



Проектирование и моделирование ярусной трапецеидальной конструкция морской аквакультуры для работы в открытом море и на участках с большими волнениями

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-4-108-114>

Научная статья
УДК 639.3.06

Осипов Евгений Валериевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра «Промышленное рыболовство», Владивосток, Россия
E-mail: oev@mail.ru

Данченко Олег Анатольевич – аспирант, кафедра «Промышленное рыболовство», Владивосток, Россия
E-mail: staratel_64@list.ru

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
(ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»)

Адрес: Россия, 690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, д. 52 Б

Аннотация. Приведена ярусная трапецеидальная конструкция морской аквакультуры для работы в открытом море и на участках с большими волнениями. Показаны ее лучшие характеристики по сравнению с существующими конструкциями: повышение держащей силы якорей за счет меньшего угла якорного линия, мобильность конструкции и снижению затрат при постановке, снятию и обслуживанию. Приведены методы расчета такой конструкции и ее моделирование для разных течений.

Ключевые слова: ярусная трапецеидальная конструкция, морская аквакультура, держащая сила якорей

Для цитирования: Осипов Е.В., Данченко О.А. Проектирование и моделирование ярусной трапецеидальной конструкция морской аквакультуры для работы в открытом море и на участках с большими волнениями // Рыбное хозяйство. 2024. № 4. С. 108-114.
<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-4-108-114>

DESIGN AND MODELING OF A LONGLINE TRAPEZOIDAL MARINE AQUACULTURE STRUCTURE FOR OPERATION IN THE OPEN SEA AND IN AREAS WITH HIGH WAVES

Evgeny V. Osipov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Industrial Fisheries, Vladivostok, Russia

Oleg A. Danchenko – Postgraduate student, Department of Industrial Fisheries, Vladivostok, Russia

Far Eastern State Technical Fisheries University (FGBOU VO «Dalrybvtuz»)

Address: Russia, 690087, Primorsky Krai, Vladivostok, Lugovaya str., 52 B

Annotation. A longline trapezoidal design of marine aquaculture for work in the open sea and in areas with large waves is presented. Its best characteristics compared to existing designs are shown: increased holding force of anchors due to a smaller angle of the anchor line, mobility of the structure and reduced costs during installation, removal and maintenance. Methods for calculating such a structure and its modeling for different flows are presented.

Keywords: longline trapezoidal structure, marine aquaculture, anchor holding force

For citation: Osipov E.V., Danchenko O.A. Design and modeling of a longline trapezoidal structure of marine aquaculture for work in the open sea and in areas with large waves // Fisheries. 2024. No. 4. Pp. 108-114. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-4-108-114>

Рисунки – авторские / The drawings were made by the author

В связи с уменьшением подходящих мест для выращивания гидробионтов, а также повышения температуры воды, лучшей фильтрации и отведения продуктов жизнедеятельности, сооружения морской аквакультуры устанавливаются на открытых участках моря [1–4]. Однако это требует изменения конструкций марикультуры и методов их расчета, при этом такие конструкции могут использоваться для санитарной аквакультуры в местах, где существующие конструкции аквакультуры не могут быть использованы [5].

Для решения задачи расширения районов морской аквакультуры предложены различные конструкции (рис. 1, 2), у которых основные элементы находятся в толще воды или на дне, ниже основного волнового профиля, и более устойчивы к штормам. Конструкции, применяемые в Японии (рис. 1), требуют установки на промежуточные оттяжки якорей, и при переборке может возникать их подрыв, что требует последующей установки. Это характерно для других конструкций (рис. 2).

Решение такой задачи состоит в использовании трапецеидальной ярусной конструкции (рис. 3), позволяющей производить переборку садков без подрыва якорей, поскольку угол якорного линия будет практически оставаться постоянным, при этом промежуточные от-

тяжки фиксируются на якорной хребтине, что не требует установки дополнительных якорей, все это позволяет оперативно и точно устанавливать конструкцию и, в случае необходимости, демонтировать ее и перемещать.

Для рассматриваемой трапецеидальной ярусной конструкции (рис. 3) в статической постановке задачи следует:

$$\bar{T}_{A1} + \bar{T}_{A2} + \bar{T}_{D1} + \bar{T}_{D2} = \bar{Q}_1 + \bar{Q}_2 + \sum \bar{T}_{Cn}, \quad (1)$$

где $\bar{T}_{A1}, \bar{T}_{A2}, \bar{T}_{D1}, \bar{T}_{D2}$ – натяжения в точке А буйрепа, якорной хребтины и в точке D – соответственно, при этом $\bar{T}_{A1} = \bar{T}_{A2} = \bar{T}_{D1} = \bar{T}_{D2}$; \bar{Q}_1, \bar{Q}_2 – подъемная сила концевых буйев; \bar{T}_{Cn} – натяжения п гирианд.

