

НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

МГАВТ

60

А.А. Коньков. **Использование общего уравнения поля при моделировании процессов массообмена при обтекании тела потоком вязкой жидкости**

61

В.Д. Левый. **Тарифы на погрузочно-разгрузочные работы и основные факторы, определяющие их размер в морских и речных портах**

65

Н.Г. Синявский. **О системе показателей для генерирования направлений развития бизнеса на водном транспорте**

ВГАВТ

69

В.А. Лобанов. **Использование САЕ-систем при оценках ледовых качеств судов**

НГАВТ

77

С.В. Титов. **Исследование возможностей улучшения экологических характеристик судовых дизелей, находящихся в эксплуатации, посредством использования присадок к воздуху и топливу**

РосНТОВТ

81

В.Г. Абросимов, С.В. Преснов, А.И. Пырков, С.С. Ремизов. **Метод испытаний на**

89 АННОТАЦИИ



цикловую прочность при программном неизотермическом нагружении

84

В.Г. Абросимов, Д.Э. Бессмертный, А.И. Пырков, А.И. Лукин, А.М. Тимофеев. **Оценка методики возможности испытания образцов вместо натуральных испытаний**

ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова

86

Ю.В. Придатко. **Особенности оказания круинговых услуг для судоходных компаний, осуществляющих морские перевозки нефти и нефтепродуктов, газа и химических веществ**

УЧРЕЖДЕНИЕ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)

ТЕМА: Использование общего уравнения поля при моделировании процессов массообмена при обтекании тела потоком вязкой жидкости

АВТОР: А.А. КОНЬКОВ, профессор, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой «Теоретическая механика»

В работе [1] показано, что методика расчета процессов массообмена в кильватерном следе [2], в основу которой положено уравнение Навье-Стокса, не может дать результата, адекватного реальному течению. Вместе с тем при определении параметров течения вязкой жидкости вблизи поверхности твердого тела обычно используют теорию пограничного слоя, также базирующуюся на уравнении Навье-Стокса.

При построении этой теории Прандтль исходит из того, что давление поперек пограничного слоя меняется несущественно и для его вычисления можно использовать закон Бернулли, записанный для скорости внешнего потока. Следовательно, при расчете давления в прилегающем к твердому телу слое жидкости вихревые движения не учитываются.

Вместе с тем, необходимо иметь в виду, что поверхность твердого тела содержит микровпадины. Их обтекание будет сопровождаться возникновением отрывных течений [3], которые можно рассматривать как источник квазипериодических пульсаций жидкости. Они будут являться причиной возмущений потока, обтекающего поверхность, и порождать вихри, распространяющиеся по потоку. Поэтому для описания жидкости вблизи твердого тела целесообразно воспользоваться общим уравнением поля и, согласно [4], записать:

$$\frac{\partial^2 \vec{V}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{V}}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \vec{V}}{\partial t^2} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial \vec{V}}{\partial t},$$

где $x = \frac{x_*}{a}$, $y = \frac{y_*}{a}$, $t = \frac{c_1}{a} t_*$, $\vec{V} = \frac{\vec{V}_*}{V_0}$ – безразмерные координаты, время и скорость жидкости;
 x_* , y_* , t_* , \vec{V}_* – продольная и поперечная координаты, время и скорость жидкости в общепринятых единицах;
 a – продольный масштаб;
 V_0 – скорость набегающего потока.
 $\frac{1}{\gamma} = \frac{ac_1}{c_2^2}$, где c_1 – скорость распространения возмущений; c_2^2 – коэффициент, определяющий затухание возмущений.

Начальные условия:

$$V_x(t=0) = f_1(x, y), \quad \frac{\partial V_x}{\partial t} \Big|_{t=0} = f_2(x, y),$$

$$V_y(t=0) = g_1(x, y), \quad \frac{\partial V_y}{\partial t} \Big|_{t=0} = g_2(x, y).$$

Граничные условия:

$$V_x(x, 0, t) = 1 \text{ при } x < 0, \quad V_y(x, 0, t) = 0 \text{ при } x < 0$$

$$V_x(x, 0, t) = \varphi_1(x, t) \text{ при } x \geq 0, \quad V_y(x, 0, t) = \varphi_2(x, t) \text{ при } x \geq 0$$

$$V_x(x, \infty, t) = 1 \text{ при } -\infty < x < \infty, \quad V_y(x, \infty, t) = 0 \text{ при } -\infty < x < \infty$$

Поскольку $\vec{V} = V_x(x, y, t)\vec{i} + V_y(x, y, t)\vec{j}$,

то задача распадается на две.

1. Найти $V_x(x, y, t)$, удовлетворяющую уравнению:

$$\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 V_x}{\partial t^2} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial V_x}{\partial t},$$

начальным условиям:

$$V_x(t=0) = f_1(x, y), \quad \frac{\partial V_x}{\partial t} \Big|_{t=0} = f_2(x, y),$$

граничным условиям:

$$V_x(x, 0, t) = 1 \text{ при } x < 0,$$

$$V_x(x, 0, t) = \varphi_1(x, t) \text{ при } x \geq 0,$$

$$V_x(x, \infty, t) = 1 \text{ при } -\infty < x < \infty.$$

2. Определить $V_y(x, y, t)$, удовлетворяющую уравнению:

$$\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 V_y}{\partial t^2} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial V_y}{\partial t},$$

начальным условиям:

$$V_y(t=0) = g_1(x, y), \quad \frac{\partial V_y}{\partial t} \Big|_{t=0} = g_2(x, y),$$

граничным условиям:

$$V_y(x, 0, t) = 0 \text{ при } x < 0,$$

$$V_y(x, 0, t) = \varphi_2(x, t) \text{ при } x \geq 0,$$

$$V_y(x, \infty, t) = 0 \text{ при } -\infty < x < \infty.$$

Остановимся на решении первой задачи.

Положим: $V_x = u_x + U_x$, где u_x – новая неизвестная функция, отвечающая уравнению:

$$\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} + \Phi_x(x, y, t) = \frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial U_x}{\partial t},$$

и нулевым граничным условиям:

$$u_x(x, 0, t) = 0 \text{ } -\infty < x < \infty,$$

$$u_x(x, \infty, t) = 0 \text{ } -\infty < x < \infty,$$

$$u_x(0, y, t) = 0 \text{ } -\infty < y < \infty,$$

$u_x(\infty, y, t) = 0$ – ограниченная функция для всех y .

Функция U_x удовлетворяет граничному условию:

$$U_x(x, 0, t) = 1 \text{ при } x < 0, \quad U_x(0, y, t) = 1,$$

$$U_x(x, \infty, t) = \varphi_1(x, t) \text{ при } x \geq 0, \quad U_x(\infty, y, t) \text{ – ограниченная функция,}$$

$$U_x(x, \infty, t) = 1 \text{ } -\infty < y < +\infty \text{ для всех } x.$$

$$\Phi_x(x, y, t) = \frac{\partial^2 U_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U_x}{\partial t^2} - \frac{1}{\gamma} \frac{\partial U_x}{\partial t},$$

$\Phi_x(x, \infty, t) = 0$. Здесь $V_x = \begin{cases} 1 & \text{при } x \leq 0 \\ 0 & \text{при } x < 0 \end{cases}$ – функция Хевисайда.

Начальные условия:

$$u_x \Big|_{t=0} + U_x \Big|_{t=0} = f_1(x, y),$$

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} \Big|_{t=0} + \frac{\partial U_x}{\partial t} \Big|_{t=0} = f_2(x, y)$$

или

$$u_x \Big|_{t=0} = f_1(x, y) - U_x \Big|_{t=0} = f_1^*(x, y),$$

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} \Big|_{t=0} = f_2(x, y) - \frac{\partial U}{\partial x} \Big|_{t=0} = f_2^*(x, y).$$

Согласно [5], решением уравнения (1) будет таким:

$$u_x(x, y, t) = \exp\left(-\frac{t}{2\gamma}\right) \frac{\partial}{\partial t} \iint_{\rho \leq t} f_1^*(\xi, \eta) H(x, y, \xi, \eta, t) d\xi d\eta + \\ + \exp\left(-\frac{t}{2\gamma}\right) \iint_{\rho \leq t} \left[f_2^*(\xi, \eta) + \frac{t}{2\gamma} f_1^*(\xi, \eta) \right] H(x, y, \xi, \eta, t) d\xi d\eta + \\ + \int_0^t d\tau \iint_{\rho \leq (t-\tau)} \left[\exp\left(-\frac{1}{2\gamma}(t-\tau)\right) \Phi_x(\xi, \eta, \tau) H(x, y, \xi, \eta, (t-\tau)) \right] d\xi d\eta,$$

$$\text{где } H(x, y, \xi, \eta, t) = \frac{ch\left(\frac{1}{2\gamma}\sqrt{t^2 - \rho^2}\right)}{2\pi\sqrt{t^2 - \rho^2}}, \quad \rho = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}.$$

Первые два слагаемых, содержащих начальные условия, в перспективе только уменьшаются, то есть по прошествии достаточно большого интервала времени их роль будет пренебрежительно мала, поэтому, в конце концов, установится течение, где (1).

Вторая задача может быть решена аналогично. Положим $V_y = u_y + U_y$, где u_y – функция, отвечающая уравнению:

$$\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} + \Phi_y(x, y, t) = \frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial u_y}{\partial t}$$

и нулевым граничным условиям:

$$u_y(x, 0, t) = 0 \quad -\infty < x < +\infty, \\ u_y(x, \infty, t) = 0 \quad -\infty < x < +\infty,$$

$$u_y(0, y, t) = 0 \quad -\infty < y < +\infty, \\ u_y(\infty, y, t) = 0 \quad -\infty < y < +\infty.$$

Функция U_x удовлетворяет граничному условию:

$$U_y(x, 0, t) = 1 \quad \text{при } x < 0, \quad U_y(0, y, t) = 0, \\ U_y(x, 0, t) = \Phi_2(x, t) \quad \text{при } x \geq 0, \quad U_y(\infty, y, t) - \text{ограниченная}$$

функция,

$$U_y(x, \infty, t) = 1 \quad -\infty < x < +\infty \quad \text{для всех } y.$$

$$\Phi_y(x, y, t) = \frac{\partial^2 U_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_y}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U_y}{\partial t^2} - \frac{1}{\gamma} \frac{\partial U_y}{\partial t},$$

$$\Phi_y(x, \infty, t) = 0.$$

Начальные условия:

$$u_y \Big|_{t=0} = g_1(x, y) - U_y \Big|_{t=0} = g_1^*(x, y),$$

$$\frac{\partial u_y}{\partial t} \Big|_{t=0} = g_2(x, y) - \frac{\partial U_y}{\partial t} \Big|_{t=0} = g_2^*(x, y).$$

По истечении достаточно большого интервала времени установится течение, где (2).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Коньков А.А. «Речной транспорт (XXI век)», № 6-2007, с. 69.
2. Исаев С.А., Леонтьев А.И., Кудрявцев И.А., Баранова Т.А., Лысенко Д.А. «Теплофизика высоких температур», т. 43, № 5, с.745, 2005.
3. Чжен П. «Отрывные течения», т. 2, «Мир», М., 1973.
4. Коньков А.А. «Вихревая механика и физическая газодинамика», изд. «Альтаир», М., 2004.
5. Полянин А.Д. «Справочник по линейным уравнениям математической физики», изд. фирма «Физико-математическая литература», М., 2001.

$$u_x(x, y, t) = \int_0^t d\tau \iint_{\rho \leq (t-\tau)} \frac{\exp\left[-\frac{1}{2\gamma}(t-\tau)\right] \Phi_x(\xi, \eta, \tau) ch\left(\frac{1}{2\gamma}\sqrt{(t-\tau)^2 - \rho^2}\right)}{2\pi\sqrt{(t-\tau)^2 - \rho^2}} d\xi d\eta, \quad (1)$$

$$u_y(x, y, t) = \int_0^t d\tau \iint_{\rho \leq (t-\tau)} \left[\exp\left[-\frac{1}{2\gamma}(t-\tau)\right] \Phi_y(\xi, \eta, \tau) \frac{ch\left(\frac{1}{2\gamma}\sqrt{(t-\tau)^2 - \rho^2}\right)}{2\pi\sqrt{(t-\tau)^2 - \rho^2}} \right] d\xi d\eta. \quad (2)$$

УЧРЕЖДЕНИЕ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)

ТЕМА: Тарифы на погрузочно-разгрузочные работы и основные факторы, определяющие их размер в морских и речных портах

АВТОР: В.Д. ЛЕВЫЙ, доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация флота и автоматизированные системы управления на водном транспорте»

Известно, что тарифы на погрузочно-разгрузочные работы (ПРР) в порту, связанные с перевалкой грузов, регулируются государством. Выполняет эту функцию Федеральная служба по тарифам

(ФСТ России) – федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный осуществлять правовое регулирование в сфере государственного регулирования цен, тарифов на товары и услуги в соответствии

с законодательством Российской Федерации.

