
**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И
ГИДРОГРАФИЯ/OPERATION OF WATER TRANSPORT, WATERWAYS AND HYDROGRAPHY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.17> EDN: AWEHCV**ЭВРИСТИЧЕСКИЕ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ЯКОРЯ В
СИБИРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

Научная статья

Сичкарёв В.И.^{1,*}, Черенович А.С.², Палагушкин Б.В.³¹ORCID : 0000-0002-6618-2404;^{1,2,3} Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (svny89[at]mail.ru)

Предложена: 24.07.2026; Принята: 21.08.2026; Опубликовано: 17.09.2026

Аннотация

В статье дан обзор выполненных эвристических, конструкторских и исследовательских работ по созданию нового направления использования волновой энергии гидродинамическими якорями в интересах повышения безопасности спасательных средств и эффективности поисково-спасательных операций в концепции удержания спасательных средств вблизи места гибели судна. Гидродинамическими якорями названы устройства, использующие орбитальное волновое перемещение спасательного средства (шлюпки, плота) для создания гидродинамических сил, направление которых отличается от направления сил сопротивления. Представлены условия работы гидродинамического якоря, допускающие возможность применения свойств крыла для создания необходимого направления гидродинамических сил в части периода орбитального движения плота, названного рабочим ходом. Эвристические усилия направлены на создание крылового профиля гидродинамическому якорю из различных материалов: мягкой оболочки (гидропарус), металлического листа (жёсткое крыло), мягкооболочечной ленты (ленточное крыло). Каждое эвристическое решение доведено до конструкторского решения и испытано по разработанной технологии с оценкой качества по разработанным критериям. Из различных разработанных вариантов гидродинамических якорей выделены наиболее эффективные, на которые получены патенты РФ на изобретения.

Ключевые слова: орбитальная скорость волнения, орбитальная скорость плота, натяжение троса, гидродинамический якорь, скорость дрейфа плота.

**EURESTIC AND EXPERIMENTAL DESIGN DEVELOPMENTS OF A HYDRODYNAMIC ANCHOR IN SIBERIAN
STATE UNIVERSITY OF WATER TRANSPORT**

Research article

Sichkaryov V.I.^{1,*}, Cherenovich A.S.², Palagushkin B.V.³¹ORCID : 0000-0002-6618-2404;^{1,2,3} Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russian Federation

* Corresponding author (svny89[at]mail.ru)

Suggested: 24.07.2026; Accepted: 21.08.2026; Published: 17.09.2026

Abstract

The article provides an overview of the heuristic, design, and research work carried out to create a new direction for using wave energy with hydrodynamic anchors to improve the safety of rescue vessels and the effectiveness of search and rescue operations in the concept of keeping rescue vessels close to the site of a shipwreck. Hydrodynamic anchors are devices that use the orbital wave movement of a rescue vessel (such as a boat or raft) to create hydrodynamic forces that are different from the direction of the resistance forces. The conditions of operation of the hydrodynamic anchor are presented, which allow the use of the wing properties to create the necessary direction of the hydrodynamic forces during the period of the raft's orbital motion, which is referred to as the working stroke. The heuristic efforts are aimed at creating a wing profile for the hydrodynamic anchor using various materials, such as a soft shell (hydro-sail), a metal sheet (rigid wing), or a soft-shell tape (ribbon wing). Each heuristic solution has been developed into a design and tested using the developed technology, with quality assessment based on the developed criteria. Among the various developed versions of hydrodynamic anchors, the most effective ones have been selected and patented in the Russian Federation.

Keywords: orbital speed of the waves, orbital speed of the raft, tension of the cable, hydrodynamic anchor, drift speed of the raft.

Введение

История разработки гидродинамических якорей началась после гибели теплохода «Синегорье» в октябре 2006 года, когда в средствах массовой информации начали появляться рассказы от 11 спасённых моряков о ходе спасательных действий. В одном из рассказов упоминалось, что на глазах у спасателей спасательный плот был опрокинут накатившейся крутой волной и больше его не смогли обнаружить. Таким образом, очевидцами был подтверждён факт опрокидывания надувного спасательного плота, ранее предполагавшийся, но не фиксированный в реальных штормовых условиях.

Драматизм ситуации напомнил одному из соавторов статьи, прежде занимавшемуся техническими вопросами извлечения волновой энергии океана, об имевшихся разработках по стабилизации корпуса волновой энергетической установки, [1, Табл. 15]. Тогда было разработано средство для глубоководной стабилизации, когда невозможно воспользоваться грунтовой якорной системой, [2]. Суть изобретения состояла в том, что к сетке заглубляемого на тросе каркаса стабилизатора прикреплены вдоль своих средних линий плотную друг к другу прямоугольные пластины (лепестки) из мягкого материала. При набегании гребня волны плавающий объект натягивал трос со стабилизатором; лепестки из мягкого материала прижимались к сетке стабилизатора, образуя сплошное покрытие днища каркаса; гидродинамическое сопротивление стабилизатора становилось максимальным. При опускании плавающего объекта во впадину волны натяжение троса ослабевало; под собственным весом каркас начинал погружаться; лепестки из мягкого материала потоком воды симметрично поднимались относительно крепления вдоль средней линии; гидродинамическое сопротивление погружению каркаса становилось минимальным; стабилизатор опускался на исходную глубину. В момент смены фазы погружения на рабочую фазу естественная жёсткость мягкого материала лепестков возвращала их в исходное расправленное состояние.

Первоначально работы проводились в рамках студенческих исследований. Изготовленное устройство по типу [2] исследовано в лабораторных условиях и показало хорошие результаты как на подъёме, так и на опускании [3]. Впоследствии изготовленная модель использована в натурном сопоставительном эксперименте по дрейфу двух спасательных плотов ПСН-10 на Новосибирском водохранилище с убедительным превосходством над плавучим якорем парашютного типа [4].

Модель этого типа названа якорем присоединённой массы (ЯПМ).

