sup>, Д.Б. Бурлаков<sup>2</sup>, Н.Н. Бурлакова<sup>3</sup>, М.А. Мизюркин<sup>1</sup>,  
О.Н. Кручинин<sup>1\*</sup>**<sup>1</sup> Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;<sup>2</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный  
университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б;<sup>3</sup> Дальневосточный федеральный университет,  
690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8**ЯКОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УСТАНОВКИ ОРУДИЙ ЛОВА  
НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ**

Предложено применение грибовидных якорей оригинальной формы при позиционировании судов и орудий лова на слабых (песчано-илистых) грунтах. Определяется удерживающая сила грибовидных якорей при использовании их для позиционирования судна и орудия лова при соответствующих навигационных условиях в заданном месте акватории. Приведены результаты разработки и проектирования якоря оригинальной грибовидной формы. Выполнены расчеты сил, действующих на плавучий объект при постановке его на якорь перпендикулярно и параллельно направлению течения. Приведен расчет масс якорей, потребных для якорной стоянки плавучего объекта на течении, и показана схема якорной стоянки на глубине 250 м. Приводятся результаты экспериментов с применением грибовидных якорей при проведении операции по поиску затонувшего судна в Охотском море и при проведении ловушечного промысла креветки в Японском море. Показана возможность позиционирования судна дедевитом 2433 т при волнении моря 3 балла, поверхностном течении 2 уз и донном течение 4 уз с помощью двух кормовых и одного носового якоря грибовидной формы. Применение компактного варианта грибовидного якоря при ловушечном промысле креветки показало значительное снижение вероятности перемещения ловушек по дну в процессе их выборки. Это позволяет надеяться на возможность использования грибовидного якоря для установки и других орудий лова, таких как ставные сети и невода, крабовые ловушки, донные крючковые яруса и др.

**Ключевые слова:** якорь грибовидной формы, якорная система, держащая сила якоря, песчано-илистые грунты, орудия лова, позиционирование судов и орудий лова.

**Yeremin U.V., Burlakov D.B., Burlakova N.N., Mizyurkin M.A., Kruchinin O.N.**  
Anchor system for installation of fishing gears on soft grounds // Izv. TINRO. — 2014. — Vol. 177. — P. 268–274.

---

\* Еремин Юрий Викторович, научный сотрудник, e-mail: promryb@tinro.ru; Бурлаков Дмитрий Борисович, ведущий программист, e-mail: burlakov@nm.ru; Бурлакова Наталья Николаевна, доцент, e-mail: mtemte@yandex.ru; Мизюркин Михаил Алексеевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, e-mail: promryb@tinro.ru; Кручинин Олег Николаевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией, e-mail: promryb@tinro.ru.

Eremin Yury V., researcher, e-mail: promryb@tinro.ru; Burlakov Dmitry B., leading programmer, e-mail: burlakov@nm.ru; Burlakova Natalia N., associate professor, e-mail: mtemte@yandex.ru; Mizyurkin Michael A., D.Sc., professor, leading researcher, e-mail: promryb@tinro.ru; Kruchinin Oleg N., D.Sc., head of laboratory, e-mail: promryb@tinro.ru.

Mushroom anchors are proposed for positioning of vessels and fishing gears on soft grounds, as sands and silts. Designs of the anchors of original shape are presented. Their holding force is determined for certain navigational conditions, and the forces acting on a floating object are calculated for the cases of anchoring perpendicular and parallel to the water flow. Weight of the mushroom anchors necessary for anchoring of a floating object is calculated and scheme of the anchorage is presented for the depth 250 m. The mushroom anchors using for rescue operations in the Okhotsk Sea and for shrimp pot fishery in the Japan Sea is discussed, in particular the episode of positioning the vessel of deadweight 2433 t in conditions of 3-points roughness and the current velocity 2 knots at the sea surface and 4 knots at the sea bottom with using two stern and one bow mushroom anchors. Using of the compact mushroom anchor for shrimp pot fishery allows to reduce the traps moving along the bottom during their hauling. Possibly, the mushroom anchors could be used for other gears installation, as well, as stationary nets, crab traps, bottom longlines, etc.

**Key words:** mushroom anchor, anchor system, holding force of anchor, sand-silty ground, fishing gear, positioning of vessel, positioning of fishing gear.