Следовательно, указанное ведомство устанавливает и утверждает тарифы на услуги в портах и (или) транспортных терминалах. Государственное

регулирование тарифов осуществляется путем определения их предельного уровня. На практике это реализуется приказами ФСТ России по утверждению тарифов на ПРР и связанные с ними услуги. Поскольку государственное регулирование цены относится к императивным нормам, субъекты гражданско-правовых отношений обязаны их применять в любом случае.

По каботажным грузам тарифные ставки на ПРР рассчитываются в рублях на единицу груза, по внешне-торговым – объявляются в долларах США (но российские грузовладельцы производят оплату в национальной валюте по курсу ЦБ РФ).

Многие страны с развитой рыночной экономикой уже прошли этап регулирования верхних пределов цен на услуги и товары первой необходимости, так как необходимость в этом отпала. Подобные рынки полностью насыщены, и существует эффективная конкуренция не только между теми, кто предоставляет услуги и производит товары, но и теми, кто их реализует.

Как правило, в странах Европы морские и речные порты практически не рассматриваются в виде субъектов естественных монополий (СЕМ) и тарифное регулирование портовых услуг со стороны государства там исключено.

В 2010 году ФСТ России сделала пробный шаг по дерегулированию тарифов естественных монополий в российских портах. Приказом от 30 июня 2010 года № 133-т/1 ведомство дало указание не применять ценовое регулирование в отношении некоторых организаций, работающих в морском порту «Большой порт Санкт-Петербург»: «Коммерческий центр, транспорт и лес», «Нева-Металл», «Первая стивидорная компания», «Первый контейнерный терминал», «Третья стивидорная компания», «Петролеспорт», «Балтийский порт», «Сетос-Сервис», «Вторая стивидорная компания», «Четвертая стивидорная компания», «Невские Ворота», «Морской рыбный порт».

Между тем указанные стивидорные компании (СК), оставаясь СЕМ, обязаны ежеквартально (ежегодно) представлять в ФСТ России следующую информацию:

- бухгалтерскую и статистическую отчетность;
- объемы перегрузки грузов согласно действующей номенклатуре, но представленные по базовому списку;
- финансово-экономические показатели деятельности;
- актуальные цены на услуги в морских портах по погрузке, выгрузке и

хранению грузов и их доли в конечной цене реализации соответствующих позиций.

Поскольку на момент написания статьи автор не располагал сведениями о результатах упомянутого эксперимента, приведем расчетные данные о доле предельного уровня тарифов на ПРР в ценах реализации товаров-грузов, преваляющих в перевалке в морских и речных портах.

В 2005 году тарифная ставка на перегрузку сырой нефти по прямому варианту на причалах Шесхарес в порту Новороссийск составляла 2 долл. США за 1 т груза (Информационный бюллетень ФСТ России № 17 (146) от 24 декабря 2004 года, с. 91). Ее значение не превышало 0,58% величины средней экспортной контрактной цены (344,3 долл./т) на российские углеводороды в 2005 году.

Как следует из приказа ФСТ России от 27 февраля 2010 года № 29-т/2, тариф на перевалки 1 т сырой нефти по прямому варианту в Новороссийском морском торговом порту (НМТП) составляет 2,6 долл. Средняя экспортная контрактная цена на российскую нефть, вывозимую в страны дальнего зарубежья, в 2010 году достигала 557,3 долл. за 1 т. Следовательно, соотношение величин составляет 0,47%.

Для предприятия такое снижение достаточно ощутимо (особенно в условиях конкуренции с портами Украины), если учесть, что годовой показатель перевалки нефти на его причале в 2010 году превысил 40 млн. т.

В общем объеме перевозок отечественных грузов через морские порты нашей страны, Украины и Балтии на долю западных государств приходится около 18%, поэтому можно констатировать наличие серьезной международной конкуренции.

По мнению исполнительного директора Ассоциации морских торговых портов Серика Жусупова, реально существует лишь миф о регулировании тарифов на ПРР в морских портах России, поскольку не ФСТ России, а международный рынок услуг морского транспорта самостоятельно диктует ценовые условия.

Далее на примере столичного Северного порта рассмотрим ситуацию с перевалкой песка на речном транспорте в условиях жесткой конкуренции с автодорожниками в сфере добычи и перевозки нерудных строительных материалов (НСМ) в Московском регионе.

В Северном порту тарифы на погрузку (выгрузку) в суда, вагоны и автомашины песка и щебня (утвержденные приказом ФСТ России от 4

марта 2006 года № 33-т/2) составляли соответственно 7,6 и 14,25 руб. за 1 т груза.

В то же время по договору от 14 июля 2007 года стоимость поставки в порт 1 т песка достигала: речного наливного – 25 руб. (50 руб. за 1 м³), сухого – 69 руб. (115 руб.).

В конце 2007 года в соответствии с динамикой средних цен на рынке НСМ в столичном регионе стоимость песка была около 260 руб. за м³.

Становится очевидно, что в цене песка доля его покупки, погрузки и доставки в порт равна 44,2% (для сухого песка), выгрузки с судов на склады – 2,9% и в целом – 47,1% (если не учитывать стоимости хранения на складе в порту по тарифу в 1,55 руб./т/сут.).

Отпускная цена предприятия на песок с 1 марта 2012 года – 449,59 руб. за 1 м³. По сравнению со средним показателем конца 2007 года цена на рынке выросла в 1,73 раза, что сопоставимо с увеличением стоимости содержания машино-часа портового крана при дореформенном уровне комплексных норм выработки на ПРР при перевалке песка и щебня.

Во исполнение приказа ФАС России от 30 июня 2005 года № 134 «О плане работы ФАС России» Управление по контролю и надзору на транспорте и в области связи совместно с территориальными антимонопольными органами и с привлечением специалистов Ассоциации портов и судовладельцев речного транспорта (АПСРТ) и нижегородской компании «Центр качества транспортных услуг» провело анализ рынка ПРР на внутреннем водном транспорте (ВВТ).

Исследование показало, что речные порты, включенные в реестр СЕМ, являются крупными организациями, расположенными в транспортных узлах с развитыми системами автомобильных и железных дорог, при этом последние оказывают им серьезную конкуренцию. Так, железная дорога практически вытеснила ВВТ с рынка перевозок древесины, автомобильный транспорт – из сектора доставки строительных материалов. А песок, добываемый со дна рек, не только замещается карьерным, но и транспортируется на машинах и в вагонах.

Подавляющее большинство экспертов УФАС России и АПСРТ считают, что сфера ПРР на речном транспорте является конкурентоспособной и обладает нерезализованным потенциалом, и государственное регулирование данной области путем включения предприятий отрасли в реестр СЕМ представляется избыточным.

По мнению президента АПСРТ Александра Зайцева, пришло время вывести речные порты из указанного реестра, внося соответствующие поправки в Федеральный закон «О естественных монополиях».

В рекомендациях «круглого стола» на тему «Стратегические направления развития морского и речного транспорта для экономики страны» на Всероссийской конференции транспортников, состоявшейся 8 ноября 2011 года в Новосибирске, была сформулирована просьба к Правительству РФ о разработке и реализации мер, направленных на отмену государственного регулирования тарифов на ПРР для повышения конкурентоспособности отечественных морских портов.

10 ноября 2011 года Ассоциация морских торговых портов (АМТП) обратилась в Правительство РФ с письмом, где содержалось предложение об исключении операторов морских терминалов из реестра СЕМ.

В целях усиления государственного контроля за установлением тарифов (сборов) на услуги, оказываемые СЕМ на транспорте, введено в действие постановление Правительства РФ от 23 апреля 2008 года № 293 «О государственном регулировании и контроле цен (тарифов, сборов) на услуги субъектов естественных монополий в транспортных терминалах, портах, аэропортах и услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей».

По постановлению Правительства РФ от 22 сентября 2008 года № 707 «О порядке ведения раздельного учета доходов и расходов субъектами естественных монополий» федеральные органы исполнительной власти разрабатывают и утверждают соответствующие нормативные документы.

В частности, в сфере услуг, оказываемых в транспортных терминалах, портах, аэропортах и в сфере железнодорожных перевозок, а также по использованию инфраструктуры внутренних водных путей (ВВП), их утверждает Минтранс России.

В протоколе комитета по экономике и социальным вопросам АМТП от 15 марта 2010 года при рассмотрении вопроса о предложениях и замечаниях ФСТ России к проекту документа «Порядок ведения раздельного учета доходов и расходов по видам деятельности СЕМ, оказывающих услуги в морских портах» приводится мнение Мурманского морского торгового порта (ММТП). Как следует из документа, тарифы, утверждаемые ФСТ России

для СК, базируются на нормах, которые ранее разрабатывались в рамках Единых комплексных норм выработки и времени на ПРР, осуществляемых в морских портах. Указанные в документе нормы продолжают отражать относительно реальное соотношение затрат труда и механизмов на выполнение ПРР по различным номенклатурам грузов. Здесь важно отметить, что подобная практика до сих пор действует и в ряде речных портов и на пристанях.

Следовательно, по мнению экспертов ММТП, предложенная ФСТ России детализация по разделению затрат на ПРР по видам грузов невозможна без применения таких норм, подготавливаемых портами.

В соответствии со сложившейся практикой для расчета тарифных ставок в СК портов, как правило, определяются:

- расходы на оплату труда на основе тарифных ставок докеров-механизаторов, нормы времени, коэффициенты дополнительной заработной платы (классность, вредность груза, премии, ночные и др.), среднегодовой зимний коэффициент;

- расходы по работе механизмов с учетом комплексной нормы выработки, часовой себестоимости работы машин (включая амортизационные отчисления), стоимость электроэнергии, заработная плата ремонтных рабочих, начисления на зарплату, стоимость ремонта и материалов;

- накладные расходы с учетом единого социального налога;

- налоги и прочие расходы;

- установленный норматив прибыли.

СК, находясь в цепочке грузоправитель – грузополучатель, остается конкурентоспособной и сможет привлечь грузы, когда она будет устанавливать цены на ПРР, исходя из общей цены на перевозку груза от поставщика до заказчика. Тогда существенную роль сыграют издержки на ПРР в конкретной организации.

Как правило, определяя величину тарифной ставки на ПРР, СК рассчитывает ее, исходя из себестоимости либо потребительской стоимости и в последнем случае принимая во внимание ценность услуг для клиентуры.

При расчете величины тарифа по себестоимости порт учитывает прямые и накладные расходы и добавляет к этой величине норматив прибыли СК. Данный метод применяется чаще всего при перевалке малоценных грузов – навалочных, насыпных, либо в условиях острой конкуренции.

Определение тарифа на ПРР по стоимости и ценности услуги осуществ-

ляется не столько по себестоимости ПРР, сколько по предполагаемой стоимости или ценности таких работ для клиентуры.

Комбинированная стратегия ценообразования опирается на расчет тарифа, величина которого будет находиться между минимальным его значением, и максимальным – оценкой стоимости услуги для грузоотправителя. Именно этот подход нередко используется при расчете проекта тарифной ставки для предоставления обоснования ее величины и ее установления на ПРР в порту при заключении договора между СК и грузоотправителем.

