

Научная статья

УДК 639.2; 656.61.052 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-76-19

EDN: SEBBEX

Интеллектуальная система управления маневрированием и эксплуатацией кошелькового невода на базе интеграции автономных вспомогательных судов

Александр Алексеевич Недоступ¹, Давид Витальевич Гмырин²

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹ nedostup@klgtu.ru, ORCID: 0000-0002-3851-0984

² david.davidok@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена теоретическому обоснованию концепции повышения эффективности кошелькового промысла пелагических рыб. Проблема низкой эффективности промысла обусловлена преждевременным уходом косяка из кошелькового невода из-за реакции рыбы на гидроакустический шум традиционных дизельных судов, деформации орудия лова подводными течениями и неправильным выбором курсового угла при кошельковании. В работе предложена концепция интеллектуальной системы управления (АСУ) «Автокошелек», координирующей совместные маневры основного сейнера (материнского судна) и автономного вспомогательного судна (АВС) – беспилотного электрического катамарана, базирующегося на штатном месте спасательной шлюпки. На основе непрерывного анализа параметров рыбного косяка (векторов скорости, миграции и реакции на раздражитель) искусственный интеллект (ИИ) системы осуществляет автоматический выбор режима облова и формирует оптимальную навигационную траекторию замета с применением алгоритма Line-of-Sight (LOS). Работа носит теоретический характер и направлена на интеграцию передовых алгоритмов судовождения с биологическими параметрами объекта лова и эксплуатационными характеристиками безэкипажных судов.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, судовождение, кошельковый лов, миграция косяка, влияние раздражителя, искусственный интеллект (ИИ), алгоритм Line-of-Sight, безэкипажное судно

Для цитирования: Недоступ А. А., Гмырин Д. В. Интеллектуальная система управления маневрированием и эксплуатацией кошелькового невода на базе интеграции автономных вспомогательных судов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 76, № 2. С. 176–187.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHING

Original article

Intelligent control system for maneuvering and operation of purse seine based on the integration of autonomous auxiliary vessels**Alexander A. Nedostup¹, David V. Gmyrin²**

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹ nedostup@klgtu.ru, ORCID: 0000-0002-3851-0984² david.davidok@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the theoretical justification of a cyber-physical concept for solving the problem of reduced efficiency in purse seine fishing for pelagic fish. This problem is caused by the premature escape of the school due to the fish's reaction to the hydroacoustic noise of traditional diesel vessels, as well as the deformation of the fishing gear by underwater currents. The paper proposes the concept of an intelligent control system (ACS) "Autopurse", which coordinates the joint maneuvers of the main seiner (mother ship) and an autonomous auxiliary vessel (AVS) – an unmanned electric catamaran based on the standard place of a lifeboat. Based on the continuous analysis of the fish school parameters (velocity vectors, migration, and reaction to stimulus), the artificial intelligence (AI) of the system automatically selects the fishing mode and forms the optimal navigational setting trajectory using the Line-of-Sight (LOS) algorithm. The work is theoretical in nature and is aimed at integrating advanced navigation algorithms with the biological parameters of the target species and the operational characteristics of unmanned vessels.

Keywords: automated control systems, navigation, purse seine fishing, school migration, stimulus influence, artificial intelligence (AI), Line-of-Sight algorithm, unmanned vessel

For citation: Nedostup A. A., Gmyrin D. V. Intelligent control system for maneuvering and operation of purse seine based on the integration of autonomous auxiliary vessels. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2026;76(2):176–187. (In Russ.).

Введение

Кошельковый лов является одним из наиболее производительных, но в то же время технически сложных видов промышленного рыболовства [5, с. 112]. В современных условиях, характеризующихся нестабильностью запасов пелагических видов рыб и жесткими требованиями к ресурсосбережению, эффективность каждой промысловой операции приобретает критическое значение. По статистическим данным, значительная часть заметов в Мировом океане оказывается неэффективной («пустой») из-за преждевременного ухода косяка из зоны облова [10, с. 45].

Основополагающими причинами таких неудач являются ошибки в промысловом судовождении: неточная оценка дрейфа невода под воздействием подводных течений и недооценка реакции рыбы на мощный гидроакустический шум, исходящий от дизельного двигателя традиционного вспомогательного мотобота [18, с. 147].

Современное рыболовство стоит на пороге технологической трансформации в рамках концепции «Индустрия 4.0», что подразумевает внедрение интеллектуальных систем управления (АСУ) и беспилотных морских платформ [9, с. 120]. Значительный вклад в этом направлении сформирован коллективом кафедры промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «КГТУ». В частности, под руководством А. А. Недоступа проведена серия масштабных исследований по созданию и испытанию безэкипажного промыслового катамарана на базе платформы ПК-2

[16, с. 210; 6, с. 284]. Данные работы подтвердили высокую маневренность и достаточные тяговые характеристики маломерных беспилотных судов с электрической силовой установкой для выполнения вспомогательных задач при эксплуатации орудий лова [1, с. 99].

