

DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-55-65
УДК 639.2.081.1

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СИЛ ТРАЛОВОЙ СИСТЕМЫ: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

А. А. Недоступ, А. О. Ражев

*Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Российская Федерация*

В процессе проектирования траловых систем нередко возникает необходимость не только математического, компьютерного, но и физического их моделирования, т. к. в процессе физического моделирования можно предсказать динамические процессы, происходящие с канатами, веревками и нитками в процессе их эксплуатации. Автоматизация процесса физического моделирования канатно-сетного трала с использованием информационных технологий – актуальный вопрос научных исследований. Отмечается важность создания единой базы данных, содержащей сведения о проектах тралов, истории внесенных в проекты изменений, сведения о классификации и кодировании траловых систем, истории промысла гидробионтов в различных частях Мирового океана, а также данные о конструкциях орудий рыболовства и местах их установки, эксплуатации и техническом обслуживании. Грамотное экономическое и ресурсное планирование, устранение возможных рисков еще на этапе планирования приводит к уменьшению затрат и повышению производительности труда. Рассмотрены понятия «производительность сил» (механических, электродинамических и пр.), «производительность сил системы» (технической, биологической), введен новый параметр – производительность сил траловой системы. Доказаны постулаты, действующие во всех траловых системах: дифференциальный закон движения описывает взаимосвязь между приложенным к материальной точке квадратом силы и получающейся от этого производительностью сил этой точки; производительность сил, действующих на материальную точку, равна второй производной работы этих сил по времени; производительность системы сил разной природы, действующих на систему, состоящую из материальных точек, называется производительностью сил системы (технической, биологической и др.).

Ключевые слова: траловая система, физическое моделирование, масштабы подобия, производительность сил, КПД, материальная точка, проектирование.

Для цитирования: Недоступ А. А., Ражев А. О. Производительность сил траловой системы: постановка задачи // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 55–65. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-55-65.

Введение

В процессе проектирования траловых систем (ТС) нередко возникает необходимость не только математического, но и физического их моделирования. Важными этапами проектирования технической системы являются процессы определения взаимосвязи ее компонентов и наложения ограничений. В настоящее время наметилась определенная тенденция позиционировать проектирование как объединение видов деятельности – системное проектирование, т. е. от 2D до 6D, или проектирование жизненного цикла. Выходом проектирования сложной инженерной конструкции – ТС – является проект – целостная совокупность характеристик, описанных в форме, пригодной для ее эксплуатации с заданной производительностью сил. Проектирование жизненного цикла технической системы, которой является ТС, всесторонне решает поставленные задачи, учитывает мультифизические связи, а также социально-экономические и экологические последствия их функционирования.

Таким образом, проектирование любой ТС должно повысить производительность сил.

Дадим определение понятию «производительность сил». Существует производительность сил механических, электродинамических, термодинамических, акустических, оптических, биологических, химических и др. Производительностью силы можно называть скорость выполнения операции (скорость процесса, скорость химической реакции), а также скорость изменения мощности.

Впервые А. А. Недоступом было доказано, что для физического моделирования ТС должно соблюдаться условие [1]

$$mw^2 = \text{idem}, \quad (1)$$

где m – масса ТС, кг; w – ускорение ТС, м/с^2 .

Выражение (1) представим в виде

$$H = mw^2 = Fw = F \frac{v}{t} = F \frac{l}{t^2} = \frac{A}{t^2}, \quad (2)$$

где H – производительность сил ТС, $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^4$; F – силы ТС, $\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$; v – скорость процесса, $\text{м}/\text{с}$; t – время процесса, с; l – перемещение, м; A – работа, $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2$, при этом выражение

$$m\bar{w} = \sum \bar{F}$$

является вторым законом Ньютона.

Параметр H введен впервые. Выражение (2) можно записать в виде дифференциального уравнения

$$H(t) = \frac{d^2 A}{dt^2}. \quad (3)$$

Таким образом, «производительность сил», действующих на материальную точку, равна второй производной работы этих сил по времени.

Производительность сил одной природы, действующих на материальную точку, суммируется. Производительность системы сил разной природы, действующих на систему, состоящую из материальных точек, называется «производительностью сил системы» (технической, биологической и др.). Производительность сил может быть «полезной» и суммарной, а также имеет место быть производительность сил в единицу времени.