### Введение

При лове ставными сетями, крючковыми ярусами или ловушками на больших глубинах на более или менее значительном удалении от берега бывает затруднительно или даже невозможно установить орудие лова так, чтобы не нарушить всю установку при поднятии его на поверхность при выборке улова. Кроме того, на больших глубинах могут быть разнонаправленные течения, мощность которых трудно предусмотреть. В этих условиях сравнительно сильно загруженные орудия лова, соединенные в длинный порядок, опускаются на дно, образуя прямую линию, и удерживаются от смещения при установке и выборке якорями, прикрепленными по концам порядка. Если якоря не обладают достаточной держащей силой, то порядок, особенно на зыбких грунтах (песчаных или илистых), будет смещаться с места, при этом орудия лова могут повреждаться или заиливаться. Поэтому в местах с приливно-отливными или сильными придонными течениями, направление которых известно, для ослабления их влияния орудия лова ставят под острым углом к течению. Однако и в этом случае очень важным являются тип применяемых якорей и схема их постановки.

В настоящей статье для увеличения держащей силы предлагается постановка орудий лова на грибовидные якоря оригинальной формы. В задачу исследования включено определение удерживающей силы грибовидных якорей при использовании их для позиционирования судна и орудия лова при соответствующих навигационных условиях в заданном месте акватории.

### Материалы и методы

Учитывая высокую текучесть песчано-илистых грунтов, из распространенных типов якорей для таких грунтов был выбран якорь грибовидной формы. При этом для исключения метода литья в процессе изготовления деталей якоря разработан и спроектирован грибовидный якорь сварной конструкции (Заявка № 2013144473), что позволило применять только стандартный стальной прокат. Общий вид грибовидного якоря представлен на рис. 1.

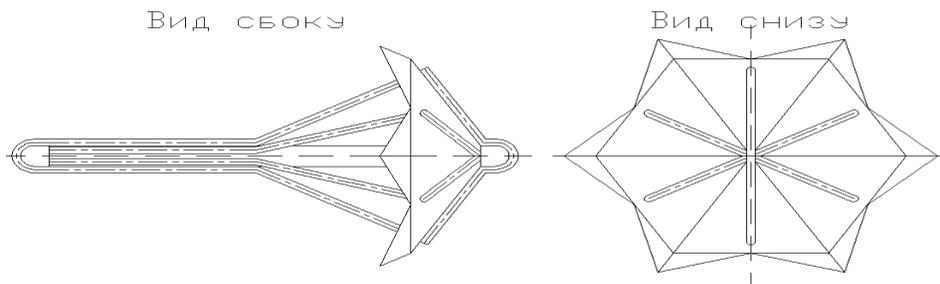


Рис. 1. Общий вид грибовидного якоря  
Fig. 1. General view of mushroom anchor

Удерживающая способность якоря характеризуется его сопротивляемостью к перемещениям (сдвигам, поворотам) под действием внешних сил и зависит от конструкции, массы, схемы передачи усилий от якорного каната, свойств грунтов дна и других условий. Физика взаимодействия якорей с грунтом сложна и недостаточно исследована. Применяющиеся в инженерной практике расчетные формулы по определению держашей силы якорей получены при определенных упрощениях на основе экспериментальных данных. Ниже приводятся некоторые общие расчетные положения, относящиеся к гравитационным якорям. Так, необходимый вес якоря в воде определяется из выражения (Кульмач, 1980)

$$Q = H/k_{\text{я}}, \quad (1)$$

где  $Q$  — сила тяжести гравитационного якоря (вес в воздухе  $Q = mg$ ;  $m$  — масса якоря,  $g$  — ускорение свободного падения);  $H$  — горизонтальное усилие на якорь (держашая сила якоря);  $k_{\text{я}}$  — коэффициент держашей силы якоря.

Из выражения (1) следует, что коэффициент держашей силы  $k_{\text{я}}$  представляет собой величину отношения держашей силы якоря к силе тяжести якоря и зависит от конструкции якорей и типа грунта. Для грибовидных якорей величина этого коэффициента следующая: грунт песчаный — 1,3–1,6; грунт глинистый — 1,7–2,2; грунт илистый — 1,5–2,0.