Целью данной научно-исследовательской работы является теоретическая разработка и математическое обоснование структуры интеллектуальной АСУ «Автокошелек». Концептуальная идея работы заключается в интеграции существующей платформы беспилотного катamarана ПК-2 в качестве автономного вспомогательного судна (АВС), располагающегося непосредственно на борту сейнера-траулера рефрижераторного (СТР). Предлагаемая модель призвана автоматизировать процесс облова путем совмещения алгоритмов интеллектуального судовождения, анализа поведения объекта лова [15, с. 215] и кооперативной навигации роботизированного комплекса и мостика судна.

Материалы и методы

Предлагаемая в данной статье архитектура автоматизированной системы базируется на интеграции двух обособленных платформ, работающих в едином информационном поле (рис. 1): основного судна (он же сейнер) и автономного вспомогательного судна (АВС) [16, с. 11; 6, с. 212].

Для оптимизации и минимализации ресурсов и затрат на автоматизацию процесса авторами предлагается размещение АВС непосредственно на одно из штатных мест размещения спасательных шлюпок СТР. Выбор именно данного типа судов не случаен, так как в большинстве случаев именно этот типаж производит лов рыбы кошельковым неводом и является наиболее эргономичным для автоматизации.

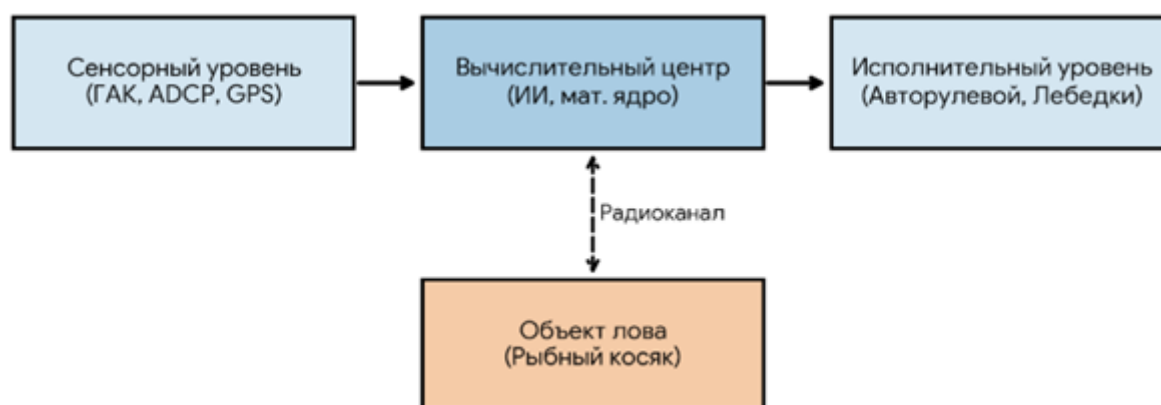


Рис. 1. Архитектура киберфизической системы АСУ «Автокошелек». Составлено авторами
Fig. 1. Architecture of the cyber-physical system ACS "Autopurse". Compiled by the authors

В качестве платформы-носителя целесообразно рассматривать современные суда, например, новейшие траулеры-сейнеры проекта SK-3101R (типа «Ленинец») [20, 3, 8], ориентированные на лов пелагических видов кошельковым неводом. Обладая данными об архитектуре современных СТР и опираясь на поправки в конвенции СОЛАС и правила РМРС (СОЛАС-74, 2020; РМРС, 2024), сократившие обязательное количество спасательных шлюпок с двух до одной, можно утверждать, что на шлюпочной палубе высвобождается штатное место под постановку АВС (рис. 2).

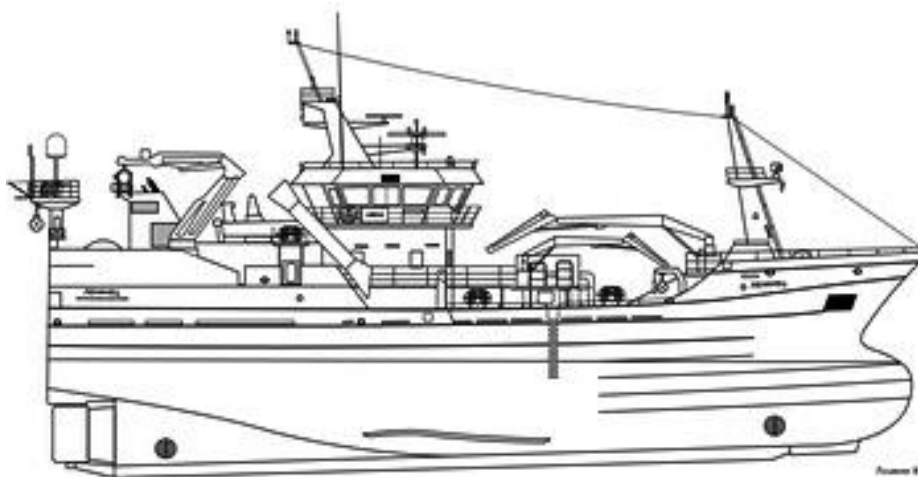


Рис. 2. Архитектура современного траулера-сейнера проекта SK-3101R, адаптируемого под базирование АВС. Источник: soviet-trawler.narod.ru (Электронный ресурс)

