

DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-935-944

## SIMULATION OF DESIGN LOADS, ACTING FROM THE SIDE OF THE TRAWL SYSTEM ON THE FISHING VESSEL WINCH

**A. V. Ivanovskaya<sup>1</sup>, V. A. Zhukov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> — Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russian Federation

<sup>2</sup> — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
St. Petersburg, Russian Federation

*Deck auxiliary machinery is of paramount importance in fishing vessel survivability and safety, as well as in performing technological operations in accordance with its type. Such machinery includes fishing winches, drift-net heaving systems, anchor and mooring machines, and general-purpose lifting devices. They must be reliable, economical, environmentally friendly, along with having variable operational modes and the ability to smooth power and performance regulation. Fishing vessel lifting equipment simulation and design is based on predicting operational loads, which are random processes. Meanwhile, the design loads are deterministic maximum or typical values, determined with some assurance. The complexity of such operational loads mathematical simulation is conditioned by unsteady motion of the “ship - lifting device - cargo system” system, which arises due to the system elements parameters variability, the external hydrometeorological factors influence etc. The standards, existing in the Russian Federation for calculating loads acting on lifting equipment, either do not apply to ships onboard devices, or transient loads that may occur even under steady-state operating conditions are not taken into account. Hence, a number of researches are aimed at calculating and designing principles and methods for operational loads formation, acting on the fishing vessel lifting equipment. The developed classifications for such kind of equipment by loads criteria, occurrence frequency and their combinations are presented in this paper. The proposed “ship - lifting device - cargo system” system schematization of the flat one-wire system form and the known mechanics laws application to it will allow to obtain dynamics mathematical description of such a complex, that is sufficiently complete for practical use. Therefore, the flexible thread replacing, describing the trawl warp in the rod form system with  $n$  links, hingedly connected to each other and performing oscillatory movements is proposed. As a simulation and calculation example, rods vibrations system is described, motion and secular equations are obtained, as well as vibrations eigenmodes are constructed.*

*Keywords: deck equipment, transient motion, operational loads, framed structure.*

**For citation:**

Ivanovskaya, Aleksandra V., and Vladimir A. Zhukov. “Simulation of design loads, acting from the side of the trawl system on the fishing vessel winch.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.5 (2020): 935–944. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-935-944.

**УДК: 629.12**

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ СО СТОРОНЫ ТРАЛОВОЙ СИСТЕМЫ НА ЛЕБЕДКУ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО СУДНА

**А. В. Ивановская<sup>1</sup>, В. А. Жуков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> — ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», Керчь, Российская Федерация

<sup>2</sup> — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Отмечается, что на рыбопромысловых судах палубные вспомогательные механизмы играют большую роль в обеспечении живучести судна, его безопасности, а также выполнении технологических операций в соответствии с назначением судна. К таким механизмам относятся: промысловые лебедки,*

неводовыборочные комплексы, якорно-швартовные механизмы и грузоподъемные устройства общего назначения — механизмы, которые должны быть надежными, экономичными, экологичными, работать на переменных режимах, иметь возможность плавного регулирования производительности и мощности. Моделирование и проектирование грузоподъемного оборудования рыбопромыслового судна, основанные на прогнозировании эксплуатационных нагрузок, представляют собой случайные процессы. Сложность математического моделирования таких эксплуатационных нагрузок обусловлена нестационарным движением системы: судно – грузоподъемное устройство – грузовая система, которое возникает за счет переменных значений параметров элементов системы, а также влияния внешних гидрометеорологических факторов. Подчеркивается, что существующие в Российской Федерации стандарты по расчету действующих на грузоподъемное оборудование нагрузок не распространяются на устройства, находящиеся на морских судах либо в них не учитываются нестационарные нагрузки, которые могут возникать даже при установившемся режиме работы. Поэтому предлагаемое исследование направлено на формирование принципов и методов расчета и проектирования эксплуатационных нагрузок, действующих на грузоподъемное оборудование рыбопромыслового судна. В работе представлены классификации для такого рода оборудования по критериям нагрузок, по частоте их появления и их комбинациям. Предложенная схематизация «судно – грузоподъемное устройство – грузовая система» в виде плоской одноаерной системы применительно к известным законам механики позволит получить достаточно полное для практического использования математическое описание динамики работы такого комплекса. Для этого в рассматриваемой системе предлагается замена гибкой нити, описывающей ваер в виде стержневой системы с  $n$ -звеньями, шарнирно соединенными между собой и совершающими колебательные движения. В качестве примера моделирования и расчета описаны колебания системы стержней, получены уравнения движения и вековые уравнения, построены собственные формы колебаний.