Якорные канаты могут передавать на якоря не только горизонтальные, но одновременно и вертикальные составляющие усилий. В этом случае сила тяжести (в воздухе)  $Q$  гравитационного якоря, установленного на поверхность дна без засыпки, вычисляется по известной формуле (Кульмач, 1980)

$$Q = H/k_{\text{я}} + 1,7V, \quad (2)$$

где  $H$  — горизонтальная, а  $V$  — вертикальная составляющая усилия в канате в месте его присоединения к якорю.

Для гравитационных якорей, располагаемых на поверхности дна без засыпки, связь  $Q$  и  $H$  определяют также по несколько видоизмененной по сравнению с формулой (1) зависимости (Кульмач, 1980):

$$Q = H/k_{\phi}k_{\text{эп}}, \quad (3)$$

где  $k_{\text{эп}}$  — коэффициент, зависящий от рода грунта;  $k_{\phi}$  — коэффициент формы якоря.

Участок цепи, лежащей на грунте или заглубленной в грунт перед якорем, также может передавать часть нагрузки на грунт за счет сил трения, зависящих от свойств грунта, размеров звеньев, длины лежащего участка цепи и др. При расположении участка длиной  $b$  якорной цепи на грунте перед якорем держашая сила  $H_{\text{ц}}$ , передаваемая цепью на грунт, определяется известной условной формулой (Кульмач, 1980):

$$H_{\text{ц}} = q \cdot b \cdot f, \quad (4)$$

где  $q$  — сила тяжести (вес) единицы длины цепи в воде;  $f$  — коэффициент трения цепи (безразмерная величина). Принимается при песчаных грунтах  $f = 0,75$ ; при илистых грунтах  $f = 0,60$ . Определяемая по формуле (4) сила  $H$  обычно мала по сравнению с держашей силой якоря и при практических расчетах нередко не учитывается.

Сечение веретена якоря составное (рис. 2) и имеет следующие геометрические характеристики: площадь  $F = 164,4 \text{ см}^2$ ; моменты инерции  $J_x = 8064,6 \text{ см}^4$ ,  $J_y = 8064,6 \text{ см}^4$ . В случае сложного сопротивления прочность сечения определяется по формуле (Шиманский, 1958)

$$\sigma_z = \frac{P_z}{F} + \frac{P_z m y}{J_x} + \frac{P_z n x}{J_y}, \quad (5)$$

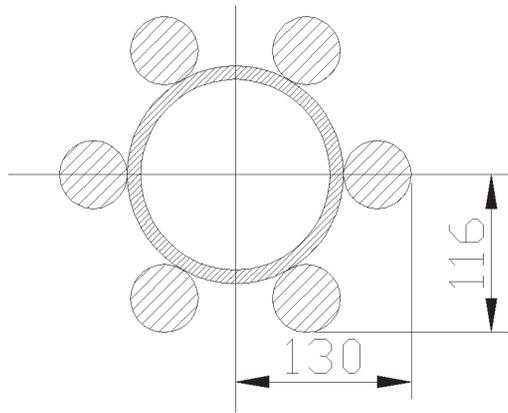
где  $P_z = 7,8 \text{ т}$  — сила, действующая на якорь;  $m = 41,5 \text{ см}$  — координата приложения силы  $P_z$  по оси  $Y$ ;  $n = 0 \text{ см}$  — координата приложения силы  $P_z$  по оси  $X$ ;  $x, y$  — координаты наиболее удаленной точки сечения.

В связи с тем что смещение силы имеется только в вертикальной плоскости ( $n = 0$ ), формулу (5) можно преобразовать:

$$\sigma_z = \frac{P_z}{F} + \frac{P_z m y}{J_x}. \quad (6)$$

Рис. 2. Расчетная схема грибовидного якоря в поперечном сечении

Fig. 2. Design scheme of mushroom anchor in cross section



Якорь может принимать на грунте различные положения. Расчет по вышеприведенной формуле (6) выполнен для двух значений,  $Y = 130$  мм и  $Y = 116$  мм (рис. 2). Подставляем эти значения в формулу (6) и получаем

$$\sigma_z = \frac{7800}{164,4} + \frac{7800 \cdot 41,5 \cdot 13}{8064,6} = 570,5 \text{ кг/см}^2; \quad (7)$$

$$\sigma_z = \frac{7800}{164,4} + \frac{7800 \cdot 41,5 \cdot 11,6}{8064,6} = 514,1 \text{ кг/см}^2. \quad (8)$$

Расчет показал, что максимальные напряжения в конструкции якоря не превышают предельно допускаемых ( $570,5 < 2400$  кг/см<sup>2</sup>), следовательно, прочность конструкции якоря при положении его на грунте обеспечена.

