НАУЧНЫЕ РАБОТЫ / SCIENCE WORKS

42 СГУВТ
А.М. Барановский, Ю.И. Ришко, М.А. Федосеева. **О виброизоляции на судах**

45 СГУВТ
В.М. Бунеев, М.В. Седунова. **Научные подходы к обоснованию системы организации «северного завоза»**

47 СГУВТ
Б.В. Палагушкин, Ю.В. Демин, Е.Г. Алаев, А.Б. Палагушкин, А.Ю. Кузнецов, Д.Н. Плотников, Л.В. Садовская. **Оценка наведенных импульсных помех во вторичных цепях тяговых подстанций при различных режимах первичной цепи**

49 ВГУВТ
И.С. Сухарев. **Оценка состояния причальных сооружений эстакадного типа с помощью инструментария теории надежности**

52 ВГУВТ
В.Л. Этин, В.П. Лобастов, Е.Н. Поселенов, А.В. Валяев. **О принципе автоматизации спасательной операции при скоротечной аварии судна**

55 ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова
Л.А Павлова, С.С. Соколов, А.В. Башмаков. **Особенности создания и анализа моделей обработки грузов в рефрижераторных контейнерах**

57 МГАВТ
Е.С. Якубович. **Комплексная модель процессов функционирования судна река–море плавания**

58 МГАВТ
О.В. Бирюкова. **Анализ причин аварийности на канале имени Москвы**

59 ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова
В.М. Приходько, И.В. Приходько. **Особенности технико-экономического анализа судовых электроэнергетических систем с мощными преобразовательными устройствами**

62 АННОТАЦИИ

63 ANNOTATIONS

УЧРЕЖДЕНИЕ: Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ)

ТЕМА: О виброизоляции на судах

АВТОРЫ: А.М. БАРАНОВСКИЙ, профессор, д.т.н., зав. кафедрой теоретической и прикладной механики; Ю.И. РИШКО, доцент, к.т.н., зав. кафедрой сопротивления материалов и подъемно-транспортных машин; М.А. ФЕДОСЕЕВА, доцент кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования

Основным фактором, сдерживающим повышение эффективности упругих подвесок главного двигателя (ГД) судна, является низкая податливость муфт, расположенных между дизелем и гребным винтом (ГВ).

Если ГД подвешен «мягко», согласно требованиям теории виброизоляции, то возникает проблема сопряжения машины с валом ГВ. При этом по правилам Российского Речного Регистра (РРР) валопровод двигателя должен содержать эластичную муфту даже при установке на жесткие опоры (типа АКСС или ДПН).

Обычно данных традиционных методов крепления недостаточно для существенного уменьшения вибрации в судовых помещениях. Необходимо снижать жесткость опор минимум в 10 раз. Такое значение жесткости [1] характерно для подвесок бортовых электростанций, где собственные частоты не превышают 1-3 Гц.

На флоте, спроектированном более 60 лет назад, энергетическая установка включала малооборотный 6-цилиндровый дизель с малой скоростью рабочего процесса. Подобные системы не сильно отличались от паровых машин, применение которых позволяло создавать комфортные условия обитания экипажа и пассажиров. Проблема обострилась за последние 30 лет, когда в качестве ГД стали использовать многоцилиндровые высокооборотные дизели со средним наддувом. По частоте и вибрации такие агрегаты серьезно превосходят бортовые электростанции, а эффективность их подвесок в десятки раз ниже.

Методы расчета уравновешенности современных двигателей не учитывают существенный рост моментов сил инерции шатунов [2]. Признанный большинством инженеров принцип предполагает разделение шатуна на 2 точечные массы, расположенные на шатунной шейке и поршневом пальце; момент инерции шатуна игнорируется из-за его малого значения.

Динамику шатуна на фоне других сил определим с помощью аналога его угловой скорости:

$$\omega_2(\varphi)=\frac{l_1\cdot\cos(\varphi)}{\sqrt{l_2^2-l_1^2\cdot\sin(\varphi)^2}}\ . \quad (1)$$

где φ – угол поворота кривошипа от верхней «мертвой точки».

Первая производная угловой скорости по углу поворота кривошипа равна аналогу углового ускорения (УУ):

$$\varepsilon_1(\varphi)=\frac{-l_1\cdot\sin(\varphi)}{\left(l_2^2-l_1^2\cdot\sin(\varphi)^2\right)^{1/2}}+\frac{l_1^3\cdot\cos(\varphi)^2\cdot\sin(\varphi)}{\left(l_2^2-l_1^2\cdot\sin(\varphi)^2\right)^{3/2}}. \quad (2)$$

Для других шатунов ускорение будем искать, добавляя угол между коленами вала.

Как видно из диаграмм аналогов (в зависимости от угла поворота кривошипа для 3 шатунов) и суммарного графика, представленных на рис. 1, остаточное ускорение характеризуется большим значением.

Остаточный момент (в 6-цилиндровой машине – около 10%) нельзя считать малым, однако в судовых двигателях старого типа его можно не учитывать, поскольку он имеет порядок вспышек и «маскируется» крутящим моментом от рабочего процесса. В новых быстроходных дизелях момент сил инерции шатунов возрастает как квадрат скорости вращения, а момент рабочего процесса остается прежним и уже не «маскирует» момент от шатунов.

Проведем оценку вибрации агрегата, обусловленную действием моментов сил инерции шатуна. Полученные безразмерные величины моментов сил инерции будем использовать для определения колебаний опорных поверхностей двигателя.

По закону сохранения момента количества движения, остов дизеля совершает встречное (по отношению к массам шатунов) движение; оно тем меньше, чем меньше моменты инерции подвижных звеньев (по отношению к моментам инерции остова).

Зададим отношение моментов инерции шатуна и остова дизеля следующим образом:

$$0{,}0005<\frac{I_{S2}}{I_e}<0{,}002\ . \quad (3)$$

УУ остова получается при умножении аналога УУ на радиус криво-

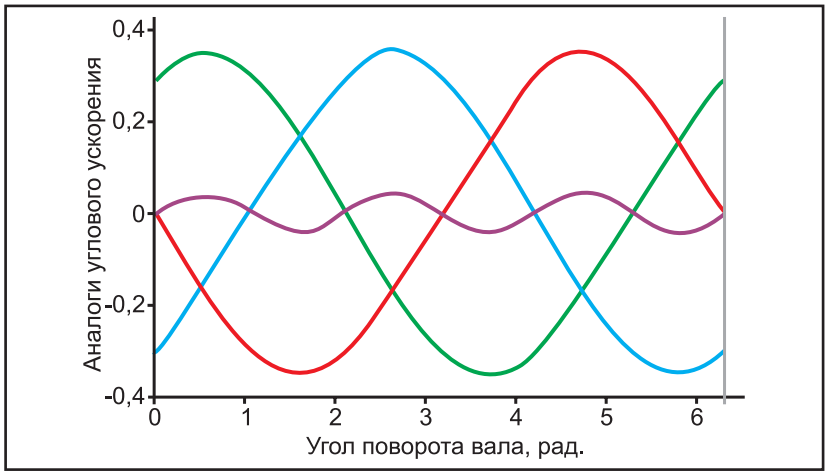


Рис. 1. Угловые ускорения шатунов

шипа и на квадрат угловой скорости вращения вала (150 рад/с). Отсюда получаем УУ:

$$a_e = (0{,}0005 - 0{,}002)\cdot 0{,}1\cdot 150^2 = 0{,}5 - 5\,. \quad (4)$$

Для оценки интенсивности колебаний опорных поверхностей примем характерную ширину среднего судового дизеля – 1 м. Ускорение (в м/с^2) от двух шатунов 4-тактного 6-цилиндрового дизеля в точке крепления виброизолятора равно:

$$a = 2a_e\cdot\frac{b}{2} = 2\cdot(0{,}5-5)\cdot\frac{1}{2} = 0{,}5\text{-}5\,. \quad (5)$$

Уровень ускорения (в дБ) рассчитывается так:

$$L_a = 20\lg\cdot\frac{0{,}5\text{-}5}{10^{-6}} = 108\text{-}134\,. \quad (6)$$

Такой уровень нельзя игнорировать, поскольку он превышает предельный спектр (ПС57) для машинных отделений. Следовательно, возникающий в рядном 6-цилиндровом двигателе момент сил инерции шатунов вокруг оси вала необходимо рассматривать как серьезную проблему.

С учетом опыта применения на речном флоте традиционных муфт можно обоснованно утверждать, что они во многом неэффективны по причине высокой поперечной жесткости (как и все известные подобные детали). Кроме того, жесткие опоры «маскируют» недостаточную центровку муфты, и переменные усилия передаются на судовой фундамент. Фактически «центровка» стала неконтролируемой технологической операцией, которую невозможно проверить и оценить.

Существуют технические решения, подразумевающие использование шарнирных муфт, не требующих центровки, – например, муфты тяжелых тракторов с изгибаемой рамой, – но они уже ограничивают передаваемую мощность.

Типовая схема передачи мощности на ГВ может содержать упругую муфту на участке между редуктором и промежуточным валом или между двигателем и редуктором. Во втором случае жестко закрепленный редуктор будет воспринимать упор винта, а муфта передавать небольшой момент от дизеля до редуктора. В качестве недостатка подобной конструкции стоит отметить шум зацепления, передаваемый на корпус судна.

Соединение двигателя с редуктором в единый агрегат означает лучшую защиту корпуса от шума и вибрации. Но при установке на мягкие виброизоляторы муфта из-за плохой центровки практически всегда будет являться источником колебаний.

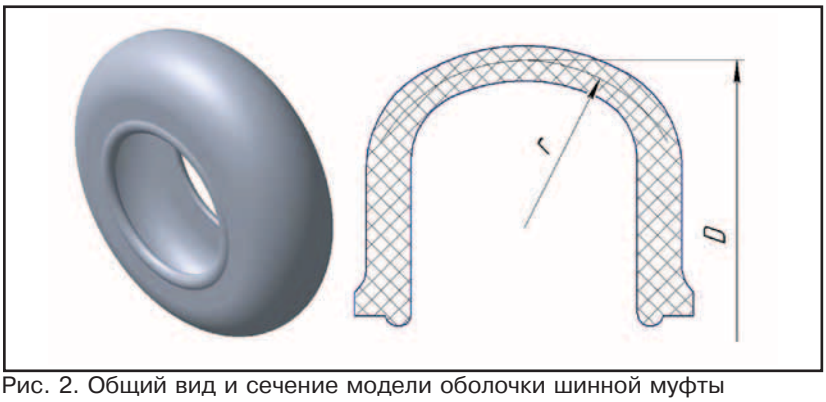


Рис. 2. Общий вид и сечение модели оболочки шинной муфты

Стараясь минимизировать влияние плохой центровки, судостроители обычно используют жесткие опоры, хотя они крайне неэффективны в качестве виброизоляторов. Более того, непосредственно сама муфта является значительной проблемой, потому что ее в принципе нельзя выполнить податливой в радиальном направлении.

На судах зарубежной постройки для устранения указанных недостатков уже на протяжении 40 лет применяют сдвоенные муфты различных типов, например CENTA. Однако в России подобная практика оказалась невостребованной в силу устоявшихся традиций проектирования флота, предусматривающих тщательную центровку валовой линии. Такой подход был позаимствован из машиностроения, где короткие валы с глухими муфтами принято тщательно центровать для исключения дополнительных усилий на опорах. Но в судовых условиях используются длинные трансмиссионные валы, их жесткость на изгиб меньше в 70-100 раз, что все равно мало для мягких подвесок.

Благодаря широкому распространению на флоте и низкой стоимости, перспективным представляется принцип модернизации муфты эластичной корд-шиной с торообразной оболочкой (МЭКШ).

Поскольку оболочку муфты (без потери точности) нельзя отнести к стандартному набору моделей сопротивления материалов, полное исследование детали целесообразно проводить методом конечных элементов.

Сравним осевую изгибную, крутильную и поперечную жесткости. Упругий элемент муфты (рис. 2) может быть смоделирован на компьютере в 3-мерном редакторе (например, КОМПАС-3D V13).

Исследование методом конечных элементов проведем на модели тонкостенной оболочки. Использованная программа ориентирована на конструкционные материалы, и данное обстоятельство важно учитывать при расчете полимеров. Вероятная ошибка невелика и заложена в отличии коэффициентов Пуассона металла и полимера. Силы прикладываются к специальным площадкам на диске, который не деформируется и является аналогом фланцев вала полумуфты. Ожидаемый результат – получение отношения значений жесткостей на изгиб и кручение.

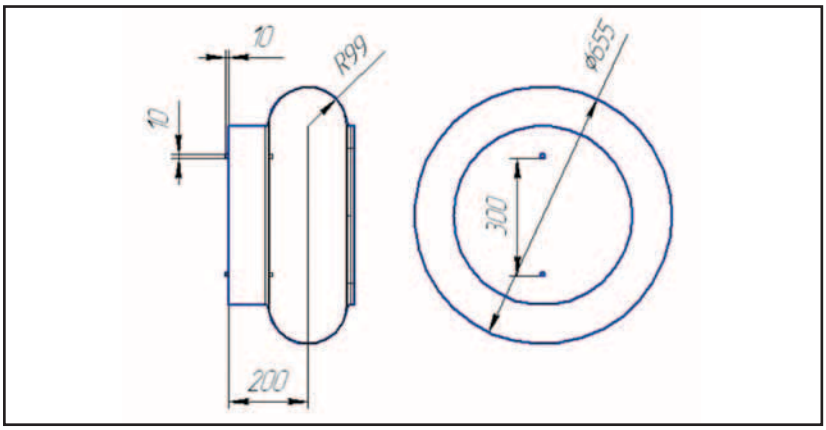


Рис. 3. Эскиз модели для метода конечных элементов

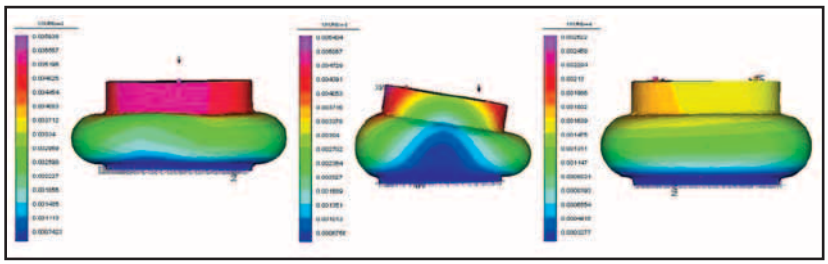


Рис. 4. Карты смещений модели муфты от осевой силы, изгибающего и крутящего момента

Результаты моделирования

Параметры	Сжатие	Изгиб	Кручение	Сдвиг
Нагрузка	2000 Н	12500 Нм	12500 Нм	2000 Н
Деформация	0,0013 м	0,125 рад.	0,062 рад.	0,0022 м
Жесткость	1500000 Н/м	100000 Нм	200000 Нм	930000 Н/м

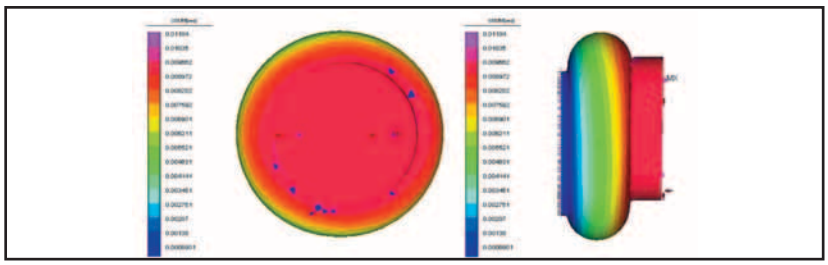


Рис. 5. Деформация муфты от изгибающего момента и поперечной силы

Размеры модели примем по оболочке муфты 12500-140 ГОСТ Р 50892-96.