*Ключевые слова:* палубное оборудование, нестационарное движение, эксплуатационные нагрузки, стержневая система.

**Для цитирования:**

Ивановская А. В. Моделирование расчетных нагрузок, действующих со стороны траловой системы на лебедку рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, В. А. Жуков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 5. — С. 935–944. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-935-944.

### Введение (Introduction)

Буксировка объекта является одной из составляющих многих технологических процессов. Примером является буксировка нефтяной платформы, морского судна, надводного и подводного аппарата, гидролокационных станций, трала при разминировании, орудия лова (трал). Основным управляющим параметром служит длина ваера — троса, с помощью которого осуществляется буксировка. В процессе буксировки лебедка выбирает ваера или их отдает. Для выработки оптимального способа управления буксировкой объекта необходимо знать закон изменения натяжения ваера. Без решения этой задачи невозможно осуществить планирование операции буксировки и управление ею.

Неотъемлемую часть судна составляют судовые вспомогательные механизмы (СВМ). Живучесть судна, безопасность плавания и выполнение технологических операций в соответствии с его назначением напрямую зависит от надежности СВМ. Особую роль на рыбопромысловом судне играют палубные механизмы, к которым относятся промысловые лебедки, неводовыборочные комплексы, якорно-швартовные механизмы, а также грузоподъемные механизмы общего назначения. Поэтому к оборудованию такого рода предъявляются требования надежности, экономичности, устойчивости при работе на переменных режимах, возможности плавного регулирования производительности и мощности [1], [2].

Моделирование и проектирование палубного оборудования рыбопромыслового судна основано на прогнозировании эксплуатационных нагрузок, которые представляют собой случайные процессы. Расчетными нагрузками будут максимальные или типичные с определенной достоверностью полученные детерминированные значения эксплуатационных нагрузок. Сложностью математического моделирования такого рода грузоподъемного оборудования является описание его работы, протекающей зачастую в «особых условиях».

В качестве «особых условий» следует рассматривать воздействие ветра, качки, изменение параметров системы *трос – груз* (его формы, массы, гидродинамического и инерционного коэффициентов, длины троса), переход из одной среды в другую [3], [4], а также учет характеристик рыбопромысловых снастей [5], [6]. Различные подходы к моделированию эксплуатационных режимов грузоподъемного оборудования и контроля состояния оборудования рассмотрены в работах [7]–[9], принципы выбора палубного оборудования — в публикации [10].

В настоящее время при разработке и проектировании судового палубного оборудования актуальной является *задача импортозамещения*, решаемая созданием эффективных и надежных палубных механизмов на отечественных предприятиях [11], [12]. В Российской Федерации разработаны и действуют стандарты, регламентирующие расчет действующих на грузоподъемное оборудование нагрузок. Такими нормативными документами являются:

1. ГОСТ 32579.1–2013 «Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок»<sup>1</sup>, который, однако, не предусмотрен для расчета нагрузок, действующих на грузоподъемные устройства, действующие на морских судах.

2. «Правила по грузоподъемным устройствам морских судов» Российского морского регистра судоходства<sup>2, 3</sup>, в которых описаны расчетные схемы и принципы формирования расчетных нагрузок. При этом усилия определяются для самых неблагоприятных движений каждого элемента, т. е. на переходных режимах работы. Однако нестационарные нагрузки могут возникать и при устоявшемся режиме работы грузоподъемного оборудования рыбопромыслового судна, например, при буксировке орудия лова с уловом. Поэтому исследования, направленные на совершенствование системы привода грузоподъемных устройств рыбопромыслового судна, являются актуальными.

*Целью исследования* является разработка метода расчета действующих на грузоподъемное оборудование рыбопромыслового судна нагрузок со стороны траловой системы.

### Методы и материалы (Methods and Materials)

В основе принципов формирования действующих расчетных нагрузок может находиться классификация по следующим признакам [13]:

1. *По критериям нагрузок:*

- группа I — ограничение долговечности элементов оборудования;
- группа II — нарушение работоспособности;
- группа III — нарушение нормальной эксплуатации.