Дальнейшие интенсивные работы в этом направлении в соответствии с идеологией ТРИЗ [5], [6], [7], привели к пониманию, что ЯПМ способны эффективно сопротивляться опрокидыванию спасательного плота, но если изменить направление гидродинамических сил на стабилизаторе, то он может также оказывать сопротивление дрейфу спасательного плота. Самым эффективным техническим средством изменения направления гидродинамических сил является крыло, помещённое в поток жидкости. В нашей задаче поток жидкости на стабилизаторе возникает вследствие колебательного перемещения плота на волнении. Таким образом, сформировалась техническая задача: использовать ту энергию волны, которая опасна для опрокидывания плота, не только для предотвращения опрокидывания, но и для снижения скорости ветрового дрейфа плота. Конструкторского готового решения такой задачи не обнаружено, поэтому поставленная задача должна быть решена параллельным применением эвристических (в том числе изобретательских) методов и конструкторской их проработкой с соответствующей опытной экспресс-проверкой действенности решений и их эффективности. Так начался этап поиска и отбора лучших технических решений для снижения скорости дрейфа плотов и предотвращения их опрокидывания. Созданные средства уже нельзя назвать якорями присоединённой массы, поэтому мы дали им название гидродинамических якорей (ГДЯ). Всего было доведено до приемлемого технического решения три типа ГДЯ: гидропарусные, крыльевые, ленточные.

Развиваемый этап создания технических решений для снижения скорости дрейфа плотов способствует решению задач современной концепции поисково-спасательных операций, основанной на высокой вероятности передачи аварийным судном координат места бедствия средствами глобальной морской системы связи по безопасности и бедствию (ГМССБ). В этой концепции выигрышной стратегией для спасательных средств становится пребывание вблизи места гибели судна, координаты которого известны спасательно-координационному центру.

Цель этой статьи — дать информацию о выполненных эвристических, конструкторских и исследовательских работах в СГУВТ по созданию нового направления использования волновой энергии гидродинамическими якорями в интересах повышения безопасности спасательных средств и эффективности поисково-спасательных операций в концепции удержания спасательных средств вблизи места гибели судна, понимая, что ценность представленной информации заключается в стимулировании изобретательской активности по поиску новых технических решений в обозначенном направлении.

Методы и материалы

Априори было понятно, что использование волновых колебаний плота приведёт к колебательному процессу ГДЯ в толще воды, участвующей в волновом колебательном процессе. Для получения некоторой относительной скорости ГДЯ в колеблющейся водной массе ГДЯ должен быть помещён на такую глубину и в такую пространственную точку по линии движения волны, в которой орбитальная фазовая скорость водной массы значительно отличается от орбитальной фазовой скорости плота. Исходно также можно предположить, что в силу небольшого размера плота и его большого запаса плавучести, его орбитальная скорость примерно соответствует орбитальной скорости воды в местоположении плота. Разнесения фазовых скоростей местоположений ГДЯ и плота можно добиться длиной троса подвески ГДЯ: в начальном положении, когда ГДЯ находится на одной продольной координате с плотом, разностная скорость обтекания ГДЯ формируется за счёт экспоненциального уменьшения орбитальной скорости водной массы с глубиной; в произвольном рабочем положении разностная скорость дополнительно увеличивается и благодаря пространственному разнесению продольных координат ГДЯ и плота. Поэтому длина троса подвески ГДЯ имеет важное значение.

Второе важное ограничение: в колебательном процессе ГДЯ, подвешенном на гибком тросе, энергия волны может передаваться через натяжение троса только в течение части периода колебания, когда плот натягивает трос, поднимаясь от подошвы до гребня волны (назовём эту часть периода «рабочий ход»); во второй части периода, когда плот опускается с гребня до подошвы волны, трос сжимающих усилий не передаёт и ГДЯ предоставлен самому себе, погружаясь под действием собственного веса (назовём эту часть периода «холостой ход»). Поскольку собственный вес ГДЯ существенно меньше сил плавучести плота, не следует ожидать от холостого хода значимого воздействия на плот.

Следовательно, в колебательном процессе ГДЯ следует различать эти две части периода и в каждой части периода должна достигаться особая целевая функция ГДЯ. На рабочем ходу должна быть достигнута максимальная гидродинамическая сила с лучшим направлением вектора; на холостом ходу важна минимальная потеря достигнутого качества.

Предварительные исследования моделей ГДЯ в техническом бассейне показали необходимость разработки простейших, но показательных визуальных критериев для сравнения различных моделей и параметров их установки. Составлен следующий подход к опытной проверке моделей:

- все модели должны испытываться в единообразных условиях, при которых основным действующим фактором должен быть вертикальный подъём точки крепления троса, соответствующий подъёму плота от подошвы до вершины волны за полупериод волны;

- в качестве примера орбитального движения плота в бассейновых экспериментах может быть взят набор параметров — высота волны h и период волны τ для волнения с максимальной режимной обеспеченностью в умеренных зонах в Мировом океане [8]: $h = 1 - 2$ м, $\tau = 4 - 6$ с;

- для первичного отбора эффективных вариантов моделей и параметров их установки использован гак кран-балки, на который навешен удерживаемый рукой у края бассейна одношківный блок, через который проведён трос ГДЯ, свободной рукой оператора оттягиваемый назад на величину хода руки (около 150 см) за время 2–4 с, рис. 1.

В рамках этого подхода сформулированы следующие критерии эффективности типа модели и установочных параметров её испытаний:

- на рабочем ходу формируется большое натяжение троса; первоначально определяется по ощущениям, а если результат перспективен — то механическим динамометром;

- на рабочем ходу возникает большой уход ГДЯ навстречу выбранному направлению ориентировки ГДЯ, имитирующему направление навстречу ветру (ГДЯ уходит на ветер); определяется углом отклонения троса γ за рабочий ход относительно вертикального положения троса в начальный момент;

- на холостом ходу оценивается время и характер возврата ГДЯ в исходное положение; хорошая работа характеризуется незначительной потерей угла отклонения троса γ и высокой скоростью опускания ГДЯ при возврате оттягиваемого рукой троса в исходное положение;

- на холостом ходу удержание корпусом ГДЯ пространственного положения, близкого к рабочему.