Введем систему координат: x – **по оси вала,** y – **поперек нее,** φ – **ее излом. Допустимые по стандарту для данной оболочки значения: осевого смещения** – x=6 мм, **радиального** – y=5 мм, **излома оси** φ=1,5°. **На основе действий на оболочку осевой силы, изгибающего и крутящего моментов получается карта деформаций (рис. 4).**

Определим сдвиговую жесткость в случае действия поперечной силы и компенсирующего изгибающего момента (рис. 5); при этом не происходит поворота фланца, как в реальном валопроводе.

Результаты моделирования представлены в таблице.

В ходе исследования было установлено, что отношение жесткостей на изгиб и сдвиг можно принять таковым (в м²):

$$C_\varphi / C_y = 100000/930000 = 0{,}107 \quad (7)$$

Рассмотрим схему сдвоенной муфты (рис. 6).

Зададим расстояние между оболочками – L. **Оно должно быть достаточно большим, поскольку назначение вставки – обеспечение малой поперечной жесткости при сохранении допустимого излома каждого элемента.**

Сравним поперечную жесткость одинарной и сдвоенной муфт. Первая смещается без поворота фланцев, ее жесткость на сдвиг обозначим как C_y. **Действие поперечной силы в сдвоенной муфте приводит к изгибу и смещению обеих оболочек (рис. 7). В итоге смещение крайних фланцев равно сумме смещений каждой оболочки и от изгиба вставки.**

Смещение вставки от изгиба без поворота крайних фланцев:

$$y_1 = \varphi \cdot L = FL^2/(2C_\varphi) \quad (8)$$

Смещение 2 оболочек от силы:

$$y_2 = 2F/C_y \quad (9)$$

Полное смещение:

$$y = F \cdot L^2/(2C_\varphi) + 2F/C_y \quad (10)$$

Тогда поперечная жесткость сдвоенной муфты равна:

$$C = \frac{F}{y} = \frac{2C_\varphi \cdot C_y}{C_y \cdot L^2 + 4C_\varphi} \quad (11)$$

По формуле (11) построим безразмерный график зависимости жесткости от длины вставки. Для этого диаметр оболочки и жесткость на сдвиг примем за единицу.

Характерная жесткость при нулевой длине вставки равна жесткости пары муфт на сдвиг (или вдвое меньше чем для одной оболочки). С увеличением вставки жесткость быстро снижается (для вставки равной 3 диаметрам оболочки жесткость сокращается в 25 раз).

Следует также принимать во внимание допустимый угол излома оси оболочки, который редко превышает 2°. Назначив необходимое смещение валов, можно определить длину вставки. Например, для диаметра оболочки 665 мм и вставки, равной 3 диаметрам муфты, допустимое отклонение центровки составит 60 мм; это в несколько сотен раз больше величины, принятой в настоящее время.

С учетом диаметра оболочки предположим, что оптимальной является вставка длиной 2-3 диаметра. Она может быть изготовлена из полой холоднотянутой трубы с приваренными фланцами.

В зарубежной практике на пассажирских судах используют сверхлегкие конструкции из углепластика. Вал (длина достигает 12 м, масса – 20 кг) изготавливают из нескольких слоев углеродной нити, пропитанной отверждаемыми смолами и намотанной крест-накрест под углом 45° на оправку.

Достигаемый положительный эффект – снижение частоты кру-

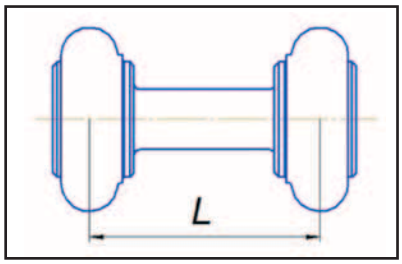


Рис. 6. Эскиз вставки с 2 оболочками МЭКШ

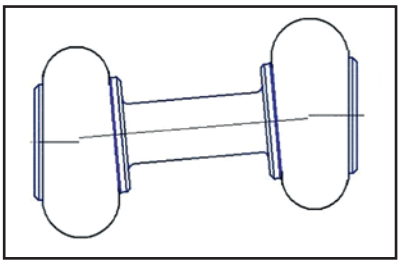


Рис. 7. Деформация сдвоенной муфты от поперечной силы

тильных колебаний в системе «винт–двигатель» за счет уменьшения жесткости двойной муфты.

Вывод: в отечественном судостроении имеется очевидный резерв повышения эффективности систем защиты от шума и вибрации посредством резкого сокращения жесткости подвески, поперечной жесткости судовой муфты и снижения технологических затрат на монтаж оборудования.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:
1. Федосеева М.А., Романченко М.К., Барановский А.М. Исследования спектра рассеивания звуковых колебаний в опорах // Речной транспорт (XXI век), 2012. – 1(55). – С. 80. **2.** Барановский А.М. Колебания в судовых механизмах: учебник / А.М. Барановский, Л.В. Пахомова, Ю.И. Ришко. – Новосибирск: СГУВТ, 2015. – 210 с.

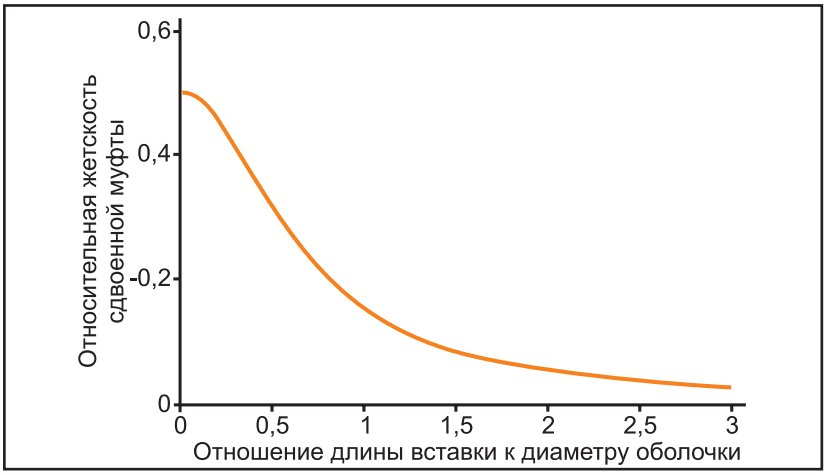


Рис. 8. Влияние длины вставки на поперечную жесткость

УЧРЕЖДЕНИЕ: Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ)

ТЕМА: Научные подходы к обоснованию системы организации «северного завоза» (СЗ)

АВТОРЫ: В.М. БУНЕЕВ, профессор, д.э.н., заведующий кафедрой управления работой флота; М.В. СЕДУНОВА, аспирант

Известно, что в нашей стране, с учетом ее территории и географического положения, транспорт играет особую роль, поэтому для роста экономики и выполнения социальной функции необходимо эффективно развивать сферу доставки грузов и пассажиров.

Одним из актуальных направлений совершенствования отрасли является оптимизация системы организации СЗ. Ведь для обеспечения жизнедеятельности населения районов Заполярья, Крайнего Севера и приравненных к ним местностей ежегодно требуется отправлять значительное количество разнообразной номенклатуры: энергоресурсов, строительных материалов, оборудования, различных товаров. А невыполнение утвержденной программы чревато негативными последствиями.

Транспортное обслуживание в системе СЗ грузов имеет следующие специфические особенности:

1) экстремальные климатические условия;

2) большие расстояния между начальной и конечной точками маршрута;

3) неразвитость и ненадежность транспортной инфраструктуры труднодоступных районов.

Для большинства северных районов Сибири и Дальнего Востока характерны безальтернативность транспортных схем и ограниченность вариантов взаимодействия разных видов коммуникаций; на данных территориях преобладают естественные водные пути – реки и их притоки, участки Северного морского пути.

Совершенствуя систему СЗ, необходимо прежде всего решить задачу ее методического обеспечения.

При организации процесса завоза грузов, а также анализе результатов работы задействованных в нем транспортных компаний требуется принимать во внимание не только природные факторы, но и рыночную конъюнктуру.

Согласно экономической теории, категория «эффективность» оценивается как полезный результат (эффект) использования имеющихся ресурсов и средств в ходе достижения поставленных целей, а также степень соответствия интересам хозяйствующего субъекта. При этом учитывается специфика отрасли, ее значимость и влияние на экономику и социальную сферу.

В нашем случае эффективность следует определять по итогам взаимодействия трех сторон: транспортной системы, потребителей ее услуг и государственных органов.

Общий показатель экономической эффективности представляет собой соотношение полученного результата и величины средств, затраченных на его достижение.

На основе степени удовлетворения потребностей государства (в развитии экономики и социальной сферы), компаний (в ведении бизнеса) и населения (в получении услуг) эффективность функционирования транспортной системы будет оцениваться положительно, если все грузы в нужном количестве доставлены адресатам в сохранности и в установленные сроки, то есть уровнем коммерческой эффективности хозяйствующего субъекта – рентабельностью:

$$\mathrm{Re} = \frac{П}{И} \cdot 100 ,$$

где П – прибыль, полученная в результате выполнения СЗ, руб.;

И – издержки, обусловленные затратами средств в ходе СЗ, руб.

Однако при оценке коммерческой эффективности транспортной системы таким образом, достигнутый уровень рентабельности не всегда будет

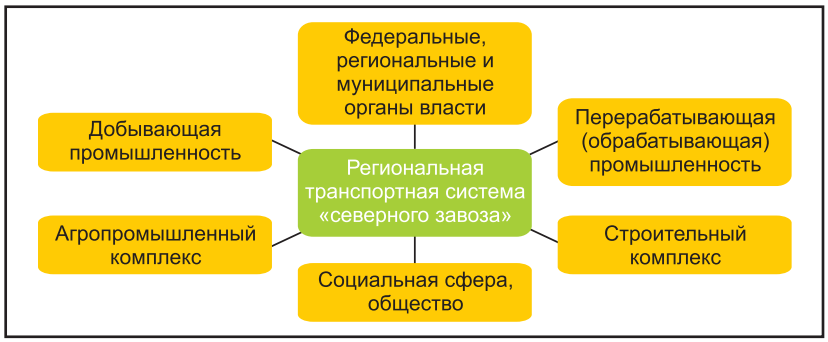


Рис. 1. Схема взаимодействия региональной транспортной системы с потребителями транспортных услуг

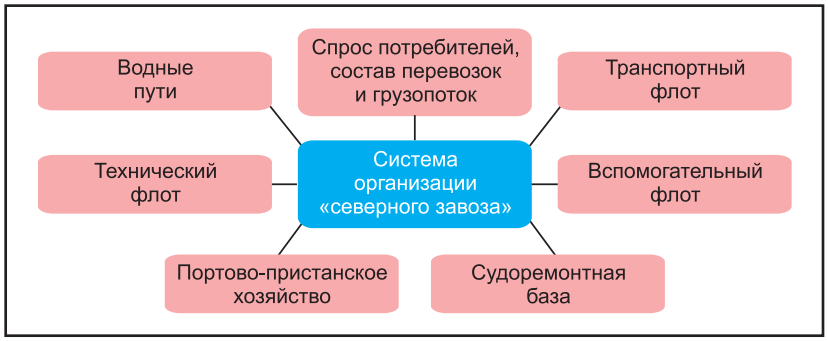


Рис. 2. Модель функционирования транспортной системы «северного завоза»

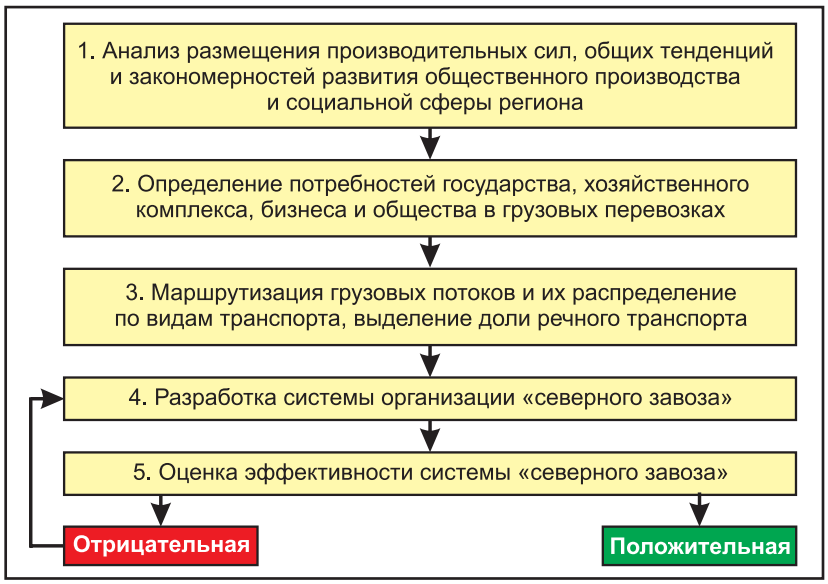


Рис. 3. Последовательность решения задач оценки эффективности системы «северного завоза»

удовлетворять ожиданиям (интересам, задачам и целям развития) хозяйствующего субъекта.

Например, средний уровень рентабельности судоходных компаний в Обь-Иртышском бассейне составляет около 5%, а удельный вес безубыточных – не превышает 50%.

В связи с этим возникает необходимость в экономическом обосновании организации «северного завоза», на основании которого должно рассчитываться максимально возможное значение рентабельности и оптимальный способ достижения цели, что невозможно без соответствующего методического инструментария.

Авторы статьи предлагают использовать системный подход, комплексное поэтапное исследование, принцип научного обоснования принятия решений.

За объект изучения была принята региональная транспортная система СЗ. Была построена схема (рис. 1) ее взаимодействия с элементами системы более высокого порядка – хозяйственным комплексом и социальной сферой (обслуживаемые системы – потребители транспортных услуг).

Одновременно была разработана модель функционирования транспортной системы СЗ, выявлены внутренние связи между составными элементами (рис. 2).

Предложенная модель позволяет установить как внутренние, так и внешние связи, качественные и количественные изменения, происходящие в процессе функционирования системы СЗ и во внешней среде. Кроме того, на основе этой модели была сформулирована проблемная ситуация, определены перечень задач и последовательность их решения (рис. 3).

Два первых блока задач являются предметом исследований современного уровня и перспектив развития экономики страны, регионов и отдельных отраслей. Их результаты не всегда доступны научному сообществу, поскольку многие данные касаются экономической безопасности и обороноспособности России.

В комплексе задач исследования особое место занимает блок маршрутизации и рационализации грузовых потоков. Информационной базой для решения этих задач являются результаты, полученные на предыдущих этапах и имеющие самостоятельный статус. Грузовые потоки будут сформированы только после обоснования маршрутов их движения от производителей к потребителям (классическая транспортная задача – прикрепление пунктов потребления продукции к пунктам ее производства).

Более сложная задача рассматриваемого блока – обоснование схемы грузовых потоков с учетом их распределения между видами транспорта.

Здесь транспортный процесс доставки грузов уже включает пункты перевалки (порты). При этом груз может быть передан с первого вида транспорта на второй не в одном, а в нескольких пунктах. Экономико-математическая модель решения такой задачи приведена в работе [1].

Рис. 4. Последовательность решения задач оценки эффективности системы «северного завоза»

Итогом реализации третьего блока задач является доля речного транспорта в обеспечении СЗ и участия в мультимодальных и интермодальных перевозках.

Четвертый блок «разработка системы организации СЗ» представлен отдельным алгоритмом решения оптимизационных задач (рис. 4).

С точки зрения достоверного информационного обеспечения разработок важнейший этап – второй. Ведь от качества, полноты информации и базы данных во многом зависит научная обоснованность полученных решений.

Методическое обеспечение дальнейших разработок, результатом которых будет являться схема грузовых линий, не вызывает особых трудностей, если для этого имеются условия и предпосылки, либо календарный график отправления и прибытия судов, а также планы портового, тягового и путевого обслуживания. Именно совокупность этих планово-нормативных документов и мероприятий по их реализации представляет собой «График движения и обработки флота» как система организации перевозок и работы судов.