2. *По частоте появления:*

- регулярные;
- нерегулярные;
- исключительные;
- особые.

К регулярным нагрузкам относятся все нагрузки, имеющие место при штатной работе грузоподъемного оборудования в нормальных гидрометеорологических условиях. Однако для палубного оборудования рыбопромыслового судна при расчете таких нагрузок учитываются изменения параметров тросовой и грузовой части, а также гидродинамического сопротивления всей траловой системы. Нерегулярные нагрузки описываются аналогично регулярным, но с учетом переменных гидрометеорологических условий. Исключительные и особые нагрузки возникают при авариях, испытаниях, транспортировке оборудования, его монтаже / демонтаже.

<sup>1</sup> ГОСТ 32579–2013. Межгосударственный стандарт. Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Введ. 2015-06-01. М.: Стандартинформ, 2015.

<sup>2</sup> Российский морской регистр судоходства. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов (в 4 т). Т. 4. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2016. 337 с.

<sup>3</sup> Российский морской регистр судоходства. Правила по грузоподъемным устройствам морских судов. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2016. 79 с.

3. По комбинации эксплуатационных нагрузок их можно условно разделить на группы А, Б и В с делением на подгруппы, описывающие все режимы работы оборудования или его состояния с учетом указанных в пп. 1 и 2 видов классификации.

Рассмотрим связь тягового усилия рыболовной лебедки с параметрами движения траловой системы. В задачах управления движения траловой системы вытравленный ваер целесообразно рассматривать как нить переменной длины, а весь траловый комплекс можно представить в виде плоской одноаерной схематизации (рис. 1), в состав которой входят: грузоподъемное устройства (в виде материальной точки  $A$ ), ваер (в виде гибкой весомой нити  $AD$ ), распорная доска (в виде материальной точки  $D$ ), кабель (в виде стержня  $DT$ ) и трал (в виде материальной точки  $T$ ). На схеме условно обозначены:  $R_B$  и  $P_B$ ,  $R_D$  и  $P_D$ ,  $R_T$  и  $P_T$  — сила гидродинамического сопротивления и приведенный вес ваера, распорной доски и трала соответственно. Под действием всех представленных сил данная механическая система находится в равновесном положении и принимает определенную конфигурацию.