Как известно, рыночное равновесие наступает при такой тарифной ставке на ПРР и таком количестве услуг порта, когда силы спроса и предложения уравновешиваются.

Абсолютная величина ставки в логистической цепочке перевозки груза от поставщика до заказчика зависит от условий доставки на каждом ее этапе. Например, величина тарифной ставки на перевалку в ММТП каменного угля из Кузбасса на экспорт в направлении Испании в первую очередь зависит от складывающихся условий его транспортировки от места добычи до порта по железной дороге и отправки морем до пункта назначения.

Реконструкция причальной линии в ММТП с выносом причального фронта на большие глубины у причальной стенки позволила в свое время уменьшить себестоимость перевозки угля морем за счет увеличения грузоподъемности балкеров, доставляющих уголь из Мурманска в Испанию. Такой подход теоретически рассматривается как «фактор роста» – способ увеличения производительности порта за счет экономики, обусловленной расширением масштабов деятельности.

Если рассматривать ситуацию с включением портов и СК в реестр СЕМ, то при определении тарифной ставки следует обращать внимание на следующие особенности конкретного предприятия: накладные расходы, производительность докеров-механизаторов, оплата их труда, отчисления от заработной платы и себестоимость функционирования перегрузочных механизмов.

В целом в 2001 году себестоимость рабочей силы и работы механизмов в себестоимости перевалки груза в российских портах составляла в среднем около 50%, что в ряде случаев коррелировалось с величиной накладных расходов. Вместе с тем размер последних во многом зависит от административных факторов управления портом и служит предметом

постоянных разногласий между администрацией и акционерами.

В то же время наличие разногласий у собственников имущества и руководства предприятия с докерами-механизаторами по вопросу оплаты труда и социального обеспечения может стать причиной массовых забастовок и существенно влияющих профсоюзов на портовый бизнес.

Достаточно напомнить об известных забастовках в Магаданском, Санкт-Петербургском и других портах страны.

В качестве примера влияния отдельных составляющих на величину тарифной ставки на ПРР рассмотрим перевалку угля в ММТП в 2001 году. Тогда ставка по 1 категории равнялась 2,5 долл. за 1 т (при курсе доллара США к российскому рублю 1:28,77).

В соответствии с приказом ФСТ России от 15 августа 2008 года тариф 1 категории на перегрузку каменного угля составил 3,97 долл. за 1 т (учитывался курс валют 1: 24,9).

За 7 лет тарифная ставка выросла до 158,8%. За этот же период себестоимость работы одного механизма (портального крана) увеличилась с 489 до 1178 руб./машино-час. Прибавление в себестоимости функционирования одного механизма – 240,9%.

В частности, себестоимость содержания машино-часа портального крана типа «Сокол» росла быстрее тарифной ставки, что вполне естественно, если раскрыть ее составляющие в ценах 2001 года: часовая себестоимость работы крана = амортизационные отчисления (34 руб./м.-ч.) + стоимость электроэнергии (43 руб./м.-ч.) + заработная плата ремонтных рабочих (68 руб./м.-ч.) + начисления на зарплату (25 руб./м.-ч.) + стоимость ремонта и материалов (319 руб./м.-ч.) = 489 руб./м.-ч. В последующие годы ощутимо увеличивались стоимость электроэнергии, ремонта и материалов, оплата трудовых ресурсов.

Стоит напомнить, что большинство портальных кранов в российских портах вводилось в эксплуатацию в дореформенный период, и их содержание в перспективе закономерно требует все больших затрат.

В нашем случае себестоимость ремонта и материалов по поддержанию крана в работоспособном состоянии в 2001 году составила 65,2% общей себестоимости функционирования перегрузочного механизма. Промедление с внедрением инновационных технологий (например,

таких, как вагонопрокидыватели для угольного комплекса в Восточном порту) и использование устаревшей техники стало причиной опережающего роста себестоимости работы механизмов по сравнению с увеличением тарифной ставки на ПРР. Это подтверждает сравнение приведенных данных.

Как правило, в подобной ситуации в портах комплексная норма выработки практически не становилась больше, что сразу же повлияло на рост производительности ПРР в портах и увеличение тарифных ставок на перевалку груза.

В то же время, производительность (как концептуальное измерение отношения совокупного результата деятельности предприятий к средневзвешенной величине оперируемых аспектов деятельности) в морских портах наращивалась за счет экономии, обусловленной расширением масштабов работы. Такого, к сожалению, в речных портах не наблюдалось из-за сокращения объемов перевалки.

В 2011 году грузооборот морских портов впервые превысил 535 млн. т (в 1992 году – 116 млн. т). Объемы отгрузки угля на экспорт в ММТП с 1998 по 2000 год достигали соответственно 600,1; 2721, 2; 4141,7 тыс. т, а в 2006 году – составил более 10 млн. т. Следовательно, в структуре составляющих себестоимости ПРР и, как следствие, тарифной ставки по перегрузке угля в ММТП происходили положительные изменения.

В приведенных расчетных данных тарифной ставки на перегрузку угля в 2001 году доля накладных расходов на первом районе ММТП в себестоимости ПРР равнялась 46%, рабочей силы – 23% и себестоимости функционирования механизмов – 20%.

С ростом грузооборота угля в 2008 году и введении ФСТ России тарифной ставки 1 категории на перегрузку угля в размере 3,97 долл. (вместо предыдущих 2,5 долл.) себестоимость работы механизмов увеличилась почти до 27% при некотором сокращении доли накладных расходов.

Ситуация на речном транспорте во многом схожа с морским портом в части использования устаревших портальных кранов и роста себестоимости использования механизмов, а также замедленного увеличения производительности труда при фиксированных (на уровне дореформенного периода) комплексных нормах выработки.

Положительным фактором, который сдерживал рост тарифов на

перевалку таких навалочных грузов, как песок и щебень (в дополнение к песку, добываемому со дна рек), являлся переход прав собственности на груз по договору от поставщика к покупателю, то есть к речному порту. Как правило, такое происходит в случае полной отгрузки груза в судно заказчика и составления соответствующего акта. Отсутствие посредников при подобных сделках, наличие портовой инфраструктуры при проведении ПРР, хранение на складах порта, продажа, отгрузка и вывоз груза из порта клиентурой собственным транспортом позволяет предприятию устанавливать на рынке НСМ приемлемые конкурентные цены на предлагаемый товар.

Экономическое регулирование и организация предпринимательской деятельности за последние 20 лет (с момента приватизации) привели к существенному развитию конкуренции на рынках ПРР, росту числа СК или операторов морских терминалов в количестве более 280 – в 64 морских портах и более 600 – в 120 речных портах.

На данном этапе развития отечественных предприятий и вступления России во Всемирную торговую организацию государственное регулирование приводит к определенным потерям эффективности и перераспределению доходов национальных портов в пользу их конкурентов, и в первую очередь иностранных.

Правительство РФ, вводя экономические стимулы и увеличивая количество компаний на рынках ПРР, создало условия для отказа от государственного регулирования услуг СК в морских и речных портах, исключения тарифного регулирования портовых услуг со стороны власти и внесения соответствующих поправок в ФЗ от 17 августа 1995 года № 147 «О естественных монополиях», поскольку наши портовые операторы находятся гораздо ближе к условиям совершенной конкуренции, чем к естественной монополии.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Самуэльсон, Пол Э., Нордхауз, Вильям Д. Микроэкономика. 18-е изд. Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2008. – 752 с.
2. Левый В.Д. Управление портовой деятельностью. – М.: Альтаир – МАВТ, 2008. – 112 с.
3. Исследование конъюнктуры рынка нерудных материалов Москвы и Московской области. Отчет. (www.firstdiplom.ru) Маркетинговые исследования. Москва, 2009. – 24 с.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)

ТЕМА: О системе показателей для генерирования направлений развития бизнеса на водном транспорте

АВТОР: Н.Г. СИНЯВСКИЙ, доктор экономических наук, профессор

С учетом важности разработки методик количественной оценки способов совершенствования любой системы, необходимо отметить целесообразность определения перспективных направлений ее развития на вербальном уровне, чтобы иметь возможность дальнейшего формального исследования этих методик.

Часто при выборе приоритетности перспективных проектов используется критерий «накопленной величины доходов или изменения стоимостной оценки активов». В настоящей статье рассматриваются особенности определения комплекса показателей для формирования и реализации потенциала развития бизнеса согласно указанному критерию.

Функционирование системы может быть представлено как стохастический процесс, изменяющийся с течением времени. При этом генерируются новые технологические и организационные решения. Их внедрение может быть удачным или нет. Во втором случае они прекращают существование. А при положительном развитии событий имеет место эффект, который можно оценить как среднюю величину.

Автор предлагает использовать комплекс показателей, включающий 3 уровня.

На I уровне в качестве критерия выступает среднее ожидаемое приращение стоимости системы от успешной реализации разработок J .

Допустим, что система развивается на некотором временном отрезке длиной T в результате инвестирования в разработку новых проектов определенной суммы. Предположим, что реализация разработок происходит с периодичностью t . Следовательно, за время T реализуется T/t новых решений. За вероятность успешной реализации разработок примем величину p . Параметр c будет отражать среднее ожидаемое приращение стоимости системы от успешной реализации разработок. Тогда средний эффект от проведения разработок:

$$J = c p T / t. \quad (1)$$

Таким образом, агрегированно процесс развития можно характеризовать 3 параметрами – критериями второго уровня:

p – вероятность успешной реализации новых организационных и технологических решений (НТиОР);

c – экономический эффект от успешной реализации НТиОР, равный увеличению значения оценки стоимости активов бизнеса в результате внедрения этих решений;

t – периодичность появления НТиОР.

Повышение вероятности успешной реализации НТиОР в сочетании с их высокой результативностью и частотой появления приведет к увеличению значения оценки изменения стоимости бизнеса. Поэтому занятие экономической системой такой рыночной позиции, которая обеспечивала бы появление НТиОР с достаточной частотой является основной задачей планирования процесса развития.

Показатели, используемые для генерирования направлений развития, имеют целый ряд особенностей.

Важно отметить, что показатель II уровня – периодичность возникновения НТиОР – целесообразно использовать прежде всего в условиях стабильного состояния внешних факторов и, как следствие, наличия истории стабильного развития транспортных систем.

Наибольший интерес представляют показатели, которые могут использоваться для анализа конкурирующих систем. Важную роль играют также показатели, которые могут применяться для анализа систем различного уровня рассмотрения.

При этом показатели, необходимые для выявления перспективных направлений развития, аналогичным образом должны быть полезны для выявления скрытых резервов в тех случаях, когда анализ известных показателей не дает результата или сравнительная оценка конкурирующих систем по ним затруднена.

Совокупность показателей оценки результативности функционирования хозяйствующего субъекта в полном объеме не слишком годится для поиска возможностей развития.

Во-первых, анализ компаний в условиях нестабильности финансового состояния не позволяет в их структуре определить потенциал развития. А появляющиеся жизнеспособные организации могут оказаться настолько различными и информация о них будет откровенно противоречивой, что не получится провести оценку системы в конкурентной среде.

Во-вторых, в условиях стабилизации экономических условий значения указанных показателей для конкурирующих систем близки.

В-третьих, если состояние компании оценивается с помощью традиционных показателей как хорошее, то данный результат не означает наличия потенциала к развитию.

И, наконец, для сравнительной практической оценки систем по рассматриваемым показателям в сфере водного транспорта (ВТ) может не хватать сведений.

Показателями, основанными на использовании прибыли, оперировать затруднительно, поскольку прибыль сложно оценить как для отдельных компаний на ВТ, так и для систем более высокого уровня – например, отрасли или подотрасли. Это объясняется непростым взаимодействием дочерних предприятий внутри одной фирмы, а также проблематичностью оценки прибыли конкурирующих систем. Поэтому в реальности прибыльность системы не способна выступать в качестве критерия, а может лишь отражать стабильность функционирования организаций.