Из (1) следует

$$\bar{T}_{A1} = (\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2 + \sum \bar{T}_{Cn}) / 4. \quad (2)$$

Натяжение якорного линия примем равной результирующей в точках (узловых соединениях) $\bar{T}_y \approx \bar{T}_{A0}$. Характеристики узловых соединений в точках А и D найдем по формулам [7]:

$$\operatorname{tg} \varphi_{A0} = \left(\sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \sin \varphi_i / \sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \cos \varphi_i \right);$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{A0} = \left(\sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \cos \varphi_i / \cos \varphi_{A0} \sum_{i=1}^n T_i \cos \alpha_i \right);$$

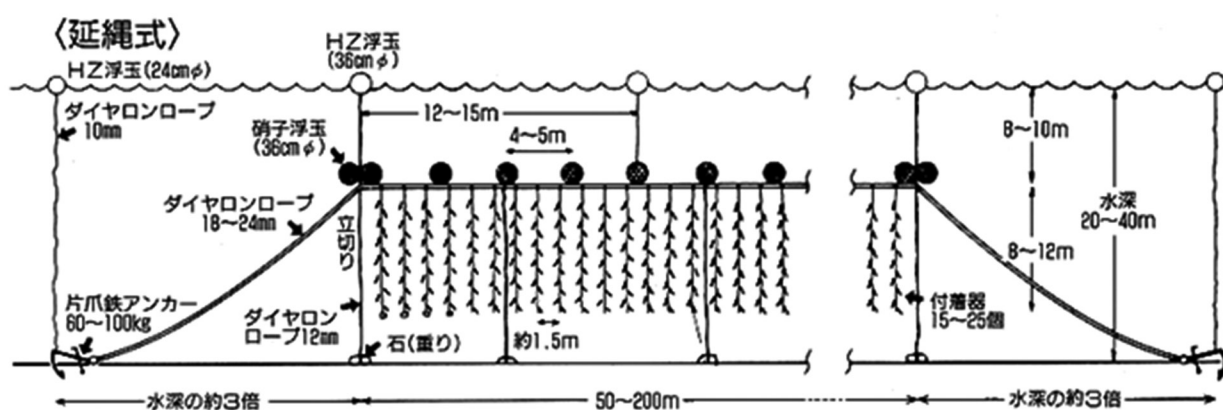


Рисунок 1. Ярусная конструкция (Япония) для работы на участках с сильным волнением и на больших глубинах

Figure 1. Tiered design (Japan) for working in areas with strong waves and at great depths

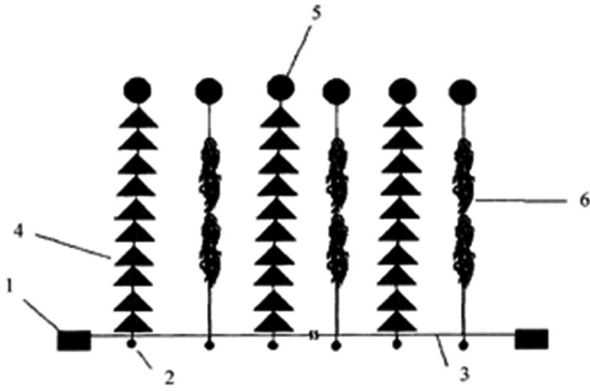


Рисунок 2. Ярусная конструкция для работы на участках с сильным волнением [6]

1 - якорь; 2 - груз; 3 - хребтина; 4 - садки; 5 - наплава; 6 - мешки для спада

Figure 2. Tiered structure for working in areas with strong waves [6]

1 - anchor; 2 - load; 3 - spine; 4 - cages; 5 - floating; 6 - bags for decline

F_n – сила давления якоря на грунт (нормальная реакция грунта); k_w – коэффициент веса в воде якоря; $M_я$ – масса якоря; $T_{яz}$ – проекция силы T_{A0} на ось z .