Окончательное решение по выбору системы СЗ принимается на основании экономической оценки ее эффективности (см. рис. 3) – на пятом этапе (процедура выполнения и методические подходы описаны в работе [2]).

В заключение стоит отметить, что предложенный авторами методический инструментарий позволяет не только находить оптимальное решение задачи организации СЗ, но и, что гораздо важнее, выявлять истинные затраты на доставку грузов. Следовательно, такой подход будет способствовать регулированию тарифов и определению размера денежных средств для компенсации убытков перевозчиков, осуществляющих деятельность в экстремальных природно-климатических условиях, тем самым обеспечивая приемлемый уровень рентабельности на грузовых перевозках.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:
1. В.М. Бунеев, А.В. Зачесов, Ю.В. Турищев. Менеджмент на внутреннем водном транспорте (учебник). – Новосибирск: НГАВТ, 2013. – 430 с. **2.** Оценка эффективности речных транспортных систем / Бунеев В.М. // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока – Новосибирск, 2014. – № 1-2. – с. 3-6.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ)

ТЕМА: Оценка наведенных импульсных помех во вторичных цепях тяговых подстанций при различных режимах первичной цепи

АВТОРЫ: Б.В. ПАЛАГУШКИН, д.т.н. профессор, проректор по научной работе; Ю.В. ДЕМИН, д.т.н., профессор; Е.Г. АЛАЕВ, к.т.н., доцент, А.Б. ПАЛАГУШКИН, к.т.н., старший преподаватель; А.Ю. КУЗНЕЦОВ, старший преподаватель; Д.Н. ПЛОТНИКОВ, аспирант; кафедра «Электрооборудование и автоматика»; Л.В. САДОВСКАЯ, доцент, к.т.н., кафедра «Электроэнергетические системы и электротехника»

На основании результатов измерения «паразитных» напряжений, наводимых на кабельных линиях и микропроцессорные аппараты (МПА) при коммутациях на подстанции, основным источником помех правомерно считать импульсные потенциалы, поступающие во вторичную цепь из заземлителя и сети питания.

Повышенные потенциалы в различных узлах заземлителя подстанции обусловлены стеканием в него высокочастотных коммутационных токов. Эти потенциалы порой достигают величины в несколько киловольт, и значит могут являться не только причиной сильных гальванических помех, но и представлять серьезную опасность для изоляции заземленного в данных местах силового и вторичного оборудования подстанции.

Наличие подобных потенциалов способно привести к ложному срабатыванию релейной защиты и автомати-

ки, а в ряде случаев к пробою изоляции микропроцессорных устройств автоматики и измерений, выводу их из работоспособного состояния.

Таким образом, существует необходимость в определении значений потенциалов в различных узлах решетки заземлителя подстанции с целью выбора наиболее благоприятных мест заземления вторичного оборудования на проектируемых подстанциях и разработки мероприятий, повышающих помехозащищенность устройств автоматики на уже действующих объектах.

Для оценки возникающих импульсных потенциалов полезно использовать следующий метод расчета. В его основе лежат 2 системы диффроинтегральных уравнений; первая связывает значения потенциалов с поперечными параметрами заземлителя и стекающими с него токами, вторая – падение напряжения по элементам заземляющего устройства (ЗУ) с продольными токами и сопротивлениями.

Проведя линеаризацию указанных решений, получим 2 системы линейных алгебраических уравнений, связывающих значения токов (I_i) и потенциалов (V_i) по концам элементов сложного заземлителя:

$$\left\|V_i^н + V_i^к\right\| = \left\|4R_{ij}\right\| \times \left\|\frac{1}{2}\left(I_j^н - I_j^к\right)\right\|, \left\|V_i^н - V_i^к\right\| = \left\|Z_{ij}\right\| \times \left\|\frac{1}{2}\left(I_j^н + I_j^к\right)\right\|, \quad (1)$$

где $R_{ij} = \frac{1}{l_i l_j}\int_{l_i} dl_i \int_{l_j} R_{ij}^T dl_j$, $Z_{ij} = l_i \int_{l_i} Z_{ij}^T dl_j$,

R_{ij} – среднее поперечное сопротивление между i-м и j-м элементами;

Z_{ij} – приведенное значение среднего продольного сопротивления между этими элементами; при совпадении номеров (i=j) к собственному значению Z_{ij} добавляется внутреннее продольное сопротивление элемента, умноженное на его длину (l_i);

R^T_{ij} и Z^T_{ij} – соответственно поперечное и продольное сопротивления элементарного линейного источника, определяемые соответствующими выражениями для скалярного и векторного потенциалов; индексы «н» и «к» соответственно означают начало и конец рассматриваемого элемента.

Значения продольных токов в начале и конце каждого элемента ЗУ, выраженные через узловые потенциалы, определяются с использованием обращенных матриц $\left\|\overline{R}_{ij}\right\|$ и $\left\|\overline{Z}_{ij}\right\|$. Суммируя продольные токи в каждом узле ЗУ и приравнивая эту сумму вводимому в узел внешнему току, можно сформировать окончательную систему уравнений узловых потенциалов. Решение последней будет определять величины потенциалов в узлах, а по ним – значения продольных токов в начале и конце каждого элемента ЗУ. Затем, используя принцип суперпозиции, можно рассчитать внешнее электромагнитное поле (ЭМП), создаваемое рассматриваемым заземлителем.

Наведенные напряжения и токи в цепи «жила–жила» кабельных линий оказывают «мешающее» влияние на нормальный режим функционирования автоматизированной системы; при достаточно большом значении «паразитного» сигнала они способны выводить из строя элементы МПА.

Наводки в цепи «жила–жила» обычно определяются через «паразитные» токи и напряжения в однопроводной линии «жила–земля» с помощью коэффициента чувствительности; он характеризует продольную асимметрию двухпроводной цепи и следовательно ее подверженность внешнему влиянию.

Значения токов и потенциалов, наводимых в однопроводной линии, определяются уравнениями:

$$\frac{dU_2}{dx} + z_2 I_2 = -z_{12} I_1, \quad \frac{dI_2}{dx} + Y_2 U_2 = Y_{12} U_1 \quad \text{при } U_1 > U_2, \quad (2)$$

где I_1 и U_1, I_2 и U_2 – комплексные значения токов и напряжений во влияющей (1) и подверженной (2) воздействию линиях;

$Z_2=R_2+j\omega L_2$ – собственное продольное сопротивление, состоящее из активной и индуктивной частей;

$Y_2=G_2+j\omega C_2$ – собственная поперечная проводимость, состоящая из активной и емкостной частей;

$Z_{12}=R_{12}+j\omega L_{12}$ – взаимное продольное сопротивление между первой и второй цепями;

$Y_{12}=G_{12}+j\omega C_{12}$ – взаимная поперечная проводимость;

$\gamma^2_2=z_2Y_2$ – постоянная распространения;

$z^2_{b2}=z_2/Y_2$ – волновое сопротивление линии, подверженной влиянию.

В результате электрического воздействия на однопроводную линию длиной l_2 в ней наводятся следующие значения потенциалов и токов (индексы «н», «к», и «с» означают соответственно начало, конец и середину линии):

– незаземленная линия:

$$U_{2н} = U_{2c} = U_{2к} = U_1 \frac{Y_{12}}{Y_2}, \quad I_{2н}=I_{2k}=0;$$

– заземленная по концам: $U_{2н}=U_{2k}=0$, $I_{2c}=0$,

$$U_{2c} = U_1 \frac{Y_{12}}{Y_2} \times th\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right) \times th\left(\frac{\gamma_2 l_2}{4}\right),$$

$$I_{2н} = -I_{2к} = \pm U_1 \frac{Y_{12}}{\gamma_2} th\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right);$$

– заземленная в начале: $U_{2н}=0$, $I_{2k}=0$,

$$U_{2к} = U_1 \frac{Y_{12}}{Y_2}\left(1 - \frac{1}{ch(\gamma_2 l_2)}\right), \quad I_{2н} = U_1 \frac{Y_{12}}{\gamma_2} th(\gamma_2 l_2). \quad (3)$$

Магнитное влияние:

– незаземленная линия: $U_{2c}=0$, $I_{2н}=I_{2k}=0$,

$$U_{2н} = -U_{2к} = \pm I_1 \frac{Z_{12}}{\gamma_2} th\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right), \quad I_{2c} = -I_1 \frac{Z_{12}}{z_2} th\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right) th\left(\frac{\gamma_2 l_2}{4}\right);$$

– заземленная по концам: $U_{2н}=U_{zc}=U_{2k}=0$,

$$I_{2н} = I_{2c} = I_{2к} = -I_1 \frac{Z_{12}}{Z_2} = \frac{E_2}{z_2 l_2},$$

где E_2 – индукционная ЭДС;

– заземленная в начале: $U_{2н}=0$, $I_{2k}=0$,

$$U_{2к} = I_1 \frac{Z_{12}}{\gamma_2} th(\gamma_2 l_2), \quad I_{2н} = -I_1 \frac{Z_{12}}{Z_2}\left(1 - \frac{1}{ch(\gamma_2 l_2)}\right). \quad (4)$$

В таблице приведены максимальные значения токов и напряжений, наводимых на экране КСПП (кабеля связи с полиэтиленовой изоляцией в полиэтиленовой оболочке) в результате магнитного влияния при I_1=1 кА и l_z=100 м.

На экран кабеля магнитное влияние могут вызывать наведенные напряжения до нескольких кВ, протекать токи до 60 А. Таким образом, при расположении кабельной линии на поверхности земли можно пренебречь электрическим влиянием на нее, по сравнению с магнитным.

Определяющим фактором гальванического влияния является заземлитель, к которому подключены и первичные, и вторичные цепи. В качестве экстремального рассматривается случай, когда точки заземления высоковольтной цепи и подверженной воздействию линии совпадают. При этом второй конец этой линии (например, экран кабеля) может быть изолированным или также заземленным.

Полное распределение гальванически наведенных токов и потенциалов в данном случае описывается уравнениями длинной линии:

$$U_2(x) = U_{2н} \times \frac{e^{\gamma_2(l_2-x)} + e^{-\gamma_2(l_2-x)}}{e^{\gamma_2 l_2} + e^{-\gamma_2 l_2}}, \quad I_2(x) = \frac{U_{2н}}{Z_{в2}} \times \frac{e^{\gamma_2(l_2-x)} + e^{-\gamma_2(l_2-x)}}{e^{\gamma_2 l_2} + e^{-\gamma_2 l_2}}$$

Максимальные значения токов и напряжений, наводимых на экране кабеля КСПП в результате магнитного влияния при l_1=1 кА и l_z=100 м

F, МГц	y, м	Незаземленный		Заземл. по концам		Заземл. в начале	
		U_2, кВ	I_2, А	U_2, кВ	I_2, А	U_2, кВ	I_2, А
0,1	10	3,89	20,8	0	85,9	5,46	51,4
	50	0,61	3,2	0	13,4	0,85	8,0
0,3	10	3,91	47,8	0	61,0	4,01	59,5
	50	0,47	5,7	0	7,3	0,48	7,1
0,5	10	3,26	47,8	0	50,5	3,26	50,4
	50	0,36	5,2	0	5,5	0,36	5,5
1,0	10	2,51	39,7	0	39,8	2,52	39,8
	50	0,25	4,0	0	4,0	0,25	4,0

$$U_{2c} = U_{2н} \times \frac{ch\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right)}{ch(\gamma_2 l_2)}, \quad I_{2c} = \frac{U_{2н}}{Z_{в2}} \times \frac{sh\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right)}{ch(\gamma_2 l_2)},$$

$$I_{2c} = \frac{U_{2н}}{Z_{в2}} \times \frac{sh\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right)}{ch(\gamma_2 l_2)}, \quad U_{2к} = U_{2н} \times ch\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right),$$

$$I_{2c} = I_{1л} = \frac{U_{2н}}{Z_{в2}} \times th\left(\frac{\gamma_2 l_2}{2}\right), \quad I_{2к}=0. \qquad (5)$$

Как показывают расчеты, поступающий в экран кабеля ток в интервале частот коммутационного полупериода (ПП) не превышает 10% стекающего с высоковольтной цепи. При этом характерно очень быстрое затухание наведенных токов и потенциалов вдоль экрана, вследствие высокой емкостной связи с землей. Максимальные значения гальванически наведенных токов и потенциалов имеют тот же порядок, что и при индукционном влиянии; в области частот f=0,5-1,0 МГц **они даже превышают последние.**

Эффективность защитного действия металлического экрана кабеля оценивается по затуханию экранирования (А). При исследовании действия экрана относительно поперечных ЭМП и создаваемых ими вихревых токов учитывается поглощение энергии в толще экрана ($A_п$) и отражения на границах «металл–диэлектрик» ($A_о$), а также экранирующее действие продольных токов, протекающих в цепи «экран–земля» (A_z): $A=A_п+A_о+A_z$.

Проведенный теоретический и численный анализ затухания экранирования (А) на примере высокочастотного кабеля КСПП 1х4х0,9 показал, что в области низких частот f≤0,1 МГц **преобладает экранирование за счет продольных токов в цепи «экран–земля»; в интервале частот коммутационного переходного процесса** f=0,3-1 МГц **коэффициенты экранирования за счет продольных и вихревых токов оказываются близкими по значению.**

С повышением частот затухание экранирования увеличивается за счет роста коэффициента Аэ; в интервале частот коммутационного ПП на 60-70 дБ снижается внешнее электромагнитное влияние, то есть по отношению к незащищенной линии более чем в 1000 раз уменьшается уровень наводимого напряжения.

Расчет импульсных потенциалов, возникающих на заземлителе при стекании в него коммутационных токов, можно выполнять путем введения в схему вычисления переходного процесса активного сопротивления, равного входному сопротивлению заземлителя на кажущейся частоте исследуемого переходного процесса. Максимальные расчетные значения импульсных потенциалов на заземлителе составляют приблизительно 4-5 кВ у автотрансформатора и порядка 2-3 кВ около коммутируемого оконечного оборудования.

Как показали расчеты, основным источником коммутационных наводок на линиях связи являются магнитное и гальваническое влияния, они могут создавать на экранах кабельных линий наведенные ЭДС в несколько кВ и продольные токи до 50-100 А.

В области частот коммутационного переходного процесса (0,3-2 МГц) коэффициент экранирования даже слабых кабельных экранов (типов КВВГЭ 4х2,5 и КСПП 1х4х0,9) превышает 1000. Отсюда уровень напряжения, наводимого коммутационными электромагнитными полями на центральных жилах экранированного кабеля, при отсутствии сильного гальванического воздействия, составляет лишь единицы В по отношению к земле и десятки мВ в проводе «жила–жила».

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Разработка методики расчета и анализа влияния электромагнитных помех на параметры электробезопасности заземляющих устройств / Л.В. Садовская, Е.Г. Алаев, Ю.В. Демин // Известия ТПУ, 2008. – № 4, т. 312. – С.66-70. **2.** Влияние электромагнитных помех на параметры электробезопасности заземляющих устройств, электроустановок и на электромагнитную обстановку (под ред. Ю.В. Демина). – Новосибирск: НГАВТ, 2007. – 22 с. **3.** Наводимые напряжения на кабельных линиях и электронном оборудовании АСУ ТП подстанций и рекомендуемые меры защиты. // Электроснабжение железных дорог (межвузовский тематический сборник научных трудов). – Омск: ОГУПС, 2007. – с. 27-31.

УЧРЕЖДЕНИЕ: **Волжский государственный университет водного транспорта (ВГУВТ)**

ТЕМА: Исследование влияния сферических частиц (СЧ), распределенных в вязкопластичной жидкости (ВЖ), на предельное напряжение сдвига (НС)

АВТОР: **И.С. СУХАРЕВ, аспирант, кафедра «Эксплуатация судовых энергетических установок»**

Основной проблемой гидротранспорта ВЖ являются повышенные удельные затраты энергии, обусловленные прежде всего как значительной вязкостью таких жидкостей, так и наличием предельного НС. Эффект его снижения достигается благодаря формированию смеси ВЖ с СЧ (твердыми

и газообразными); на практике это целесообразно использовать для увеличения дальности транспортирования вязкопластичных грунтов по напорным трубопроводам земснарядов.