Fig. 2. Architecture of the modern Project SK-3101R trawler-seiner, adaptable for USV basing. Source: soviet-trawler.narod.ru (Electronic resource)

Это инженерное решение позволяет решать сразу несколько задач, которые упрощают автоматизацию данного процесса:

1. Использовать штатные лебедки: спуск и подъем катамарана производятся по стандартному регламенту за 30–45 секунд.
2. Соблюсти нормы безопасности: согласно СОЛАС глава III правило 31 и Правила по оборудованию морских судов. Часть II: Спасательные средства на СТР есть готовое место под АВС.
3. Автоматизировать энергоснабжение: на ложементах (кильблоках) устанавливается система индукционной зарядки, которая автоматически восполняет заряд литий-полимерных аккумуляторов катамарана в периоды между промысловыми операциями.
4. Убрать человеческий фактор из операции: для обеспечения мгновенного старта шлюпбалка дооснащается электромагнитными размыкателями с дистанционным управлением, исключающими необходимость ручной отдачи строп при спуске.

В классическом кошельковом лове для удержания пятного уреза невода традиционно применяется тяжелый мотобот с мощным дизельным двигателем (рис. 3) [10, с. 50; 20]. Теоретический анализ данной технологии выявляет критический недостаток: гидроакустический шум (кавитация) дизельного двигателя выступает мощным раздражителем для рыбного косяка. Влияние этого раздражителя способно вызывать неконтролируемую панику у пелагических рыб, заставляя их ускорять миграцию или уходить на недостижимую глубину [18, с. 150; 19, с. 370].



Рис. 3. Вспомогательный дизельный мотобот типа SF Series.

Источник: Vicalisa (Электронный ресурс)

Fig. 3. Auxiliary diesel skiff of the SF Series type. Source: Visalisa (Electronic resource)

Замена традиционного мотобота на концептуальную модель АВС с электрической силовой установкой теоретически позволяет минимизировать влияние раздражителя за счет снижения акустического давления на косяк [6, с. 215].

Архитектурно система «Автокошелек» состоит из трех уровней (см. рис. 1). Сенсорный (информационный) уровень обеспечивает непрерывный сбор данных: многолучевой гидролокатор сейнера определяет 3D-координаты косяка, скорость его миграции; акустический доплеровский профилограф течений (ADCP) сканирует водную толщу; датчики фиксируют натяжение ваеров.

Вычислительный уровень базируется на нейросетевых алгоритмах и ИИ. В него заложены аналитические модели динамики невода [5, с. 120], математические принципы судовождения [1, с. 45; 14, с. 300] и биологии рыбы [15, с. 215]. Искусственный интеллект непрерывно анализирует поступающие данные: именно точное знание поведения косяка инициирует выбор оптимального режима АСУ «Автокошелек» (выбор радиуса циркуляции, скорости отдачи ваеров и угла упреждения) [17, с. 42]. Исполнительный уровень формализует выработанные ИИ команды для передачи на авторулевой сейнера и навигационный контроллер АВС [9, с. 125; 16, с. 14].

Для успешного проектирования алгоритмов судовождения необходимо математически формализовать параметры рыбного косяка: скорость и миграцию. В рамках аналитической модели ИИ косяк рассматривается как материальная точка, центр масс которой перемещается в трехмерном пространстве [18, с. 152].

Скорость движения косяка в любой момент времени математически представляется векторной суммой его естественной скорости миграции и скорости реакции на влияние гидроакустического раздражителя (избегания) (рис. 4), вычисляется по формуле (1), адаптированной из работы [18]:

$$V_p(t) = V_m(t) + V_y(D, t), \quad (1)$$

где V_m – вектор естественной миграции косяка; V_y – вектор скорости избегания (реакция на раздражитель); D – дистанция от источника акустического шума до центра косяка.