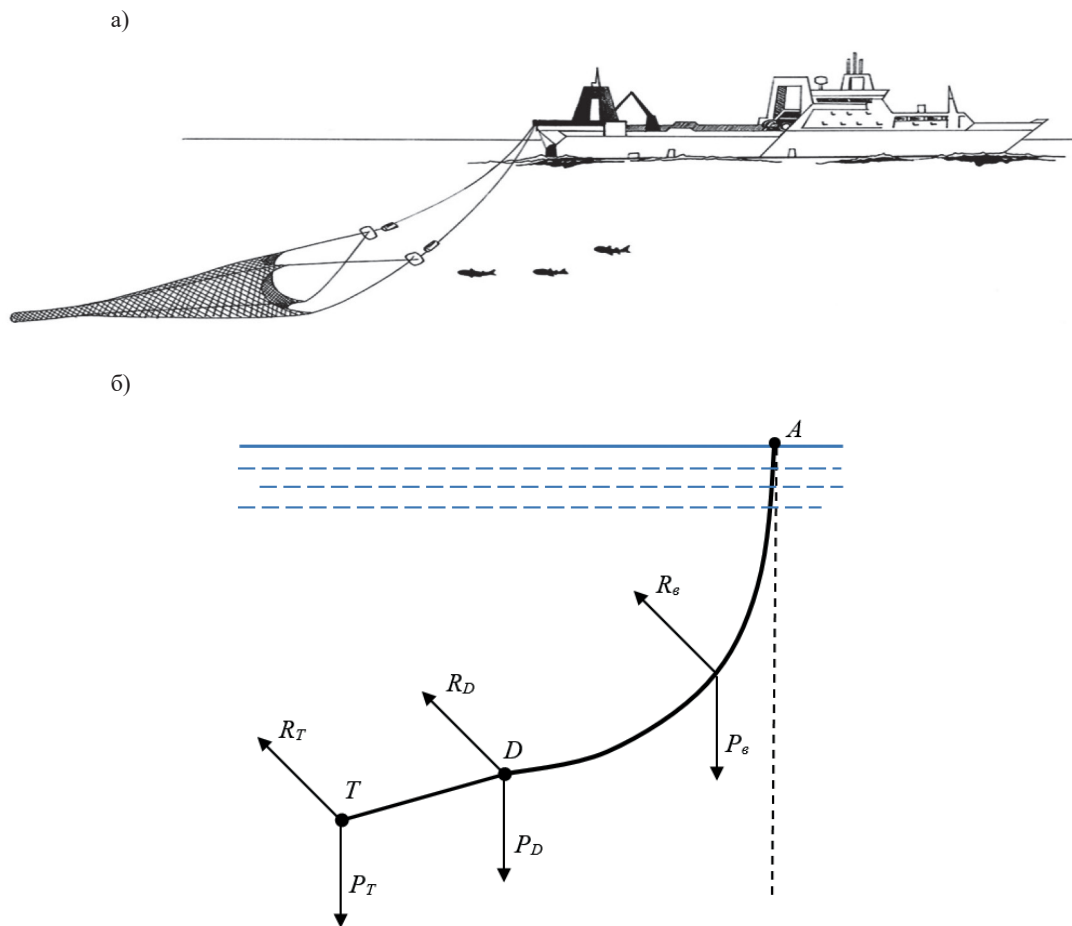


Рис. 1. Траловый комплекс (а) и его плоская одноаерная схематизация (б)

При изменении скорости хода судна, длины вытравленных ваеров, система: судно – грузоподъемное устройство – грузовая система совершает нестационарное движение. В этом случае переменными будут являться: расстояние между точками подвеса ваера, длина ваера, его форма, гидродинамическое сопротивление. Возникающие при этом нестационарные нагрузки оказывают негативное влияние на работоспособность и надежность привода грузоподъемного оборудования. Тогда описание тросовой части системы гибкой нерастяжимой нитью становится практически нецелесообразным и возникает необходимость создания другой модели. Для создания такой модели такой модели предложена замена гибкой нити стержнем, имеющим такую же длину, как и ваер, и шарнирно закрепленным в точке  $D$  с кабелем  $DT$  (рис. 2) [14]. Однако математическая модель по-

добного стержня не даст достаточно точного описания динамики движения ваера. Поэтому для моделирования такой системы заменим гибкую нить стержневой системой с  $n$  звеньями (рис. 3).

Будем считать, что точка подвеса ваеров  $A$  находится в кормовой оконечности судна. Представим гибкую нить  $AD$  длиной  $L$  в виде системы стержней  $AD_1, \dots, D_{i-1}D_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ), в которой звенья шарнирно соединены между собой (см. рис. 2). Пусть стержни являются однородными, имеют одинаковую длину  $2l$  и один вес  $P = 2ql$ , где  $q$  — масса единицы длины стержня. Рассмотрим движение системы стержней в вертикальной плоскости около равновесного положения  $Ay$ , где первый стержень  $AD_1$  совершает малые колебания вокруг оси  $A$ , а все последующие стержни — вокруг шарниров  $D_i$ . Полагаем, что все связи голономные, идеальные и стационарные, а силы, действующие на точки системы, — потенциальные.