Таким образом, требуется создание специального комплекса показателей, способных формировать потенциальные направления развития.

Разумеется, здесь не исключается и практика применения отдельных стандартных показателей результативности деятельности хозяйствующего субъекта и частичного использования идеологии их формирования.

Очевидно, что целесообразно провести анализ известных показателей эффективности бизнеса как хозяйствующего

субъекта, которые могут быть включены в перечень критериев III уровня [1].

В качестве предмета анализа ресурсов системы выступает структура основных и оборотных средств. Ее совершенствование способствует эффективности внедрения новых решений.

При исследовании производственно-технологического процесса (ПТЦ) рассматривается уровень технологической оснащенности предприятия и организации производства, структура поступлений и платежей.

Оптимизация показателей, оценка которых проводится в ходе анализа ПТЦ, способствует и увеличению частоты генерирования новых эффективных решений, и повышению вероятности их реализации.

Для анализа результативности бизнеса компании как хозяйствующего субъекта обычно применяется оценка его активов на основе финансовой отчетности. В настоящей статье критерий оценки изменения величины активов является главным для количественного анализа процесса развития. Варьируется лишь способ вычисления этого критерия – не только на основе финансовой отчетности, а главным образом путем проведения рыночных оценок основных и оборотных активов.

Капитализация компании (суммарная цена акций) также может относиться к критериям, характеризующим процесс развития. Однако исследование особенностей бизнеса для большинства российских фирм с использованием такого критерия неприемлемо из-за информационных ограничений.

Доходность ценных бумаг характеризует уровень отчислений акционерам. Можно считать, что его определяет рынок.

Такие показатели, как соотношение основных средств и оборотных активов, фондоотдача, ресурсоотдача, эффективность использования ресурсного потенциала в той или иной степени отражают динамические свойства экономической системы (или ее инерционность), если под ними понимается ее способность к увеличению стоимости активов при возникновении условий для развития.

Структуру основных средств характеризуют доли основных средств в валюте баланса, активной части основных средств, а также коэффициенты износа и выбытия.

Коэффициент структуры оборотных активов дает представление о структуре оборотных активов, поступлений и платежей.

Оборачиваемость оборотных активов, запасов, средств в расчетах, а также плановая обеспеченность запасами и производительность труда отражают уровень организации производства, позицию предприятия на рынке.

Итак, для построения необходимой системы показателей III уровня целесообразно использовать как стандартные показатели анализа результативности бизнеса компании (рассматриваемой в качестве хозяйствующего субъекта), так

и другие, которые описывают следующие характеристики системы: активы; инерционность; рациональность структуры основных средств, поступлений и платежей; уровень технической оснащенности и организации производства; положение на рынке.

Проведение анализа инерционности системы очень важно, поскольку он дает представление о наличии избыточных внеоборотных средств или необходимости их восполнения, результативности их использования; может применяться для выявления необходимого изменения структуры внеоборотных и оборотных средств.

Исследование структуры внеоборотных средств, поступлений и платежей позволяет выявить конкретные направления совершенствования динамических характеристик системы.

Анализ уровня технической оснащенности и организации производства способен определить направления реализации технической политики и уточнить возможности корректировки организации производства.

Исследование рынков товаров и сырья необходимо для оценки уровня конкуренции и реакции рынков на то или иное новое решение, а также для поиска источников развития, связанных с улучшением рыночной конъюнктуры или, наоборот, с негативными тенденциями.

В процессе формирования системы показателей содержание указанных характеристик должно быть полностью раскрыто и обязательно дополнено уточнениями.

Кроме того, целесообразно упомянуть о содержании источников НТиОР, требованиях к периодичности возникновения НТиОР, структурных особенностях системы; влиянии сезонности, характеристиках внешних факторов.

Анализ основных источников НТиОР призван сосредоточить поиск на основных направлениях, где можно ожидать появления таких решений.

Требования к периодичности возникновения НТиОР появляются в процессе относительной стабилизации макроэкономических факторов и обусловлены необходимостью проведения активной целенаправленной политики на рынке (В.О. Рязанцев [2]).

Исследование структурных особенностей системы позволяет выявить характерные для нее негативные и позитивные свойства и использовать анализ: первых – для их компенсации, вторых – для формирования потенциала развития.

Сезонность не является непрременным свойством любых производственных систем. Однако для ВТ в российских условиях данная особенность деятельности является весьма важной. Очевидно, что обоснованное определение направлений развития системы невозможно без анализа воздействия внешних факторов.

С учетом вышесказанного уточним перечень показателей III уровня, необходимых для генерирования новых потенциально эффективных организационных и технологических

Структура системы показателей III уровня

Таблица 1

Показатели, связанные с внутренними характеристиками бизнеса		Показатели, связанные с внешними факторами
1-й подуровень		
Общие показатели	Особенные показатели	
2-й подуровень		
Общие показатели	Особенные показатели	
3-й подуровень		
Общие показатели	Особенные показатели	

решений. Структура системы показателей III уровня может быть представлена следующим образом (табл. 1).

В I группу входят показатели, связанные с внутренними характеристиками бизнеса. Во II группу включены показатели, связанные с воздействием внешних факторов. Показатели I группы разбиваются на подуровни. Кроме того, показатели, связанные с внутренними характеристиками бизнеса, подразделяются на общие и особенные, которым свойственны, главным образом, конкретные направления деятельности.

При анализе совокупности показателей и их взаимосвязи рассматривается содержание каждого показателя и строится когнитивная карта.

Показатели, связанные с внутренними характеристиками бизнеса.

Первый подуровень. Общие показатели.

1. Характеристика источников НТиОР. Этот показатель связан со всеми показателями второго уровня.

Очень важным представляется исследование природы возникновения НТиОР, присущих рассматриваемой отрасли. Дело в том, что источники развития для различных видов производства имеют разную природу (А.Г. Грязнова, М.А. Федотова и др. [3, 4]). Для одних развитие осуществляется за счет создания новых оригинальных продуктов. Другие, главным образом, развиваются за счет снижения издержек. Выявление природы источников развития позволяет сосредоточить основные усилия или на создании новых продуктов, или на снижении затрат на производство уже известного перечня товаров и, тем самым, сократить время подготовки НТиОР. Для ВТ в первом приближении можно заключить, что, например, в туристическом бизнесе важную роль играет спектр предоставляемых услуг, а для грузовых перевозок принципиальным является уровень затрат.

2. Характеристика динамических свойств системы.

Под динамическими свойствами системы понимается ее способность увеличивать стоимость собственных активов с течением времени в результате успешного внедрения НТиОР.

Речь может идти, например о фондоемкости, которую целесообразно рассматривать не для исходной системы, а для системы-аналога, где основные средства оригинала заменяются идентичными, более новыми. Для предприятий ВТ показатель динамических свойств должен иметь определенные значения. Несоответствие динамических характеристик системы рациональным значениям способно стать причиной существенного снижения результативности от внедрения новых решений.

3. Характеристика периодичности возникновения НТиОР и анализ новых разработок. Включен в перечень показателей II уровня, так как формальное повышение частоты появления новых решений не является рациональным и требует специального изучения.

С помощью этого показателя может производиться более детальный анализ временных характеристик потока новых решений. В самом простом случае от экономической системы требуется, чтобы частота внедрения новых решений была не ниже, чем у конкурентов. Для более сложного положения дел длительность подготовки новых решений может определяться с помощью совокупности факторов: вероятность, время, экономический эффект.

Данный показатель лучше всего применять, если система достаточно долго функционирует при стабильных внешних условиях. В случае резких изменений последних проводится детальное исследование новых разработок.

Второй подуровень. Общие показатели.

4. Характеристика структуры основных средств. Предназначен для более детального исследования ди-

намических свойств систем, а также для оценки уровня организации производства и степени технической оснащенности.

5. Характеристика продукции. Характеристика структуры поступлений. Предназначен для анализа возможности повышения вероятности возникновения новых результативных решений. Связан также с динамическими свойствами системы.

6. Характеристика структуры платежей. Важность этого показателя для рассматриваемых практических задач особенно велика, если главным направлением развития является снижение затрат. Наиболее оправданы усилия по снижению затрат на операциях, влияющих на себестоимость различных видов услуг, и по уменьшению таких затрат, доля которых в структуре затрат велика.

Третий подуровень. Общие критерии.

7. Характеристика рынков сбыта. Во-первых, повышение доли рынка, занимаемой экономической системой, прямо коррелирует с ростом активов системы. Во-вторых, исследование данного показателя позволяет выявить природу тенденций и колебательных процессов на рынке. В-третьих, этот показатель дает представление об отношении рынка к появлению новых продуктов или технологий.

8. Характеристика уровня организации производства. Необходим для более подробного исследования динамических свойств системы, структуры основных средств и платежей. Его использование позволяет более полно сформулировать необходимый перечень мер для совершенствования структуры экономической системы с точки зрения перечисленных показателей.

9. Размеры выручки по типам услуг. Связан с оценкой структуры поступлений. Поиск рациональных направлений развития с точки зрения повышения вероятности появления НТиОР стоит начинать с анализа продукции, приносящей наибольшую выручку, поскольку размер выручки пропорционален, с одной стороны, размерам рынка, а с другой – доле рынка, занимаемой экономической системой. Большая доля рынка, занимаемая системой, обеспечивает возможность организации поиска новых решений в большем количестве направлений, чем это могут сделать конкуренты. Большие размеры рынка позволяют получить высокий эффект в случае удачной реализации новых решений.

10. Обеспечение разнообразия деятельности. Данный показатель обеспечивает повышение вероятности появления НТиОР. Он в определенном смысле противоречит предыдущему показателю. Выйти из тупика можно, например, за счет расширения номенклатуры выпускаемых видов продукции, приносящей наибольшую выручку, а также путем обеспечения разнообразия форм организации работы системы.

11. Характеристика качества оборудования. Анализ качества оборудования направлен на более подробное исследование структуры основных средств. Для производителей всегда существует проблема, заключающаяся в установлении целесообразности приобретения новой техники и уточнении размера инвестиций.

12. Сравнение с зарубежными аналогами и анализ научных разработок. Очевидность необходимости использования этого показателя следует из более высокого качества технологий в развитых странах и целесообразности учета результатов научных исследований.

13. Характеристика структурных особенностей экономической системы. Имеет существенное значение для некоторых систем. Так, фирма может быть крупной или, наоборот, мелкой. Она может участвовать в обеспечении большого потока грузов и наоборот. Важно использовать сильные особенности системы и нивелировать ее слабости.

Целенаправленная деятельность в этом плане позволяет повысить вероятность возникновения новых решений.

Особенные показатели.

14. Характеристика уровня конкуренции по типам услуг. Такая характеристика особенно важна для видов производств, где развитие происходит за счет создания новых продуктов. В случае когда продукт является стандартным, анализ этого показателя связан с исследованием взаимосвязи цен на услуги и затрат на их оказание с объемами услуг.

15. Характеристика обеспеченности ресурсами. Для одних производств данный показатель более важен, для других – менее. Все зависит от структуры затрат и доли используемых в них ресурсов.

16. Характеристика влияния сезонности. Важность этого показателя различна для разных видов бизнеса. Например, в российских условиях ВТ имеет ярко выраженный сезонный характер, что выражается в распределении выручки и затрат в течение года.

Показатели, связанные с внешними факторами.

17. Характеристика влияния макроэкономических факторов и правовой среды. Влияние макроэкономических

факторов на социально-экономические системы может сказываться по-разному. Например, влияние кризиса в экономике страны зависит и от характеристик кризиса, и от видов бизнеса. В частности, для внутреннего водного транспорта (ВВТ) ситуация кризиса иногда представляется позитивной. Это может произойти тогда, когда кризис положительно сказывается на отраслях, ориентированных на экспорт (как в 1998 году), а объем перевозок экспортных товаров составляет большую долю в структуре доставляемых позиций и выстроена взаимосвязь отчислений транспортникам. Необходимость учета изменений правовой среды следует из исследования бизнеса как экономической категории. Эти изменения могут служить источниками развития и способны вносить дополнительную неопределенность в процесс анализа направлений развития.