В настоящее время в аквакультуре применяются мертвые якоря с коэффициентом держащей силы якоря $k_я = 1,0 \div 1,2$, а также якоря типа плуг и якорь повышенной держащей силы AC-14 (рис. 4), для которых, по мере увеличения массы (объемность конструкции), коэффициент держащей силы якоря уменьшается. Коэффициент найдем по формулам:

$$k_я = -5,259 \ln(M_я) + 63,041 - \text{якорь-плуг } (R^2 = 0,99); \quad (5)$$

$$k_я = -5,384 \ln(M_я) + 62,589 - \text{якорь AC-14 } (R^2 = 0,99). \quad (6)$$

Для трапецидальной конструкции найдем α_{A1} в точке A (аналогично и для точки D)

$$\sin \alpha_{A1} = h_T / c, \quad (7)$$

где $h_T = 1/2 \sqrt{(4c^2 - (a-b)^2)}$ – высота трапеции; c – длина боковой стороны $AB = CD$; a, b – длины оснований AD и BC .

Используя (3) и (7) найдём зависимость изменения угла α_{A0} от соотношения h_T/c (рис. 5), которая показывает, что предлагаемая трапецидальная ярусная конструкция при $h_T/c = 1/2$ обеспечивает такой же угол α_{A0} ($14,3^\circ$), как и используемые конструкции при $h_T/c = 1/4$, а оптимальный углы $7^\circ - 5^\circ$ предлагаемая конструкция обеспечивает при $h_T/c = 1/4$, а существующая только при $h_T/c = 1/8$, в Японии используется $h_T/c = 1/3$ (углом $19,27^\circ$) и на отдельных установках $h_T/c = 1/5$ (углом $11,54^\circ$).

$$T_{A0} \cos \alpha_{A0} = \sum_{i=1}^n T_i \cos \alpha_i, \quad (3)$$

где $\alpha_{A0}, \varphi_{A0}$ – угол атаки и крена плоскости потока натяжения якорного линия T_{A0} в точке A.

Чем меньше угол α_{A0} тем больше проекция силы T_{A0} на ось x $T_{яx}$, которая является максимальной горизонтальной силой – держащей силой якоря, и определяется по формуле [7]

$$F_я^{\max} = k_я F_n = k_я (Q_я - T_{яz}) = T_{яx} \Rightarrow \Rightarrow M_я = (T_{яx} + k_я T_{яz}) / k_я k_w g^T \quad (4)$$

где $F_я^{\max}$ – максимальная держащая сила якоря; $k_я$ – коэффициент держащей силы якоря;

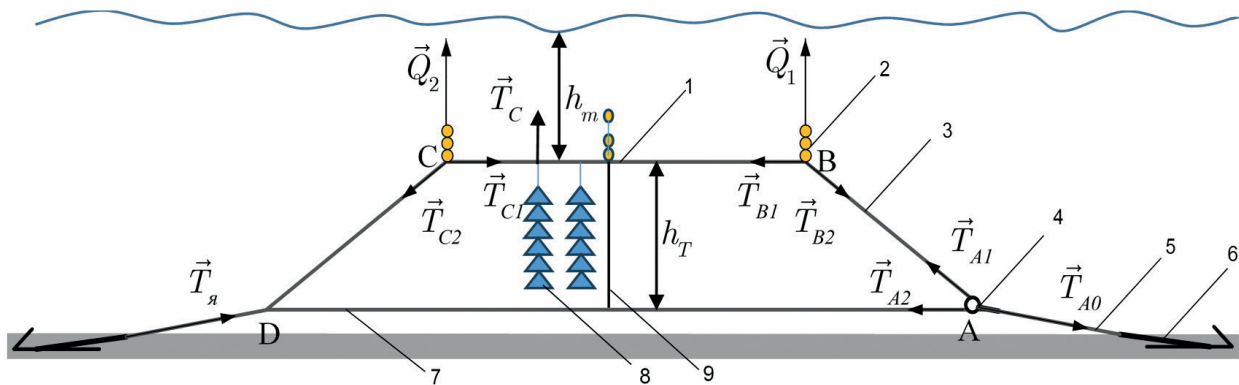


Рисунок 3. Трапецидальная ярусная конструкция. 1 - основная хребтина; 2 - концевые наплава; 3 - буйреп; 4 - блок; 5 - якорный лить; 6 - якорь; 7 - якорная хребтина; 8 - гирлянда; 9 - вертикальная оттяжка;

Figure 3. Trapezoidal tiered structure. 1 - main ridge; 2 - end overlays; 3 - buy line; 4 - block; 5 - anchor line; 6 - anchor; 7 - anchor ridge; 8 - garland; 9 - vertical guy