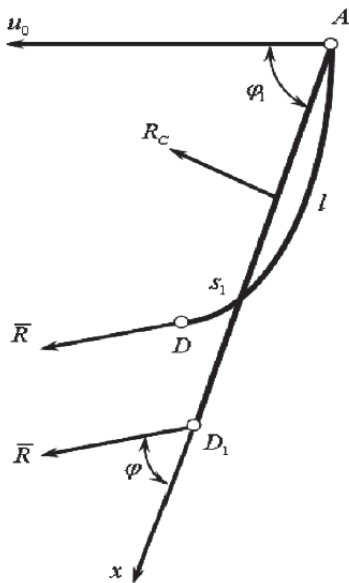


Рис. 2. Стержневая модель ваера

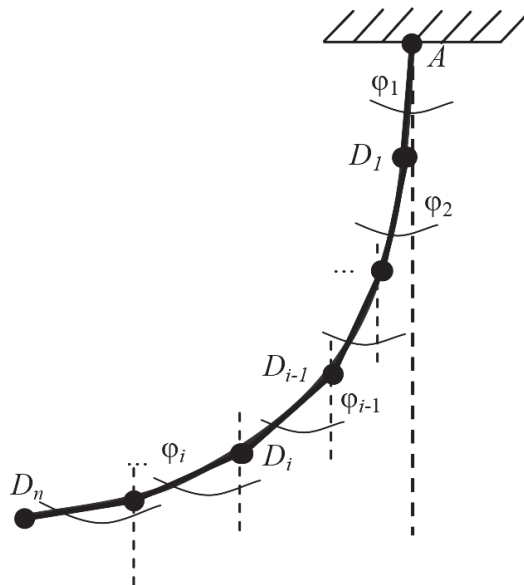


Рис. 3. Гибкая нить в виде стержневой системы

Рассматриваемая система имеет  $n$  степеней свободы. За обобщенные координаты примем углы отклонения стержней от вертикали  $\varphi_i$ , которые в положении устойчивого равновесия полагаются по  $Ay$  и имеют нулевое значение. Согласно принципу Даламбера, во время движения приложенные в качестве внешних обобщенные силы инерции вместе с упругими восстанавливающими силами удовлетворяют условиям равновесия. Поэтому уравнения Лагранжа для малых колебаний, которые также являются условиями равновесия, можно записать следующим образом:

$$\left[ -\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_i} \right) \right] + \left[ -\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_i} \right] = 0, \quad (i = \overline{1, n}). \quad (1)$$

В данном случае кинетическая энергия системы равна сумме кинетических энергий каждого стержня. Так, кинетическая энергия стержня  $AD_1$ , вращающегося вокруг оси  $A$ , будет

$$K_1 = \frac{1}{2} I_A \dot{\varphi}_1^2 = \frac{2}{3} P l^2 \dot{\varphi}_1^2, \quad (2)$$

где  $I_A$  — момент инерции стержня  $AD_1$  относительно оси  $A$ .

Для остальных стержней  $D_{i-1}D_i$ , шарнирно соединенных между собой, кинетическая энергия равна сумме кинетической энергии центра инерции стержня  $C_i$ , в котором сосредоточена вся его масса и кинетической энергии в относительном перемещении его вокруг центра инерции:

$$K_i = \frac{P}{2g} (\dot{x}_{C_i}^2 + \dot{y}_{C_i}^2) + \frac{1}{2} I_{C_i} \dot{\varphi}_i^2, \quad (3)$$

где  $I_{C_i}$  — момент инерции стержня  $D_{i-1} D_i$  относительно центра  $C_i$ ,  $I_{C_i} = \frac{P l^2}{g 3}$ ;

$x_{C_i}$  и  $y_{C_i}$  — координаты середины  $i$ -го стержня  $C_i$ .

Приведенные ранее координаты определяются в соответствии со следующими выражениями:

$$x_{C_i} = l(2\sin \varphi_{i-1} + \sin \varphi_i); \quad (4)$$

$$y_{C_i} = l(2\cos \varphi_{i-1} + \cos \varphi_i) \quad (i = \overline{1, n}). \quad (5)$$

Учитывая, что система совершает малые колебания, то в разложении  $\cos(\varphi_1 - \varphi_2)$  можно ограничиться только одним членом и  $\cos(\varphi_1 - \varphi_2) \approx 1$ . Тогда после преобразований получим зависимость для кинетической энергии для  $i$ -го стержня:

$$K_i = \frac{Pl^2}{2g} \left[ (2\dot{\varphi}_{i-1} + \dot{\varphi}_i)^2 + \frac{1}{3} \dot{\varphi}_i^2 \right]. \quad (6)$$

В результате суммарная кинетическая энергия всей стержневой системы

$$K = \frac{2P}{3g} l^2 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{Pl^2}{2g} \sum_{i=1}^n \left[ (2\dot{\varphi}_{i-1} + \dot{\varphi}_i)^2 + \frac{1}{3} \dot{\varphi}_i^2 \right]. \quad (7)$$

Потенциальная энергия определяется работой весов при перемещении системы из текущего положения в вертикальное положение равновесия. Так, потенциальная энергия для  $i$ -го стержня и всей стержневой системы, соответственно, определяется в виде:

$$\Pi_i = Pl \left[ 2(1 - \cos \varphi_{i-1}) + (1 - \cos \varphi_i) \right]; \quad (8)$$

$$\Pi = Pl \sum_{i=1}^n \left[ i^2 - (2i - (2i - 1)\cos \varphi_i) \right]. \quad (9)$$