Рисунок 1 - Первичные испытания моделей ГДЯ в техническом бассейне с использованием блока на гаке шкентеля кран-балки и с ручной имитацией вертикального перемещения плота

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.17.1>

2.1. Работа с гидропарусными ГДЯ

Мягкооболочечные материалы надувных спасательных плотов в соответствии с принципом ТРИЗ согласованности всех элементов системы [5], требуют предпочтительного использования мягких оболочек и для вспомогательных элементов системы плота. ГДЯ с мягкооболочечным рабочим органом — гидропарусные ГДЯ — предпочтительный тип для надувных спасательных плотов.

Исследования начинались с базовой модели, содержащей квадратную металлическую раму, гидропарус, систему шкотов, систему подвеса.

Квадратная металлическая рама размерами 600х600 выполнена из стальных оцинкованных полос размерами 600х40х1, соединённых по плоскости в углах квадрата. Для обеспечения жёсткости и сопротивления боковому движению рамы в модификациях этой модели на боковые стороны рамы установлены перпендикулярно плоскости рамы металлические пластины размерами 400х40х1 (нормальные пластины).

Гидропарус размерами 500х330 выполнен из ткани с поливинилхлоридным покрытием, закреплённый по верхней кромке на верхней стороне рамы накладкой из металлической полосы. В нижнюю шкаторину гидропаруса для обеспечения её жёсткости вшита латунная полоса размерами 500х10х1. Гидропарус имеет свободу перемещения относительно закреплённой кромки в плоскости, перпендикулярной плоскости рамы.

Шкотовая система гидропаруса выполнена из шнура, закреплённого на нижней стороне рамы и продёрнутого через люверсы в нижней шкаторине гидропаруса. Шкотовая система позволяет регулировать длину шкотов, обеспечивая тем самым различные углы атаки гидропаруса относительно плоскости рамы, рис 2, модель справа.



Рисунок 2 - Разработанные и испытанные модели гидропарусных ГДЯ

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.17.2>

Испытания этой модели подтвердили, что гидропарус на рабочем ходу развивает весьма значительные гидродинамические нагрузки; при удачно подобранном системой подвеса начальном угле атаки эффективно уходит на ветер. Но условия работы гидропаруса на холостом ходу для достижения нужных критериев эффективности должны быть иными, чем на рабочем ходу, для чего гидропарусу должны быть обеспечены разные углы атаки. При фиксированной длине шкотов на рабочем и холостом ходу подбором начального угла атаки эта проблема не решается. Понадобилось изготовить другую модель гидропарусного ГДЯ с обеспечением разных углов атаки гидропаруса за счёт крепления угловых шкотов на ползунах, рис. 3; рис.2, модель слева.

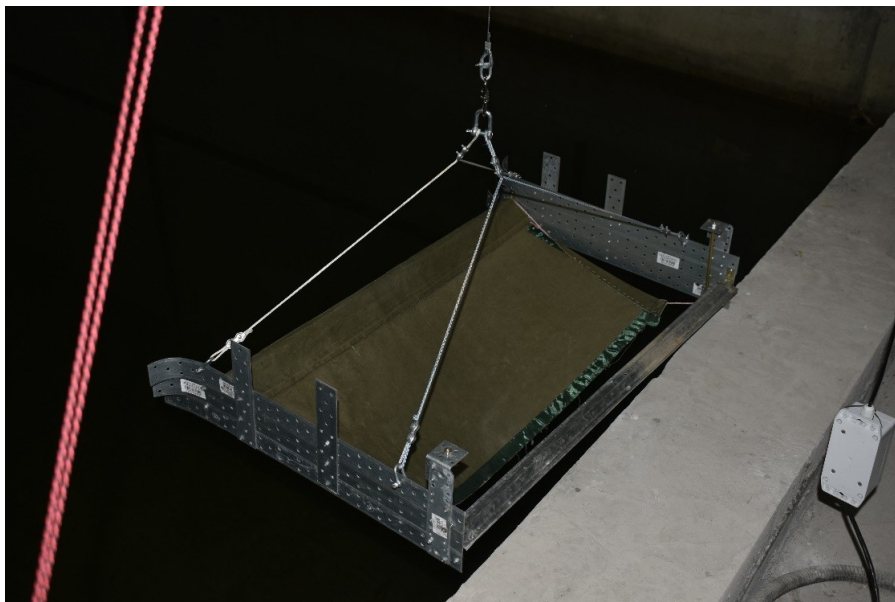


Рисунок 3 - Модель гидропарусного ГДЯ с переменным углом атаки гидропаруса за счёт крепления шкотов на ползунах с несимметричным расположением относительно плоскости рамы

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.17.3>

На этой модели удалось добиться удовлетворительной скорости погружения с сохранением пространственного положения корпуса ГДЯ. Гидропарусный ГДЯ со шкотами задней шкаторины на подвижных ползунах принят как перспективный вариант. Однако, переменный угол атаки по хорде гидропаруса в различных его сечениях по размаху крыла, влияющий на общую эффективность ГДЯ, привёл в дальнейших доработках к выводу, что для повышения эффективности ГДЯ необходимо вводить поперечную лату по задней шкаторине гидропаруса и распространять оптимальное значение углов атаки на всю охватываемую латой протяжённость задней шкаторины.

Модель с продольными и поперечными латами представлена на рис. 4; на рис.2 модель посередине.



Рисунок 4 - Общий вид гидропарусной модели с продольными и поперечными латами

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.17.4>

Два гидропаруса этой модели имеют одинаковые размеры, вписывающиеся в габаритные размеры ГДЯ 0,15x0,50x0,80 м, исходя из размеров контейнера плота ПСН-6М. Ограничители поворота крыльев вниз установлены снизу рамы ГДЯ, ограничителями поворота вверх служат элементы подвески. Текстильные латы вставлены в латкарманы вдоль боковых шкаторин и вдоль задней шкаторины каждого гидропаруса.

Испытания показали, что при сравнительно небольшой массе, этот ГДЯ развивает довольно значительную гидродинамическую силу, хорошо восходит на ветер при подъёме и опускается вниз с сохранением работоспособного положения.

При смене фазы подъёма на фазу опускания, пока гидропаруса остаются в нижнем положении, наблюдается частичное планирование назад и вниз вдоль плоскости гидропарусов, но с началом поворота гидропарусов траектория движения ГДЯ сменяется на поступательную вперёд и вниз.