18. Оценка тенденций изменения значений параметров, отражающих спрос и влияние объективных факторов. Выявление тенденций в изменении спроса на продукцию и услуги является важным для всех направлений деятельности. Для различных видов бизнеса тенденции, связанные с влиянием объективных факторов, могут быть разными.

Таблица 2

Когнитивная карта (в табличной форме), отражающая взаимосвязь показателей

Влияющие показатели	Зависимые показатели																								
	J	p	c	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
-																									
J	+																								
P	+	+																							
C	+		+																						
T	-			+																					
1		+		-	+																				
2			0			+																			
3				-			+																		
4					+	+		+	+	+															
5		+	+		+	+			+	+															
6		+	+		+	+			+	+															
7		+	+		+				+	+	+		+	+			+	+	+	+	+				-
8		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+													-
9		+	+	-	+	0	+	+	+	+	+	+	+												
10		+		-	+		+	0	0	0	0	-	-	+					-	+	-				0
11		+	+		+	+		+	+	+	-	+			+	+					+				
12		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+				
13		+			+			+	+	+	+	+	0	0			+	0	0	0	0				0
14		+	+	-	+		+	0	+	+	+		+				+	+		+					-
15		+	+	-	+		+		+	+		+	+	+			+	+	+	+	+				-
16				0			0	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	+	0				
17		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+				
18								0	0	0		0	0			0	0	0		0	+				
19		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21				-					-	-	-	-	-					-	-	-	-				+

Например, для ВВТ можно отметить ужесточение требований к безопасности и законности функционирования отрасли.

19. Оценка циклических изменений значений параметров, отражающих спрос и влияние объективных факторов. Очень важно отделение тенденций в изменении параметров рынков и параметров, отражающих влияние объективных факторов, от циклических изменений. Изменения параметров, характеризующих влияние объективных факторов, могут приводить как к улучшению, так и к ухудшению условий работы системы. Однако если эти процессы носят колебательный характер, то улучшение ситуации должно использоваться для создания запаса прочности, необходимого для парирования будущих негативных влияний. Ухудшение же ситуации не должно восприниматься в качестве сигнала к прекращению производства. Подобные колебания могут быть связаны с варьированием цен на услуги, сырье, материалы, с изменением погодных условий в разные годы и в течение одного года.

20. Характеристика противодействующих факторов, проявляющихся в процессе развития. Существует много факторов, которые оказывают негативное влияние именно при расширении компании. Это – ухудшение связи и снижение качества управления, сложность с обеспечением кадрами и т. д.

Для наглядности представления взаимосвязи показателей может быть построена когнитивная карта (В.О. Рязанцев [2]) в виде таблицы (табл. 2). Если увеличение значения (совершенствование структуры) влияющего показателя приводит к повышению величины зависимого показателя, то данный факт отмечается знаком «+». В противном случае ставится «-». Если такая взаимосвязь зависит от ситуации или не подлежит установлению вовсе, то фиксируется «0». Для показателя «характеристика противодействующих факторов» предполагаем, что совершенствование его структуры оказывает негативное влияние на развитие.

Анализ когнитивной карты показывает наличие следующих особенностей системы показателей.

1. Сущность взаимосвязи некоторых показателей неочевидна, зависит от типа системы и должна выявляться при решении практических задач.

2. Между некоторыми показателями имеются противоречия:

а) «Высокая выручка по отдельным видам продукции» и «обеспечение разнообразия деятельности».

Решение: повышение разнообразия продукта для тех видов услуг, которые приносят наибольшую выручку, или разнообразие организации производства этих видов товаров.

б) «Разнообразию деятельности» и «организация производства».

Решение: приоритетным показателем является обеспечение разнообразия деятельности, поскольку оно непосредственно обеспечивает увеличение вероятности появления новаций; усложнение организации производства должно восприниматься как шаг в направлении развития системы.

в) «Разнообразию деятельности» и «обеспеченность ресурсами».

Решение: приоритетность того или иного показателя определяется характером источников развития (снижение затрат или повышение выручки).

г) «Качество оборудования» и «организация производства».

Решение: приоритетным показателем является качество оборудования, поскольку оно непосредственно обеспечивает результативность системы; усложнение организации производства должно восприниматься как шаг в направлении развития системы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Ковалев В. В. Финансовый анализ: Методы и процедуры. Анализ отчетности. – М: Финансы и статистика, 2005.
2. Рязанцев В.О. Формализованное представление перестраховочной деятельности. Диссертация. М. ФА при Правительстве РФ, 2004.
3. Оценка бизнеса. / Под ред. А. Г. Грязновой, М. А. Федотовой. – М.: Финансы и статистика, 1998.
4. Оценка бизнеса: Учебник / Под ред. А.Г.Грязновой, М.А. Федотовой. – М.: Финансы и статистика, 2003.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Волжская государственная академия водного транспорта (ВГАВТ)

ТЕМА: Использование САЕ-систем при оценках ледовых качеств судов

АВТОР: В.А. ЛОБАНОВ, кандидат технических наук, доцент кафедры «Судовождение и безопасность судоходства»

В настоящее время сохраняется необходимость в анализе особенностей ледового плавания судов. Это обусловлено рядом причин, основной из которых является сильная пространственно-временная изменчивость ледовых явлений в сочетании со сложностью их надежного прогнозирования.

Вначале стоит отметить, что научная деятельность автора статьи связана непосредственно с оценкой безопасных условий ледового судоходства на внутренних водных путях (ВВП) и при осуществлении прибрежного плавания в морях.

Указанная проблема актуальна для транспортного флота, эксплуатируемого в битых льдах, потому что более 90% ледовых повреждений связаны именно с данным видом плавания.

Главным условием обеспечения безопасности является соответствие ледовых качеств флота ледовым условиям и режимам плавания. Ледовые качества нормируются классифи-

кационными обществами (в России – Регистрами судоходства) и присваиваются судну в виде ледового класса (ледовой категории). Однако знание характеристик судна в рамках ледового класса не является гарантией принятия обоснованного решения в реальной ситуации. Следовательно, для флота, активно работающего в ледовых условиях, начинает практиковаться разработка нормативного документа – Свидетельства о допустимых условиях ледового плавания [11], приложением к которому является ледовый паспорт (ЛП) судна [6,8]. Последний призван уточнить и конкретизировать условия безопасной эксплуатации судна во льдах.

Наиболее достоверным источником данных для оформления ЛП служат результаты, безусловно, натуральных испытаний судна. Однако получение репрезентативной выборки в натуральных условиях часто затруднительно по ряду причин: несоблюдение требований детального плана эксперимента, безуспешная «погоня» за нужными параметрами

ледяного покрова и гидрометеорологического режима, невозможность вывода судна из эксплуатации на длительное время, высокая вероятность получения им повреждений во время испытаний с последующими расходами на ремонт и т. д. Поэтому полномасштабность такого эксперимента часто недостижима.

Существенную помощь при решении проблемы автор статьи видит в использовании CAE-систем для моделирования процесса взаимодействия судна со льдом [1]. Реализация методов строительной механики на базе современных высокопроизводительных вычислительных комплексов дает адекватный отклик и потому признается в качестве инструмента прогнозирования поведения конструкций в ряде отраслей науки и техники. Применение здесь упомянутых систем является не только средством анализа, но и источником получения и контроля статистических данных, особенно в тех случаях, когда постановка эксперимента невозможна или экономически неоправдана.

Опыт научно-инженерной работы автора статьи был неоднократно связан с экспертной оценкой последствий ледовых аварий судов внутреннего плавания. При этом приходилось решать такие задачи, как оценка реакции судна на внедрение в ледяное поле при различных режимах движения, на изменение в процессе движения ледовой обстановки, параметров ледового канала, на воздействие подвижек, дрейфа и сжатий льдов; расчет инерционных характеристик судна; оценка навала льдов на счаленные и ошвартованные объекты и пр.

Подобные процессы сравнительно непродолжительны, как правило, конкретизированы или оговорены дополнительными условиями, а поставленные задачи в конечном итоге сводятся к анализу ледовых качеств при указанных ограничениях. В известных аналитических методиках эти проблемы либо не разрешимы, либо решения имеют приближенный характер. Таким образом, для повышения достоверности выводов в достаточном ряде случаев эксперты также вынуждены были прибегать к численному моделированию ситуации с помощью CAE-систем.

Возможности постпроцессорной обработки данных, и в частности визуализация результатов моделирования, являются принципиально значимыми элементами CAE-систем. Применительно к численным экспериментам по оценке основных ледовых качеств судов они позволяют вводить обоснованные критерии безопасности, корректировать традиционные аналитические методы или определять границы их применимости. Ниже это продемонстрировано на конкретных примерах, выполненных в рамках работ [3, 4, 5, 8].



Рис. 1. Характер повреждений бортового перекрытия судна в поле пластических деформаций (движение судна полным ходом в крупнобитых льдах толщиной 1 м)

МЕСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ КОРПУСА

Местная ледовая прочность — основное ледовое качество, так как она определяет способность корпусных конструкций противостоять ледовым нагрузкам и, как следствие, — выбор допустимых условий эксплуатации судна (безопасных скоростей движения, допустимых гидрометеоусловий при угрозе ледовых сжатий).

В реальных обстоятельствах корпусные конструкции работают в упругопластической зоне (часто при значительных пластических деформациях), то есть флот всегда получает повреждения. Под термином «повреждение» автор статьи понимает наличие любой остаточной деформации корпуса. Поэтому для практики наибольший интерес представляют способы комплексного количественного прогнозирования подобных деформаций и нахождения их допустимых границ.

Основным достоинством численного моделирования рассматриваемого процесса является возможность оценки повреждений судна. Употребление в качестве критерия только величины пластических деформаций конструкций не дает объективной картины, так как одному уровню этой характеристики могут соответствовать различные качественные повреждения. Поэтому для количественного анализа автор статьи использовал «параметр повреждений», определяемый в результате постпроцессорной обработки данных и представляющий сумму произведений пластических деформаций конечных элементов на их относительную площадь [3]:

$$D = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^e S_{ij} \bar{A}_{ij}, \quad (1)$$

где D — параметр повреждений бортового перекрытия корпуса судна;

i — порядковый номер конструкции бортового перекрытия (1 — обшивка, 2 — рамные шпангоуты, 3 — холостые шпангоуты и т.д.);

k — количество моделируемых конструкций бортового перекрытия;

j — порядковый номер конечного элемента i -й конструкции;

e — количество конечных элементов i -й конструкции;

S_{ij} — расчетная пластическая деформация j -го конечного элемента i -й конструкции;

\bar{A}_{ij} — относительная площадь j -го конечного элемента i -й конструкции:

$$\bar{A}_{ij} = \frac{A_{ij}}{1 M^2}, \quad (2)$$

где A_{ij} — площадь j -го конечного элемента i -й конструкции.

Величина данного параметра показывает явную корреляцию с характеристиками ледяного покрова и скоростью движения судна. В качестве примера на рис. 1 и 2 представлены качественная картина деформаций корпуса и зависимость параметра повреждений от скорости соударения при плавании судна в крупнобитых льдах (протяженность льдин 45–50 м).

Форма контактной зоны является основным фактором при вычислении таких параметров соударения, как сила, глубина смятия кромки льда, время соударения, прогиб льдины. В традиционных методиках она принимается в виде треугольника или эллиптического сегмента в зависимости от вида контактной кромки льда (угловой или закругленной) [7].

Разбор результатов моделирования показал, что контактное пятно имеет произвольную форму. Это связано с тем, что льдина прогибается, раздробленная часть льда вытесняется и распространяется вдоль борта, продолжая взаимодействовать с обшивкой (рис. 3).