Первый эксперимент по определению держащей силы грибовидных якорей выполнен в 2012 г. на судне НИС «ТИНРО» пр. 833 при опознавании затонувшего судна в Охотском море (зал. Шелихова). Вид якоря, закрепленного на судне с правого борта, приведен на фото (рис. 3). Характеристики судна следующие: водоизмещение  $D = 2433$  т; длина наибольшая  $L = 62,22$  м; длина между перпендикулярами  $L_{пп} = 55,00$  м; ширина наибольшая  $B = 13,81$  м; осадка судна средняя в грузу  $T = 5,17$  м. Судно имеет подруливающие устройства, винт размерного шага и мощные ваерные, траловые и вспомогательные лебёдки, управляемые с централизованного поста.



Рис. 3. Крепление якоря по-походному на борту НИС «ТИНРО»

Fig. 3. Stowed fixing of anchor aboard RV TINRO

Согласно данным карты района и лоции\* грунт в районе проведения работ илистый, песчано-илистый, мелкодисперсный. Течение приливно-отливное, его направление и скорость меняются минимум дважды в сутки, а скорость составляет от 3,5 до 7,0 уз. В связи с удобством работы и порядком применения имеющихся на судне лебедок изначально рассматривалось два варианта расположения судна: вдоль или поперек направления течения, на основании этого были выполнены расчеты сил, приложенных к судну, при стоянке на течении в двух указанных положениях. Скорость течения варьировалась от 1 до 7 уз.

Сила действия на судно, расположенное поперек течения, определяется по формуле (Динник, 1949)

$$Fn = Cx \rho S v^2 / 2, \quad (9)$$

где  $Cx = 1,3$  — коэффициент обтекания плоского прямоугольника конечного удлинения (удлинение корпуса судна  $L/T = 10,64$ );  $\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$  — плотность жидкости;  $S = 55 \times 5,17 = 284$  — площадь диаметрального сечения судна,  $\text{м}^2$ ;  $v$  — скорость течения,  $\text{м/с}$ .

Сила действия на судно, расположенное вдоль течения, определяется по формуле (Динник, 1949)

$$Fv = Pe \cdot 1000/v, \quad (10)$$

где  $Pe$  — мощность судна при заданной скорости, кВт.

Как следует из результатов расчета (табл. 1, 2), при положении судна поперек течения силы, действующие на корпус судна, приблизительно в 30 раз больше, чем силы, действующие на судно, ориентированное вдоль течения. В связи с этим от рассмотрения положения судна поперек течения в дальнейшем отказались. Таким образом, необходимо было не только зафиксировать судно относительно грунта, но и обеспечить ориентацию корпуса судна вдоль течения. При этом требуемая масса якоря может быть определена по формуле (Кульмач, 1980)

$$Q = Fv / (1,05 k_1 n), \quad (11)$$

где  $k_1 = 8$  — коэффициент держашей силы грибовидного якоря;  $n$  — количество якорей. Подставляя эти значения в формулу (11), получим:  $Q = 7800 / (1,05 \cdot 8 \cdot 1) = 928 \text{ кг}$ , т.е. при максимально возможной скорости течения один грибовидный якорь массой 928 кг способен удержать судно, подобное НИС пр. 833, в заданной точке.

Таблица 1  
Силы, действующие на судно, расположенное поперек течения ( $Cx = 1,3$ )

Table 1

Forces acting on the vessel located across the current ( $Cx = 1,3$ )

| Показатель            | Числовые значения |        |        |        |         |         |         |
|-----------------------|-------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
|                       | 1                 | 2      | 3      | 4      | 5       | 6       | 7       |
| Скорость течения, уз  |                   |        |        |        |         |         |         |
| Скорость течения, м/с | 0,515             | 1,029  | 1,544  | 2,059  | 2,574   | 3,088   | 3,603   |
| $F_n$ , Н             | 50130             | 200522 | 451174 | 802087 | 1253261 | 1804695 | 2456391 |
| $F_n$ , т             | 5,12              | 20,46  | 46,04  | 81,85  | 127,88  | 184,15  | 250,65  |