После разложения в ряд Тейлора по степеням  $\varphi$ , начиная со второго члена относительно  $\varphi_i$ , получим

$$\Pi = Pl \sum_{i=1}^n \frac{9 - 2i}{2} \varphi_i^2. \quad (10)$$

Уравнения колебаний запишем в обратной форме:

$$\frac{9 - 2i}{2} \varphi_i = \frac{l}{g} \left[ -\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial}{\partial \dot{\varphi}_i} \left\{ \frac{2}{3} \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left[ (2\dot{\varphi}_{i-1} + \dot{\varphi}_i)^2 + \frac{1}{3} \dot{\varphi}_i^2 \right] \right\} \right) \right]. \quad (11)$$

### Результаты (Results)

Для примера исследования будем вести для стержневой системы, состоящей из двух-четырёх стержней. Решение подобного рода систем следует находить, исходя из предположения о том, что стержневая система совершает одно из главных колебаний, которые можно записать в виде

$$\varphi_i = \lambda_i \sin(pt + \varepsilon), \quad (12)$$

где  $\lambda_i$  — угловые амплитуды колебаний;  $p$  — собственные частоты колебаний.

Собственные частоты и амплитуды, количество которых соответствует числу степеней свободы исследуемой стержневой системы, получим из вековых уравнений. Графически малые колебания системы можно представить в виде соответствующих собственных форм. Так, для двухстержневой системы уравнение колебаний и вековое уравнение, соответственно, запишем в виде:

$$\begin{cases} 3\varphi_1 = -\frac{16l}{3g}\ddot{\varphi}_1 - 2\frac{l}{g}\ddot{\varphi}_2; \\ \varphi_2 = -2\frac{l}{g}\ddot{\varphi}_1 - \frac{4l}{3g}\ddot{\varphi}_2; \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{vmatrix} \frac{16l}{9g} - \frac{1}{p^2} & \frac{2l}{g\sqrt{3}} \\ \frac{2l}{g\sqrt{3}} & \frac{4l}{3g} - \frac{1}{p^2} \end{vmatrix} = 0. \quad (14)$$

Результаты расчета для двух-, трех- и четырехзвенной системы стержней представлены в следующей таблице:

**Характеристики колебаний стержневой системы**

Собственные частоты	Отношения угловых амплитуд	Собственные формы колебаний
$n = 2$		
$p_1 = 0,61\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{11} : \varphi_{12} = 2 : 2,73$	
$p_2 = 1,62\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{21} : \varphi_{22} = 2 : -4,2$	
$n = 3$		
$p_1 = 2,33\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{11} : \varphi_{12} : \varphi_{13} = 0,45 : 0,6 : 0,67$	
$p_2 = 0,46\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{21} : \varphi_{22} : \varphi_{23} = 0,33 : -0,02 : -0,95$	
$p_3 = 1,24\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{31} : \varphi_{32} : \varphi_{33} = 0,35 : -0,7 : 0,63$	
$n = 4$		
$p_1 = 0,9\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{11} : \varphi_{12} : \varphi_{13} : \varphi_{14} = 0,32 : 0,4 : 0,5 : 0,7$	
$p_2 = 1,5\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{21} : \varphi_{22} : \varphi_{23} : \varphi_{24} = 0,2 : 0,15 : -0,07 : -1$	
$p_3 = 0,42\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{31} : \varphi_{32} : \varphi_{33} : \varphi_{34} = 0,4 : -0,02 : -0,8 : 0,5$	
$p_4 = 2,9\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\varphi_{41} : \varphi_{42} : \varphi_{43} : \varphi_{44} = 0,4 : -0,7 : 0,5 : -0,2$	

Таким образом, полученные собственные формы колебаний неплохо описывают динамику движения гибкой нити. Поэтому такой принцип ее моделирования путем замены стержневой системой может применяться при исследовании подобного рода элементов грузоподъемных устройств. Добавляя к данной системе стержень, заменяющий кабель  $DT$ , и учитывая трал  $T$ , аналогичным образом можно получить уравнения движения всей траловой системы, и, соответственно, рассчитать необходимую мощность, подводимую на барабан ваерной лебедки.