В настоящей статье мы рассматриваем только производительность сил ТС, не выходя за ее действия. Но отметим, что вышеуказанные постулаты действуют во всех ТС. Это мы докажем в статье.

Таким образом, возникает актуальный вопрос – проектирование ТС с максимальными значениями H , которые при этом изменяются во времени, а это проектирование ТС БД. Управление такой ТС возможно предсказательное и на основе искусственного интеллекта.

Под ТС будем понимать сам трал с оснасткой подбор, кабельной оснасткой, траловые доски, ваера, соединительные элементы, ваерные лебедки (траловые лебедки), канатно-сетной барабан, датчики (горизонта хода, наполнения тралового мешка, натяжения в ваерах, длины ваера, раскрытия устья трала и др.). На рис. 1 изображена разноглубинная ТС.

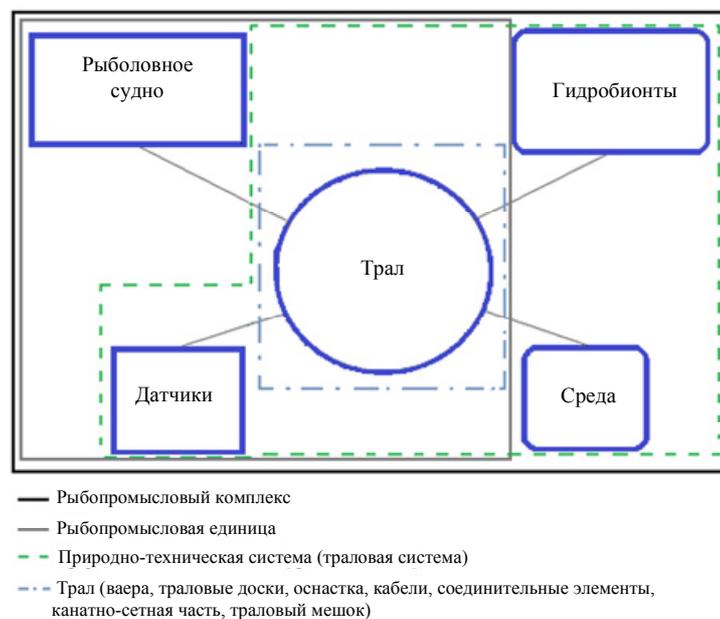


Рис. 1. Разноглубинная ТС и ловающая единица (рыболовное судно)

Постановка задачи

Создание единой базы данных по тралам, содержащей актуальные сведения о проектах тралов и истории всех внесенных в проекты изменений, а также их эксплуатации, позволяет проводить быстрый мониторинг прошедших, текущих и планирующихся работ по модернизации донных и разноглубинных тралов. Унифицированная система классификации и кодирования тралов, разработанная ООО «Лаборатория цифровых технологий» («ЛЦТ», г. Калининград) позволит формировать базу данных истории промысла гидробионтов в различных районах Мирового океана. Также база данных применяется с целью идентификации всех конструкций орудий рыболовства, любых сетных садков по выращиванию гидробионтов, а также места их установки, в процессе проектирования, эксплуатации и технического обслуживания. Применение единой методики кодирования тралов позволяет построить корректную структуру орудий рыболовства.

Отметим, что 6D-проектирование сокращает сроки подготовки и согласования проектной документации на трал, позволяя выгружать данные напрямую из 3D-модели. Система автоматизированного проектирования, созданная ООО «ЛЦТ», позволяет выполнять грамотное экономическое и ресурсное планирование, сокращая трудовые, денежные и временные затраты в среднем на 5–20 % и устраняя коллизии еще на этапе проектирования. Полноценная визуализация проекта трала позволяет проводить оперативную проверку практического выполнения организационных и технологических решений.