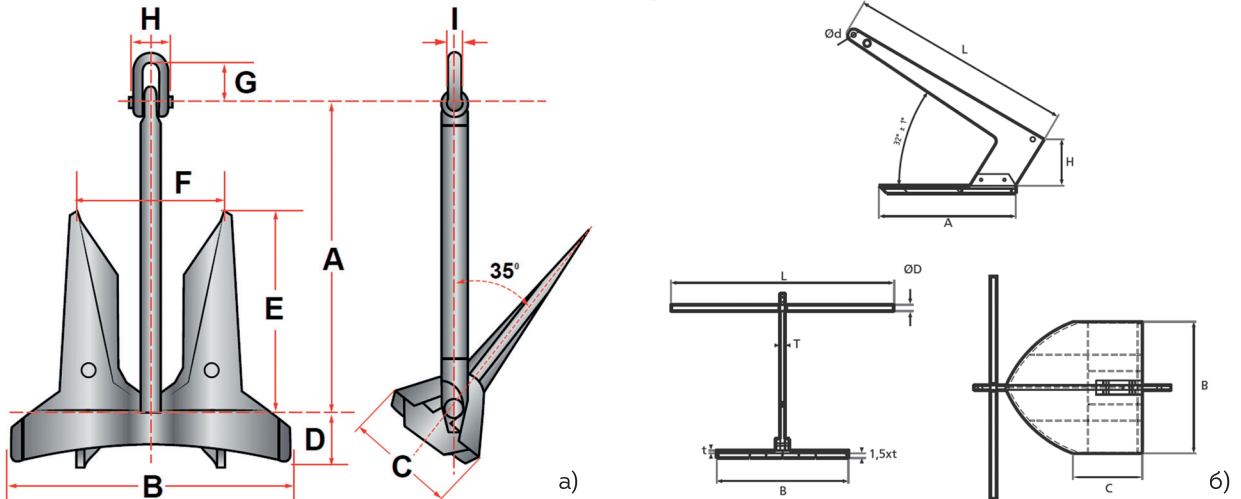


Рисунок 4. Типы якорей. а - AC-14 современный якорь повышенной держащей силы; б - Sandig II самый популярный якорь-плуг для использования в аквакультуре

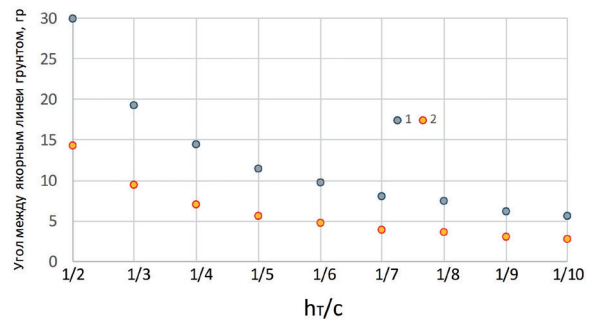
Figure 4. Types of anchors. а - AC-14 modern anchor with increased holding force; б - Sandig II is the most popular anchor plow for use in aquaculture

Ограничение выбора длин якорных линий связано с учетом удлинения канатов под нагрузками, поскольку более длинный канат будет удлиняться больше, а короткий – меньше, большое удлинение приводит к деформации конструкции и при наличии течений нагрузка на конструкции может быть больше, чем при коротких оттяжках [8; 9]. Здесь надо учитывать, что на больших глубинах длины оттяжек будут очень значительны, при этом за счет удлинения конструкция будет уходить ближе к поверхности и там испытывать волновое воздействие, что отрицательно сказывается на длительной прочности и оказывает негативное влияние на состояние выращиваемых гидробионтов [1-4; 10; 13].

Выбор предлагаемой, более эффективной конструкции важен при использовании мертвых якорей, однако сравнение массы якорей, при использовании существующих схем M_1 и предлагаемой M_2 по формулам (4), показывает (рис. б), что при увеличении k_y разница в массе якоря растет при использовании традиционных конструкций и показывает неэффективность мертвых якорей, при этом использование мертвых якорей снижает мобильность конструкции и требует значительных затрат при их постановке и снятию.