### Заключение (Conclusion)

При моделировании любого механического устройства по возможности необходима детализация при схематизации для более точного отражения исследуемого объекта. Однако это зачастую приводит к исследованию механической системы с большим числом элементов и степеней свободы. Несмотря на то, что целесообразность представления гибкого троса стержневой системой, несомненно, является существенной, тем не менее следует ограничить количество звеньев системы и при этом моделировать объект с приемлемой точностью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Те А. М. Эксплуатация судовых вспомогательных механизмов, систем и устройств / А. М. Те. — Л., 2014. — 86 с.
2. Башуров Б. П. Функциональная надежность и контроль технического состояния судовых вспомогательных механизмов: учебное пособие / Б. П. Башуров, А. Н. Скиба, В. С. Чебанов. — Новороссийск: МГА имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, 2009. — 192 с.
3. Ivanovskaya A. V. Simulation of drive of mechanisms, working in specific conditions / A. V. Ivanovskaya, A. T. Rybak // Journal of Physics: Conference Series. — IOP Publishing, 2018. — Vol. 1015. — Is. 3. — Pp. 032054. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032054.
4. Ivanovskaya A. Development of complex mathematical model of hydraulic drive, sensitive to the loading variations / A. Ivanovskaya, V. Popov, E. Bogatyreva, S. Bidenko // Vibroengineering Procedia. — 2019. — Vol. 25. — Pp. 171–176. DOI: 10.21595/vp.2019.20797.
5. Kim Y. H. The simulation of the geometry of a tuna purse seine under current and drift of purse seiner / Y. H. Kim, M. C. Park // Ocean engineering. — 2009. — Vol. 36. — Is. 14. — Pp. 1080–1088. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2009.06.011.
6. Bi C. W. Experimental investigation of the reduction in flow velocity downstream from a fishing net / C. W. Bi, Y. P. Zhao, G. H. Dong, T. J. Xu, F. K. Gui // Aquacultural engineering. — 2013. — Vol. 57. — Pp. 71–81. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2013.08.002.
7. Бурлакова Н. Н. Проектирование палубного оборудования рыбопромысловых судов с использованием виртуальных тренажеров / Н. Н. Бурлакова, Д. Б. Бурлаков, Ю. В. Еремин // Вестник Дальневосточного государственного технического университета. — 2011. — № 1 (6). — С. 153–160.
8. Антипов В. В. Математическое обеспечение и аппаратная реализация задач управления комплексом «рыбопромысловое судно–орудия лова» / В. В. Антипов, В. Ю. Бобрович, В. К. Болховитинов, А. А. Болисов // Морской вестник. — 2011. — № 4 (40). — С. 45–49.
9. Нино В. П. Диагностика технических средств на рыбопромысловых судах в процессе их эксплуатации / В. П. Нино // Рыбное хозяйство. — 2014. — № 4. — С. 113–115.
10. Carral J. Fishing grounds' influence on trawler winch design / J. Carral, L. Carral, M. Lamas, M. J. Rodríguez // Ocean Engineering. — 2015. — Vol. 102. — Pp. 136–145. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.055.
11. Ханычев В. В. Информационно-аналитическое обеспечение процессов импортозамещения и локализации судового комплектующего оборудования / В. В. Ханычев, Д. О. Стоянов, Ш. Г. Петросян // Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. — 2019. — № 2 (19). — С. 10–15.
12. Ханычев В. Российский рынок судового оборудования: конъюнктура, перспективы развития и нормативно-правовое регулирование отрасли / В. Ханычев, Д. Стоянов // Морское оборудование и технологии. — 2019. — № 3 (20). — С. 12–17.



13. Ивановская А. В. Классификация эксплуатационных нагрузок на палубные грузоподъемные устройства / А. В. Ивановская // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. — 2020. — № 1. — С. 80–87.

14. Ивановская А. В. Формализация динамики механической системы «судно-ваер-трал» в переходном режиме / А. В. Ивановская // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 2 (30). — С. 106–112. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-2-106-112.