Вектор $V_y(d)$ имеет выраженную нелинейную зависимость от расстояния (рис. 4). Исследования в области ихтиологии показывают, что активное уклонение начинается при пересечении порогового расстояния R_{pdp} – радиус раздражителя, которое коррелирует с уровнем шума-раздражителя (Source Level, SL [18, с. 155; 19, с. 380]), поэтому была получена формула (2) на основе работ [18, 19]:

$$V_y = k_a \cdot V_{max} \cdot \exp(-d / R_{pdp}), \dots \dots \dots (2)$$

где k_a – эмпирический коэффициент восприимчивости вида к раздражителю; V_{max} – максимальная бросковая скорость вида рыб; d – текущее расстояние (дистанцию) между источником гидроакустического раздражителя (судном) и центром косяка рыб. Использование в модели АВС с электродвигателем [6, с. 216] аналитически обосновывает снижение параметра R_{pdp} , что приводит к минимизации вектора V_y и повышает вероятность удержания косяка.

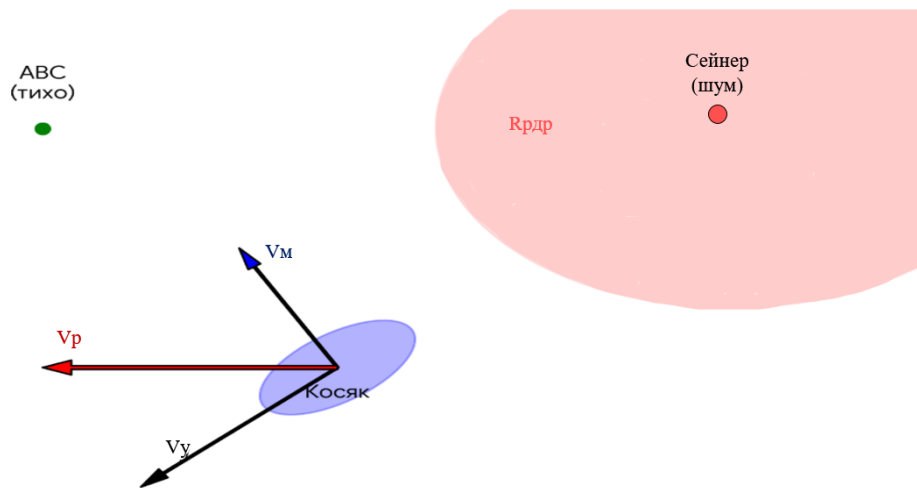


Рис. 4. Векторная схема реакции избегания рыбного косяка под воздействием гидроакустического шума судна. Составлено авторами

Fig. 4. Vector diagram of a fish school avoidance reaction under the influence of vessel hydroacoustic noise. Compiled by the authors

Теоретическая задача судовождения в рамках АСУ заключается в построении оптимального маршрута обвода косяка. Идеальная круговая траектория при наличии течения неэффективна. Искусственный интеллект генерирует динамическую кривую (эллипс), параметры которой вычисляются как функция от векторов V_p и $V_{теч}$. [14, с. 310; 17, с. 50].

Для управления судном по сложной расчетной кривой в теории судовождения широко применяется алгоритм слежения за линией пути – Line-of-Sight (LOS) [11, с. 66; 13, с. 1625]. Уравнение управления курсом сейнера в АСУ (рис. 5) описывается формулами (3) и (4), синтезированными на основе работ [13, 14, 11, 1]:

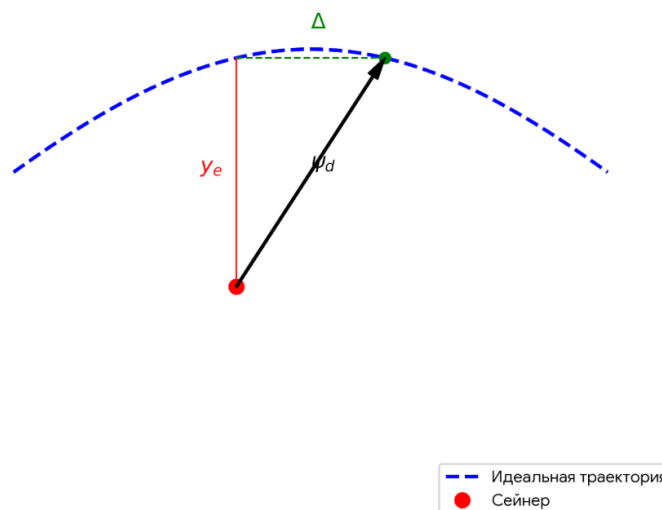


Рис. 5. Геометрическое обоснование навигационного алгоритма Line-of-Sight (LOS) для движения по криволинейной траектории. Составлено авторами

Fig. 5. Geometric justification of the Line-of-Sight (LOS) navigation algorithm for curved path following. Compiled by the authors

$$\Psi d = \gamma p + \arctan\left(\frac{-ye}{\Delta}\right). \quad (3)$$

$$T \cdot \frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{d\psi}{dt} = K \cdot \delta руля, \quad (4)$$

где ψd – расчетный (желаемый) курс судна; γp – угол наклона касательной к навигационной кривой замета; ye – боковое отклонение (cross-track error) сейнера от идеальной траектории; Δ – параметр дистанции упреждения LOS [13, с. 1627]; T и K – индексы управляемости судна по линейной модели Номото (формула активно используется [1, с. 60]); $\delta руля$ – искомый угол перекаладки руля.