ВЖ представляют собой класс веществ, широко применяющихся в добывающей, химической, пищевой промышленности и в сельском хозяйстве. На водном транспорте к таким жидкостям относятся: сточные воды, высоковязкие нефтепродукты, донные илистые отложения и т.п.

Реологическое уравнение ВЖ, согласно модели Шведова-Бингама, для НС можно записать:

$$\tau = \tau_0' + \gamma\eta \ , \qquad (1)$$

где τ'_0 – предельное НС, Па;

γ – скорость сдвига, $с^{-1}$;

η – динамическая вязкость, Па*с.

Тогда математическая модель газожидкостной смеси с пузырьковой структурой течения, необходимая для определения плана эксперимента, будет определяться формулой [1, 4]:

$$\tau_{0см} = f_1(\eta_{пл}, \tau_0', d_ч, \frac{Q_Г}{Q_Ж}) \ , \qquad (2)$$

где $d_ч$ – диаметр СЧ, м;

$\tau_{0см}$ – предельное НС смеси ВЖ и пузырьков газа, Па;

$Q_Ж$ и $Q_Г$ – соответственно расходы жидкой и газовой фаз, $м^3/с$.

Для проведения предлагаемого опыта уравнение (2) легко преобразовать с помощью безразмерных характеристик СЧ, параметров смеси и относительного предельного НС. Имеем:

$$\tau_0 = f(d, c) \ , \qquad (3)$$

где $\tau_0 = \tau_{0см}/\tau'_0$ – относительная величина, характеризующая отношение соответственно предельных НС полученной смеси (с относительным диаметром СЧ d и концентрацией c) и исходной ВЖ, Па/Па;

$d = d_ч/d_{кр}$ – расчетный относительный диаметр частицы, где $d_ч$ и $d_{кр}$ – соответственно диаметр СЧ и его критическое значение, м/м;

$c = V_ч/V_{см}$ – относительная концентрация СЧ в ВЖ, где Vсм и Vч – соответственно объемы смеси и СЧ в ней, $м^3/м^3$.

Согласно исследованиям [2], рассчитаем $d_{кр}$:

$$d_{кр} \le \frac{3}{4}\frac{\pi\tau_0}{g(\rho_{ср} - \rho_ч)} \ , м, \qquad (4)$$

где $\rho_{ср}$ – плотность ВЖ, $кг/м^3$;

$\rho_ч$ – плотность СЧ, $кг/м^3$;

g= 9,81 $м/с^2$ – ускорение свободного падения.

В настоящее время отсутствуют методики расчета изменения реологических свойств смесей ВЖ с различными частицами [3, 5]. Кроме того, при проведении опытов с двухфазным течением ВЖ в большинстве случаев ученые сталкиваются с отсутствием априорных данных, требующихся для определения величин уровней варьируемых факторов, их критических значений и конструкции экспериментального стенда в целом.

В ходе исследования автор статьи использовал установку, включавшую ротационный вискозиметр, 0,25% раствора нейтрализованного карбомера, электронные весы (с точностью до 0,01 г) и пластиковые СЧ (диаметром 0,7, 1,5 и 3,0 мм).

Поскольку последующие опыты планируется осуществлять с газожидкостными смесями, то выбор именно этих частиц обусловлен минимальной разницей между плотностью их и воздуха. Кроме того, данный подход обеспечивает ошибку не более 2,5% в отношении критического диаметра ($d_{кр}$) в уравнении (4) для воздушных пузырьков и пластиковых сфер.

Принятый ротационный вискозиметр («Полимер РПЭ-1.3 М») позволял в лабораторных условиях проводить экспресс-анализ вязкости (в диапазоне от 1,8 10^{-3} до 3,75 10^4 Па*с с воспринимающими элементами типа «цилиндр–цилиндр») и строить реологические характеристики ВЖ.

В качестве ВЖ применялся 0,25% раствор нейтрализованного карбомера (марки Carbopol) в дистиллированной воде. Карбомеры представляют собой редкосшитые акриловые

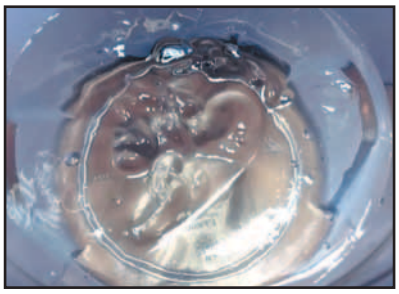


Рис. 1. Внешний вид 0,25% раствора нейтрализованного карбомера

полимеры производных акриловой кислоты. Раствор карбомера после нейтрализации имеет ярко выраженное предельное НС при минимальной концентрации действующего вещества и является полностью прозрачным (рис. 1). Полученные на его основе гели широко используются в медицине и косметологии в качестве загустителя, для стабилизации и регулирования реологических свойств суспензий и эмульсий.

В ходе подготовки к эксперименту были изучены реологические характеристики растворов с различной концентрацией взятого карбомера. Реологическая характеристика анализировавшегося раствора, полученная с помощью вискозиметра, приведена на рис. 2.

Предельные значения варьируемых факторов эксперимента для безразмерных параметров смеси ВЖ и СЧ (относительного диаметра d и объемной концентрации c) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения изменяемых параметров

d	0,2	0,5	0,8	-	-
c	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25

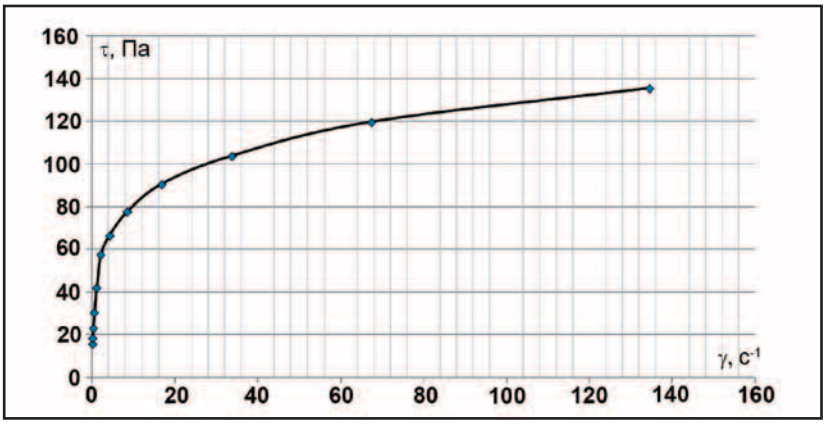


Рис. 2. Реологическая характеристика 0,25% раствора нейтрализованного карбомера

Таблица 2

План ПФЭ 2^3 при c_{min}=0,05

опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8
c	0,05	0,10	0,15	0,05	0,10	0,15	0,05	0,10	0,15

Таблица 3

План ПФЭ 2^3 при c_{min}=0,1

опыта	2	3	10	13*	5	6	11	8	9	12
d	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8
c	0,10	0,15	0,20	0,25	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20

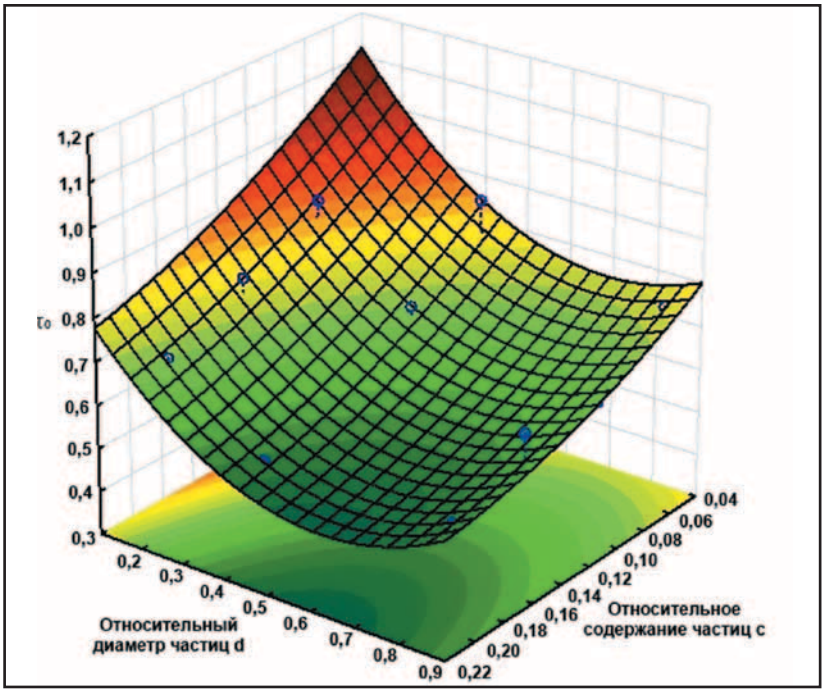


Рис. 3. Поверхность отклика, полученная с помощью компьютерной программы

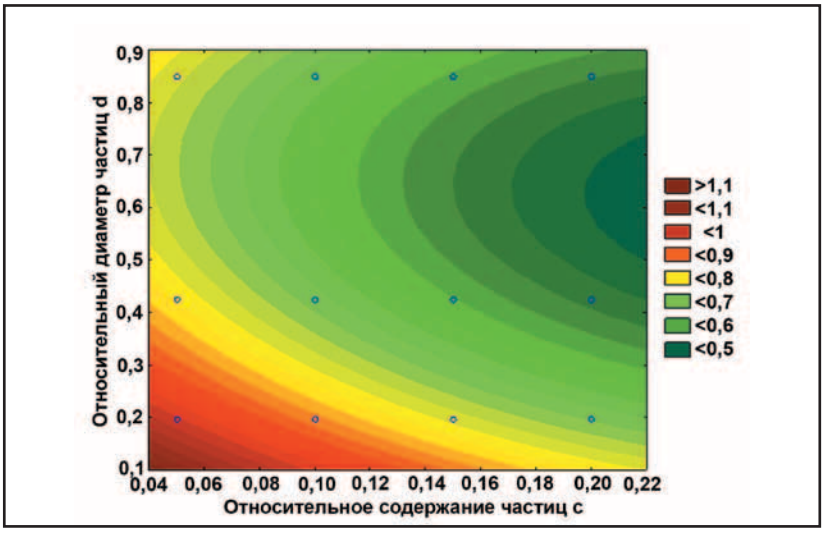


Рис. 4. Проекция поверхности отклика на плоскость

Таблица 4

Оптимальное (критическое) значение τ_0

d	c	τ_0
0,596	0,282	0,465

Таблица 5

Оптимальное (критическое) значение τ_0

d	c	τ_0
0,653	0,29	0,448

Таким образом, план опыта для c_{min}=0,05 можно записать в виде ПФЭ 2^3 (таблица 2).

В связи с отсутствием в литературе каких-либо априорных данных, предельные значения относительной концентрации СЧ целесообразно увеличить до 0,2. План полнофакторного эксперимента для минимального значения c_{min}=0,1 сведен в таблицу 3 (номера опытов имеют сквозную нумерацию с таблицей 2).

Величины предельного НС исходного раствора определялись на нескольких стандартных комплектах и составляли 16,1 Па. Затем было получено значение предельного НС на выбранном нестандартном комплекте Т1-В100, которое было принято за исходное.

В ходе исследования выявлялось только относительное предельное НС в соответствии с (6), при скорости шпинделя вискозиметра 0,0102 рад/с.

В результате было установлено, что максимальное снижение предельного НС с ростом относительного диаметра частиц достигается при меньших объемных концентрациях этих частиц в ВЖ. В процессе эксперимента было изготовлено и исследовано 13 смесей, выполнено более 40 измерений.

Анализ опытных данных осуществлялся в компьютерной среде Statistica 6.0; было получено следующее уравнение регрессии с величиной достоверности R^2=0,894:

$$\tau_0 = 1{,}38 + 1{,}08d^2 - 1{,}51d - 3{,}3c + 5c^2 + 0{,}7cd \quad (5)$$

С помощью программного пакета была построена поверхность отклика (рис. 3, 4), характеризуемая явным оптимумом в окрестности d=0,6 и c>0,15.

По уравнению (5) была определена оптимальная точка (таблица 4), соответствующая минимальному значению относительного предельного НС.

Таким образом, снижение предельного НС до 2,15 раз возможно при 28,2%-й концентрации твердых СЧ относительным диаметром 0,6.

Важно учитывать тот факт, что подобный процесс справедлив только

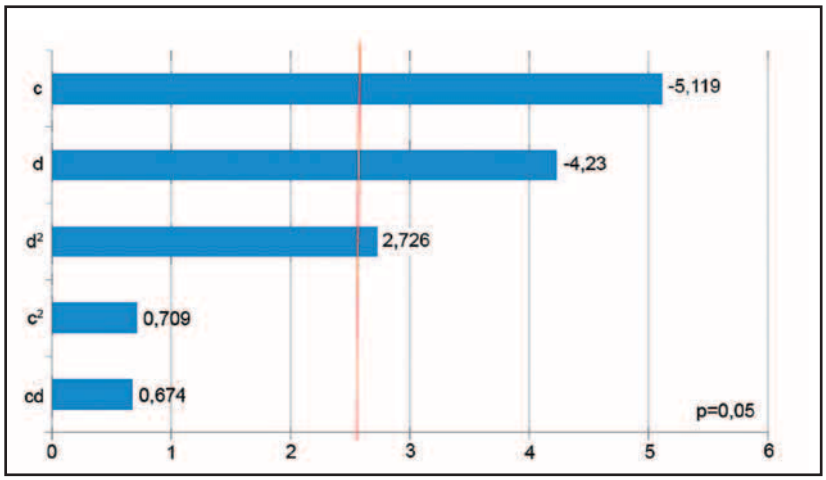


Рис. 5. Карта Парето стандартизированных эффектов

для твердых частиц, в случае с пузырьками газа вероятный эффект снижения предельного НС будет не столь явным, и в связи с коалесценцией пузырьков оптимальная точка будет достигаться при меньших концентрациях.

Однако, по причине отсутствия априорных данных о характере изменения реологических свойств ВЖ при насыщении ее СЧ, допускается использование полученных результатов при планировании эксперимента с газожидкостными смесями с оптимальной точкой в центре факторного пространства.

На основании полученных сведений, с целью упрощения уравнения регрессии (5) с помощью упомянутой программы методом Парето была произведена необходимая оценка эффектов (рис. 5). Вертикальной линией на диаграмме отмечена граница доверительной вероятности (p=0,05).

Было установлено, что влияние членов c^2 и cd в уравнении (5) не превышает доверительный интервал, значит логично за счет их исключения упростить формулу. Тогда выражение примет вид (с величиной достоверности R^2=0,877):

$$\tau_0 = 1{,}27 + 1{,}08d^2 - 1{,}41d - 1{,}66c \quad (6)$$

При вычислении данного уравнения была получена оптимальная критическая точка предельного напряжения с параметрами (таблица 5).

Следовательно, ошибка уравнения (6) относительно (5) не превышает 3,6%.