Таблица 2

Силы, действующие на судно, расположенное вдоль течения

Table 2

Forces acting on the vessel located along the current

| Показатель            | Числовые значения |         |          |          |          |          |          |
|-----------------------|-------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                       | 1                 | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        |
| Скорость течения, уз  |                   |         |          |          |          |          |          |
| Скорость течения, м/с | 0,515             | 1,029   | 1,544    | 2,059    | 2,574    | 3,088    | 3,603    |
| $Pe$ , кВт            | 0,80              | 6,42    | 21,68    | 51,40    | 100,38   | 173,46   | 275,45   |
| $F_v$ , Н             | 1560,16           | 6240,67 | 14041,51 | 24962,68 | 39004,19 | 56166,04 | 76448,22 |
| $F_v$ , т             | 0,16              | 0,64    | 1,43     | 2,55     | 3,98     | 5,73     | 7,80     |

Перед выходом в район работ по опознаванию затонувшего судна необходимо было отработать технологию постановки судна на якоря. Для этого на акватории

\* Лоция Охотского моря. Вып. 2: Северная часть моря. М.: ГУНиО МО СССР, 1986. 315 с.

зал. Петра Великого был выбран участок с характеристиками грунта, подобными грунту в районе проведения экспериментальных работ, и было произведено две постановки судна на якоря в штормовых условиях. В результате этих постановок было решено увеличить массу якорей до 980 кг, длину зуба якоря — до 200 мм, а также увеличить длину якорных цепей, присоединенных непосредственно к якорям.

10 мая 2012 г. судно прибыло на место проведения спасательной операции. Вначале проводились оценка гидрометеорологической обстановки и гидроакустический поиск затонувшего объекта. В результате он был обнаружен в координатах 58°29,7' с.ш. 155°32,4' в.д. на глубине 244 м. В этих координатах при волнении моря 3 балла, поверхностном течении 2 уз и донном течении 4 уз была осуществлена постановка НИС «ТИНРО» на кормовой якорь-тандем и правый кормовой якорь по схеме, представленной на рис. 4.

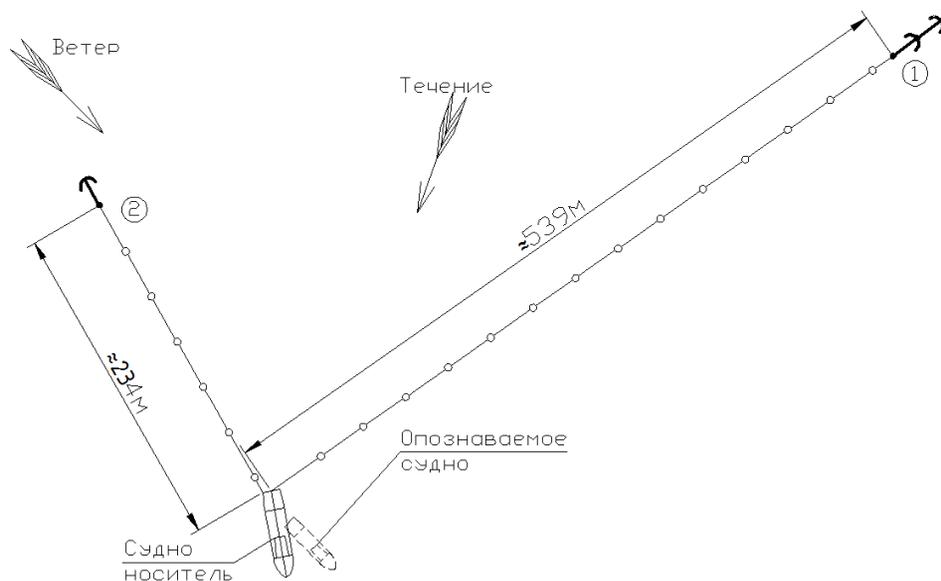


Рис. 4. Схема постановки НИС «ТИНРО» на якорь в районе проведения операции по опознаванию затонувшего судна

Fig. 4. Scheme of RV TINRO anchoring in the area of rescue operations in the Okhotsk Sea

Управление судном с активным применением подруливающих устройств и главного двигателя позволило, оставаясь на двух якорях, стабилизировать положение судна в течение 40 мин. За это время удалось опустить на грунт подводный аппарат и с его помощью обследовать и опознать затонувший объект как НИС «Аметист». Таким образом, данный эксперимент показал, что для увеличения держащей силы якорной системы возможно последовательное соединение двух и более якорей, что актуально при работе судов в районах с сильными приливно-отливными течениями и при штормовых ветрах.