В рамках кооперативного судовождения ИИ формализует параллельную задачу навигации ABC [16, с. 15; 12, с. 400]. Аналитический расчет координат позиции удержания пятного конца позволяет вектору тяги ABC компенсировать вектор дрейфа сетного полотна [4, с. 125].

Одной из наиболее сложных задач при эксплуатации кошелькового невода является сохранение его геометрической формы в условиях воздействия разнонаправленных водных потоков. Влияние течения на систему «судно–невод» приводит к деформации площади облова: сетная стенка прогибается, что влечет за собой сокращение расчетного радиуса «кошелька» и образование зон «схлопывания» полотна. Кроме того, разность скоростей дрейфа основного судна и нижней подборы невода замедляет процесс его погружения [4, с. 118].

В рамках предлагаемой АСУ «Автокошелек» борьба с влиянием течения реализуется через механизм активного динамического позиционирования ABC. На сенсорном уровне система, используя данные акустического доплеровского профилографа течений (ADCP), выстраивает эпюру скоростей водных потоков по глубине погружения невода.

Важным вопросом в теории замета кошелькового невода, оказывающим наибольшее влияние на результаты промысла, является процесс погружения сетной стенки в условиях подводных течений. Успешная работа кошельковым неводом в значительной степени зависит от знания закономерностей его движения, умения контролировать и влиять на положение невода относительно дна и рыбных скоплений.

Движение кошелькового невода определяется действующими на него силами: весом невода, гидродинамическими силами и силами связей с судном. Доказана ограниченность применения существующих научных результатов и их несоответствие реальным условиям промысла вследствие неточной оценки влияния гидродинамических сил на движение невода при наличии течения. Наличие подводного течения усложняет задачу математического моделирования процесса погружения, так как вызывает перемещение элементов невода и нижней подборы в горизонтальной плоскости (по оси ОХ).

Для эффективного анализа динамики силовых и пространственно-временных характеристик кошелькового невода ИИ системы «Автокошелек» использует математическую модель, способную эффективно реализовываться посредством параллельных вычислений в гетерогенной среде ПК. В плоскости ОХУ погруженная часть невода представляет собой кривую. Применяв метод конечных элементов, ИИ разбивает погруженную часть невода по верхней подборе на равные участки, заменяя каждый участок прямолинейным отрезком (рис. 6).

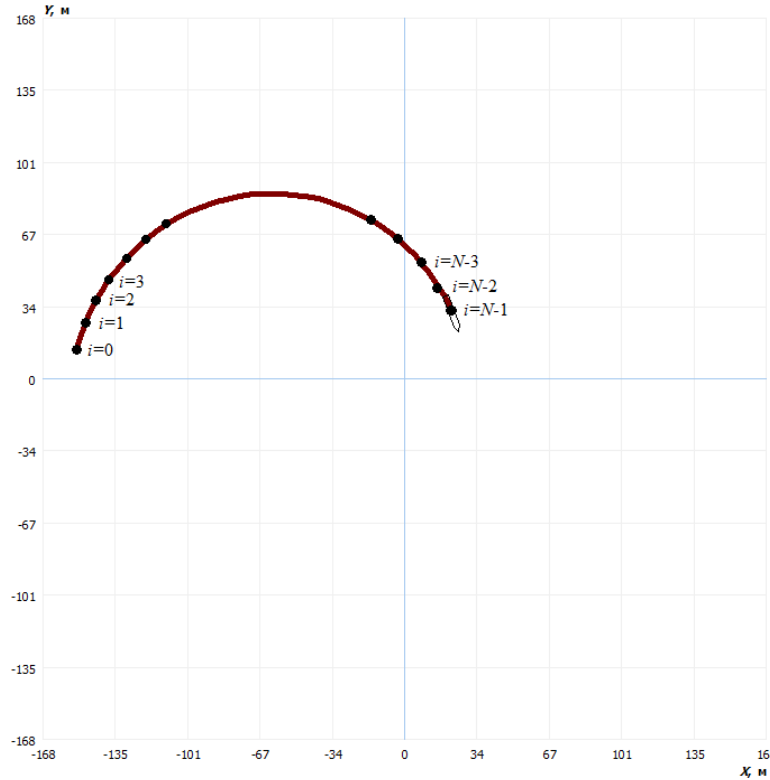


Рис. 6. Граф математической модели погруженной части кошелькового невода. Составлено авторами
Fig. 6. Graph of the mathematical model of the submerged part of the purse seine. Compiled by the authors