Следующей важной концепцией ярусной трапецидальной конструкции является подход к конструкции гирлянд и выбора плавучести и хребтины на участке СВ, в общем виде из (2) выразим как

$$\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2 \geq \sum \bar{T}_{Cn} \tag{8}$$



h_T	1	1	1	1	1	1	1	1	1
c	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_T / c	0,5	0,33	0,25	0,2	0,17	0,14	0,13	0,11	0,1

Рисунок 5. Изменения угла α_{A0} от соотношения h_T/c

1 – существующие ярусные конструкции; 2 – трапецидальная ярусная конструкция

Figure 5. Changes in angle α_{A0} from ratio h_T/c
1 – existing tiered structures; 2 – trapezoidal tiered structure

Основная задача концевых наплавов \bar{Q}_1, \bar{Q}_2 – поддерживать участок хребтины СВ в заданном горизонте относительно поверхности, поэтому из (8), уменьшая $\sum \bar{T}_{Cn}$, уменьшается и \bar{Q}_1, \bar{Q}_2 , а также из (2) натяжение якорного линия, что соответственно снижает и массу якоря, поэтому рассмотрим характеристики гирлянды (рис. 7) и модель для ее расчета [7]:

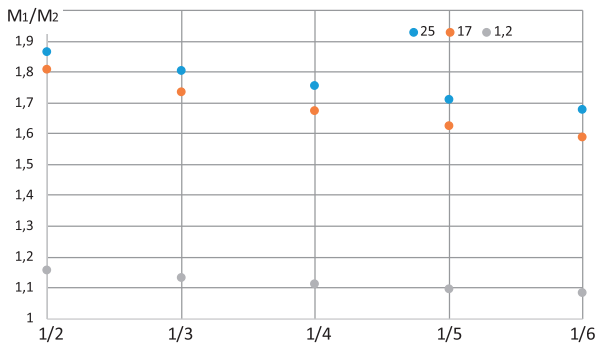


Рисунок 6. Изменения отношения массы якорей M_1/M_2 в зависимости от соотношения h_1/c при коэффициентах держащей силы якоря

Figure 6. Changes in the mass ratio of anchors M_1/M_2 depending on the ratio h_1/c at anchor holding force coefficients

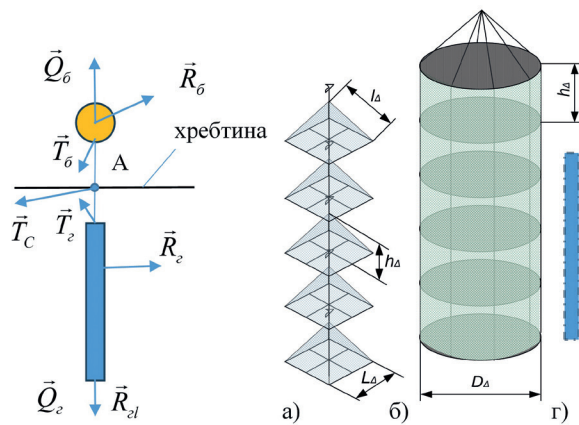


Рисунок 7. Гирлянды морской аквакультуры [10] а, б, г – типы гирлянд

Figure 7. Marine aquaculture garlands [10] а, b, d – types of garlands

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = -R_y / (R_x + Q_x); \operatorname{tg} \alpha_0 = -(R_z + Q_z) / (R_x \cos \varphi_0);$$

$$T_0 = \sqrt{(R_x^2 + R_y^2 + (R_z + Q_z)^2)};$$

$$Q_z = k_w Mg; R_x = C_x (\rho v^2 / 2) S, (x, y, z), \quad (9)$$

где Q – вес в воде; M – масса; R_x, R_y, R_z – проекции гидродинамической силы, действующие на объект на оси x, y, z земной системы координат ($z \downarrow g$); k_w – коэффициент веса в воде; C_x, C_y, C_z – коэффициенты гидродинамических сил; S – характерная площадь объекта; (x, y, z) – символ круговой перестановки индексов; T_0, α_0, φ_0 – натяжение линия, угол атаки и крена плоскости потока линия в точке A (рис. 7).

Коэффициенты сопротивления для буйа и груза, если они выполнены в форме шара, принимаем $C_x = 0,5$, для наплавов, выполненных в виде цилиндра – $C_x = 0,7$. Для гирлянд из мидий (рис. 7, з) коэффициент сопротивления $C_{xv} = 1,2$ [11-13], гирлянды с садком устриц и гребешком (рис. 7, а, б) $C_{xv} = 1, C_{zv} = 0,043$ [14], в случае изменения угла атаки, то $C_{ax} = C_{xv} \sin^2 \alpha$.

Проведенные исследования по определению веса в воде гидробионтов показало, что у мидии и морских ежей коэффициент веса в воде $k_w = 0,015$, для гребешка он меняется и регулируется гидробионтом $k_w = [0,19 - 0,37]$.