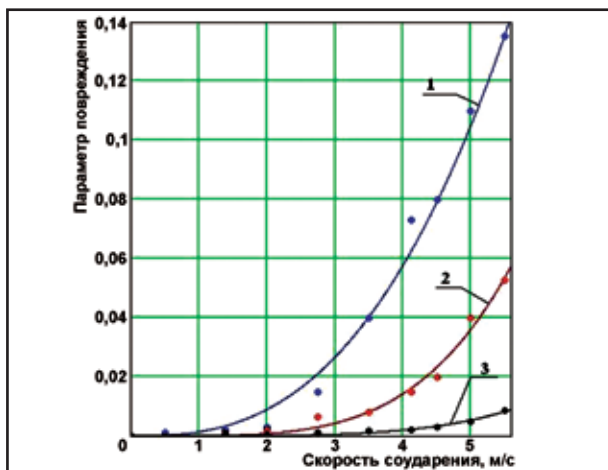


Рис. 2. Зависимость параметра повреждений от скорости соударения судна с льдиной: 1 – толщина льда 1,0 м; 2 – 0,5 м; 3 – 0,3 м

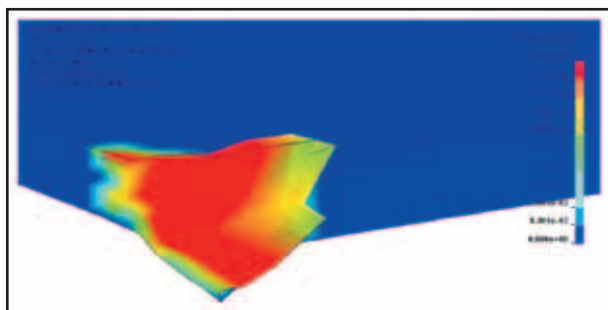


Рис. 3. Характер торшения контактной кромки льда

Пятно перемещается вдоль судна, оставляя на корпусе деформационный след сложной формы. Для ряда расчетных вариантов обработки данных выявила большие пластические деформации у элементов, находящихся на значительном удалении от непосредственной контактной зоны. Если учесть, что в процессе удара судно получает крен и дифферент, то аналитическое описание конфигурации этого следа требует корректировки. Последнее утверждение хорошо иллюстрирует рис. 4. Он же характеризует многофакторность нагружения конструкций корпуса (наличие изгибающих, сжимающих, растягивающих, сдвиговых напряжений).

Раздельный анализ повреждений бортовых конструкций, предлагаемый средствами визуализации, неоднократно давал результаты, входящие в противоречие с известным утверждением о том, что наибольшие ледовые деформации свойственны обшивке корпуса. Так, на рис. 5 для сравнения показаны повреждения обшивки и рамного набора при ударе судна о льдину толщиной 1 м и протяженностью около 50 м.

Имеющиеся у автора данные численного эксперимента показывают, что при малых скоростях соударения (в пределах малого хода) в большей степени повреждается обшивка судна. С ростом скорости (средний и полный ход) экстремальные повреждения переходят к набору. При этом уровень максимальных пластических деформаций рамного набора многократно превосходит эту величину у обшивки. Наиболее очевидно такое прослеживается в крупнобитых льдах (рис. 5).

Неучет аналитическими методиками крена и дифферента судна при контакте допустим для низких скоростей движения и относительно малых масс льдин. С ростом скоростей соударения и размеров ледяных образований игнорирование крена, как минимум, нельзя признать корректным.

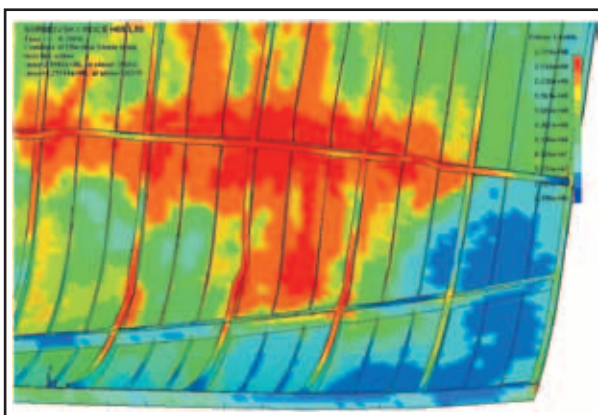
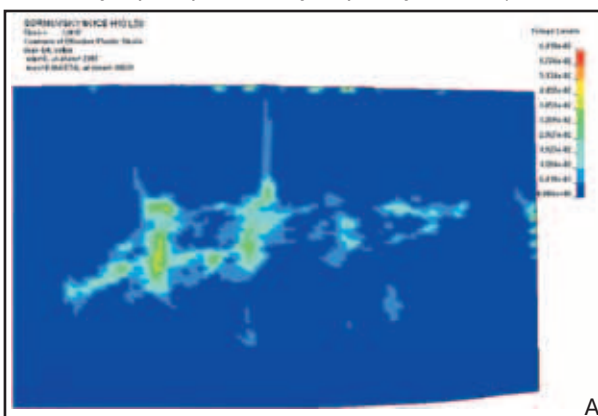
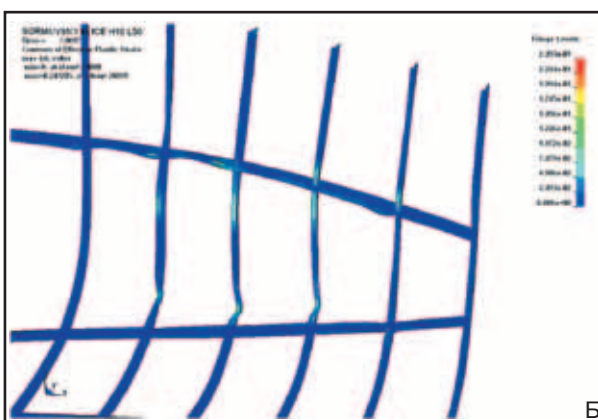


Рис. 4. Пример деформационного следа в поле напряжений фон-Мизеса (толщина льда – 0,5 м, протяженность льдин – 50 м, движение «полным ходом», удар о протяженную кромку льдины)



А



Б

Рис. 5. Уровни повреждений корпусных конструкций в поле пластических деформаций: А – обшивка; Б – рамный набор

Величина его по результатам постпроцессорного анализа может принимать ощутимые значения (рис. 6).

Приведенные примеры убедительно отражают возможности постпроцессорной количественной обработки данных для оценки параметров соударения судна со льдом. Однако часто вполне достаточно качественного визуального анализа для принятия решения о допустимости плавания в данном режиме в конкретных ледовых условиях. На рис. 7 приведены качественные картины повреждений бортовых конструкций в двух расчетных вариантах контакта судна с льдинами.

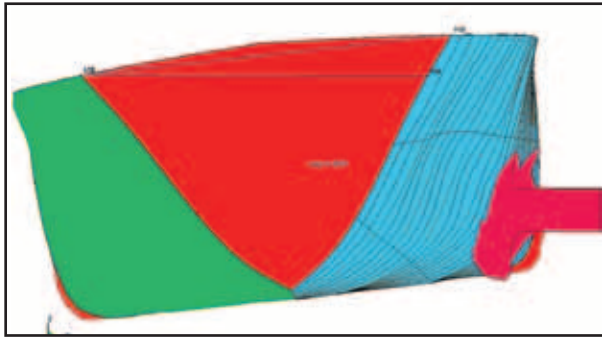


Рис. 6. Крен судна при ударе о льдину (толщина льда – 1,0 м; протяженность льдины – 50,0 м; удар с «полного хода»)

Так, первый вариант (рис. 7А) показывает отсутствие существенных повреждений. На основании этого можно сделать вывод о соответствии прототипа модельного судна своему ледовому классу «лед 40», который разрешает свободное плавание в разреженных мелкобитых льдах толщиной до 40 см. Из характера получаемых деформаций (обшивка, холостой и рамный наборы) в процессе развития контакта следует, что второй вариант (рис. 7Б) явно не отвечает безопасному режиму движения судна. Его обеспечение может быть достигнуто только снижением хода.

ХОДКОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ

В ряду ледовых качеств ходкость и управляемость занимают значимые места, так как они сказываются не только на безопасности, но и на эффективности эксплуатации флота во льдах.

Опыт использования конечно-элементного моделирования движения судна во льдах показывает, что при разумном сочетании степени дискретизации пространства (точности вычислений) и затрат времени на расчеты обеспечивается адекватность моделирования даже для относительно продолжительных процессов (примерно несколько минут). Последнее позволяет анализировать целый комплекс ледовых качеств судна, в том числе ходкость, курсовую устойчивость и поворотливость. Для этого CAE-системы предлагают графические процессоры в сочетании со средствами визуализации обработки результатов.

В аспекте, интересующем автора, обширный круг задач, относимых к безопасности судоходства, связан с анализом движения судна за относительно короткий интервал времени. Но даже прямолинейное движение в однородных льдах имеет неустановившийся характер. Поэтому во многих случаях прогноз безопасных условий с позиций усреднения исходных параметров (что и предлагают традиционные аналитические решения [2, 9, 12, 13]) будет иметь низкую оправдываемость. Все перечисленные качества в первую очередь связаны с оценками пространственно-временного распределения ледовых нагрузок на корпусе судна. Так, в отношении ходкости следует отметить, что численный эксперимент предсказывает значительную временную изменчивость ледового сопротивления даже при сравнительно устойчивой скорости хода. В доказательство этого на рис. 8 приведен расчет ледового сопротивления судна в одном из вариантов моделирования.

Рассмотрение функций рис. 8 показывает, что конечно-элементная модель прогнозирует значительную дисперсию ледовых сил (кривая В). При этом даже сглаженное значение данного параметра (кривая А) для относительно стабильной скорости движения 3,35-3,45 м/с (кривая С)

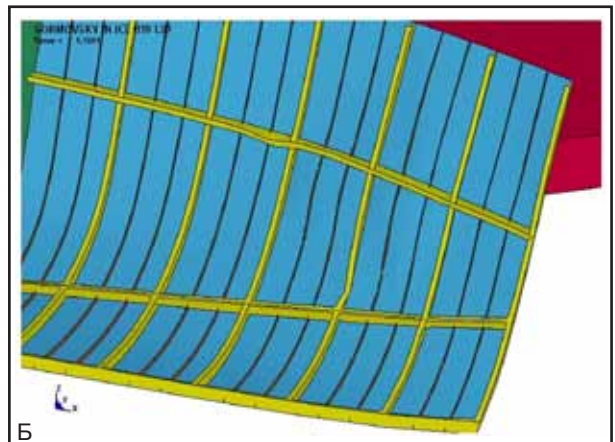
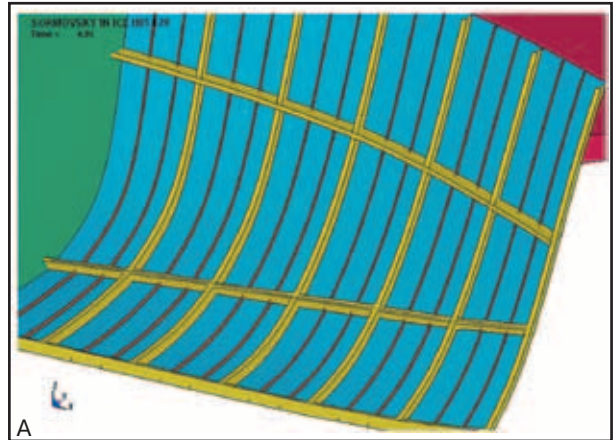


Рис. 7. Качественная картина развития повреждений корпусных конструкций. А: толщина льда – 0,5 м; протяженность льдины – 20,0 м; удар с «полного хода»; Б: толщина льда – 1,0 м; протяженность льдины – 20,0 м; удар с «полного хода»

отличает высокая неравномерность, что в действительности имеет место. Колебания сглаженной величины ледовых сил превышают 53% ее максимального значения.