2.2. Работа с крыльевыми ГДЯ

Поскольку проблема снижения скорости дрейфа плавсредства возникает не только при использовании мягкооболочечных спасательных плотов, но и у маломерных твёрдотельных судов (шлюпок, ботов), вариант конструкций ГДЯ с мягкооболочечными гидропарусами для них не представляется актуальным.

Для этого случая с учётом результатов исследования гидропарусных ГДЯ обращено внимание на конструкции с жёсткими крыльями, аналогичными по форме гидропарусу в рабочем процессе. Изготовление и испытания простейших конструкций с жёсткими крыльями показало их высокую эффективность на рабочем ходу и высокую управляемость в погружении на холостом ходу. При этом достаточно легко обеспечивается необходимая площадь крыла.

Крылья в этом типе ГДЯ изготовлены из гнутой по профилю крыла листовой нержавеющей стали толщиной 0,25 мм. Ограничителем поворота крыльев служит поперечная связь в виде прутка между боковыми киями ГДЯ.

На испытаниях с небольшой скоростью подъёма ГДЯ со значительным натяжением троса идёт вперёд, на ветер, до угла отклонения троса около 50°. При опускании погружается с достаточно большой скоростью и также с продвижением вперёд, на ветер.

Учитывая, что размеры контейнеров спасательных плотов ограничены, длина крыла ГДЯ не может превышать цилиндрической вставки контейнера. Следовательно, площадь крыла в ГДЯ может увеличиваться за счёт увеличения хорды крыла. Однако из теории крыла известно, что гидродинамическое качество крыла уменьшается с уменьшением его относительного удлинения. Кроме того, с увеличением хорды крыла увеличивается и гидродинамический люфт при смене холостого хода на рабочий.

Разрешение этого технического противоречия привело к новому решению устройства крыльевого ГДЯ, рис. 5.

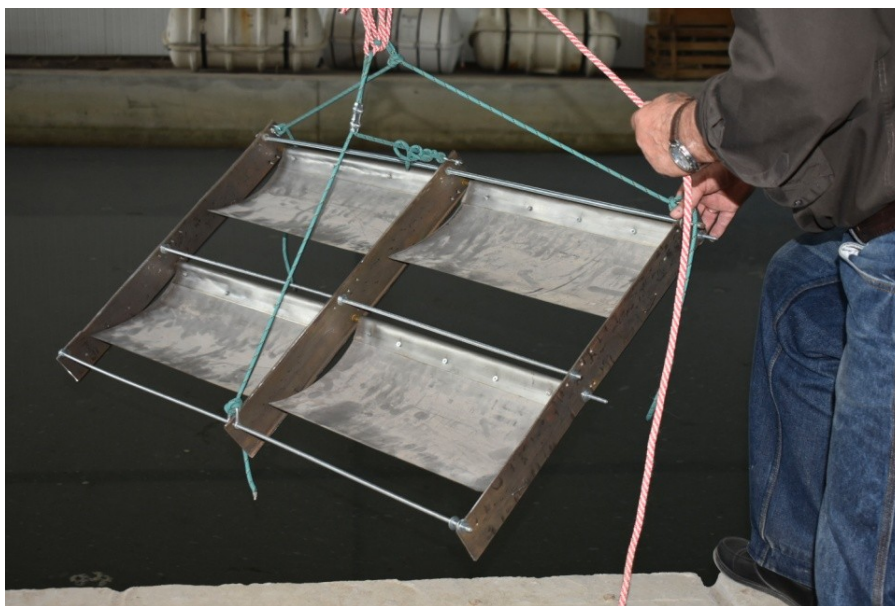


Рисунок 5 - Сохранение площади крыльев с одновременным увеличением их относительного удлинения
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.17.5>

Новая разработанная и изготовленная модель крыльевого ГДЯ (КГДЯ) содержит три кия, между которыми установлены два ряда жёстких крыльев. Система подвеса КГДЯ ориентирована на центральный киль со вспомогательными оттяжками на боковые кили для разгрузки поперечных связей ГДЯ.

Бассейновые испытания этой модели показали устойчивую работу как в режиме подъёма, так и в режиме погружения.

При погружении рама разворачивается вокруг поперечной горизонтальной оси, приближаясь к вертикальному положению. Крылья поворачиваются до верхних ограничителей. Якорь с достаточно большой скоростью погружается и при этом идёт вперёд, на ветер.

При подъёме крылья возвращаются в рабочее положение, упираясь в нижние ограничители. Рама из почти вертикального положения приобретает движение вверх и вперёд, на ветер. Тянущее горизонтальное усилие на тросе весьма велико.

Конструкция обладает хорошей настраиваемостью на различные углы атаки рамы относительно якорного троса. Угол атаки рамы обеспечивает перераспределение обобщённой гидродинамической силы ГДЯ между её горизонтальной и вертикальной составляющими, что становится важным свойством в аспекте эффективности ГДЯ как средства снижения скорости дрейфа плота.

Достигнутый впечатляющий результат подвигнул на дальнейшее усовершенствование конструкции КГДЯ в направлении снижения гидродинамического люфта (следовательно, и приспособленности к работе на меньшем волнении) и в направлении сбалансированности гидродинамических сил по пространству КГДЯ. Крылья выполнены в пространственной трёхмерной форме, что повышает их гидродинамическое качество, жёсткость формы, а также смещает ось поворота крыла по хорде. Смещение оси поворота крыльев по длине хорды сбалансировано относительно центра гидродинамических сил (ЦГС). Ограничители поворота крыльев также расположены вблизи ЦГС, рис. 6.



Рисунок 6 - Модернизированный трёхкилевой крыльевой ГДЯ
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.17.6>

Смещение оси поворота по хорде крыла, во-первых, уменьшает гидродинамический люфт, а во-вторых, снижает потребный вращающий момент для разворота крыла при переходе от фазы рабочего хода к фазе холостого хода.