Сосредоточив массы и веса всех участков невода в узлах графа, составляется система дифференциальных уравнений (5–8), которая решается итерационными методами Адама и Рунге–Кутты:

$$\begin{cases} \frac{d\bar{v}_i}{dt} = \bar{w}_i, & \bar{v}_i(0) = \bar{0} \\ \frac{d\bar{r}_i}{dt} = \bar{v}_i, & \bar{r}_i(0) = \bar{r}_i^0 \end{cases}, \quad (5)$$

$$m_i \bar{w}_i = \sum_{j \in N_i} \left((\bar{r}_j - \bar{r}_i) \frac{T_{ij} + F_{c,ij}}{|\bar{r}_j - \bar{r}_i|} + \frac{\bar{R}_{ij}}{2} \right), \quad (6)$$

$$T_{ij} = \begin{cases} \left((|\bar{r}_j - \bar{r}_i| / L_{ij} - 1) E \pi d_s^2 / 4 \right) |\bar{r}_j - \bar{r}_i| > L_{ij} \\ 0 & |\bar{r}_j - \bar{r}_i| \leq L_{ij} \end{cases}, \quad (7)$$

$$\bar{R}_{ij} = \frac{1}{2} c_n \rho \frac{d}{a u_x \sqrt{1 - u_x^2}} L_{ij} \int_0^z \bar{v}_r \cdot |\bar{v}_r| \cdot dz, \quad (8)$$

где v_i – скорость узла i ; w_i – ускорение узла i ; r_i – координаты узла i ; r_i^0 – начальные координаты узла i ; t – время процесса моделирования; m_i – сосредоточенная масса в узле i с учетом присоединенной массы; w_i – узловое ускорение в точке i ; R_{ij} – сила гидродинамического сопротивления потоку воды, действующая на участок невода между узлами i и j ; r_i – координаты узла i ; r_j – координаты узла j ; T_{ij} – сила натяжения участка (i, j) верхней подборы; $F_{c,ij}$ – стягивающая сила, вызванная весом погруженной части невода; N_i – множество всех узлов, смежных узлу i

по ребру (i, j) ; d_6 – диаметр верхней подбора; L_{ij} – длина участка (i, j) при $T_{ij}=0$ (без растяжения); E – модуль упругости материала верхней подбора (для капрона принят $1,7 \cdot 10^9$ Па); v_r – скорость перемещения воды относительно участка невода; c_n – гидродинамический коэффициент сети невода, для расчетов примем $c_n=1,3$.

Силы, действующие на узел i верхней подбора кошелькового невода в плоскости воды, показаны на рис. 7, а расчет стягивающей силы – на рис. 8.

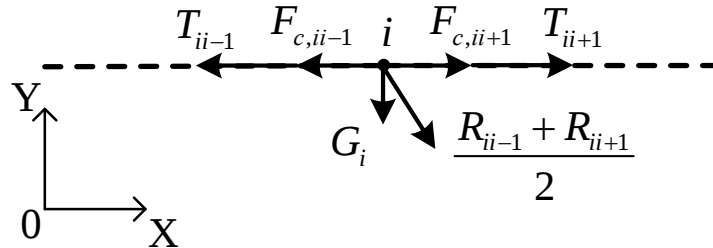


Рис. 7. Силы, действующие на узел i верхней подбора в плоскости OXY. Составлено авторами
Fig. 7. Forces acting on node i of the corkline in the OXY plane. Compiled by the authors

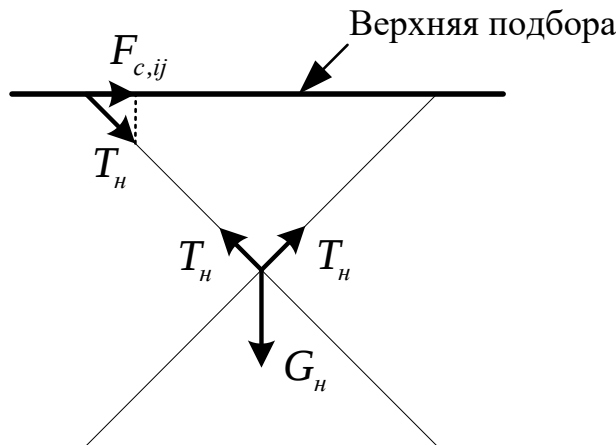


Рис. 8. Расчет стягивающей силы. Составлено авторами
Fig. 8. Calculation of the inward pulling force. Compiled by the authors

В случае если вектор волнового течения направлен параллельно оси OX, получаем формулы (9–13):

$$\bar{v}_r = \overline{(0, v_e)} - (\bar{v}_i + \bar{v}_j) / 2, \quad (9)$$

$$v_e = v_{en} \frac{\cosh(k(Z - z))}{\cosh(kZ)}, \quad (10)$$

$$F_{c,ij} = T_n u_x = Gaz \frac{u_x^2}{u_y}, \quad (11)$$

$$T_n = G_n / (2u_y), \quad (12)$$

$$G_n = 2au_x zG, \quad (13)$$

где v_e – скорость волнового течения; v_i и v_j – скорости перемещения узлов i и j соответственно; $u_{en}=0,25h^2k^2c_w$ – скорость волнового течения на поверхности; $k=2\pi/\lambda$; G_n – вес сети невода высотой z , приложенный к узлу; G – вес в воде 1 м^2 невода; u_x , u_y – посадочные коэффициенты по ширине и высоте сети невода; T_n – натяжение в нитке ячеи.