## REFERENCES

1. Te, A. M. *Ekspluatatsiya sudovykh vspomogatel'nykh mekhanizmov, sistem i ustroystv*. L., 2014.
2. Bashurov, B. P., A. N. Skiba, and V.S. Chebanov. *Funktsional'naya nadezhnost' i kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya sudovykh vspomogatel'nykh mekhanizmov: uchebnoe posobie*. Novorossiisk: MGA imeni admirala F. F. Ushakova, 2009.
3. Ivanovskaya, A. V., and A.T. Rybak. “Simulation of drive of mechanisms, working in specific conditions.” *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1015. No. 3. IOP Publishing, 2018. 032054. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032054.
4. Ivanovskaya, Alexandra, Vladimir Popov, Elena Bogatyreva, and Sergey Bidenko. “Development of complex mathematical model of hydraulic drive, sensitive to the loading variations.” *Vibroengineering PROCEDIA* 25 (2019): 171–176. DOI: 10.21595/vp.2019.20797.
5. Kim, Yong-Hae, and Myeong-Chul Park. “The simulation of the geometry of a tuna purse seine under current and drift of purse seiner.” *Ocean engineering* 36.14 (2009): 1080–1088. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2009.06.011.
6. Bi, Chun-Wei, Yun-Peng Zhao, Guo-Hai Dong, Tiao-Jian Xu, and Fu-Kun Gui. “Experimental investigation of the reduction in flow velocity downstream from a fishing net.” *Aquacultural engineering* 57 (2013): 71–81. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2013.08.002.
7. Burlakova, Natalya N., Dmitry B. Burlakov, and Yry V. Yeregin. “Design deck equipment of fishing vessels using the virtual simulation.” *Vestnik Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* 1(6) (2011): 153–160.
8. Antipov, V. V., V. Yu. Bobrovich, V.K. Bolkhovitinov, and A. A. Bolisov. “Matematicheskoe obespechenie i apparatnaya realizatsiya zadach upravleniya kompleksom «rybopromyslovoe sudno-orudiya lova».” *Morskoi vestnik* 4(40) (2011): 45–49.
9. Nino, V.P. “Diagnostics of fishery vessels' technical facilities during exploitation.” *Rybnoe khozyaistvo* 4 (2014): 113–115.
10. Carral, Juan, Luis Carral, Miguel Lamas, and M Jesús Rodríguez. “Fishing grounds' influence on trawler winch design.” *Ocean Engineering* 102 (2015): 136–145. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.055.
11. Khanychev, V. V., D. O. Stoyanov, and Sh.G. Petrosyan. “Informatsionno-analiticheskoe obespechenie protsessov importozameshcheniya i lokalizatsii sudovogo komplektuyushchego oborudovaniya.” *Problemy razvitiya korabel'nogo vooruzheniya i sudovogo radioelektronного oborudovaniya* 2(19) (2019): 10–15.
12. Khanychev, V., and D. Stoyanov. “Rossiiskii rynek sudovogo oborudovaniya: kon'yunktura, perspektivy razvitiya i normativno-pravovoe regulirovanie otrasli.” *Morskoe oborudovanie i tekhnologii* 3(20) (2019): 12–17.
13. Ivanovskaya, Alexandra Vitalievna. “Classification of operational loads on deck lifting devices.” *Bulletin of the Kerch State Marine Technological University* 1 (2020): 80–87.
14. Ivanovskaya, A. V. “Formalization of dynamics mechanical system a “ship-dragrope-trawl” in transient condition.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2(30) (2015): 106–112. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-2-106-112.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ивановская Александра Витальевна** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» 298309, Российская Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 e-mail: [invkerch@yandex.ru](mailto:invkerch@yandex.ru)

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ivanovskaya, Aleksandra V.** — PhD, associate professor Kerch State Maritime Technological University 82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309, Russian Federation e-mail: [invkerch@yandex.ru](mailto:invkerch@yandex.ru)

**Жуков Владимир Анатольевич** —  
доктор технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени  
адмирала С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
ул. Двинская, 5/7  
e-mail: [va\\_zhukov@rambler.ru](mailto:va_zhukov@rambler.ru),  
[zhukovva@gumrf.ru](mailto:zhukovva@gumrf.ru)

**Zhukov, Vladimir A.** —  
Dr. of Technical Sciences, associate professor  
Admiral Makarov State University of Maritime  
and Inland Shipping,  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,  
Russian Federation  
e-mail: [va\\_zhukov@rambler.ru](mailto:va_zhukov@rambler.ru),  
[zhukovva@gumrf.ru](mailto:zhukovva@gumrf.ru)

*Статья поступила в редакцию 24 сентября 2020 г.  
Received: September 24, 2020.*