2.3. Работа с ленточными ГДЯ

Стремление к достаточно эффективной работе ГДЯ на небольшом волнении встречает техническое противоречие в виде гидродинамического люфта, который пропорционален хорде крыла. Уменьшение хорды в жёстких крыльях и в гидропарусах неминуемо приводит к усложнению конструкции. В то же время мягкооболочечные системы не обеспечивают нужной крыльевой формы рабочего элемента ГДЯ. Эвристическими методами выход найден в использовании мягкооболочечных лент, уложенных вплотную друг к другу на сетную поверхность, закреплённую на жёсткой раме. Фактически сформированная таким образом поверхность выполняет функцию крыла.

Одновременно такое решение в наибольшей степени устраняет техническое противоречие, потому что, сохраняя крыло как фактор получения значительных гидродинамических усилий, практически устраняет гидродинамический люфт благодаря узкой (в направлении хорды крыла) полоске ленты.

В описанном конструктивном варианте изготовлены и испытаны модели большого и малого ленточных ГДЯ.

В ленточных ГДЯ гидродинамическая сила создаётся на всей его опорной (сеточной) поверхности, поэтому важно, чтобы вся эта поверхность в фазе активной работы была равномерно укрыта ленточными полосами (можно с небольшим перекрытием, но не с промежутками), рис. 7.

При этом конструкторская проработка должна учитывать изгибную жёсткость матерчатых лент в соотношении с размерами ячеек сеточной основы: жёсткость лент должна быть достаточной для недопущения продавливания ленточного материала в ячейку во избежание потери гладкости формы крыла или, наоборот, размер ячеек сетки должен соответствовать свойствам ленты.

Полезно предусмотреть выгиб опорной поверхности по форме подсасывающей поверхности профиля крыла, а в технологическом плане усовершенствовать способ подшивки лент к опорной сеточной поверхности.



Рисунок 7 - Большой и малый ленточные ГДЯ
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.17.7>

Для исследований изготовлены два ГДЯ. Каркас ГДЯ выполнен в виде рамок: малая, с размерами 400х600 мм; большая, с дополнительным закрылком, размеры габаритные 600х800, в том числе основная часть 400х800 и закрылок 200х800.

В результате испытаний и доработок удалось получить работоспособное устройство, важную функцию в котором выполняет отогнутый закрылок.

На большом ленточном ГДЯ с площадью крыловой части 0,24 м² при достигнутых наилучших установочных параметрах угла атаки закрылка до значения 30° при погружении якорь уходит значительно вперёд навстречу ветру; натяжение троса на рабочем ходу заметно увеличивается. Угол восхождения троса доходит до значений 30° – 40°.

На малом ленточном ГДЯ площадью 0,144 м² получены следующие результаты. При угле отгиба закрылка 30° эффективность работы якоря резко возрастает. Регулировкой начального угла атаки удастся достичь угла восхождения троса до значения примерно 60°. Усилие на тросе при подъёме составляет около 5 кг. При погружении якорь значительно уходит вперёд.

Обнаружен следующий эффект траектории погружения — в начале подъёма рамка возвращается назад, по ветру, по серповидной траектории, и только потом начинает работать вперёд.

Обсуждение

Выполнение физических экспериментов с моделями в судостроении обычно подразумевает использование моделей уменьшенного размера по сравнению с натурным объектом. В этом случае важным условием становится соблюдение некоторых критериев подобия для обеспечения возможности пересчёта количественных результатов испытаний моделей на натурный объект. При испытаниях разрабатываемых ГДЯ за характерный размер принята площадь расправленного плавучего якоря спасательного плота ПСН-6, составляющая около 0,4 м². Все испытываемые модели ГДЯ подведены приблизительно к такой же рабочей площади. Соответственно этой площади устанавливались размеры рабочих элементов — гидропаруса, крыльев, суммарной поверхности ленточных ГДЯ. Название «модель» в этом случае применяется к испытываемому объекту не в плане геометрического масштабирования, а в плане соответствия натурному объекту только по основным отрабатываемым параметрам. Поэтому критерии подобия при испытании таких моделей удовлетворяются автоматически, если испытания проходят с имитацией реальных параметров высоты и периода волнения.

Разработка новых технических средств представляет интерес тогда, когда по исследуемому параметру они превосходят существующие аналоги. Между тем, проведённые патентные исследования и анализ научных публикаций по мировым базам данных не дал положительного результата по наличию разработок технических средств снижения скорости дрейфа спасательных средств за счёт использования волновой энергии. Отсутствие аналогов от других разработчиков позволяет сравнивать между собой только различные варианты описанных ГДЯ.

Количественные гидродинамические характеристики ленточных и крыльевых ГДЯ получены экспериментальным путём тремя различными способами: компьютерным моделированием (только для одиночного крыла при различных углах атаки); протяжкой в прямом опытовом бассейне с различными скоростями орбитального движения, характерными для реального волнения с соответствующими значениями высоты и периода; испытанием на специально разработанном стенде, имитирующем нестационарное орбитальное движение плота на волнении. По результатам исследований подготовлено и опубликовано несколько статей [13], [18], [23], [27], что позволяет в рамках предлагаемой статьи ограничиться ссылками на указанные источники.

Результаты

Проведённые эвристические, конструкторские и опытовые исследования с гидропарусными ГДЯ показали, что с учётом полученных в опытах результатов устройство имеет хорошие перспективы в качестве гидродинамического якоря для плотов. На гидропарусные ГДЯ получен патент РФ [9].

Разработка конструкции крыльевых ГДЯ выявила важные достоинства этого типа ГДЯ по величине создаваемой гидродинамической силы, по значительной эффективности в направлении вектора гидродинамической силы для противодействия ветровому дрейфу. По указанным свойствам она имеет хорошие перспективы в качестве гидродинамического якоря для спасательных шлюпок, а также для отдельной категории судов рыбопромыслового флота, для краболовных ботов. На крылевой ГДЯ получен патент на изобретение РФ [10].

Однако, КГДЯ имеет и недостатки. Он достаточно массивен, что имеет как положительное свойство, так и отрицательное, а также сохраняет гидродинамический люфт, который не может быть сведён к нулю по причине ненулевого значения хорды крыла.