Другой эксперимент был проведен в сентябре 2013 г. в зал. Петра Великого при оценке удерживающих свойств якорей, применяемых для оснастки ловушечных порядков. Необходимо отметить, что в настоящее время в качестве якорей для удержания на грунте ловушечных порядков используют железные секции прямоугольной формы (пикули) массой до 75 кг каждая. Как показала многолетняя практика работы с такими якорями, при завершении подъема последних 50–75 ловушек креветочного порядка (особенно при скорости ветра более 10 м/с) держащая сила такого якоря становится недостаточной и пикуль вместе с конечными ловушками начинает ползти по грунту. В этом случае ловушки забиваются илом, сетное полотно повреждается, деформируются каркасы. С целью исключения негативных последствий на ловушечных порядках при промысле глубоководных креветок был применен грибовидный якорь, масса которого составила 38 кг. Во время проведения работ промысловым порядком, оснащенным пикулем, в течение суток выполнялось по одной станции, а экспериментальным,

оснащенным якорем — 12, 13 и 15, 16 сентября выполнялись по 2 и 3 станции соответственно (табл. 3). Всего промысловым порядком было выполнено 8 станций, а экспериментальным — 13. В эксперименте оценивалось внешнее состояние и заиленность последних ловушек в порядке.

Таблица 3

Количество заиленных ловушек в порядках, оснащенных пикулем и грибовидным якорем

Table 3

Number of silted traps in the sets equipped with load and mushroom anchor

| Показатель        | Количество заиленных ловушек при выборке порядка |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |  |
|-------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|--|
|                   | 11   | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |   |   |   |   |   |  |
| Дата, сентябрь    |  |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |  |
| Пикуль            | 2  | 0  | 1  | 3  | 0  | 3  | 27 | 4  |   |   |   |   |   |  |
| Грибовидный якорь | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0 | 1 | 0 | 4 | — |  |

Анализ материалов, приведенных в табл. 3, показывает, что в период исследований с 11 по 16 сентября во время выборки порядков, оснащенных разными устройствами, существенных различий в заиленности ловушек не наблюдалось. На наш взгляд, этому способствовала благоприятная погода со слабыми ветрами. Показательным является результат, полученный 17 сентября, когда при выборке промыслового порядка погодные условия резко ухудшились и ветер достигал 10 м/с. Экспериментальный порядок выбирали уже при силе ветра до 12 м/с и высоте волны до 2 м. В этих погодных условиях после выборки промыслового порядка, оснащенного 70-килограммовым пикулем, 27 ловушек оказались заполненными илом. При выборке экспериментального порядка, оснащенного якорем грибовидного типа массой 38 кг, заиленных ловушек было всего 4. 18 сентября работали только с промысловым порядком при слабом ветре, но крупной зыби, при этом заиленными оказались 4 ловушки. Анализируя в целом результаты, представленные в табл. 3, можно отметить, что якорь грибовидного типа обладает лучшей удерживающей силой, практически предотвращает перемещение по грунту порядка с ловушками и может быть рекомендован к внедрению.

### Выводы

Новая технология изготовления сварных грибовидных якорей позволяет изготавливать их в сжатые сроки с использованием простейшего технологического оборудования.

Для увеличения держащей силы якорной системы возможно последовательное соединение двух и более якорей, что актуально при работе судов в районах с сильными приливно-отливными течениями или при штормовых ветрах.

Применение компактного варианта грибовидного якоря в ловушечных порядках значительно снижает вероятность перемещения порядка по дну в процессе выборки и уменьшает количество заиленных ловушек, что позволяет надеяться на возможность использования грибовидного якоря и в других орудиях лова.

### Список литературы

Динник А.Н. Справочник по технической механике. — М. : ОГИЗ Гостехиздат, 1949. — 268 с.

Заявка № 2013144473 Якорь промысловый / Ю.В. Еремин, В.Б. Бурлаков, Н.Н. Бурлакова и др. Заявлено 03.10.2013.

Кульмач П.П. Якорные системы удержания плавучих объектов : монография. — Л. : Судостроение, 1980. — 150 с.

Шиманский Ю.А. Справочник по строительной механике корабля. — Л. : Судпромгиз, 1958. — 380 с.

*Поступила в редакцию 14.01.14 г.*