Результаты описанной работы могут служить начальными данными для оценки и планирования дальнейших экспериментов с различными двухфазными смесями ВЖ, с расположением полученных оптимальных параметров в центре факторного пространства.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Арефьев Н.Н. Научное обоснование технических решений и разработка на их основе средств повышения эффективности судовых энергетических установок землесосных снарядов (дисс. д.т.н., 05.08.05). – Н.Новгород, 2011. – 389 с. **2.** Расчет радиуса пузырька газа при аэрации вязкопластичных жидкостей/ Арефьев Н.Н., Сухарев И.С.// Вестник ВГАВТ, 40. – Н. Новгород, 2014. – с. 241-243. **3.** Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. – М: Энергия, 1976 – 296 с. **4.** Особенности определения критериев подобия течения газожидкостных смесей вязкопластичных жидкостей./ Сухарев И.С.// Вестник ВГАВТ, 44. – Н. Новгород, 2015. **5.** Chhabra R.P. Bubbles, drops and particles in Non-Newtonian fluids/ R.P. Chhabra, 2nd ed. – USA: CRC Press, 2006. – 771 p.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Волжский государственный университет водного транспорта (ВГУВТ)

ТЕМА: О принципе автоматизации спасательной операции (СО) при скоротечной аварии (СА) судна

АВТОРЫ: В.Л. ЭТИН, д.т.н., профессор; В.П. ЛОБАСТОВ, к.т.н., профессор; кафедра «Теория корабля и экологическая безопасность судов»; Е.Н. ПОСЕЛЕНОВ, к.т.н., старший преподаватель, кафедра «Информатика, системы управления и телекоммуникации»; А.В. ВАЛЯЕВ, аспирант

Чтобы в результате аварии, особенно развивающейся скоротечно, предотвратить гибель людей, необходимо прежде всего помочь им своевременно покинуть судно. Для этого требуются эффективное использование спасательных средств (СС), оперативное принятие решений (ПР) и минимизированное отрицательное влияние «человеческого фактора» (ЧФ).

Работа морского и речного транспорта сопряжена с риском для жизни. Значит, обеспечение безопасности людей, находящихся на борту, является главной целью, для достижения которой рационально использовать системный подход.

Безопасность обеспечивается в первую очередь благодаря следующим факторам:

– эксплуатационной надежностью конструкции корпуса, устройств и механизмов судна;

– реализуемым мероприятиям по борьбе за живучесть судна в чрезвычайной ситуации;

– недопущению ошибочных действий членов экипажа как из-за недостатка информации для правильной оценки происходящего, так и по причине неверно принятого решения или его некорректного исполнения.

Между тем преобладающую роль в сохранении человеческой жизни на воде играет принцип эффективного использования СС, позволяющий предотвратить либо, по крайней мере, сократить количество жертв, если в результате аварии потеря судна неизбежна.

Согласно международным и национальным нормативным документам, перечень, состав и схема размещения индивидуальных и коллективных спасательных устройств и средств над-

лежит формировать в зависимости от типа судна и численности людей на нем. При этом эффективность СС оценивается количественными и временными показателями нахождения человека в воде при осуществлении СО.

На пассажирском флоте в идеальной ситуации общее число мест в коллективных СС должно быть не меньше количества людей на борту. Соотношения (в %) при распределении суммарной численности мест по шлюпкам и плотам устанавливаются прежде всего в зависимости от района плавания, назначения судна и его длины. Но даже такое обоснованное нормирование количества СС – не гарантия исключения человеческих жертв при гибели судна.

Одной из главных причин этого эксперты считают тот факт, что команду о начале СО, необходимости использования СС и оставлении судна отдает капитан. Но такое важное решение он нередко принимает с запозданием, поскольку, испытывая эмоциональный стресс, руководствуется личными профессиональными знаниями, опытом и интуицией. Таким образом, имеет место серьезное негативное влияние ЧФ.

Поэтому для решения проблемы безопасности людей на воде, наряду с улучшением конструкции и надежности судов, целесообразно совершенствовать существующие и создавать новые типы спасательных устройств, а также оснащать флот современными системами, способными обеспечить компьютеризованную поддержку (КП) проведения СО.

Анализ отчетов Межправительственной морской консультативной организации [2, 3] показывает, что все аварии (кроме пожаров), повлекшие гибель судов, в соответствии с принятой классификацией, делятся на происшествия, связанные с потерей плавучести или остойчивости.

К первой категории относятся столкновения, посадки на мель и навалы. В этих случаях продолжительность гибели судна зависит от размеров и места расположения пробоины, поэтому оценить ситуацию может непосредственно экипаж.

Все аварии, обусловленные потерей остойчивости, классифицируются ИМКО так: внезапные опрокидывания, постепенные наклонения, затопления с креном.

ИМКО также регистрирует большое количество бесследно исчезнувших по неизвестным причинам единиц флота. Можно предположить, что они погибли в результате чрезвычайных обстоятельств – из-за мгновенного затопления (взрыв, столкновение с предметом большой массы и размеров) или внезапного опрокидывания (шквал, волна экстремальной высоты и др.). Гипотеза подтверждается, в том числе отсутствием сведений о поступавших с этих судов сигналах бедствия.

Развитие любой аварии состоит из 3 стадий.

Сначала в процессе штатной эксплуатации судна обнаруживаются недочеты (отказы в работе механизмов, смещение грузов, нарушение герметичности корпуса и т.п.). Затем экипаж оценивает обстановку, принимает меры по устранению неисправностей. Если после выполненных действий ситуация не улучшается (не удается предотвратить развитие аварии с угрозой гибели судна и людей), возникает необходимость в ПР об оставлении судна и спуске на воду СС до наступления, наконец, СА.

На последнем этапе гибель судна становится неизбежной, и происходит внезапное затопление или опрокидывание [3]. По данным ИМКО эта заключительная стадия аварии продолжается не более 2 мин. [4] или половины периода бортовой качки на тихой воде [5], что значительно меньше времени, требующегося для проведения СО любыми СС. Именно поэтому для предотвращения гибели людей в результате аварии первостепенное значение имеет своевременное оставление судна и применение СС.

Как показывает анализ доступных описаний аварий [1], их значительная часть, повлекшая гибель людей, происходит по причине запоздалого определения экипажем момента угрозы неизбежности потери судна, что соответственно исключает оперативность действий по использованию СС.

По мнению авторов статьи, приведенный сценарий развития СА, ведущий к человеческим жертвам, нужно изменять, в частности с помощью системы КП ПР с момента обнаружения предаварийного состояния (опасности), которое может характеризоваться посадкой судна (осадка, крен, дифферент, амплитуда и период качки) или отказом механизмов и оборудования.

Функционирование подобной системы должно продолжаться в течение всего периода борьбы за живучесть судна, включая оповещение экипажа о результатах работы, в том числе о необходимости покинуть судно по сигналу «шлюпочной тревоги». Система также должна обеспечивать автоматический спуск на воду спасательных плотов и приборов (если это не было сделано заранее) до начала скоротечной стадии аварии.

В настоящее время в мире существует большое количество систем КП ПР. Самые известные из них предназначены для расчета остойчивости, конструктивной прочности, мореходности, оценки посадки судна при погрузочно-разгрузочных работах и т.д.

1 апреля 2007 года была введена в строй Служба поддержки борьбы за живучесть (Emergency response service – ERS), созданная Морским инженерным бюро (Marine engineering bureau – MEB) [7].

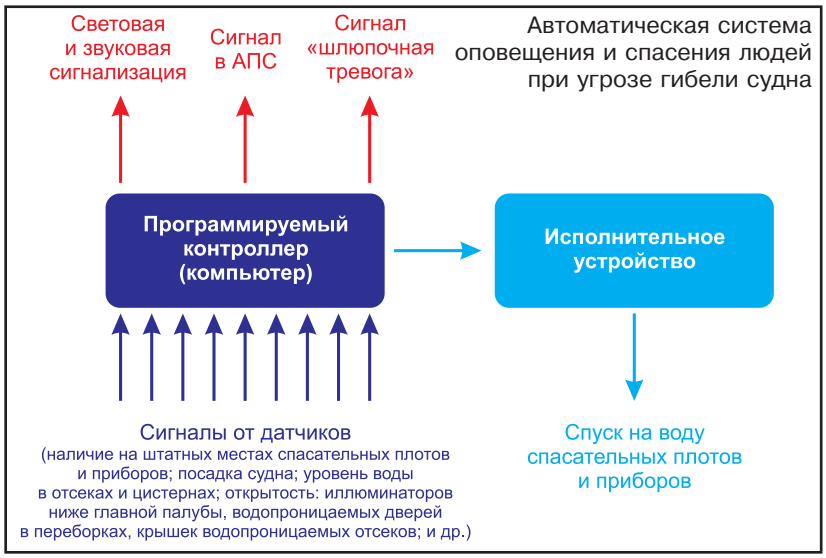
В распоряжении Службы ERS MEB имеется программное обеспечение, позволяющее определять аварийную остойчивость и остаточную прочность, оценивать возможный разлив нефти (при столкновениях, посадках на мель, конструктивных разрушениях, пожарах, взрывах и других чрезвычайных ситуациях), когда происходит аварийное изменение нагрузки и (или) несущей способности корпуса судна.

Для выполнения работы у ERS MEB есть специальные выделенные каналы связи. На основе результатов вычислений Служба формирует рекомендации капитану, как правильно бороться за живучесть судна и снижать объем вероятного ущерба, вплоть до составления ордера на аварийную буксировку.

Помощь при эксплуатации судна в штормовых условиях призваны оказывать специальные информационные средства – бортовые автоматизированные системы контроля мореходности (АСКМ) [8]. Их главная задача – давать ответы на вопросы: является ли судно мореходным в конкретных условиях плавания и при данном режиме движения, будет ли оно таковым в будущем при выполнении перехода, как избежать случаев потери этого свойства.

Такие системы непрерывно измеряют параметры внешней среды и поведения в ней судна, в соответствии с установленными операционными критериями вырабатывают предупреждения об опасностях, оценивают мореходность будущих состояний судна на оставшемся пути следования, готовят рекомендации по управлению судном. Однако подобный инструментарий пока не одобрен в качестве конвенционного бортового оборудования; подавляющее большинство флота работает без него.

Существует другой комплекс программ – «MasterLoad». Он предназна-



чен для формирования планов перевозок, проверки эксплуатационных параметров безопасного функционирования судов в текущем состоянии загрузки или априорно [11].

При этом в мире до сих пор отсутствуют системы КП ПР о своевременном оставлении судна и использовании СС при угрозе его гибели. Специалисты Российского Речного Регистра (РРР) и ВГУВТ взялись устранить данный пробел.

Рассмотрим характеристики этого инструментария под названием «Автоматическая система оповещения и спасения людей при угрозе гибели судна» (АСОС). Она предназначена для предупреждения экипажа в случае потери транспортным средством остойчивости и/или плавучести на ранней стадии аварии, а также для сброса спасательных плотов и приборов, если принятые меры борьбы за живучесть судна не дали положительных результатов. Система позволяет снизить степень отрицательного влияния ЧФ при борьбе за живучесть судна, в условиях скоротечного периода аварии повысить эффективность СС за счет ускорения процесса ПР.

Принцип действия инструментария базируется на вычислении/анализе в реальном времени остойчивости и непотопляемости судна. Система состоит из программируемого контроллера (либо компьютера с программным обеспечением), датчиков и исполнительных устройств (рис.)

Количество, тип и места установки необходимых сенсоров зависят от их параметров, конструкции корпуса и типа судна.

Крен и дифферент могут определяться как специальными датчиками угла, так и посредством расчета осадки, например на носу и корме, на левом и правом бортах.

Для эффективной оценки остойчивости судна сенсоры системы способны измерять (и учитывать в расчетах) посадку судна перед выходом в рейс и в пути, а также определять степень влияния свободной поверхности жидкости в цистернах и отсеках.

АСОС может контролировать предельно допустимые углы крена и дифферента, отслеживая динамику их изменения.

Для оценки непотопляемости судна сенсоры осуществляют мониторинг состояний «открыто/закрыто» иллюминаторов ниже главной палубы, водонепроницаемых дверей в переборках, крышек водонепроницаемых отсеков.

Система способна отслеживать изменение осадки (нос/корма/средняя часть), посадки и поступления воды в отсеки судна, сравнивая полученные значения с данными, приведенными в информации о непотопляемости (с критической осадкой).

При возникновении опасной ситуации в результате изменения остойчивости и непотопляемости транспортного средства происходит предупредительное срабатывание сигнализации АСОС в виде световых и звуковых эффектов в рулевой рубке.

Система указывает на причину формирования светового сигнала за счет изменения частоты индикации. После подтверждения приема-передачи данной информации (квитирования) горение диода происходит с постоянной интенсивностью; автоматическое отключение активизируется только в случае устранения угрозы гибели судна.

Если меры по борьбе за живучесть транспортного средства не принесли положительных результатов, и угроза гибели судна по-прежнему возрастает, АСОС инициирует аварийное срабатывание с резервом времени до наступления критической ситуации. Оно сопровождается световым и звуковым эффектами в рулевой рубке (но их уже нельзя квитировать), сменой «шлюпочной тревоги» на авральную сигнализацию. При аварийном срабатывании АСОС подает сигнал на исполнительные устройства, чтобы произвести спуск на воду спасательных плотов и приборов.

В процессе работы система выводит на дисплей в рулевой рубке важные вычисленные данные – о текущем крене и дифференте, осадке (носом/кормой/средней частью), периоде и амплитуде качки.

По итогам оценки динамики развития аварийной ситуации во времени АСОС способна рассчитывать время до наступления критического конца (гибели судна).

Примечательно, что в случае аварии опасность гибели малого транспортного средства, осуществляющего прогулочные рейсы, гораздо выше, чем у остальных пассажирских судов. Кроме того, практически невозможно на 100% выполнить требование по оснащению небольших теплоходов коллективными СС в количестве, соответствующем численности людей на борту.

С учетом этих факторов при чрезвычайных происшествиях с таким флотом в качестве самого эффективного метода спасения людей выступает принцип наиболее продолжительной сохранности судна на плаву, выведения его в прибрежную акваторию или посадки на мель для увеличения периода критической стадии аварии.

Но в условиях, когда данная цель становится недостижимой, даже несмотря на принимаемые меры, время для принятия ответственных решений при проведении СО с применением СС, сокращается до минимума. Поэтому установка системы АСОС на данный тип судов представляется особенно актуальной.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:
1. Анализ состояния аварийности с судами на морском и речном транспорте. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://revolution.allbest.ru//life/00306009_0.html/. **2.** Исследование надежности и риска эксплуатации отечественных речных пассажирских судов /Егоров Г.В., Егоров А.Г. // Вестник ОНМУ. – № 1 (45), 2013. – с. 100-106. **3.** Субъективные причины

аварий [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ru-safety.info/post. **4.** Аксютин Л.Р., Благовещенский С.Н. Аварии судов от потери остойчивости. – Л: «Судостроение», 1975. – 200 с. **5.** Критерии эффективности спасательных операций [электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.towboat.ru; http://zemsnaryad-nov.ru. **6.** Александров М.Н. Безопасность человека на море. – Л: «Судостроение», 1983. – 209 с. **7.** Сайт Морского инженерного бюро [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.meb.com.ua. **8.** Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. – Одесса: «Феникс», 2005. – 272 с. **9.** Автоматизированная система контроля остойчивости морских судов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.mstu.edu.ru/science/results/ntp/Prohor2.shtml. **10.** Сайт ЦНИИМФ [электронный ресурс]. Режим доступа: – http://www.cniimf.ru. **11.** Сайт компании «Валком» [электронный ресурс]. Режим доступа: – http://www.valcom.ru

УЧРЕЖДЕНИЕ: **Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова)**

ТЕМА: **Особенности создания и анализа моделей обработки грузов в рефрижераторных контейнерах (РК)**

АВТОРЫ: **Л.А. ПАВЛОВА, ассистент; С.С. СОКОЛОВ, к.т.н., доцент; А.В. БАШМАКОВ, к.т.н., доцент; кафедра «Комплексное обеспечение информационной безопасности»**

Темпы становления водного транспорта должны определяться не столько географическим положением страны, сколько экономическим преимуществом данного типа коммуникаций. В частности морские и речные перевозки так популярны и востребованы именно потому, что представляют собой самый дешевый (за исключением трубопроводов) и достаточно конкурентоспособный (несмотря на малую скорость) способ доставки грузов. При этом морские и речные порты выступают в качестве крупных мультимодальных узлов, объединяющих разные виды транспорта. Следовательно, одним из приоритетных направлений развития экономики государства должна выступать портовая деятельность, ведь она охватывает более половины мирового грузооборота.