Канатно-сетные тралы представляют собой буксируемые орудия рыболовства, которые облавливают протяженные и косячные скопления гидробионтов. Тралы состоят из канатов, веревок, ниток, оснастки и такелажа. Канаты, веревки и нитки представляют собой крученые и шнуровидные материалы, которые имеют различную структуру и состав, что при эксплуатации тралов отражается на их управляемости, работе и износе. Так, уже применяются в рыболовстве композитные рыболовные материалы – ваера, – которые легче стальных и удобней в работе. Исследование механических свойств рыболовных материалов (разрывной нагрузки, удлинения, изгибной и поперечной жесткости и пр.) возможно экспериментально на разрывных машинах и на другом оборудовании, а также с применением компьютерного моделирования. При этом нужно понимать, что для компьютерного моделирования необходимы математические модели, описывающие характеристики и механические свойства рыболовных материалов. А т. к. канаты, веревки и нитки являются неоднородными и в процессе эксплуатации меняют свои свойства, при описании соответствующих процессов и свойств возникают трудности. На помощь исследователю идет физическое моделирование процессов [1], причем оно должно моделировать динамические процессы, которые протекают с канатами, веревками и нитками в процессе их эксплуатации. При этом постановка задачи управления разноглубинными траловыми комплексами решена на базовом уровне [2]. Так, в процессе физического моделирования канатов возможно предсказать их свойства [3, 4].

Таким образом, автоматизация процесса физического моделирования канатно-сетного трала с использованием информационных технологий – актуальная тема научных исследований. Под информационными технологиями будем иметь в виду компьютерные программы. Так, к примеру, на кафедре промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» была создана компьютерная программа на языке C++ для расчета гидродинамики распорных траловых досок [5]. Данная компьютерная программа позволяет решить уравнения Навье – Стокса. Имея опыт создания программ по расчету гидродинамических характеристик траловых конструкций, сотрудники кафедры промышленного рыболовства приступили к расчету механических свойств рыболовных материалов. Но главным (и одним из основных) элементов расчета является компьютерно-физическое моделирование процессов. Это новое понятие, которое сопряжено с тем, что масштабы подобия всех механических процессов описаны и выведены [1]. Также получены масштабы для электродинамических, термодинамических, акустических, световых и оптических процессов [6–8]. На основании масштабов подобия создается компьютерная программа для автоматизации физического моделирования канатно-сетного трала. Таким образом, модуль компьютерно-физического моделирования механических свойств рыболовных материалов, канатов, веревок и ниток является неотъемлемой частью САПР тралов, которая позволяет предсказать механические свойства различных материалов в изменяющихся динамических процессах.

Материалы исследования

Рассмотрим классическую механику. Выражение (2) представим в виде

$$H = mw^2 = pj, \quad (4)$$

где p – импульс, кг·м/с; j – рывок, м/с³.

Или запишем (4) в виде дифференциального уравнения

$$p(t) \frac{d^3 x}{dt^3} = F(t) \frac{d^2 x}{dt^2}, \quad (5)$$

где x – перемещение, м.

Запишем выражение (2) в виде

$$H = \frac{P}{t}, \quad (6)$$

где P – мощность ТС, кг·м²/с³, или в дифференциальном виде

$$H(t) = \frac{dP}{dt} = \frac{d^2 A}{dt^2}, \quad (7)$$

где dA/dt – мгновенная мощность ТС в данный момент времени.

Уравнение (3) представим в виде

$$\Sigma H(t) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{dP}{dt} \right)_i, \quad (8)$$

где $\Sigma H(t)$ – сумма производительности сил разной природы, действующих на ТС (производительность системы сил, действующих на ТС).

Запишем импульс мощности ТС в интегральном виде

$$\bar{P}_n = \int_0^t H(t) dt. \quad (9)$$

Левую и правую части выражения (2) умножим на массу m , тогда (2) представим в виде

$$mH = m^2 w^2 = F^2. \quad (10)$$

Таким образом,

$$H = F^2/m. \quad (11)$$

На основании выражения (10) получаем дифференциальное уравнение

$$mH(t) = (F(t))^2. \quad (12)$$

Уравнение (12) описывает дифференциальный закон для производительности сил, связывает приложенный к материальной точке (ТС) квадрат сил с получающейся от этого производительностью сил этой точки (ТС).

На основе вышеуказанного запишем (12) в виде

$$m \frac{dP}{dt} = (F(t))^2. \quad (13)$$

Графическая интерпретация (8) вида $H = f(A, t)$ для ТС приведена на рис. 2.