Положительное свойство массивности КГДЯ обеспечивает ему достаточно большую скорость погружения, что особенно полезно при больших орбитальных скоростях элементарных водных масс на значительном волнении. Это полезно для тяжёлых спасательных средств (маломерных судов, шлюпок, плотов большой вместимости). В то же время массивность КГДЯ усложняет работу с ним в ограниченном пространстве маломерных судов, вплоть до необходимости иметь специальные устройства для его установки и демонтажа.

Работа с ленточными ГДЯ показывают достаточно хорошую эффективность на подъёме; они обладают малой массой, имеют незначительный гидродинамический люфт, на подъёме и погружении используют свойства закрылка. На ленточный якорь также получены патенты на изобретение РФ [11], [12].

Все созданные ГДЯ в процессе работы располагаются на некоторой глубине и на некотором удалении от плота на линии действия ветра, что обеспечивает им не совпадающие с плотом орбитальные скорости водной массы. Наличие вертикальной составляющей натяжения троса в месте его крепления на плоту всегда обеспечивает противодействие опрокидыванию плота волной.

Заключение

Таким образом, выполненные исследования изобретённых и сконструированных в СГУВТ ГДЯ показали их возможность создавать дополнительные горизонтальные и вертикальные силы, передаваемые тросом подвески ГДЯ на плот и способствующие как предотвращению опрокидывания плота, так и снижению скорости его дрейфа. Рассмотрение хода исследовательских работ определяет некоторые перспективные направления эвристических изысканий, которые ещё могут вылиться в достаточно простые и совершенные рабочие конструкции. Исследования показали, что конструктивными мерами — созданием ГДЯ — удаётся направление вектора гидродинамической реакции изменить так, что можно добиться и сопротивления опрокидыванию, и снижения скорости дрейфа спасательных средств для повышения эффективности поисково-спасательных операций в современной концепции удержания спасательных средств вблизи места гибели судна.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Сичкарев В.И. Волновые энергетические станции в океане / В.И. Сичкарев, В.А. Акулиничев. — Москва: Наука, 1989. — 132 с.
2. Авторское свидетельство СССР. Волновая установка / Сичкарев В.И., Захаркова М.Г. — № 1642056; заявл. 20.02.1989.
3. Сичкарев В.И. Кинематические и динамические исследования стабилизатора спасательного плота / В.И. Сичкарев, А.А. Сухих // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2017. — № 3–4. — С. 36–45.
4. Сичкарев В.И. Экспериментальная проверка эффективности уменьшения дрейфа спасательных плотов якорем присоединенной массы / В.И. Сичкарев, И.А. Иванов, В.В. Кузьмин [и др.] // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2019. — № 56–57. — С. 19–25.
5. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. — Новосибирск: Наука, 1986. — 209 с.
6. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. — Москва: Машиностроение, 1988. — 368 с.
7. Меерович М.И. Технология творческого мышления / М.И. Меерович, Л.И. Шрагина. — Минск: Харвест; Москва: АСТ, 2000. — 432 с.
8. Давидан И.Н. Регистр СССР. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные / И.Н. Давидан, Л.И. Лопатухин, В.А. Рожков. — Ленинград: Транспорт, 1974. — 360 с.
9. Пат. № 2785310 Российская Федерация. Гидродинамический якорь / Сичкарев В.И., Черенович А.С. — заявл. 25.01.2022.