В последнее время в России, в частности в морских портах наблюдается рост грузооборота. Так, согласно статистическим данным, за январь–май 2015 года он увеличился на 4,4%, по сравнению с аналогичным периодом 2014 года, ранее – на 5,7% превысил предыдущий показатель [1, 2].

Примечательно, что на этапе транспортировки грузов до порта чаще всего применяются контейнеры как безопасная и надежная тара, позволяющая существенно сократить расходы и период предварительной доставки.

Наряду с этим широкое распространение стали получать контейнерные терминалы (КТ) по переработке РК, в которых преимущественно по морю перевозят продукты питания с обеспечением необходимых температуры и влажности. Данные контейнеры также эффективны в случае доставки (и последующего хранения) скоропортящихся товаров любым видом транспорта при реализации принципа «от двери до двери».

Однако большинство отечественных портов в техническом плане не готовы к осуществлению перегрузки (и хранения) подобных контейнеров. В связи с этим актуальным представляется создание методик, призванных стимулировать модернизацию основных фондов предприятий за счет оптимизации (снижения) затрат на оборудование и ресурсы [2].

Используя инструментарий теории массового обслуживания, рассмотрим математическую модель, с помощью которой предполагается уменьшать погрешность при расчетах вероятностных характеристик.

Процесс разработки комплекса полиномиальных и классических моделей систем обслуживания (СО) КТ требует применения специальных планов вычислительного эксперимента, учитывающих особенности изучаемых систем и принципов их проектирования. Планирование эксперимента на основе специализированных вычислительных моделей и анализ (в соответствии с принятым критерием оптимальности) полученных результатов позволяют выполнять активную идентификацию процессов обработки и хранения грузов в РК, то есть получать комплекс согласованных моделей, представляющих собой полиномиальные зависимости различных показателей качества производимых операций от параметров исследуемых СО.

В частности система массового обслуживания (СМО) Марковской модели предполагает экспоненциальный (показательный) закон обслуживания. Но при расчетах вероятностных характеристик данной системы такой подход может привести к ошибкам или недостаточной точности.

Применяя детерминированные методы для описания пропускной способности КТ, нельзя учесть всю специфику переработки и хранения РК, например интервал времени между моментами поступления требования в канал обслуживания и выхода из него. Доставка партий грузов в контейнерах к терминалу является случайным потоком событий, которые в реальных условиях функционирования КТ (с точки зрения процессов переработки грузов) не адекватны указанным допущениям [2].

Для достижения поставленной цели исследования, учет особенностей работы терминалов необходимо осуществлять, принимая во внимание случайные процессы обработки судов и описывая их с помощью вероятностных моделей (ВМ) [3].

Возможен иной подход к расчету характеристик ВМ СМО. Математическая модель процесса хранения учитывает нерегулярность поступления партий грузов и случайное время нахождения их на складе в КТ. В одном случае это приводит к простою оборудования и избытку мест на складах, в другом случае – к образованию очередей.

Чтобы разработать ВМ, необходимо исследовать случайные процессы прибытия флота в порт и произвести их вероятностный анализ. На основе данных о процессах хранения груза в различные моменты времени будем учитывать переход системы из одного состояния в другое, то есть когда

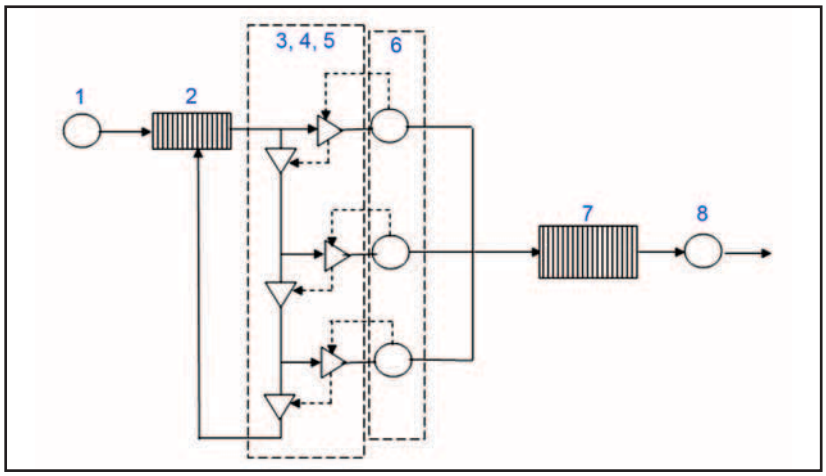


Рис.1. Базовые процессы работы многоканальной разомкнутой СМО: 1 – поступление судов в терминал; 2 – постановка судов в накопитель (на рейд); 3 – определение УФС для обслуживания; 4 – ожидание освобождения одной из УФС; 5 – выход судов из накопителя; 6 – время обслуживания флота в УФС; 7 – освобождение УФС; 8 – выход судна из терминала

изменяется состояние обработки груза – новое судно подходит к терминалу или освобождается какой-либо причал; при этом меняется количество единиц флота, находящегося в очереди на разгрузку.

Для отражения основных событий системы графически изобразим базовые процессы работы многоканальной разомкнутой СМО (рис. 1).

Введем обозначения для КТ: имеется F условно функциональных секций (УФС) с одинаковым коэффициентом заполнения φ, куда поступает нерегулярный поток судов m (количество единиц флота) с результирующей интенсивностью λ, определяемой интенсивностью подхода и числом судов в очереди. Если считать, что все суда являются одинаковыми с точки зрения их обслуживания (вместимость, размеры партии РК), то на СМО поступает однородный поток запросов или требований (единиц флота), и все заявки на разгрузку тоже одинаковы [4].

Между тем, нельзя не допускать неоднородность потока судов с разными параметрами.

Принимая поток приходящих в порт партий груза (судов) подчиненным пуассоновскому закону распределения, следует рассматривать его в качестве простейшего (стационарного пуассоновского), обладающего 3 свойствами: ординарностью, отсутствием последействия и стационарностью.

Используя полиномиальную и математическую модели и схемы описанных процессов функционирования и состояний многоканальной разомкнутой СМО (для хранения и переработки РК на терминалах), авторы статьи на компьютере произвели расчет вероятностных характеристик. Для этого было создано соответствующее программное обеспечение – набор библиотек функций и динамическое содержание. Оно предполагает возможность ввода параметра, не имеющего количественного ограничения, такого как «тип судна», учитывающего размеры партий груза, габариты (вместимость) контейнера, коэффициент заполняемости и другие параметры конкретной единицы флота.

Работа включала следующие процедуры:

1) ввод исходных данных: F – количество УФС; m_s – число судов s-го типа, где s – число «неоднородных» единиц флота; φ_s – коэффициент заполнения (рис. 2);

2) проверка этих величин на соответствие ряду условий;

3) расчет среднего числа партий контейнеров в очереди на хранение;

4) определение интенсивности прихода партий контейнеров;

5) вычисление среднего времени ожидания помещения на хранение партии контейнеров.

Выяснилось, что среднее время ожидания значительно возрастает за счет увеличения коэффициента заполнения и уменьшается по причине роста числа УФС на КТ. Поскольку при использовании r_s и $r_{ср}$ итоговые показатели отличаются незначительно, то в дальнейших расчетах правомерно применять $r_{ср}$.

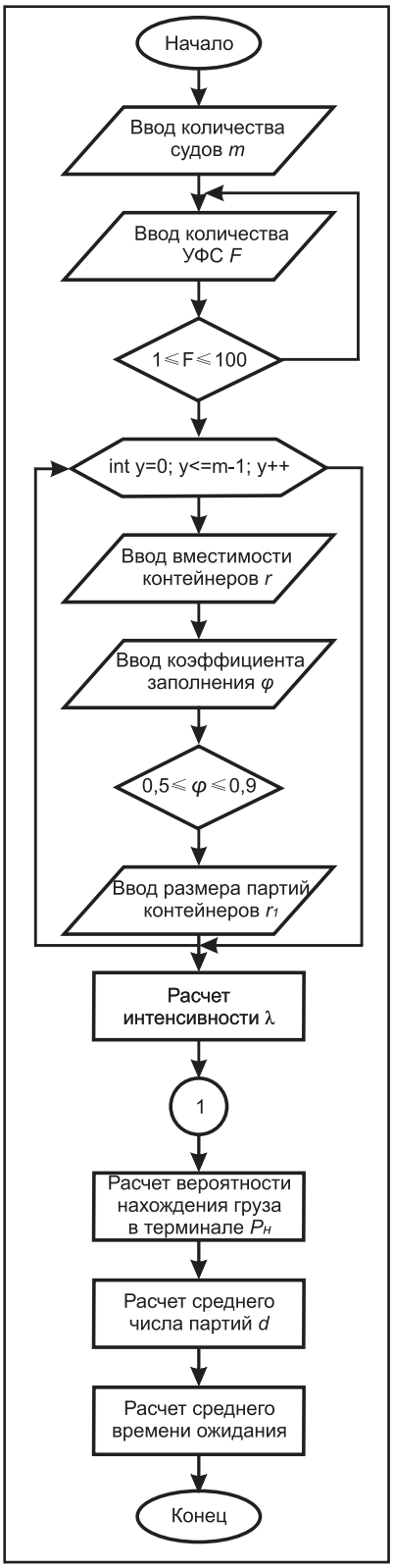


Рис. 2. Блок-схема расчета вероятностных характеристик процессов хранения и переработки грузов в РК

В заключение стоит отметить, что с помощью полученной ВМ можно произ-

водить анализ процессов хранения РК на КТ с учетом специфики функционирования процессов переработки грузов.

Созданная математическая модель позволяет определять ряд важных величин (среднее число партий контейнеров в очереди на хранение, среднее приведенное время ожидания, интенсивность прихода в терминал каждой партии контейнеров и коэффициент заполнения УФС) с большей точностью, чем при использовании «стандартного» детерминированного метода, который не полностью описывает особенности обработки грузов в РК.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:
1. Сайт АМТП [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.morport.com/rus/ (дата обращения 03.04.2016). **2.** Преимущества контейнерных перевозок [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.wiraj-perevozki.ru/text_7.html (дата обращения 03.04.2016). **3.** Русинов И.А. Формализация и оптимизация процессов переработки рефрижераторных грузов на специализированных терминалах. – СПб: «Политехника», 2008. – 472 с. **4.** Воздействие ограничений на обобщенную имитационную модель процесса развития портов. / Галин А.А. // Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2016. – № 1 (35). – с. 7-14. **5.** Вероятностная формализация процессов обработки контейнерных грузов с учетом ограничения на число судов в очереди / Ловяников Д.С., Зубарев Ю.Я.// Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2014. – № 1 (23). – с. 109-113. **6.** Вероятностная формализация процессов обработки каботажных судов на КТ / Ю.Я. Зубарев, Гайнуллин А.С.// Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2011. – № 1(9). **7.** Стохастические модели управления технологическими процессами судоремонта / Вихров Н.М., Нырков А.П., Соколов С.С., Шнуренко А.А. // Морской вестник, 2013. – № 2 (46). – с. 17-20. **8.** Оптимизация грузопотоков при мультимодальном сообщении / Соколов С.С., Ежгуров В.Н. // Научные труды SWorld, 2013. – т. 8, № 1. – с. 68-73. **9.** Семенов К.М. Планирование обработки грузов в морских портах и терминалах на основе дискретно-событийного имитационного моделирования (диссерт. канд. техн. наук). – Калининград, 2014. – 171 с. **10.** Анализ опыта технического обслуживания портовых перегрузочных комплексов (на примере Сибирского региона) / Бик Ю.И., Пивон Ю.И.// Речной транспорт (XXI век), 2016. – № 2. – с. 57.

УЧРЕЖДЕНИЕ: **Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)**

ТЕМА: Комплексная модель процессов функционирования судна река–море плавания

АВТОРЫ: **Е.С. ЯКУБОВИЧ, старший преподаватель, кафедра «Управление судном»**

При анализе особенностей эксплуатации судна смешанного плавания, как показали исследования автора статьи, целесообразно выделять 3 группы концептуальных моделей процессов функционирования (МПФ):

1. Базовую. Судно представляется как некоторый обобщенный элемент, работающий во временном интервале (0, Т), определяемом продолжительностью выполнения рейса.

2. Обобщенную. В развернутом виде учитываются основные эксплуатационно-технологические режимы работы порта и судна и стратегия выполнения им рейса.

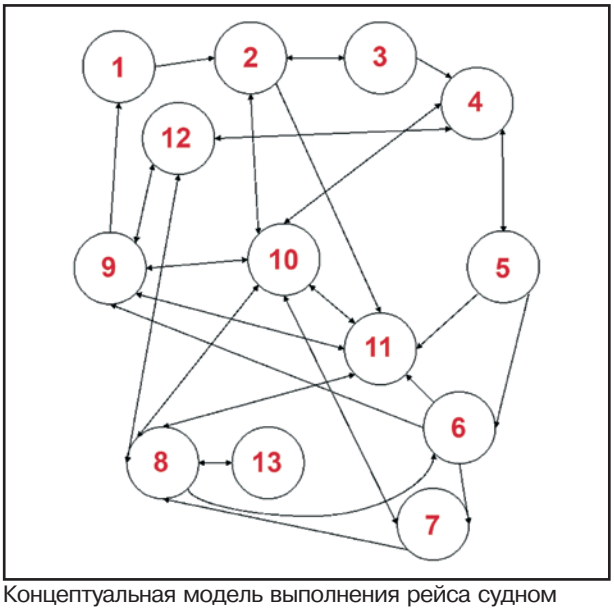
3. Комплексную. Принимается большая детализация обобщенной модели, а также действия обслуживающего персонала, негативные воздействия и т.д. (рис.)

Опишем процесс выполнения судном рейса на основе введенных обозначений.

Пусть в исходном состоянии судно находится «в режиме ожидания». В момент поступления рейсового задания судно переходит в режим «подготовки к рейсу», далее в режим «инспектирования», в котором осуществляется проверка судна со стороны контролирующих органов.

Если по результатам осмотра выясняется, что подготовка к рейсу проведена некачественно, то судно возвращается в одноименный режим. В случае положительного заключения по итогам проверки судно переходит в режим «погрузки».

Затем в ходе рейса при такой нештатной ситуации (сбой, последствия аварии), когда силами экипажа невозможно устранить возникшие неисправности, или при необходимости следовать в порт-укрытие и т.п., то судно переходит в режим «внешних воздействий», подвергается влиянию негативных факторов.



Концептуальная модель выполнения рейса судном река–море плавания. Режимы: 1 – ожидания рейсового задания; 2 – подготовки к рейсу; 3 – инспектирования; 4 – погрузки; 5 – получения снабжения; 6 –работы комиссии по оформлению документов при отходе или приходе; 7 – готовности судна река–море плавания к выполнению рейса; 8 –выполнения рейса; 9 – выгрузки; 10 – восстановления; 11 – простоя; 12 – внешних воздействий; 13 – потерь (сбой, последствия аварии, которые не могут быть устранены силами экипажа, заход в порт-укрытие)

По окончании рейса, по прибытии в пункт назначения судно переходит в режим «работы комиссии по оформлению документов при отходе или приходе» и далее в режим «выгрузка». По завершении выгрузки судно переходит в режим «ожидания рейсового задания».

Переход в режим «простоя» возможен в тех случаях, когда по разным причинам нельзя продолжать текущий режим или переходить из завершенного режима в следующий, например:

– судно успешно прошло инспектирование, а порт не готов начать погрузку;

– после надлежащего оформления отхода требуется ожидание лоцмана для проводки на выход в море,

– в ходе рейса требуется ожидание освобождения лимитирующего участка.