При выборе буйа необходимо добиваться, чтобы при воздействии потока на систему буй-гирлянда выполнялось условие

$$|T_{bz}| \geq |T_{rz}|, \quad (10)$$

где T_{bz}, T_{rz} – проекции сил натяжения буйа и гирлянды в точке их крепления точки к хребтине на ось z земной системы координат ($z \downarrow g$).

При значительных течениях гирлянда (рис. 7, а, б) может отклоняться, и часть выращиваемых гидробионтов перемещается в одну сторону гирлянды, что может сказаться на дальнейшем их развитии (ограничение поступления веществ и плохая фильтрация), поэтому к нижней части садка необходимо подсоединять груз.

Рассчитаем систему с садком (рис. 7): цилиндрический $h_A = 120$ мм (высота полки); $D_A = 290$ мм; дель $d = 1$ мм, $a = 24$ мм; и треугольные $h_{\Delta} = 190$ мм; $l_{\Delta} = 285$ мм; $L_{\Delta} = 345$ мм; дель $d = 1$ мм, $a = 15$ мм, гребешок 3-х годичный: массой 0,18 кг и по 6 шт. на 15 полках. Наплова представляют собой параметрический ряд, поэтому расчет производим в следующем порядке: 1 – гирлянда; 2 – подбор буйа с учетом (10). Гирлянда рассчитывается дискретно с учетом h_{Δ} , для каждого такого участка расчет производится по формулам (9), а соединения участков – по формулам (3). Дискретизация позволяет задаваться изменением скорости потока, что характерно при учете скорости волнового профиля по глубине.

На рисунке 8 показана диаграмма расчета садка цилиндрической формы ($T_{rz} = 49$ Н) с буйами, с учетом условия (10): $D_6 = 220$ мм, $Q_6 = -50,71$ Н; $D_6 = 240$ мм, $Q_6 = -66,39$ Н; $D_6 = 260$ мм, $Q_6 = -85,01$ Н. Исходя из данных зависимостей, система (рис. 8, б) притапливается за счет течения, при обрастании садков сопротивление возрастает и садок притапливается при меньших скоростях. Многие, кто занимается аквакультурой, считают, что притапливание связано с увеличением веса садка при обрастании, однако гидробионты, участву-

ющие в обрастании, имеют нейтральную либо совсем небольшую отрицательную плавучесть $k_w = 0,015$, а фильтрация при обрастании снижается и сопротивление увеличивается по квадратичной зависимости. Однако увеличение плавучести садка $T_{бз}$ будет приводить к поднятию основной хребтины в толщу воды и садок будет попадать в область больших скоростей волнового профиля и течения. Для того, чтобы это исключить применяются вертикальные оттяжки 9, где и сосредотачивается основная плавучесть (рис. 3) и оттяжка не дает хребтине с гирляндами подняться ближе к поверхности.

Таким образом условие (10) не дает полного ответа на выбор подъемной силы $T_{бз}$ (выбор наплавов). Здесь возникает задача с ограничениями по глубине и скорости течения (максимальная). В случае ограничений по глубине, определяем положение садка от поверхности воды и заглубление садка при воздействии на него максимального течения, в том числе – с учетом скорости волнового профиля и отсутствия касания грунта садком. На рисунке 9 показан результат моделирования (вид сбоку) трапецеидальной ярусной конструкции (рис. 3), при перпендикулярной скорости течения, имеющей 3 секции буюв ($D_б = 300$ мм) и две секции хребтины по пять садков на расстоянии 1,5 м друг от друга, при длине верти-