10. Пат. № 2751044 Российская Федерация. Гидродинамический якорь / Сичкарев В.И., Черенович А.С., Кузьмин В.В. — заявл. 29.09.2020.
11. Пат. № 2743456 Российская Федерация. Стабилизатор позиционирования плавающего объекта / Сичкарев В.И., Кузьмин В.В. // Патент на изобретение РФ — заявл. 01.06.2020.
12. Пат. № 2792851 Российская Федерация. Гидродинамический якорь / Сичкарев В.И., Черенович А.С., Титов С.В., Коновалов В.В., Розов И.В. — заявл. 19.12.2022.
13. Сичкарев В.И. Компьютерное моделирование работы крыла гидродинамического якоря / В.И. Сичкарев, А.Н. Хохряков, Ю.С. Покалюхин [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2022. — № 1. — С. 20–28.
14. Сичкарев В.И. Уравнение движения гидродинамического якоря в активной части периода / В.И. Сичкарев, А.Н. Хохряков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2022. — № 2. — С. 18–22.
15. Сичкарев В.И. Проведение натурного сопоставительного эксперимента с гидродинамическими якорями спасательных плотов на Новосибирском водохранилище / В.И. Сичкарев, С.В. Титов, В.В. Коновалов [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2022. — № 3. — С. 28–39.
16. Sichkarev V. Preliminary studies of the life-saving vehicle positioning stabilizer / V. Sichkarev, V. Kuzmin, A. Cherenovich [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2022. — Vol. 402 LNNS. — P. 1168–1175.
17. Сичкарев В.И. Гидродинамика крылевого гидродинамического якоря в физическом эксперименте в прямом опытовом бассейне / В.И. Сичкарев, С.В. Титов, В.В. Коновалов [и др.] // Транспортное дело России. — 2023. — № 6. — С. 282–286.
18. Сичкарев В.И. Гидродинамические характеристики крылевого гидродинамического якоря в численном и физическом экспериментах и их аппроксимация / В.И. Сичкарев, А.Н. Хохряков // Транспортное дело России. — 2024. — № 1 (170). — С. 170–175.
19. Сичкарев В.И. Идентификация углов атаки гидродинамического якоря в сопоставлении численного и физического эксперимента / В.И. Сичкарев, О.В. Рослякова, А.Н. Хохряков // Научные проблемы водного транспорта. — 2024. — № 81 (4). — С. 202–213. — DOI: 10.37890/jwt.vi81.548.
20. Сичкарев В.И. Аппроксимация экспериментальных коэффициентов гидродинамических сил крылевого гидродинамического якоря / В.И. Сичкарев, С.В. Титов, В.В. Коновалов [и др.] // Вестник Астраханского гос. технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2024. — № 81. — С. 202–213.
21. Сичкарев В.И. Испытания гидродинамических якорей на стендах, воспроизводящих движение плота на волнении / В.И. Сичкарев, С.В. Титов, В.В. Коновалов [и др.] // Транспортное дело России. — 2025. — № 2 (179). — С. 174–177.
22. Сичкарев В.И. Сравнительное испытание раскрытия дрейфового парашюта спасательных плотов и парашюта с принудительным раскрытием / В.И. Сичкарев, О.В. Рослякова, В.Н. Кофеев // Транспортное дело России. — 2025. — № 2 (179). — С. 184–187.
23. Рослякова О.В. Предварительная обработка результатов испытаний малого ленточного гидродинамического якоря / О.В. Рослякова, В.Н. Кофеев, А.С. Черенович // Вестник ГУМРФ. — 2026. — Т. 18. — № 1. — С. 18–25.
24. Сичкарев В.И. Предварительная обработка результатов испытаний крылевого гидродинамического якоря / В.И. Сичкарев, А.С. Черенович, В.Н. Кофеев [и др.] // Транспортное дело России. — 2025. — № 7. — С. 205–211.
25. Сичкарев В.И. Исследование ленточного гидродинамического якоря в прямом опытовом бассейне / В.И. Сичкарев, С.В. Титов, В.В. Коновалов [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2026. — № 1. — С. 43–50.
26. Сичкарев В.И. Испытание гидродинамического якоря на стенде с шаговым двигателем: доклад / В.И. Сичкарев, В.Н. Кофеев, О.В. Рослякова // Международный научно-промышленный форум. Транспорт. Горизонты развития. — Нижний Новгород, 2025.
27. Сичкарев В.И. Моделирование работы гидродинамического якоря на стенде с кривошипом: доклад / В.И. Сичкарев, О.В. Рослякова, В.Н. Кофеев // Международный научно-промышленный форум. Транспорт. Горизонты развития. — Нижний Новгород, 2025.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sichkarev V.I. Volnovie energeticheskie stantsii v okeane [Wave power plants in the ocean] / V.I. Sichkarev, V.A. Akulichev. — Moscow: Nauka, 1989. — 132 p. [in Russian]
2. Copyright certificate of the USSR. Volnovaya ustanovka [Wave installation] / Sichkarev V.I., Zakharkova M.G. — № 1642056; appl. 20.02.1989. [in Russian]
3. Sichkarev V.I. Kinematicheskie i dinamicheskie issledovaniya stabilizatora spasatel'nogo plotov [Kinematic and dynamic studies of the stabilizer of a life raft] / V.I. Sichkarev, A.A. Sukhikh // Nauchnye problemi transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka [Scientific Problems of Transport in Siberia and the Far East]. — 2017. — № 3–4. — P. 36–45. [in Russian]
4. Sichkarev V.I. Eksperimental'naya proverka effektivnosti umensheniya dreifa spasatel'nykh plotov yakorem prisoedinennoi massi [Experimental verification of the effectiveness of reducing the drift of rescue rafts by an anchor of attached mass] / V.I. Sichkarev, I.A. Ivanov, V.V. Kuzmin [et al.] // Nauchno-tehnicheskii sbornik Rossiiskogo morskogo registra sudokhodstva [Scientific and Technical Collection of the Russian Maritime Register of Shipping]. — 2019. — № 56–57. — P. 19–25. [in Russian]
5. Altshuller G.S. Naiti ideyu. Vvedenie v teoriyu resheniya izobretatelskikh zadach [Find an Idea. Introduction to the Theory of Solving Inventive Problems] / G.S. Altshuller. — Novosibirsk: Nauka, 1986. — 209 p. [in Russian]