Поскольку и судно, и береговые службы не являются абсолютно надежными системами, в процессе их функционирования могут возникать отказы. В рейсе они появляются у обоих элементов. Но со стороны береговых служб отказы для судна могут возникать в режимах «погрузка» и «выгрузка», а у самого судна – в режиме «подготовка к рейсу». Для устранения недочетов в описываемой модели предусмотрен режим «восстановления».

Поскольку режимы «снабжения», «работы комиссии…», «внешних воздействий» и «потерь» являются переходными, вероятное появление сбоев в них на общее течение процесса не повлияет, и в модели не учитывается.

В заключение важно отметить, что представленная комплексная МПФ судна река–море плавания позволяет вводить дополнительные (специфические) режимы и состояния, учитывать особенности рейса и получать количественную оценку показателей процессов функционирования судна при его выполнении.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)

ТЕМА: Анализ причин аварийности на канале имени Москвы

АВТОР: О.В. БИРЮКОВА, аспирант, кафедра «Управление судном»

Водный транспорт по праву считается самым безопасным видом коммуникаций. Однако не снижающееся количество аварий требует постоянного анализа статистических данных и совершенствования системы управления движением судов.

Как показало сопоставление транспортных систем России и развитых стран, базовым недостатком отечественной отрасли является отсутствие именно научно обоснованного подхода к изучению причин чрезвычайных ситуаций, а также регулируемой государством отлаженной схемы прогнозирования (и минимизации) рисков их возникновения. Кроме того на современном этапе в нашей стране большая часть технических средств водного транспорта эксплуатируется за пределами нормативного срока службы, поэтому показатели безопасности и экономической эффективности их функционирования только уменьшаются [8].

Изучению вопроса безопасности судоходства посвящено много трудов отечественных и зарубежных ученых. В частности Ф.М. Кацман, А.А. Ершов [1], В.И. Зайков, М.А. Колосов и A.K. Debnath [2] важнейшей проблемой считают отсутствие надлежащей государственной поддержки воднотранспортных предприятий. По мнению В.В. Шутова, О.К. Митракова [3], Ф.Дж. Кукуи [4], Д.А. Скороходова [5], C. Hetherington, R. Flin и K. Mearns [6], главную роль играет «человеческий фактор». А.А. Журкина, А.А. Евстратова и И.В. Калашникова [7] акцентируют внимание на неудовлетворительном (моральном и физическом) состоянии основных производственных фондов.

Примечательно, что проблему безопасности судоходства пока не удается решить полностью. Однако продвигаться в правильном направлении позволяют важные мероприятия, в том числе [5, 10]:

– усиление государственного надзора за соблюдением исполнения требований соответствующих нормативных документов;

– осуществление постоянных проверок знаний, умений, навыков и компетенций плавсостава;

– создание и улучшение систем мониторинга движения судов;

– реализация комплексной тренажерной подготовки судоводителей;

– совершенствование средств навигационного оборудования внутренних водных путей.

Более того, с распространением спутниковой навигации, электронной картографии и компьютерных технологий появились принципиально новые возможности снижать вероятность возникновения аварий.

При этом в мировой практике немалую долю чрезвычайных происшествий закономерно связывают именно с неправильной эксплуатацией флота, а не однозначно с «человеческим фактором».

Рассмотрим результаты проведенного автором статьи анализа аварийных ситуаций, зафиксированных, в частности в зоне ответственности ФГБУ «Канал имени Москвы» (сведения предоставлены учреждением) в 2001-2015 годах.

Как видно из рис. 1 и 2, отражающих распределения транспортных происшествий по видам, за последние 15 лет чаще всего (30% общего количества) отмечались удары судов, их навалы на гидротехнические сооружения (ГТС, 28%), а также посадки на мель (27%).

Последний факт логично объяснять не только безусловной виной членов экипажа, несших вахту, но и нередко целенаправленными действиями во избежание более тяжких последствий аварии, для спасения людей, грузов и самих судов (рис. 3).

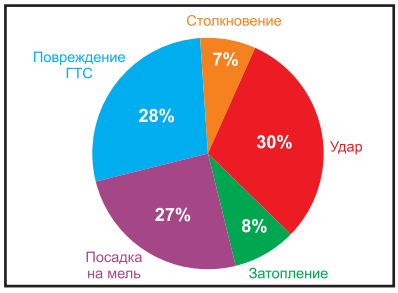


Рис. 1. Виды транспортных происшествий, произошедших на канале имени Москвы в 2001-2015 годах

Рис. 2. Распределение по видам транспортных происшествий, зафиксированных в 2010-2015 годах

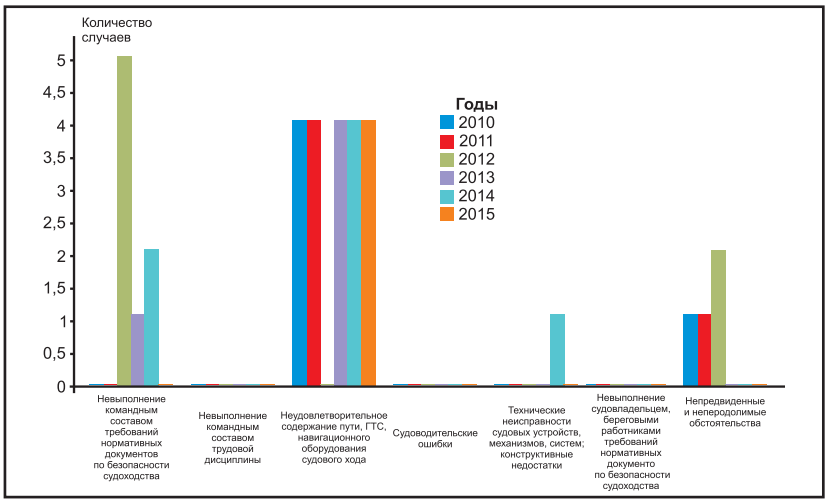


Рис. 3. Причины посадок судов на мель в 2010-2015 годах

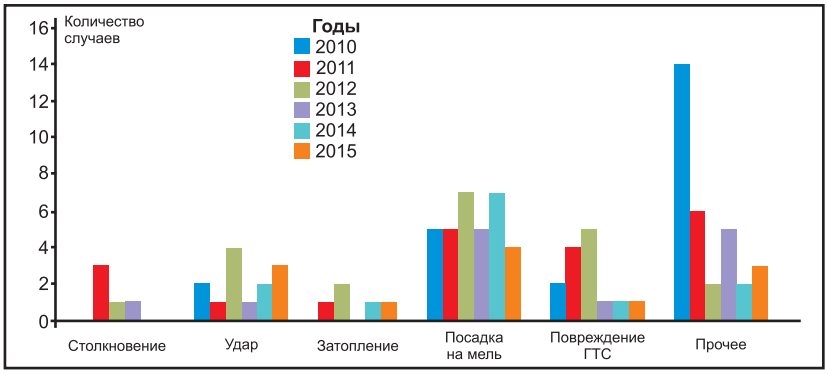


Рис. 4. Причины аварий на канале имени Москвы в 2010-2015 годах

Из рис. 4 следует, что основными причинами аварий в 2001-2015 годах стали ошибки судоводителей (39%), непредвиденные обстоятельства (18%) – стихийные и техногенные бедствия, наступление которых невозможно было спрогнозировать, и заблаговременно выполнить действия по обеспечению безопасности плавания, а также неисправности бортовых устройств и конструктивные недостатки судов (17%).

В заключение важно отметить, что вопрос повышения безопасности судоходства приобретает еще большую актуальность в связи с реализацией мер, предусмотренных Стратегией развития внутреннего водного транспорта России до 2030 года (утверждена распоряжением правительства РФ от 29.02. 2010 г. № 327-р), направленных на снижение аварийности на внутренних водных путях.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:
1. Кацман Ф.М., Ершов А.А. Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства // Транспорт РФ. – СПб: ООО «Т-Пресса», 2006. – № 5(5). – С.82-84. **2.** Debnath A.K. Traffic-conflict-based modeling of collision risk in port waters. For the degree of doctor of philosophy department of civil engineering. – National University of Singapore, 2009. **3.** Митракова О.К. Профессионально важные качества личности судоводителя по данным экспертной оценки//Научные труды ДГТРБУ, 2007. – № 19. – С.423-431. **4.** Кукуи Ф.Дж., Скороходов Д.А. К вопросу об обеспечении безопасности судна судоводителем//Наука и транспорт, 2012. – № 2. – С.30-33. **5.** Скороходов Д.А., Борисова Л.Ф., Борисов З.Д. Принципы и категории обеспечения безопасности мореплавания//Вестник МГТУ, 2010. – Т. 13, № 4/1. – С.719-729. **6.** Hetherington C., Flin R., Mearns K. Safety in shipping: The human element//Journal of Safety Research, 2006. – № 37. – P. 401-411. **7.** Евстратова А.А., Калашникова И.В. Обновление основных производственных фондов предприятий внутреннего водного транспорта // Вестник ТОГУ, 2009. – № 1(12). – С.75-78. **8.** Транспортная стратегия России до 2030 г. [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.mintrans.ru. **9.** Джунусова Д.Н. Морское право (учебное пособие). – Астрахань: «КноРус», 2016. **10.** Авраменко Д.В., Касаткин И.П. Причины аварийности морских судов и повышение безопасности мореплавания// Сборник докладов 59-й межд. молод. научн.-техн. конф. «Молодежь-Наука-Инновации» (23-25 ноября 2011 г.) – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. – Т. 1.

УЧРЕЖДЕНИЕ: **Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова)**

ТЕМА: **Особенности технико-экономического анализа (ТЭА) судовых электроэнергетических систем (СЭЭС) с мощными преобразовательными устройствами (МПУ)**

АВТОРЫ: **В.М. ПРИХОДЬКО, к.т.н., профессор, зам. заведующего кафедрой «Судовые энергетические установки, технические средства и технологии»; И.В. ПРИХОДЬКО, старший преподаватель кафедры «Экономика водного транспорта»**

Нерациональное расходование электроэнергии для любой отрасли имеет негативные последствия. В частности на водном транспорте это оборачивается снижением эффективности функционирования электрического и электронного оборудования, электростанций, полупроводниковых статических преобразователей (постоянного напряжения, частоты; инверторов, неуправляемых и управляемых выпрямителей) [1-3].

Используемые на флоте автоматизированные СЭЭС, содержащие мощные вентильные преобразователи, характеризуются резко переменными, импульсными, несимметричными и несинусоидальными режимами работы, вызывающими отклонения показателей качества (ПК) электрической энергии (ЭЭ) от нормативов, установленных российскими морским и речным регистрами [1-5]. Более того, возникающие нагрузки объективно усложняют задачи компенсации перетоков ЭЭ и обменных процессов, поскольку традиционные способы компенсации не всегда применимы на судах [11, 12].

Ухудшение качества ЭЭ отрицательно влияет на эксплуатационные характеристики ее судовых потребителей [6-8]; уменьшается надежность электроснабжения, электро- и пожаробезопасность, а также увеличиваются потери ЭЭ, повышается вероятность отказов (даже выхода из строя) некоторых типов бортового электрического и электронного оборудования, информационно-измерительных и управленческих систем, телемеханики и связи [9, 10].

Для улучшения ПК ЭЭ, оптимизации энергопотребления в нелинейных системах электроснабжения на флоте требуются технические решения, приемлемость которых подтверждена по итогам комплексного ТЭА.

Исходными данными для такого исследования являются структура, состав и характеристики СЭЭС, отражающие качество ЭЭ и процессы энергообмена в ней. Для существующей системы все необходимые параметры определяются путем измерений физических величин, для проектируемой – по результатам моделирования энергетических процессов с учетом специфики работы всех судовых потребителей.

ТЭА СЭЭС с МПУ включает следующие основные этапы:

– количественная и качественная оценка энергопотребления и качества ЭЭ;

– определение экономического ущерба в системе из-за отклонений показателей качества ЭЭ и неоптимального энергопотребления;

– выбор комплекса технических мероприятий по улучшению энергопотребления и компенсации искажений сетевого напряжения;

– оценка эффективности принятого варианта.

Рассмотрим подробно каждую стадию.

Количественная и качественная оценка энергопотребления и отклонений ПК ЭЭ базируется на результатах контрольных замеров физических величин на зажимах судовых потребителей, источников питания и выбранных сечений системы.

Оценка энергопотребления обычно производится на основе показаний счетчиков ЭЭ. Однако для СЭЭС с несинусоидальными судовыми напряжениями и токами снимаемой с обычных счетчиков активной и реактивной энергии информации порой недостаточно для анализа реальных процессов энергопотребления на флоте. Поэтому актуальной представляется разработка счетчиков судового исполнения, построенных принципиально иначе – фиксирующих энергии обмена Wоб и накопления Wн, чтобы наиболее полно характеризовать СЭЭС с точки зрения оптимальности процессов передачи и потребления ЭЭ на судах различного назначения [2, 12].

Экономическая эффективность функционирования СЭЭС определяется с учетом баланса энергии в ней; и для систем с мощными бортовыми преобразователями целесообразно его составлять последовательно на каждом интервале периода работы, соответствующем энергетически неизменному состоянию (ЭНС) системы. При этом ЭНС свойственны неизменность потоков энергии и интервалы постоянства структуры.

Расчет баланса энергии посредством выделения ЭНС позволяет учесть физические процессы, связанные с преобразованием на протяжении периода части энергии, накопленной в электромагнитном поле, в другие виды [5, 8, 12].

По результатам измерений ПК ЭЭ на основе топологии и состава СЭЭС выявляются причины возникновения искажений в питающей судовой сети и типы нагрузок, на которые могут оказать влияние эти искажения. Затем вычисляется экономический ущерб.

Ущерб из-за снижения качества ЭЭ обусловливается следующими факторами:

– отклонениями частоты питающего судового напряжения (Δf);

– колебаниями частоты (δf);

– отклонениями судового напряжения (U);

– колебаниями судового напряжения (δU);

– несимметричностью и неуравновешенностью судового напряжения (оцениваются соответствующими коэффициентами ε_2 и ε_0);

– несинусоидальностью судового напряжения (характеризуется коэффициентом $K_{нс}$).

В реальных условиях эксплуатации они практически все могут быть вызваны наличием МПУ в СЭЭС, и обязательно должны приниматься во внимание, когда рассчитываются суммарные потери.

Предельно допустимые ПК ЭЭ нормированы государственным стандартом (ГОСТ 13109-67), регламентированы правилами российских морского и речного регистров; выбираются исходя из технико-экономических соображений.

При определении экономического ущерба в первую очередь следует оперировать теми отклонениями ПК ЭЭ, которые превышают предельные значения. А для повышения точности оценки потерь полезно учитывать отклонения, находящиеся в допустимых границах.

Окончательное решение принимается по итогам анализа состава судовых потребителей СЭЭС с МПУ морского исполнения.

На флоте ухудшение экономических показателей функционирования СЭЭС из-за отклонений ПК ЭЭ обусловлено:

– увеличением потребления активной и реактивной мощностей, ростом потерь первой из них;

– уменьшением срока службы судовых электроустановок, производительности электротехнологического оборудования, значения коэффициента мощности системы;

– повышением себестоимости строящихся и ремонтируемых судов;

– ограничением области применения конденсаторных батарей;

– возникновением побочных эффектов.

Конкретное проявление ущерба зависит от вида искажений в питающей судовой сети и состава потребителей. Важно отметить, что для определенных типов последних отклонения ПК ЭЭ могут улучшать их отдельные технико-экономические характеристики.

В соответствии с характером воздействия отклонений ПК ЭЭ на

судовое электротехническое оборудование, различают электромагнитную, технологическую и социальную составляющие ущерба.

Два первых элемента могут быть оценены экономически, третий элемент – опосредованно, поскольку он отражает воздействие электроэнергии низкого качества на экипаж.

Электромагнитная составляющая определяется в основном изменением потерь активной мощности и соответствующими изменениями срока службы изоляции бортового электрооборудования.

Технологическая составляющая характеризует влияние качества электроэнергии на производительность судовых технологических установок, электротехнических комплексов и себестоимость строящегося, эксплуатирующегося и ремонтируемого флота.