Полученная достоверная математическая модель погружения ниток (элементов сети) позволяет на стадии проектирования обоснованно определять необходимые характеристики механизмов АВС, а в условиях промысла – контролировать поведение кошелькового невода.

В процессе замата ИИ рассчитывает вектор компенсирующей тяги, который электродвигатели катамарана должны сгенерировать для предотвращения деформации орудия лова по формуле (14) [6; 21]:

$$T_{комп} = R_{меч} + T_n, \quad (14)$$

где $T_{комп}$ – необходимая компенсирующая тяга АВС; $R_{меч}$ – сила гидродинамического давления течения на сетную стенку [21, с. 396]; T_n – сила натяжения уреза, необходимая для сохранения раскрытия невода. Возможность обеспечения заданного усилия $T_{комп}$ маломерным беспилотным судном подтверждается анализом его характеристик тяги на швартовых [6, с. 215].

В отличие от традиционного мотобота, управляемого интуитивно, беспилотный АВС корректирует обороты винтов синхронно с данными ИИ. Выполняя маневр «активной оттяжки», катамаран удерживает пятной урез в фиксированной навигационной точке, превращая невод в управляемую адаптивную структуру, устойчивую к сложным гидрологическим условиям.

Результаты и их обсуждение

Знание параметров косяка (скорости миграции и степени пугливости) является определяющим триггером для работы ИИ. Синтез моделей позволяет сформулировать аналитическое условие успешного облова, формула (15), представляющее собой строгую систему временных неравенств [17; 5; 15]:

$$t_{кпуга} + t_{смяг} < t_{ухода}, \quad (15)$$

где $t_{кпуга}$ – расчетное время прохождения траектории замата (зависит от параметров судовождения); $t_{смяг}$ – время стягивания подборы [5, с. 130]; $t_{ухода}$ – аналитически прогнозируемое время ухода косяка, зависящее от вектора миграции и влияния раздражителя [15, с. 22].

Если на этапе анализа ИИ фиксирует невыполнение данного неравенства, система переходит в корректирующий режим выбора «Автокошелька»: алгоритм инициирует перерасчет точки старта и радиуса циркуляции. В случае концептуальной невозможности удовлетворения критерия (15) формируется алгоритмический запрет на выполнение операции.

В традиционном судовождении отсутствие предиктивного учета влияния раздражителя и течения приводит к деформации площади облова и уходу косяка. Интеграция же аналитического аппарата ИИ позволяет компенсировать снос за счет навигационного расчета уравнений (3) и (4). Таким образом, теоретически обеспечивается выполнение базового условия успешного облова (15). Экономическая целесообразность концепции заключается в сокращении доли безрезультатных выходов в море за счет строгого математического обоснования маневров судовождения.

Заключение

Переход к высокотехнологичному роботизированному рыболовству требует создания комплексных киберфизических комплексов [9, с. 130]. Разработанная в статье теоретическая концепция интеллектуальной АСУ «Автокошелек» демонстрирует, что интеграция классических алгоритмов судовождения (таких как линейная модель управляемости Номото и метод наведения Line-of-Sight) с анализом параметров поведенческих реакций объектов лова формирует мощный аналитический базис для автоматизации промысла.

Введение в контур управления автономного вспомогательного судна (АВС) с электрической силовой установкой, базирующегося на штатном месте спасательной шлюпки, позволяет одновременно решить две критические проблемы кошелькового лова:

1. **Биологическую:** полностью устраняется форсированный шумовой раздражитель в зоне облова [18, с. 158], что минимизирует бросковую скорость избегания косяка I_y и искусственно увеличивает временное окно успешного лова Тухода.
2. **Техническую:** реализуется алгоритм активной компенсации дрейфа невода под воздействием разнонаправленных подводных течений. На основе предиктивного анализа эпюры скоростей водных потоков ИИ рассчитывает необходимый вектор компенсирующей тяги АВС $F_{\text{комп}}$ [1, с. 215], предотвращая деформацию сетной стенки орудия лова и его снос из зоны промысла [4, с. 118].

Сопоставление кинематики поведенческих реакций пелагических рыб и навигационных параметров маневрирования основного судна позволило формализовать строгое аналитическое условие успешного облова в виде системы временных неравенств [17, с. 55].