6. Polovinkin A.I. Osnovi inzhenernogo tvorchestva [Fundamentals of Engineering Creativity] / A.I. Polovinkin. — Moscow: Mashinostroyeniye, 1988. — 368 p. [in Russian]
7. Meerovich M.I. Tekhnologiya tvorcheskogo mishleniya [Technology of creative thinking] / M.I. Meerovich, L.I. Shragina. — Minsk: Harvest; Moscow: AST, 2000. — 432 p. [in Russian]
8. Davidan I.N. Registr SSSR. Veter i volni v okeanakh i moryakh. Spravochnie dannie [Register of the USSR. Wind and waves in the oceans and seas. Reference data] / I.N. Davidan, L.I. Lopatukhin, V.A. Rozhkov. — Leningrad: Transport, 1974. — 360 p. [in Russian]
9. Pat. № 2785310 Russian Federation. Gidrodinamicheskii yakor [Hydrodynamic anchor] / Sichkarev V.I., Cherenovich A.S. — appl. 25.01.2022. [in Russian]
10. Pat. № 2751044 Russian Federation. Gidrodinamicheskii yakor [Hydrodynamic anchor] / Sichkarev V.I., Cherenovich A.S., Kuzmin V.V. — appl. 29.09.2020. [in Russian]
11. Pat. № 2743456 Russian Federation. Stabilizator pozitsionirovaniya plavayushchego obekta [Stabilizer positioning floating object] / Sichkarev V.I., Kuzmin V.V. // Russian Federation Patent for an Invention — appl. 01.06.2020. [in Russian]
12. Pat. № 2792851 Russian Federation. Gidrodinamicheskii yakor [Hydrodynamic anchor] / Sichkarev V.I., Cherenovich A.S., Titov S.V., Konovalov V.V., Rozov I.V. — appl. 19.12.2022. [in Russian]
13. Sichkaryov V.I. Kompyuternoe modelirovanie raboti krila gidrodinamicheskogo yakorya [Computer modeling of the hydrodynamic anchor wing] / V.I. Sichkaryov, A.N. Khokhryakov, Yu.S. Pokalyukhin [et al.] // Nauchnie problemi transporta Sibiri i Dalnego Vostoka [Scientific problems of transport in Siberia and the Far East]. — 2022. — № 1. — P. 20–28. [in Russian]
14. Sichkaryov V.I. Uravnenie dvizheniya gidrodinamicheskogo yakorya v aktivnoi chasti perioda [Equation of motion of the hydrodynamic anchor in the active part of the period] / V.I. Sichkaryov, A.N. Khokhryakov // Nauchnie problemi transporta Sibiri i Dalnego Vostoka [Scientific Problems of Transport in Siberia and the Far East]. — 2022. — № 2. — P. 18–22. [in Russian]
15. Sichkaryov V.I. Provedenie naturnogo sopostavitelnogo eksperimenta s gidrodinamicheskimi yakoryami spasatelnykh plotov na Novosibirskom vodokhranilishche [Conducting a full—scale comparative experiment with hydrodynamic anchors of life rafts at the Novosibirsk reservoir] / V.I. Sichkaryov, S.V. Titov, V.V. Konovalov [et al.] // Nauchnie problemi transporta Sibiri i Dalnego Vostoka [Scientific Problems of Transport in Siberia and the Far East]. — 2022. — № 3. — P. 28–39. [in Russian]
16. Sichkarev V. Preliminary studies of the life-saving vehicle positioning stabilizer / V. Sichkarev, V. Kuzmin, A. Cherenovich [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2022. — Vol. 402 LNNS. — P. 1168–1175.
17. Sichkaryov V.I. Gidrodinamika krilevogo gidrodinamicheskogo yakorya v fizicheskom eksperimente v pryamom opitovom basseine [Hydrodynamics of a wing hydrodynamic armature in a physical experiment in a direct experimental pool] / V.I. Sichkaryov, S.V. Titov, V.V. Konovalov [et al.] // Transportnoe delo Rossii [Transport Gelo of Russia]. — 2023. — № 6. — P. 282–286. [in Russian]
18. Sichkaryov V.I. Gidrodinamicheskie kharakteristiki krilevogo gidrodinamicheskogo yakorya v chislennom i fizicheskom eksperimentakh i ikh approksimatsiya [Hydrodynamic characteristics of a wing hydrodynamic armature in numerical and physical experiments and their approximation] / V.I. Sichkaryov, A.N. Khokhryakov // Transportnoe delo Rossii [Transport business of Russia]. — 2024. — № 1 (170). — P. 170–175. [in Russian]
19. Sichkaryov V.I. Identifikatsiya uglov ataki gidrodinamicheskogo yakorya v sopostavlenii chislenno i fizicheskogo eksperimenta [Identification of the angles of attack of a hydrodynamic armature in comparison of numerical and physical experiment] / V.I. Sichkaryov, O.V. Roslyakova, A.N. Khokhryakov // Nauchnie problemi vodnogo transporta [Scientific Problems of Water Transport]. — 2024. — № 81 (4). — P. 202–213. — DOI: 10.37890/jwt.vi81.548. [in Russian]
20. Sichkaryov V.I. Approksimatsiya eksperimentalnykh koeffitsientov gidrodinamicheskikh sil krilevogo gidrodinamicheskogo yakorya [Approximation of experimental coefficients of hydrodynamic forces of a wing hydrodynamic armature] / V.I. Sichkaryov, S.V. Titov, V.V. Konovalov [et al.] // Vestnik Astrakhanskogo gos. tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology]. — 2024. — № 81. — P. 202–213. [in Russian]
21. Sichkaryov V.I. Ispitaniya gidrodinamicheskikh yakorei na stendakh, vosproizvodyashchikh dvizhenie plota na volnenii [Tests of hydrodynamic anchors on stands reproducing the movement of a raft on waves] / V.I. Sichkaryov, S.V. Titov, V.V. Konovalov [et al.] // Transportnoe delo Rossii [Transport business of Russia]. — 2025. — № 2 (179). — P. 174–177. [in Russian]
22. Sichkaryov V.I. Sravnitelnoe ispitaniye raskritiya dreifovogo parashyuta spasatelnykh plotov i parashyuta s prinuditel'nym raskrivom [Comparative test of the opening of a drift parachute of life rafts and a parachute with forced opening] / V.I. Sichkaryov, O.V. Roslyakova, V.N. Kofeev // Transportnoe delo Rossii [Transport business of Russia]. — 2025. — № 2 (179). — P. 184–187. [in Russian]
23. Roslyakova O.V. Predvaritel'naya obrabotka rezultatov ispitaniy malogo lentochnogo gidrodinamicheskogo yakorya [Preliminary processing of test results of a small belt hydrodynamic anchor] / O.V. Roslyakova, V.N. Kofeev, A.S. Cherenovich // Vestnik GUMRF [Bulletin of the GUMRF]. — 2026. — Vol. 18. — № 1. — P. 18–25. [in Russian]
24. Sichkaryov V.I. Predvaritel'naya obrabotka rezultatov ispitaniy krilevogo gidrodinamicheskogo yakorya [Preliminary processing of the test results of the wing hydrodynamic armature] / V.I. Sichkaryov, A.S. Cherenovich, V.N. Kofeev [et al.] // Transportnoe delo Rossii [Transport The Case of Russia]. — 2025. — № 7. — P. 205–211. [in Russian]
25. Sichkaryov V.I. Issledovanie lentochnogo gidrodinamicheskogo yakorya v pryamom opitovom basseine [Research of a belt hydrodynamic anchor in a direct experimental pool] / V.I. Sichkaryov, S.V. Titov, V.V. Konovalov [et al.] // Nauchnie problemi transporta Sibiri i Dalnego Vostoka [Scientific Problems of Transport in Siberia and the Far East]. — 2026. — № 1. — P. 43–50. [in Russian]



26. Sichkaryov V.I. Ispitanie gidrodinamicheskogo yakorya na stende s shagovim dvigatelem: доклад [Testing of a hydrodynamic anchor on a stand with a stepper motor: a report] / V.I. Sichkaryov, V.N. Kofeev, O.V. Roslyakova // Mezhdunarodnii nauchno-promishlennii forum. Transport. Gorizonti razvitiya [International Scientific and Industrial Forum. Transport. Horizons of Development]. — Nizhny Novgorod, 2025. [in Russian]

27. Sichkaryov V.I. Modelirovanie raboti gidrodinamicheskogo yakorya na stende s krivoshipom: доклад [Modeling the operation of a hydrodynamic anchor on a crank stand: report] / V.I. Sichkaryov, O.V. Roslyakova, V.N. Kofeev // Mezhdunarodnii nauchno-promishlennii forum. Transport. Gorizonti razvitiya [International Scientific and Industrial Forum. Transport. Development Horizons]. — Nizhny Novgorod, 2025. [in Russian]