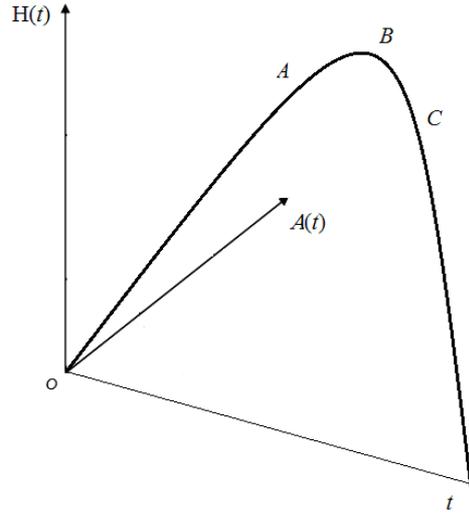


Рис. 2. Зависимость вида $H = f(A, t)$: A, B, C – отрезок зависимости, на котором находится точка максимума $H = f(A, t)$; $A(t)$ – работа ТС

Отметим, что масса ТС $m = \text{const}$.
Рассмотрим в безразмерном виде

$$\kappa = \frac{H_i}{\sum_{j=1}^n H_j}, \quad (14)$$

где κ – безразмерная производительность сил; H_i – значение производительности сил ТС i -го интервала времени, $i \in [1, \dots, n]$; $\sum H_j$ – суммарная производительность сил ТС;

$$\iota = \frac{A_i}{\sum_{j=1}^n A_j}, \quad (15)$$

где ι – безразмерная работа; A_i – значение работы ТС на i -ом интервале времени; $\sum A_j$ – суммарная работа ТС за процесс;

$$\tau = \frac{t_i}{t}, \quad (16)$$

где τ – безразмерное время; t_i – время; $t = \sum t_i$ – время процесса (рассматриваемого в рамках ТС);

$$\chi = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^n F_j}, \quad (17)$$

где χ – безразмерная сила [1]; F_i – абсолютное значение сил ТС, усредненное на i -ом интервале времени; $\sum F_j$ – сумма усредненных по интервалам времени абсолютных значений сил ТС за процесс.

Запишем (12) с учетом (14)–(17) в безразмерном виде

$$\begin{cases} m \sum_{j=1}^n H_j = \sum_{j=1}^n F_j^2 \\ m H_i = F_i^2 \end{cases}. \quad (18)$$

Разделим первое уравнение на второе уравнение системы (18), получим

$$\kappa = \frac{F_i^2}{\sum_{j=1}^n F_j^2}; \quad (19)$$

зная, что

$$\chi^2 = F_i^2 / \left(\sum_{j=1}^n F_j \right)^2, \quad (20)$$

получим отношение

$$\kappa / \chi^2 = \left(\sum_{i=1}^n F_i \right)^2 / \sum_{i=1}^n F_i^2. \quad (21)$$

Запишем через безразмерную работу ТС с учетом (15) и (16)

$$1/\tau^2 = \kappa \quad (22)$$

или запишем (21) с учетом (22) в виде

$$1/(\chi^2 \tau^2) = \left(\sum_{i=1}^n F_i \right)^2 / \sum_{i=1}^n F_i^2. \quad (23)$$

Графическая интерпретация (23) вида $\kappa = f(1, \tau)$ приведена на рис. 3.

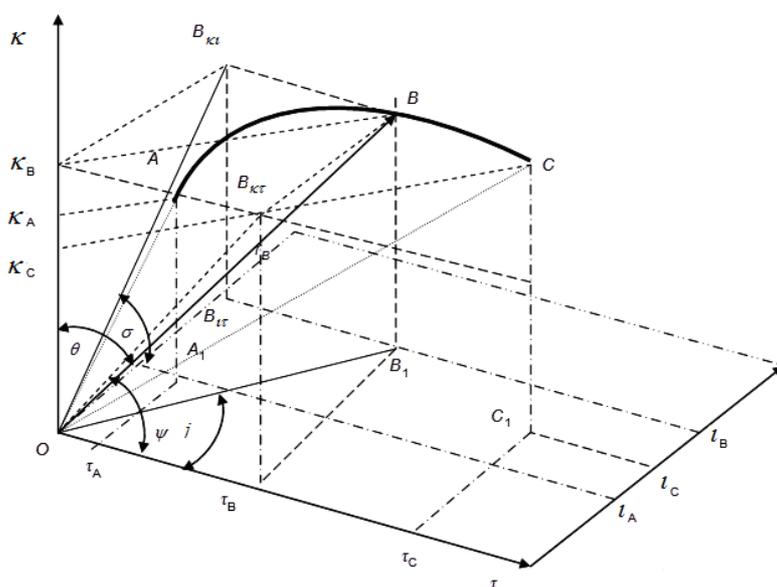


Рис. 3. Зависимость вида $\kappa = f(1, \tau)$

Рассмотрим отрезок ABC. Процесс изменения безразмерных характеристик ТС описывается законом