Таким образом, данная работа представляет собой комплексное теоретическое обоснование, подтверждающее, что углубленное слияние принципов навигации, теории управления техническими средствами и алгоритмов предиктивного анализа поведения биоресурсов является наиболее достоверным и перспективным научным путем повышения эффективности и экологичности освоения пелагических ресурсов Мирового океана.

Список источников

1. Гусев В. И. 1989. Прикладная теория управления движением судна. М. : Транспорт, 191 с.
2. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (СОЛАС-74). (С изменениями и дополнениями). Глава III: Спасательные средства и устройства. Правило 31. Спасательные шлюпки и плоты. СПб. : ЗАО ЦНИИМФ, 2020. 1076 с.
3. Траулер-сейнер проекта SK-3101R // АО «ПСЗ «Янтарь» (Электронный ресурс). URL: <https://shipyard-yanar.ru/grazhdanskoe-sudostroenie-3/trauler-sejner-pr-sk-3101r/> (дата обращения : 01.05.2026).
4. Недоступ А. А. Математическое моделирование процесса замета и погружения кошелькового невода в условиях волнения // Известия КГТУ. 2012. № 25. С. 118–133.
5. Недоступ А. А., Ражев А. О., Соколова Е. В., Макаров В. В. Математическое моделирование орудий и процессов рыболовства. Часть III: монография. Калининград : Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. 228 с.
6. Недоступ А. А., Сергеев Е. И., Насенков П. В. и др. Мультифизическое подобие характеристик катамарана с ЭД и тралового комплекса // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : материалы VIII Международной научно-технической конференции. Владивосток, 2024. С. 210–219.
7. Правила по оборудованию морских судов. Часть II: Спасательные средства. НД № 2-020101-174. СПб. : Российский морской регистр судоходства (РМРС), 2024. С. 58–64.
8. Траулер-сейнер типа «Ленивец» проект SK-3101R // Цифровой портал «РУ-ВИКИ» (Электронный ресурс). URL: https://soviet-trawler.narod.ru/pages_r/ussr/leninets_r.html (дата обращения : 01.05.2026).
9. Супрунович А. Е. Автоматизация процессов управления промысловыми судами. М. : Агропромиздат, 1989. 240 с.
10. Br M. Purse seining manual. Rome : FAO, 1994. 406 с.
11. Breivik M., Fossen T. I. 2004. Path following of straight lines and circles for marine surface vessels. IFAC Proceedings. Vol. 37(10): 65–70.
12. Børseth T., Bjørum H., Asheim T., Fossen T.I. 2021. Control system design for autonomous auxiliary vessels in purse seine fishing. IFAC PapersOnLine. 54(16): 399–404.
13. Caharija W. et al. 2016. Integral line-of-sight guidance and control of underactuated marine vehicles: Theory, simulations, and experiments. IEEE Transactions on Control Systems Technology. 24(5): 1623–1642.

14. Fossen T. I. Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. John Wiley & Sons. 2011. 575 с.
15. Fréon P., Misund O. A. Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment. Fishing News Books, 1999. 348 с.
16. Hosseini M. et al. 2022. Trajectory tracking of underactuated surface vessels: a review. *Ocean Engineering* 250: 1–17.
17. Loe M. R. 2015. Mathematical modeling and control of purse seine fishing operations. Master Thesis. NTNU.
18. Misund O. A. 1993. Dynamics of moving masses: variability in packing density, shape, and size among pelagic fish schools. *ICES Journal of Marine Science*. 50(2): 145–160.
19. Pitcher T. J., Parrish J. K. 1993. Functions of shoaling behaviour in teleosts // Behaviour of teleost fishes. Springer, Boston, MA. 363–439.
20. Fleetphoto (Электронный ресурс). URL: <https://fleetphoto.ru/projects/5121/> (дата обращения : 02.05.2026).
21. Zhou C., Xu L., Hu F., Qu T. (2015). Hydrodynamic characteristics of knotless nylon netting normal to free stream and effect of inclination. *Ocean Engineering*. 104, 395–400. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.05.023.

Сведения об авторах

А. А. Недоступ – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства.

Д. В. Гмырин – работник судоходной компании ООО «Глобал-Флот».

Information about the authors

A. A. Nedostup – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Commercial Fishery.

D. V. Gmyrin – Employee of the shipping company "Global-Flot" LLC.

Статья поступила в редакцию 24.05.2026; одобрена после рецензирования 02.06.2026; принята к публикации 02.06.2026.

The article was submitted 24.05.2026; approved after reviewing 02.06.2026; accepted for publication 02.06.2026.

© Недоступ А. А., Гмырин Д. В., 2026.

«Интеллектуальная система управления маневрированием и эксплуатацией кошелькового невода на базе интеграции автономных вспомогательных судов» [Недоступ А. А., Гмырин Д. В.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).