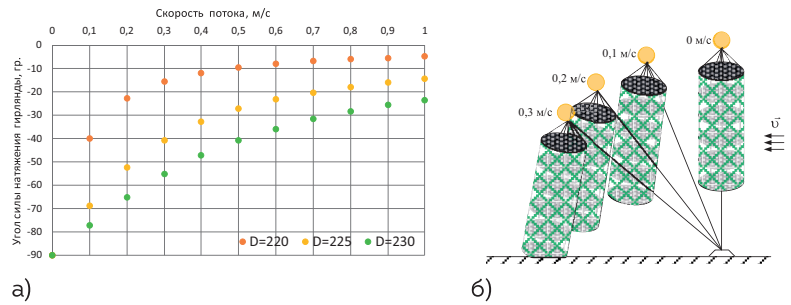
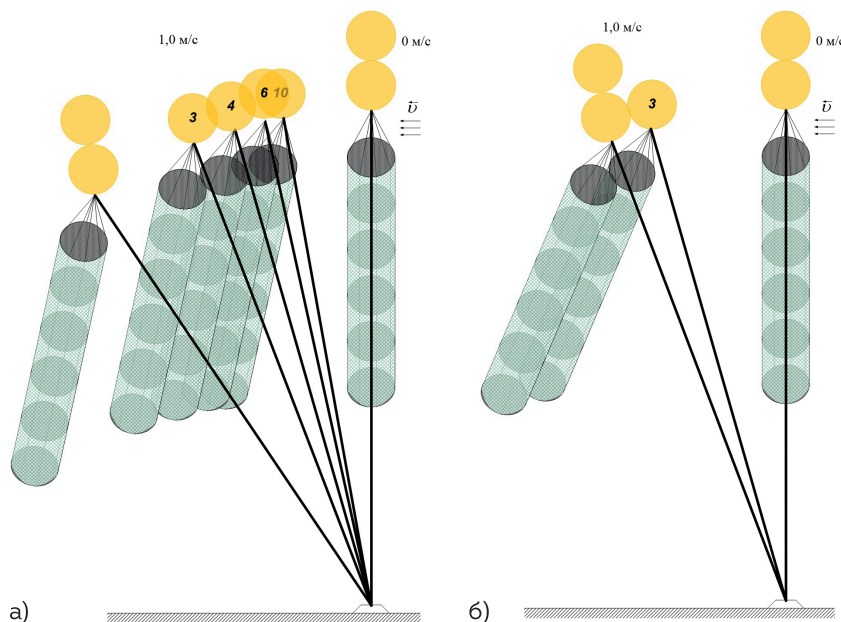


Рисунок 8. Диаграмма расчета садка цилиндрической формы при разных скоростях течения. а – диаграмма изменения угла натяжения гирлянды; б – изменения положения гирлянды с буюм $D_б = 230$ мм

Figure 8. Diagram of the calculation of a cylindrical cage at different flow velocities. а – diagram of changes in the tension angle of the garland; б – changes in the position of the garland with a buoy $D_б = 230$ mm

кальной оттяжки 3 метра. При 3 буюв в секции натяжение в хребтине 790,47 Н, а при 4 буюв натяжение в хребтине 1198,54 Н, при 10 буюв натяжение в хребтине 3677,31 Н, а разница по глубине нахождения садка между 3 буюми в секции и 10 буюми составляет ≈ 15 см, а 2 буюми и 3 буюми в секции – более 30 см (рис. 9, а). В случае изменения гребешком своего веса в воде выбор 3 буюв в секции обеспечит устойчивое положение по вертикали секции ≈ 18 см, а для 2 буюв в секции более 41 см (рис. 9, б).

Предложенная трапецеидальная ярусная конструкция для аквакультуры позволяет эффективно использовать ее в открытом море. Моделирование с садками для выращивания гребешка показало выбор направления ее оп-



а – при $k_w = 0,37$;
б – при $k_w = 0,19$
Рисунок 9. Изменение формы трапецеидальной ярусной конструкции (вид сбоку) при разных скоростях течения, количестве буюв в секции (показано цифрами) и коэффициенте веса в воде гребешка
Figure 9. Change in the shape of a trapezoidal longline structure (side view) at different current speeds, the number of buoys in the section and the weight coefficient of the scallop in the water

тимальной оснастки с учетом скоростей течения и изменением веса гидробионтов в воде.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: **Е.В. Осипов** – идея статьи, сбор и анализ данных, подготовка статьи; **О.А. Данченко** – подготовка обзора литературы.