Для СЭЭС с МПУ важно особо выделять ущерб, связанный с нерациональным энергопотреблением. Он возникает вследствие несинусоидальности напряжения и тока, проявляется в снижении коэффициента мощности или ограничении применения (в ряде случаев) статических компенсаторов морского исполнения.

При расчете численных значений экономических потерь обычно используют методики и эмпирические выражения, полученные на основе статистических данных и экспериментальных исследований [13, 14]. Например, ущерб от недокомпенсации реактивной мощности определяется с помощью удельного коэффициента потерь, обусловленных снижением коэффициента мощности при несинусоидальности напряжения [14].

Однако известные принципы не обладают достаточной системностью, не в полной мере учитывают специфику работы судовых МПУ. Поэтому для проведения практических расчетов экономического ущерба в СЭЭС с МПУ требуется создание единого подхода к оценке таких систем, к сбору и обработке статистического материала.

Величина потерь, их причины и структура являются исходными данными при формировании технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования СЭЭС.

Если ущерб обусловлен влиянием ЭЭ низкого качества на судовое электротехническое и технологическое оборудование, то технические мероприятия должны быть ориентированы прежде всего на снижение этого влияния за счет улучшения качества ЭЭ. Только потом решается задача оптимизации энергопотребления в СЭЭС, которая в данном случае сводится к компенсации реактивной составляющей тока: $I_p(I_p \to 0)$ [4, 11].

А когда ущерб в СЭЭС с МПУ (выпрямителями, тиристорными преобразователями, инверторами, преобразователями частоты) обусловлен преимущественно неоптимальным энергопотреблением, проект модернизации должен преследовать цель повышения коэффициента мощности системы (при наличии в ней нелинейных искажений).

Улучшение процессов энергопотребления может производиться за счет компенсации отдельных составляющих реактивного тока: ($I_{pi} \to 0$, i=1..n), обеспечения минимального действующего значения тока судовых генераторов: $(\sum_{i=1}^{m} I_{ri} \to \min)$, оптимизации величин мощностей обмена и накопления в системе: ($W_{обм}$, $W_н \to opt$).

Если принятие однозначного решения затруднительно, то необходимо рассматривать альтернативные варианты и выполнять их сравнительную оценку. Но для этого требуется знать обобщенные показатели [15]: К – капитальные вложения для создания технических средств; И – ежегодные издержки для обеспечения их функционирования; W – потребительский эффект, который характеризует уменьшение величины ущерба (У) благодаря улучшению ПК ЭЭ и параметров энергопотребления (ЭП):

$$W_i = У_i(ПКЭ, ЭП) - У_i(ПКЭ_{opt}, ЭП_{opt}). \quad (1)$$

В общем случае приемлемое техническое решение должно соответствовать такому критерию:

$$P_i = opt(\min(З_1, ...З_к), \max(W_1, ...W_к)), \quad (2)$$

где $З_i = К_i + И_i * Т$, где Т – планируемый срок эксплуатации.

Решение задачи выбора конкретного варианта, отвечающего условию (2), может быть получено только с применением методов скалярной или векторной оптимизации.

ТЭА нелинейных СЭЭС с МПУ (неуправляемыми и управляемыми выпрямителями, инверторами, полупроводниковыми преобразователями частоты, тиристорными преобразователями постоянного напряжения) позволит принять оптимальное решение, направленное на улучшение энергопотребления и качества ЭЭ на флоте.

Сложность проводимых аналитических расчетов, значительный объем необходимой информации требуют разработки алгоритмических средств ТЭА, создания банка данных, характеризующегося «полнотой» сведений.

Как показали выполненные теоретические и экспериментальные исследования, для решения проблемы компенсации реактивной мощности в СЭЭС целесообразно использовать оригинальный статический полупроводниковый (транзисторный вместо тиристорного) компенсатор реактивной мощности дискретного типа [4, 11].

Среди направлений дальнейшего развития СЭЭС на флоте наиболее актуальным представляется создание микропроцессорных устройств автоматического управления режимами работы, поиска неисправностей, а также быстродействующей защиты от аварий с локализацией неисправных участков судовых электротехнических комплексов. При этом разрабатываемые технические и технологические решения по ресурсо- и энергосбережению должны быть адаптированы к отечественному электрическому, электронному и технологическому оборудованию на флоте.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Резонансные явления в электроэнергетических системах с полупроводниковыми преобразователями при питании судов с берега / Приходько В.М., Ивлев М.Л., Приходько И.В. // Журнал университета водных коммуникаций. – СПб: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2013. – Вып. III (XIX). – С. 28-34. **2.** Приходько В.М. Проектирование судовых электроприводов переменного тока с преобразователями частоты. – СПб: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2013. – 94 с. **3.** Приходько В.М., Широков Н.В. Элементы и функциональные устройства судовой автоматики. – СПб: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2013. – 138 с. **4.** Приходько В.М. Интенсификация комплексных испытаний судового электрооборудования по энергосберегающей технологии в судостроении и судоремонте (научная монография). – СПб: СПГУВК, 2013. – 244 с. **5.** Приходько В.М. Судовые полупроводниковые выпрямители. – СПб: СПГУВК, 2009. – 219 с. **6.** Приходько В.М. Методы и технические средства комплексных испытаний элементов судовых электроэнергетических систем в судостроении и судоремонте (научная монография). – СПб: ИПЦ СПГУВК, 2005. – 348 с. **7.** Приходько В.М. Повышение электропожаробезопасности при электроснабжении судов от береговых сетей. – СПб: СПГУВК, 2009. – 218 с. **8.** В.М. Приходько. Судовые силовые полупроводниковые устройства. –СПб:

СПГУВК, 2003. – 172 с. **9.** Переносное устройство формирования динамической нагрузки для испытаний судовых дизель-генераторов / В.М. Приходько // Речной транспорт, 2000. – № 4. – С. 33-40. **10.** Установка для диагностики изоляции судовых асинхронных двигателей / В. Приходько // Речной транспорт, 1999. – № 3. – С. 26-29. **11.** Эффективность компенсатора реактивной мощности дискретного типа / Приходько В.М., Ивлев М.Л., Приходько И.В. // Журнал университета водных коммуникаций. – СПб: СПГУВК, 2012. – Вып. III (XV). – С. 68-75. **12.** Тонкаль В.Е., Жуйков В.Я., Денисюк С.П. Энергетические показатели систем с преобразователями. – К., 1987. – 54 с. (Препринт/ АН УССР. Ин-т электродинамики, № 539). **13.** Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях (2-е изд., перераб. и доп.). – М: Энероатомиздат, 1986. – 168 с. **14.** Жежеленко И.В., Шиманский О.Б. Электромагнитные помехи в системах электроснабжения промышленных предприятий. – К: Вища школа, 1986. – 119 с. **15.** Гук Ю.Б., Долгов П.П., Окороков В.Р. и др. Комплексный анализ эффективности технических решений в энергетике (под ред. В.Р. Окорокова и Д.С. Щавелева). – Л: Энергоатомиздат, 1985. – 176 с.

АННОТАЦИИ

О виброизоляции на судах / Барановский А.М., Ришко Ю.И., Федосеева М.А.// Речной транспорт (XXI век).2016. – № 3 (79) – с. 42-45.

Рассматривается явление вибрации дизелей, вызванное силами инерции шатунов. С помощью метода конечных элементов изучаются свойства упругих муфт валопроводов с двумя шинными оболочками.

Ключевые слова: дизель, вибрация, подвеска, муфта.

Контактная информация:

Научные подходы к обоснованию системы организации «северного завоза» / Бунеев В.М., Седунова М.В. // Речной транспорт (XXI век).2016. – № 3 (79) – с. 45-47.

Рассматриваются научные подходы к обоснованию системы организации, а также методические принципы завоза грузов в районы Заполярья, Крайнего Севера и приравненные к ним местности.

Ключевые слова: «северный завоз», научные подходы, методические принципы, доставка грузов.

Контактная информация:

Оценка наведенных импульсных помех во вторичных цепях тяговых подстанций при различных режимах первичной цепи / Палагушкин Б.В., Демин Ю.В., Алаев Е.Г., Палагушкин А.Б., Кузнецов А.Ю., Плотников Д.Н., Садовская Л.В. // Речной транспорт (XXI век).2016. – № 3 (79) – с. 47-49.

Проводятся анализ и оценка наведенных импульсных помех во вторичных цепях при различных режимах работы первичной сети.

Ключевые слова: вторичные цепи тяговых подстанций, наведенные импульсные помехи.

Контактная информация:

Исследование влияния сферических частиц, распределенных в вязкопластичной жидкости, на предельное напряжение сдвига / Сухарев И.С. // Речной транспорт (XXI век).2016. – № 3 (79) – с. 49-52.

Рассматривается проблема гидротранспорта вязкопластичных жидкостей. Определяется зависимость снижения предельного напряжения сдвига их смесей со сферическими частицами от относительного диаметра и концентрации последних.

Ключевые слова: земснаряд, вязкопластичная жидкость, двухфазные смеси, сферические частицы, предельное напряжение сдвига.

Контактная информация: is.sukharev@gmail.com

О принципе автоматизации спасательной операции при скоротечной аварии судна / Этин В.Л., Лобастов В.П., Поселенов Е.Н., Валяев А.В. // Речной транспорт (XXI век).2016. – № 3 (79) – с. 52-55.

Описывается авторская система компьютеризованной поддержки проведения спасательной операции при борьбе за живучесть судна, направленная на снижение негативного влияния «человеческого фактора» и повышение эффективности применения спасательных средств за счет оперативности принятия решений.

Ключевые слова: скоротечная авария, компьютеризованная система поддержки принятия решений, борьба за живучесть судна.

Контактная информация: etinv@yandex.ru, vplobastov@ya.ru, epos@vgavt-nn.ru, wav-dk@mail.ru

Особенности создания и анализа моделей обработки грузов в рефрижераторных контейнерах / Павлова Л.А., Соколов С.С.// Речной транспорт (XXI век).2016. – № 3 (79) – с. 55-57.

Контейнерный терминал (с условно функциональными секциями и определенным коэффициентом заполнения, на который поступает нерегулярный неоднородный поток судов с результирующей интенсивностью) рассматривается как система массового обслуживания разомкнутого многоканального типа.

Ключевые слова: система массового обслуживания, пуассоновский поток, контейнерный терминал, хранение и обработка контейнерных грузов, вероятностные модели.

Контактная информация: pavlovala@gumrf.ru, sokolovss@gumrf.ru

Комплексная модель процессов функционирования судна река–море плавания / Якубович Е.С. // Речной транспорт (XXI век).2016. – № 3 (79) – с. 57-58.

Рассматривается комплексная модель процессов функционирования судна река–море плавания при выполнении рейса.

Ключевые слова: комплексная модель, оценивание, процессы функционирования, судно река–море плавания, рейс, случайные процессы.

Контактная информация: egorsergeevich@mail.ru

Анализ причин аварийности на канале имени Москвы / Бирюкова О.В. // Речной транспорт (XXI век).2016. – № 3 (79) – с. 58-59.

Приводятся результаты исследования причин аварийных случаев, произошедших с речными судами на канале имени Москвы в 2001-2015 годах.

Ключевые слова: речной флот, внутренние водные пути, транспортные происшествия.

Контактная информация: olga260892@bk.ru

Особенности технико-экономического анализа судовых электроэнергетических систем с мощными преобразовательными устройствами / Приходько В.М., Приходько И.В. // Речной транспорт (XXI век). 2016. – № 3 (79) – с. 59-62.

Рассматриваются особенности проведения технико-экономического анализа нелинейных бортовых электроэнергетических систем с мощными полупроводниковыми преобразовательными устройствами для обеспечения электроэнергии надлежащего качества на флоте.

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии, энергетически неизменное состояние, ущерб, преобразовательные устройства.

Контактная информация: prihodki-3@yandex.ru

ANNOTATIONS

About vibration isolation on ships / Baranovskiy A., Rishko Y., Fedoseeva M. // River transport (XXIst century).2016. – № 3 (79) – p. 42-45.

Analyses the effect of diesel's vibration influences by inertial forces of the rods. Researches the features of taut clutches of shaftings with two tire covers based on the method of finite elements.

Key words: diesel, vibration, suspension, clutch.

Contacts:

Science approaches to substantiate the system of organizing «northern delivery» / V. Buneev, M. Sedunova // River transport (XXIst century).2016. – № 3 (79) – p. 45-47.

Describes science approaches to substantiate the system of organizing and methodological principles of cargo delivery to the polar region, Far North and equivalent areas.

Key words: «northern delivery», science approaches, methodological principles, cargo delivery.

Contacts:

The analysis of induced impulse noises in the secondary circuits of traction substations for different modes of operation in the primary circuit / B. Palagushkin, , Y. Demin, E. Alaev, A. Palagushkin, A. Kuznetsov, D. Plotnikov, L. Sadovskaya // River transport (XXIst century).2016. - № 3 (79) – p. 47-49.

Analyses and estimates induced impulse noises in the secondary circuits of traction substations for different modes of operation in the primary circuit.

Key words: secondary circuits of traction substations, induced impulse noises.

Contacts:

The research of Bingham plastic fluid spherical particles' influence on yield stress/ I. Sukharev // River transport (XXIst century).2016. – № 3 (79) – p. 49-52.

Describes the problem of viscoplastic fluids' hydraulic transport. Researches the function of yield stress and the mixture's spherical particles' relative diameter and concentration.

Key words: dredger, viscoplastic fluid, two-phase mixture, spherical particles, yield stress.

Contacts: is.sukharev@gmail.com

About the principle of automation of rescue operation during ship's transient accident / V. Etin, V. Lobastov, E. Poselenov, A. Valyaev// River transport (XXIst century).2016. – № 3 (79) – p. 52-55.

Describes the authors' computerized system for support rescue operation during the struggle for survivability of a vessel, which provides decreasing negative influence of «human factor» and increases effectiveness of using rescue facilities due to operability of decision making.

Key words: transient accident, computerized system for decision support, the struggle for survivability of a vessel.

Contacts: etinv@yandex.ru, vplobastov@ya.ru, epos@vgavt-nn.ru, wav-dk@mail.ru

The features of creation and analysis of models of proceccing cargo in refrigerated containers / L. Pavlova, S. Sokolov// River transport (XXIst century).2016. – № 3 (79) – p. 55-57.

Container terminal (with relative functional sections and defined coefficient of complete, irregular dissimilar traffic of ships with output intensity) analyses as an open multi-channel type queueing system.

Key words: queueing system, poisson flow, container terminal, storage and proceccing of cargo in containers, probabilistic models.

Contacts: pavlovala@gumrf.ru, sokolovss@gumrf.ru

The comprehensive model of river–sea navigation ship's functioning processes / E. Yakubovich // River transport (XXIst century).2016. – № 3 (79) – p. 57-58.

Describes the comprehensive model of river-sea navigation ship's functioning processes during the voyage.

Key words: comprehensive model, assessment, processes of functioning, river-sea navigation ship, voyage, accidental processes.

Contacts: egorsergeevich@mail.ru

The analysis of accidents' reasons on the channel named after Moscow / O. Biryukova // River transport (XXIst century).2016. – № 3 (79) – p. 58-59.

Describes the research results of accidents' reasons of river ships on the channel named after Moscow in 2001-2015.

Key words: river fleet, inland water ways, transport accidents.

Contacts: olga260892@bk.ru

The features of feasibility study of ship's electricity systems with powerful converter devices / V. Prihod'ko, I. Prohod'ko// River transport (XXIst century).2016. – № 3 (79) – p. 59-62.

Describes the features of performing feasibility study of ship's nonlinear electricity systems with powerful converter devices to provide proper quality of electric energy in the fleet.

Key words: electricity quality parameters, energy steady state, damage, converter devices.

Contacts: prihodki-3@yandex.ru