Аналитические модели взаимодействия судна с мелкобитым льдом, реализованные в полуэмпирических методиках, базируются на предположениях их авторов о характере обтекания ледяной средой корпуса судна. При этом для нахождения преобладающих составляющих ледовых на-

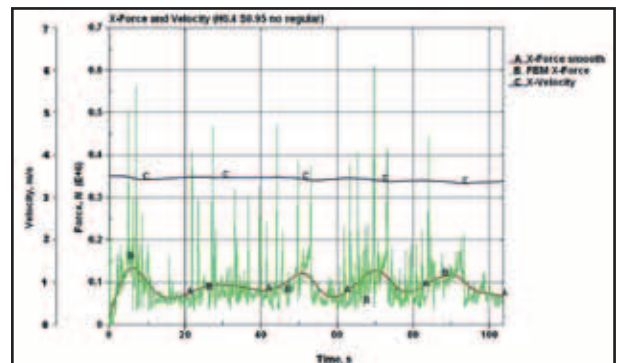


Рис. 8. Временная зависимость продольных ледовых усилий и скорости хода судна («нерегулярный» мелкобитый лед; толщина – 0,4 м; сплоченность – 9-10 баллов)

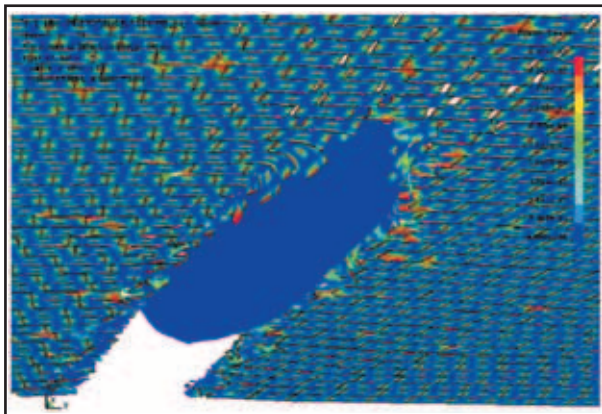


Рис. 9. Характер взаимодействия судна с тонкими мелкобитыми льдами в поле пластических деформаций (вид снизу)

грузок – инерционных (импульсивных) и диссипативных назначаются скорости среды из условия плоского раздвигания льда [2, 9, 13]. Но такой подход не всегда справедлив. Например, тонкие льды не только раздвигаются, но интенсивно деформируются и разрушаются (рис. 9, 10А). Да и раздвигание толстых льдов в окрестностях судна нельзя сводить к двумерному рассмотрению (рис. 10Б). Поэтому теоретическая картина поля скоростей в ледяном покрове плохо согласуется с реальностью.

Не согласуются результаты численного эксперимента и с заявлениями авторов полуаналитических методик в отношении перераспределения перемещений в плоскости ледяного покрова. Так, в [2] отмечено, что «... при движении в сплоченных мелкобитых льдах возмущение среды происходит в основном в направлении, перпендикулярном к диаметральной плоскости судна, и частично в направлении его движения. Результаты многочисленных наблюдений, а также специально проведенные расчеты свидетельствуют о том, что перемещения льдин в направлении движения судна малы по сравнению с соответствующими поперечными перемещениями...». Численный эксперимент в большей части случаев показывает не только соизмеримость этих величин, но также и превышение продольного сдвига ледяной среды по отношению к ее траверзному смещению (рис. 11).

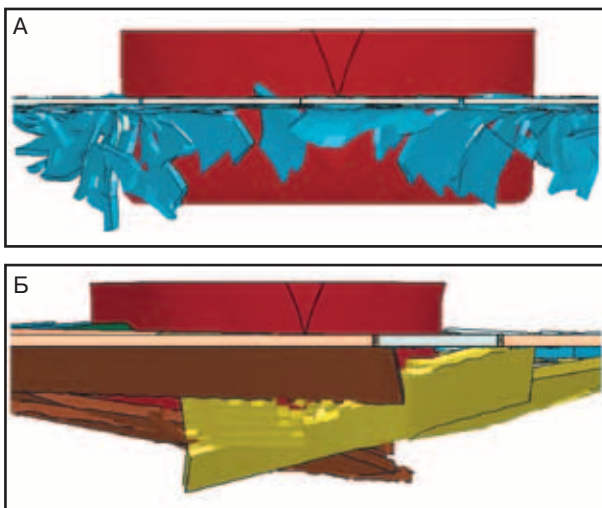


Рис. 10. Характер взаимодействия корпуса судна с мелкобитыми сплоченными льдами различной толщины: А – толщина льда 0,2 м; Б – 0,5 м

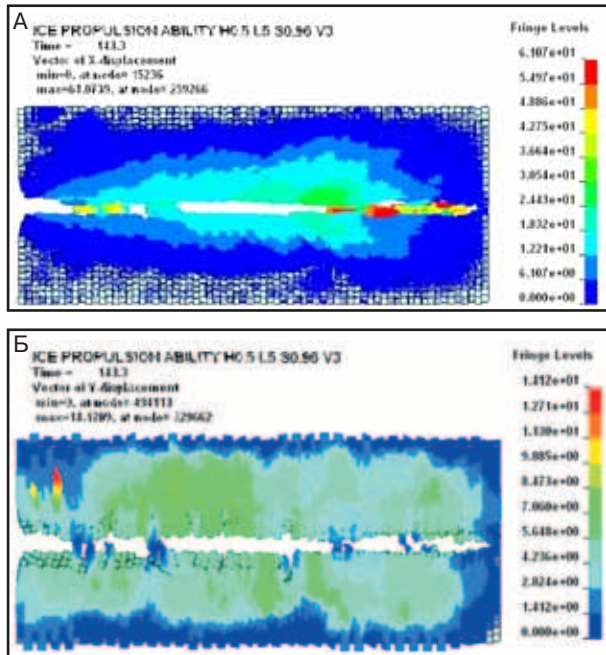


Рис. 11. Продольные А и поперечные Б смещения масс льда в результате прохождения судна («регулярный» мелкобитый лед; протяженность льдин – 5,0 м; толщина – 0,5 м; сплочённость – 10 баллов; ширина канала ~ 160 м)

Из рис. 11Б видно, что смещение основной массы льдов в поперечном направлении не превосходит 10 м. Продольный дрейф (рис. 11А) значительной части среды достигает 20 м и более.

Все полуаналитические зависимости получены на основе предположения свойств однородности, изотропности ледяной среды и сплошности ее контакта с корпусом судна [2, 9, 13].

Согласно первому свойству, средняя плотность мелкобитого льда является постоянной величиной. Изотропность означает, что свойства среды не зависят от произвольно выбранного направления в ее плоскости. Однако на практике эти условия далеко не всегда выполняются, и в итоге получается эффект, противоположный прогнозу традиционных методик. Такое часто проявляется в нарушении теоретического баланса скорости судна и его ледового сопротивления, согласно которому ледовые усилия находятся в квадратичной зависимости от скорости движения. Следовательно, например, данная взаимосвязь не однозначна для толстых (более 0,4 м) мелкораздробленных сплоченных льдов. Здесь при возмущении ледяной среды подвижным судном образуются локальные зоны ее торошений и наслоений, чередующиеся с разводящими. Подобное явление упомянуто в работе [9] и подтверждается численным экспериментом (рис. 12).

Сплоченность, а частично и толщина льда перераспределяются, приводятся в движение его большие массы, что порождает рост ледового сопротивления при снижении скорости хода судна. Это проиллюстрировано на рис. 13.

Анализ кривых рис. 13 показывает хотя и не монотонное, но все же увеличение ледовой нагрузки (сглаженное значение, кривая А) при почти трехкратном устойчивом падении скорости (кривая С) к окончанию моделируемого периода.

При движении в тонких льдах качественные признаки образующейся неравномерности параметров среды явно не выражены. Однако в ряде случаев здесь также зафиксировано несоответствие экспериментальной кривой «скорость движения – ледовое сопротивление» ее теоретическому

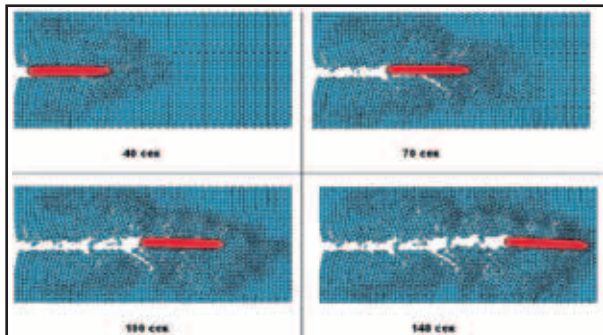


Рис. 12. Качественная картина движения судна в битых льдах («регулярный» мелкобитый лед; протяженность льдин – 5,0 м; толщина – 0,5 м; сплоченность – 10 баллов)

аналогу. Так, на рис. 14 описан эпизод форсирования с полного хода перемишки из мелкобитого «нерегулярного» льда толщиной 0,2 м. Из анализа кривых видно, что плавное замедление хода судна в 1,3 раза (кривая С) практически не сказывается на уровне продольных ледовых нагрузок, оставляя их в пределах примерно 100 кН (сглаженное значение, кривая В).

Необходимо отметить временной характер таких явлений. Их продолжительность занимает несколько минут. Но в задачах безопасности судоходства – это значимый период. Кроме того, плавание во льдах, по сути, представляет череду ускорений и замедлений движения флота.

В структуру всех традиционных зависимостей расчета ледовых нагрузок на корпусе судна входит постоянная составляющая (статическая, не зависящая от скорости движения). Однако ее значения по данным различных источников далеки от единообразия. Для сопоставимых условий верхние границы оценок [2] отличаются от нижних [12, 13] более чем на порядок. Это свидетельствует об отсутствии надежных натурных данных, подтверждающих методические положения авторов.

В рамках работы [5] предпринята попытка оценить вклад данной составляющей. Там для нескольких вариантов ледовых условий было смоделировано движение судна с очень малой скоростью – 0,1 м/с. Выбор предела скорости в первую очередь обусловлен возможностями вычислительной системы автора – за разумное время нужно было получить достаточное для анализа перемещение судна. Для данной скорости разница между чистым ледовым сопротивлением и его статической составляющей не превышает 2% [12, 13], что вполне допустимо для приближенной оценки последней.

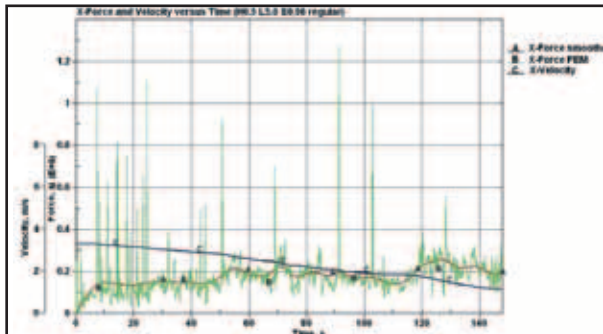


Рис. 13. Сравнение временных зависимостей ледового сопротивления и скорости движения судна («регулярный» мелкобитый лед; протяженность льдин – 5,0 м; толщина – 0,5 м; сплоченность – 10 баллов)

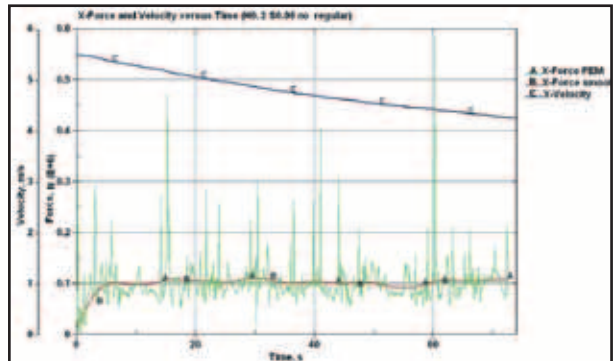


Рис. 14. Сравнение временных зависимостей ледового сопротивления и скорости движения судна («нерегулярный» мелкобитый лед; протяженность льдин – 5,0-20,0 м; толщина – 0,2 м; сплоченность – 10 баллов)

Результаты расчетов продольных ледовых нагрузок по одному из вариантов показаны на рис. 15.