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: **E.V. Osipov** – the idea of the article, data collection and analysis, preparation of the article; **O.A. Danchenko** – preparation of a literature review.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Holm P., Buck B.H., Langan R. (2017). Introduction: New Approaches to Sustainable Offshore Food Production and the Development of Offshore Platforms. In Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean; Springer: Cham, Switzerland. Pp. 1-20
2. Kapetsky J.M., Aguilar-Manjarrez J., Jenness J.A. (2013). Global Assessment of Offshore Mariculture Potential from a Spatial Perspective; FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. FAO: Rome. Italy. 181p
3. Stickney R.R. (2002). Impacts of Cage and Net-Pen Culture on Water Quality and Benthic Communities. In Aquaculture and the Environment in the United States; U.S. Aquaculture Society: St Amant. LA. USA. Pp. 105-118
4. Taranger G.L., Karlsen Ø., Bannister R.J., Glover K.A., Husa V., Karlsbakk E., Kvamme B.O., Boxaspen K.K., Bjørn P.A., Finstad B. [et al.]. (2015). Risk Assessment of the Environmental Impact of Norwegian Atlantic Salmon Farming. ICES J. Mar. Sci. 72. 997-1021
5. Осипов Е.В., Данченко О.А. Постановка задачи расчета ярусных конструкций морской аквакультуры // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: Материалы VI Национальной научно-технической конференции, Владивосток, 22 декабря 2022 года. – Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. 2023. С. 82-85. EDN CAVJTT
6. Патент № 43435 U1 Российская Федерация, МПК А01К 61/00. Устройство культивирования гидробионтов и якорь для устройства культивирования гидробионтов: № 2004128618/22: заявл. 29.09.2004; 27.01.2005 Бюл. № 3 / И. А. Кашин, С. И. Масленников; заявитель Институт биологии моря Дальневосточного отделения Российской академии наук.
7. Осипов Е.В. Объектно-ориентированные методы расчета орудий рыболовства. – Владивосток: Тихоокеанский научно-исслед. рыбохозяйственный центр. 2009. 86 с. ISBN 978-5-89131-089-2. EDN QLCOZB
8. Осипов Е.В., Титов И.В. Применение динамических методов расчета и предложения по изменению конструкции оттяжек ставных неводов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2012. Т. 26. С. 54-59. EDN PCWQNL

9. Осипов Е.В. Методика выбора формы крыла лосося ставного невода с учетом поведения рыб // Научные труды Дальрыбвтуза. 2007. № 19. С. 126-131. EDN NZFRQX
10. Осипов Е.В. Методика расчета и численная реализация движения волн для задач аквакультуры и прибрежных орудий промышленного рыболовства. В сборнике: Рациональная эксплуатация водных биологических ресурсов: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Владивосток, 2023. С. 79-83
11. Raman-Nair W., Colbourne B. (2003). Dynamics of a mussel longline system// Aquacultural Engineering. Vol. 27. Issue 3. Pp. 191-212
12. Knysh A., Tsukrov I., Chambers M., Robinson Swift M., Sullivan C., Drach A. (2019). Numerical modeling of submerged mussel longlines with protective sleeves // Aquacultural Engineering. Vol. 88. P. 14
13. Raman-Nair W., Colbourne B., Gagnon M., Bergeron P. (2008). Numerical model of a mussel longline system: coupled dynamics. – Ocean Eng. 35. Pp. 1372-1380
14. Boo S.Y., Shelley S.A., Shin S.-H., Park J., Ha Y.-J. (2023). Design and Analysis of a Sub-Surface Longline Marine Aquaculture Farm for Co-Existence with Offshore Wind Farm. J. Mar. Sci. Eng. 11, 1034. <https://doi.org/10.3390/jmse11051034> (27.01.2024)

LITERATURE AND SOURCES

5. Osipov E.V., Danchenko O.A. (2023). Formulation of the problem of calculating longline structures of marine aquaculture // Innovative development of the fishing industry in the context of ensuring food security of the Russian Federation: Materials of the VI National Scientific and Technical Conference, Vladivostok, December 22, 2022. – Vladivostok: Far Eastern State Technical Fisheries University. Pp. 82-85. EDN CAVJTT. (In Russ.)
6. Patent No. 43435 U1 Russian Federation, IPC A01K 61/00. Hydrobiont cultivation device and anchor for hydrobiont cultivation device: No. 2004128618/22: application 29.09.2004; 27.01.2005 Issue No. 3 / I. A. Kashin, S. I. Maslennikov; applicant Institute of Marine Biology of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. (In Russ.)
7. Osipov E.V. (2009). Object-oriented methods of calculating fishing gear. – Vladivostok: Pacific Research Institute. Fisheries Center. 86 p. ISBN 978-5-89131-089-2. EDN QLCOZB. (In Russ.)
8. Osipov E.V., Titov I.V. (2012). The application of dynamic calculation methods and proposals for changing the design of the drawbars of fixed seines // Scientific works of Dalrybvtuz. Vol. 26. Pp. 54-59. EDN PCWQNL. (In Russ.)
9. Osipov E.V. (2007). Method of choosing the wing shape of a salmon seine taking into account the behavior of fish // Scientific works of Dalrybvtuz. No. 19. Pp. 126-131. EDN NZFRQX. (In Russ.)
10. Osipov E.V. (2023). Method of calculation and numerical realization of wave motion for the tasks of aquaculture and coastal implements of industrial fishing. In the collection: Rational exploitation of aquatic biological resources: materials of the International Scientific and Technical conf. Vladivostok. Pp. 79-83. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию / Received 06.07.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 01.08.2024