$$\left. \begin{aligned} \tau &= r \sin \theta \cos j \\ 1 &= r \sin \theta \sin j \\ \kappa &= r \cos \theta \end{aligned} \right\}, \quad (24)$$

где r – безразмерный радиус; θ – угол $T_B O B$; j – угол $\tau_B O B_1$.

Отметим, что

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \psi &= \sin \psi / \cos \psi = \kappa / \tau \\ \operatorname{tg} \sigma &= \sin \sigma / \cos \sigma = \kappa / \iota \\ \operatorname{tg} j &= \sin j / \cos j = \iota / \tau \end{aligned} \right\}, \quad (25)$$

где ψ – угол $B_{\lambda\tau} O t_B$; σ – угол $B_{\lambda\tau} O B_{\lambda\tau}$.

Имеем

$$\left. \begin{aligned} O B_1 &= \kappa \operatorname{tg} \theta \\ O B_1 &= \tau / \cos j \end{aligned} \right\}, \quad (26)$$

отсюда

$$\frac{\kappa}{\tau} = \frac{1}{\operatorname{tg} \theta \cos j}. \quad (27)$$

Разделим левую и правую части выражения (27) на τ , тогда

$$\frac{\kappa}{\tau^2} = \frac{\cos \theta}{\sin \theta \cos j} \frac{1}{r \sin \theta \cos j}. \quad (28)$$

Умножим левую и правую части выражения (28) на ι :

$$\frac{\kappa \iota}{\tau^2} = \frac{\cos \theta}{\sin \theta \cos j} \frac{r \sin \theta \cos j}{r \sin \theta \cos j} = \frac{\cos \theta \sin j}{\sin \theta \cos^2 j} = \frac{\operatorname{tg} j}{\operatorname{tg} \theta \cos j}, \quad (29)$$

а из (25) имеем

$$\kappa \iota / \tau^2 = \operatorname{tg} \psi \operatorname{tg} j, \quad (30)$$

причем из (25) $\operatorname{tg} \sigma = \operatorname{tg} \psi / \operatorname{tg} j$. Динамическое подобие не нарушается при обеспечении геометрического подобия: $j = \text{idem}$, $\theta = \text{idem}$, $\psi = \text{idem}$ и $\sigma = \text{idem}$, тогда

$$\frac{\kappa_{\text{H}} \iota_{\text{H}}}{\tau_{\text{H}}^2} = \frac{\kappa_{\text{M}} \iota_{\text{M}}}{\tau_{\text{M}}^2}, \quad (31)$$

где m – индекс модели; n – индекс природы.

Представим выражение (31) в виде

$$\frac{H_{\text{H}i} A_{\text{H}i}}{t_{\text{H}i}^2} \frac{t_{\text{H}}^2}{\sum_{i=1}^n H_{\text{H}i} \sum_{i=1}^n A_{\text{H}i}} = \frac{H_{\text{M}i} A_{\text{M}i}}{t_{\text{M}i}^2} \frac{t_{\text{M}}^2}{\sum_{i=1}^n H_{\text{M}i} \sum_{i=1}^n A_{\text{M}i}}. \quad (32)$$

Запишем выражение (32) в виде

$$\frac{t_{\text{H}}^2}{\sum_{i=1}^n H_{\text{H}i} \sum_{i=1}^n A_{\text{H}i}} = \frac{C_{\text{H}} C_{\text{A}}}{C_{\text{t}}^2} \frac{t_{\text{M}}^2}{\sum_{i=1}^n H_{\text{M}i} \sum_{i=1}^n A_{\text{M}i}}, \quad (33)$$

где $C_{\text{H}} = H_{\text{H}i} / H_{\text{M}i}$ – масштаб производительности сил; $C_{\text{A}} = A_{\text{M}i} / A_{\text{H}i}$ – масштаб работы; $C_{\text{t}} = t_{\text{M}} / t_{\text{H}}$ – масштаб времени.

Отметим, что при соблюдении $j = \text{idem}$, $\theta = \text{idem}$, $\psi = \text{idem}$ и $\sigma = \text{idem}$, или

$$\frac{t_{\text{H}}^2}{\sum_{i=1}^n H_{\text{H}i} \sum_{i=1}^n A_{\text{H}i}} = \frac{t_{\text{M}}^2}{\sum_{i=1}^n H_{\text{M}i} \sum_{i=1}^n A_{\text{M}i}},$$

на основании (1) и (33) связь масштабов подобия можно записать в виде

$$\frac{C_H C_A}{C_t^2} = 1, \quad (34)$$

причем масштаб $C_H = 1$, т. к. соблюдается (1).

В таком случае выражение (34) можно представить в виде

$$C_H = C_A / C_t^2 = 1, \quad (35)$$

или

$$C_A = C_t^2. \quad (36)$$

Результаты и их обсуждение

На основании вышеуказанных уравнений, выражений и формул (1)–(36) при проектировании ТС необходимо добиться максимального значения производительности сил H ТС. Производительность сил H , действующих на ТС, равна второй производной работы этих сил по времени. Производительность ТС напрямую связана с ее КПД η . Коэффициент полезного действия – характеристика эффективности ТС в отношении преобразования или передачи энергии, определяется отношением полезно использованной энергии к суммарному количеству энергии, полученному ТС. Запишем КПД ТС на основе уравнения (3), а также выражений (14) и (16):

$$\eta = \frac{H_i}{\sum_{j=1}^n H_j} \left(\frac{t_i}{t} \right)^2 = \kappa \tau^2, \quad (37)$$

или

$$\left. \begin{aligned} \eta &= \kappa \tau^2 \\ \eta &= \iota \end{aligned} \right\}.$$

Отметим, что две ТС подобны при условии $\eta_m = \eta_n$, где η_m – КПД модели ТС; η_n – КПД натурной ТС.

Таким образом, на основании выражения (37) сделаем существенные выводы относительно повышения η ТС за счет:

- сокращения времени процесса t ;
- увеличения полезного времени $t_i = t_n$;
- увеличения полезной производительности сил $H_i = H_n$;
- сокращения суммарной производительности сил $\sum H_j$.

Рассмотрим полезную производительность сил ТС и бесполезную производительность сил

$$\left. \begin{aligned} \kappa &= \kappa_n + \kappa_6 \\ \tau &= \tau_n + \tau_6 \end{aligned} \right\}, \quad (38)$$

где κ_n – полезная производительность сил ТС; κ_6 – бесполезная производительность сил ТС; τ_n – полезное время; τ_6 – бесполезное время.

Подставим (38) в выражение (37), получим

$$\eta = (1 - \kappa_6)(1 - \tau_6)^2 = 1 + (\kappa_6 - 1)(2\tau_6 - \tau_6^2) - \kappa_6.$$

Повышение КПД ТС возможно при условиях

$$\left. \begin{aligned} \kappa_6 &\rightarrow 0 \\ \tau_6 &\rightarrow 0 \end{aligned} \right\}.$$

Графическая интерпретация выражения (37) представлена на рис. 4.

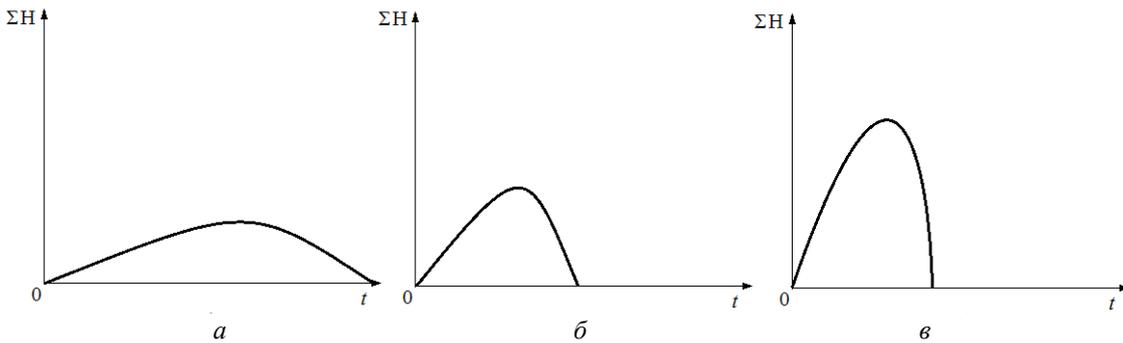


Рис. 4. Зависимость вида $\Sigma H = f(t)$:

- a* – низкая суммарная производительность сил в большой промежуток времени;
- б* – средняя суммарная производительность сил в малый промежуток времени;
- в* – высокая суммарная производительность сил в малый промежуток времени

Исходя из рис. 4, *a* и *в*, видим, что суммарная производительность сил ТС ΣH примерно одинакова, но время процесса на рис. 4, *в* меньше. Что касается рис. 4, *б*, то из зависимости $\Sigma H = f(t)$ неясно, какое значение κ_n и τ_n .

Таким образом, управление ТС возможно на основе предсказательного моделирования производительности механических, электродинамических, термодинамических, акустических, оптических и других сил и искусственного интеллекта.

Заключение

Сформулируем главные постулаты.

Постулат 1. Уравнение (12) описывает дифференциальный закон для производительности сил, связывает приложенный к материальной точке (ТС) квадрат сил с получающейся от этого производительностью сил этой точки (ТС).

Постулат 2. Производительность сил, действующих на материальную точку, равна второй производной работы этих сил по времени.

Постулат 3. Производительность системы сил разной природы, действующих на систему, состоящую из материальных точек, называется производительностью сил системы (технической, биологической и др.).

Существует производительность сил механических, электродинамических, термодинамических, акустических, оптических, биологических, химических и др.

Таким образом, управление ТС возможно на основе предсказательного моделирования производительности механических, электродинамических, термодинамических, акустических, оптических и других сил и искусственного интеллекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Недоступ А. А. Физическое моделирование гидродинамических процессов движения орудий рыболовства // Вестн. Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2012. № 3 (19). С. 55–67.
2. Недоступ А. А., Ражев А. О. Постановка задачи управления разноглубинными траловыми комплексами // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы XI Национ. (Всерос.) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 24–25 марта 2020 г.). Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2020. С. 217–221.
3. Недоступ А. А., Насенков П. В., Ражев А. О., Коновалова К. В., Федоров С. В. Обоснование правил подобия разрывной нагрузки рыболовных крученых изделий // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 1. С. 38–45.
4. Недоступ А. А., Коновалова К. В., Насенков П. В., Ражев А. О., Федоров С. В. Обоснование правил подобия изгибной жесткости рыболовных крученых изделий // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 1. С. 77–85.
5. Недоступ А. А., Ражев А. О. Программное обеспечение для исследования гидродинамики распорных траловых досок // Морские интеллектуальные технологии. 2017. № 3 (37). Т. 1. С. 168–173.

6. Недоступ А. А., Ражев А. О. К теории электродинамического подобия промысловых механизмов // Изв. КГТУ. 2020. № 56. С. 61–70.
7. Недоступ А. А., Ражев А. О. К теории термодинамического подобия установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов // Изв. КГТУ. 2020. № 57. С. 40–53.
8. Недоступ А. А., Ражев А. О., Хрусталева Е. И. Обоснование масштабов подобия световых величин установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 61–69.

Статья поступила в редакцию 12.11.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Алексеевич Недоступ – канд. техн. наук, доцент; зав. кафедрой промышленного рыболовства; Калининградский государственный технический университет; Россия, 236022, Калининград; nedostup@klgtu.ru.

Алексей Олегович Ражев – младший научный сотрудник УНИД; Калининградский государственный технический университет; Россия, 236022, Калининград; progaspp@live.ru.



PRODUCTIVITY OF FORCES OF TRAWL SYSTEM: PROBLEM FORMULATION

A. A. Nedostup, A. O. Razhev

*Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, Russian Federation*

Abstract. In the design process of the trawl systems, there often arises the need for their mathematical, computer and physical modeling, because in the process of physical modeling it is possible to predict the dynamic processes in the ropes and threads during operation. Automation of the process of a rope-net trawl physical modeling using information technologies is an important problem of a scientific research. The importance of creating a unified database containing information on trawl designs, history of design changes, information on the classification and coding of trawl systems, history of fishing for aquatic organisms in different parts of the World Ocean, as well as data on the fishing gear design and places of their mounting, operation and maintenance. The terms of preparation and approval of project documentation are reduced due to using 6D-control. Competent economic and resource planning, elimination of possible risks even at the planning stage lead to the lower costs and increasing labor productivity. The concepts of productivity of forces (mechanical, electrodynamic, etc.), productivity of forces of the system (technical, biological) are considered, a new parameter is introduced - the productivity of the forces of the trawl system. The postulates operating in all the trawl systems have been proved: the differential law of motion describes the relationship between the square of force applied to a material point and the resulting productivity of the forces of this point; productivity of forces exerting on a material point is equal to the second derivative of the work of these forces in time; the productivity of a system of forces of different nature exerting on a system of material points is called the productivity of the forces of the system (technical, biological, etc.).

Key words: trawl system, physical modeling, similarity scales, productivity of forces, efficiency, material point, design.

For citation: Nedostup A. A., Razhev A. O. Productivity of forces of trawl system: problem formulation. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2021;2:55-65. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-55-65.

REFERENCES

1. Nedostup A. A. Fizicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov dvizheniia orudii rybolovstva [Physical modeling hydrodynamic processes of fishing tools movement]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika*, 2012, no. 3 (19), pp. 55-67.
2. Nedostup A. A., Razhev A. O. Postanovka zadachi upravleniia raznoglubinnymi tralovymi kompleksami [Formulation of control problem for midwater trawl complexes]. *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoianie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie: materialy XI Natsional'noi (Vserossiiskoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii (Petropavlovsk-Kamchatskii, 24–25 marta 2020 g.)*. Petropavlovsk-Kamchatskii, Izd-vo KamchatGTU, 2020. Pp. 217-221.
3. Nedostup A. A., Nasenkov P. V., Razhev A. O., Konovalova K. V., Fedorov S. V. Obosnovanie pravil podobiia razryvnoi nagruzki rybolovnykh kruchenykh izdelii [Substantiation of rules for similarity of breaking load on twisted fishing gear]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 1, pp. 38-45.
4. Nedostup A. A., Konovalova K. V., Nasenkov P. V., Razhev A. O., Fedorov S. V. Obosnovanie pravil podobiia izgibnoi zhestkosti rybolovnykh kruchenykh izdelii [Substantiation of rules for similarity of bending stiffness of twisted fishing gear]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 1, pp. 77-85.
5. Nedostup A. A., Razhev A. O. Programmnoe obespechenie dlia issledovaniia gidrodinamiki raspornykh tralovykh dosok [Software for studying hydrodynamics of trawl spacer boards]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2017, no. 3 (37), vol. 1, pp. 168-173.
6. Nedostup A. A., Razhev A. O. K teorii elektrodinamicheskogo podobiia promyslovykh mekhanizmov [To theory of electrodynamic similarity of field mechanisms]. *Izvestiia KGTU*, 2020, no. 56, pp. 61-70.
7. Nedostup A. A., Razhev A. O. K teorii termodinamicheskogo podobiia ustanovok zamknutogo vodospobzheniia dlia vyrashchivaniia gidrobiontov [To theory of thermodynamic similarity of closed water supply installations for aquatic organisms growing]. *Izvestiia KGTU*, 2020, no. 57, pp. 40-53.
8. Nedostup A. A., Razhev A. O., Khrustalev E. I. Obosnovanie masshtabov podobiia svetovykh velichin ustanovok zamknutogo vodospobzheniia dlia vyrashchivaniia gidrobiontov [Substantiation of similarity scales of light values of closed water supply systems for aquatic organisms growing]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 3, pp. 61-69.

The article submitted to the editors 12.11.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander A. Nedostup – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Industrial Fishery; Kaliningrad State Technical University; Russia, 236022, Kaliningrad; nedostup@klgtu.ru.

Alexey O. Razhev – Junior Researcher of the Department of Management of Research Activities; Kaliningrad State Technical University; Russia, 236022, Kaliningrad; progacpp@live.ru.