Поведение кривых ледового сопротивления (рис. 15, В – расчет, А – сглаженные значения) свидетельствует о его сильной временной изменчивости. Но если следовать логике авторов классических методик, то для практически незначимой фиксированной скорости хода сопротивление должно быть близко к постоянной величине. Поэтому статическую составляющую здесь следует интерпретировать как среднее значение кривой сопротивления (рис. 15, линия С). Вместе с тем применение полученного значения справедливо в понятии только как «потенциальная сопротивляемость ледяного покрова для неподвижного судна».

Корректность экстраполяции постоянной составляющей на подвижное судно (для разных скоростей, но тех же расчетных морфометрических характеристик льдов) сомнительна. Это подтверждается как вышеприведенными результатами численных расчетов, так и следующим наблюдением.

При низких скоростях хода лед в большей степени успевает раздвигаться, уплотняться, перераспределяться по площади канала. Высоким значениям скорости свойственно интенсивное деформирование и разрушение льдин в окрестностях судна. То есть скорость судна сказывается на свойствах ледяной среды. В рамках известных методик данное влияние учесть невозможно, его можно только смоделировать. Поэтому отождествление неподвижной и по-разному возмущенной среды, выраженное в наличии статической составляющей, нельзя признать правомерным

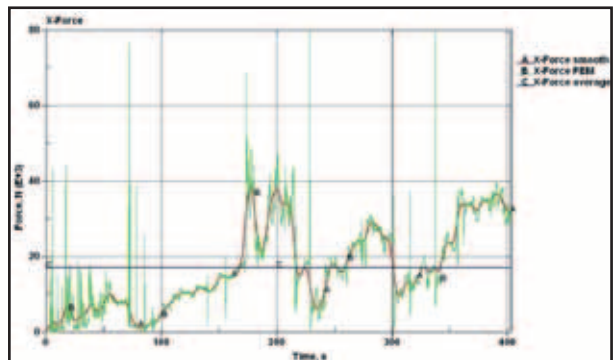


Рис. 15. Временная зависимость ледового сопротивления («нерегулярный» мелкобитый лед; толщина – 0,5 м; сплоченность – 9-10 баллов)

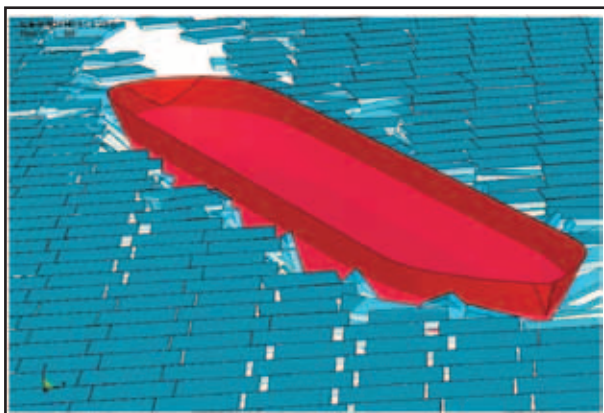


Рис. 16. Характер контакта судна с битыми льдами при криволинейном движении

(по крайней мере, применительно к краткосрочным задачам безопасности).

Гипотезу о сплошности контакта можно принять только для относительно прямолинейного движения в тонких льдах. При оценках поворотливости она явно не подтверждается. Так, интегральная модель, предложенная в работе [12], сводит действительное взаимодействие корпуса с битым льдом к сплошной нагрузке, разнесенной вдоль действующей ватерлинии судна. При этом автор проводит аналогию между воздействием льда на судно и газодинамикой, согласно которой непрерывное давление газа на стенки сосуда является следствием ударов отдельных молекул. Однако подобное сравнение здесь абсолютно неуместно, ибо несопоставимы соотношения размеров контактирующих тел. Подобную аналогию можно проводить лишь при условии измельчения льда до величины кристаллов (зерен), его образующих. Фактически льдины контактируют с обшивкой в нескольких локальных зонах, чаще находящихся вне уровня рабочей ватерлинии. И это справедливо как для разреженных, так и для сплоченных льдов. Описанная ситуация наглядно показана на качественной картине движения судна в сильносплоченных мелкобитых льдах (рис. 16).

Следует признать, что существует перераспределение ледовых нагрузок по корпусу. Это можно показать данными рис. 17, на котором приведен пример одномоментных кривых относительного напряжения по периметру нескольких ватерлиний (А – рабочая; В – уровень 1 м ниже рабочей; С – уровень 2 м ниже рабочей; D – уровень 3 м ниже рабочей). Но характер такого перераспределения в границах ледового пояса судна

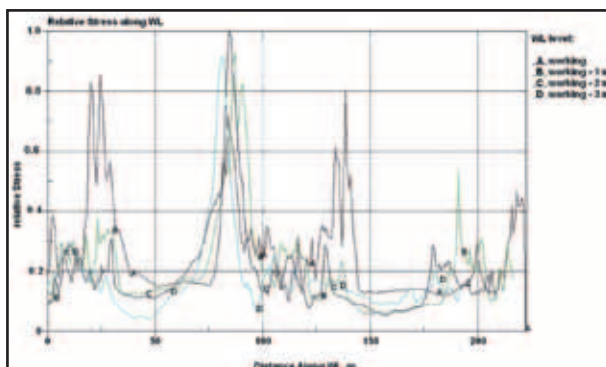


Рис. 17. Распределение относительных ледовых напряжений в корпусе по периметру ватерлиний

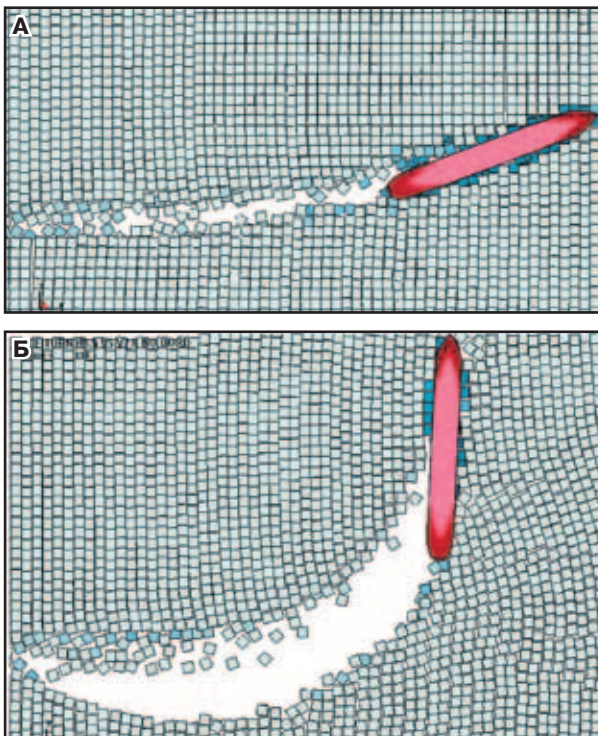


Рис. 18. Характер отворота судна в мелкобитых льдах: А – в канале; Б – в свободно дрейфующем поле

несопоставим с его аналитическими оценками. Поэтому интегральная модель нагрузок с оговорками может быть допустима при оценке результирующих ледовых сил, но вряд ли приемлема для прогнозирования их моментов.

Неучет граничных условий и раздробленности льдов в расчетах поворотливости также снижает достоверность аналитических методов [12]. В подтверждение этого на рис. 18 приведены примеры расчетных маневров судна при одинаковых начальных условиях в канале и свободно дрейфующем поле. Разница очевидна.

Последнее можно также пояснить более детальными количественными результатами моделирования нескольких вариантов маневра «отворот» в сильносплоченных льдах толщиной 0,5 м. На рис. 19 это показано траекториями движения кормы судна.

Упомянутый маневр заключается в монотонном изменении курса судна при обычно переложенных на борт рулевых органах. Его завершением допустимо принять момент ухода кормы в сторону поворота от линии первоначального курса на расстояние, равное ширине судна. Из анализа кривых рис. 19 очевидно, что маневр судна индивидуален в каждом варианте условий. Так, наиболее круто оно разворачивается в свободно дрейфующих ледяных полях ограниченных размеров (линии В, D; в расчетах использовалось поле мелкобитого льда с поперечным размером около 400 м). Тем не менее наблюдается влияние степени раздробленности льда: в «нерегулярных» льдах маневр происходит с большим «раскатом» кормы (линия В). В бесконечном поле «регулярных» льдов судно поворачивает явно плавнее (вариант Е). В первом приближении для этого варианта можно спрогнозировать диаметр циркуляции – в пределах 370 м. Пологую траекторию с небольшим углом дрейфа даже по корме (около 13 градусов) следует ожидать при движении в стесненных условиях канала шириной 200 м, заполненного «регулярными» льдами протяженностью 5,0 м (вариант С).

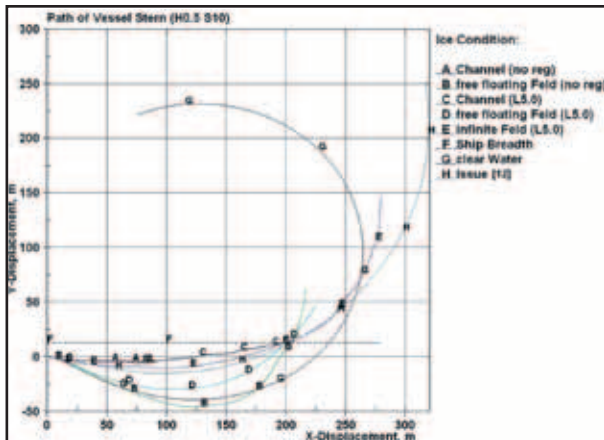


Рис. 19. Траектория движения кормы судна при отвороте

В канале с «нерегулярными» льдами конечно-элементное моделирование предсказывает «заклинивание» судна по прошествии пути в 0,75 своей длины (кривая А).

Численные эксперименты в показанных примерах прогнозируют приблизительно одинаковую требуемую длину акватории для выполнения маневра во всех расчетных случаях (кроме варианта А) – немногим более 200 м (на рис. 19 она находится как абсцисса точек пересечения кривых В, С, D, Е с прямой F). Но по времени, затраченному на отворот, очевиден значительный разброс результатов – от примерно 1,5 мин. в варианте D до 3 мин. в варианте С (рис. 20).

Неустойчива и скорость движения судна в процессе маневра (рис. 21). Относительно небольшие ее колебания (в пределах 10% от начальной) отмечены только в варианте D. В варианте В льды сначала почти вдвое уменьшают первоначальный ход судна, после чего по мере интенсивного раздвигания поля скорость начинает восстанавливаться. Наблюдается тенденция падения скорости в варианте Е. Но это снижение немонотонно с предполагаемой стабилизацией в пределах 1,5 м/с. Относительно устойчивое уменьшение скорости демонстрируют варианты А и С. Вариант С прогнозирует стабилизацию хода на уровне 0,6 м/с, вариант А – практическую остановку судна через 2,5 мин.

В ряду графиков, показанных на рис. 19-21, имеются кривые Н. Они рассчитаны для мелкобитых льдов по методике [12]. Можно отметить некоторую схожесть аналитических вычислений с вариантом Е применительно к

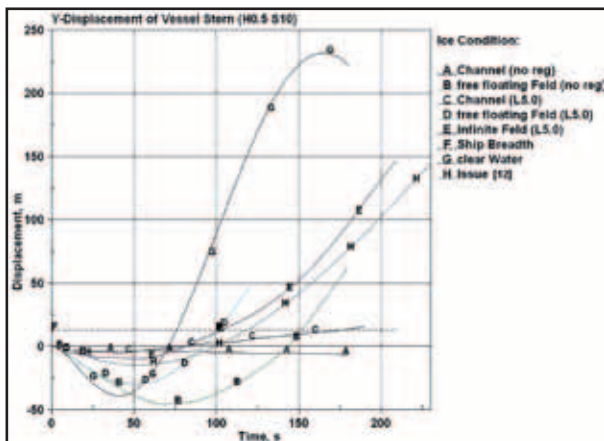


Рис. 20. Временная зависимость поперечного смещения кормы судна при отвороте

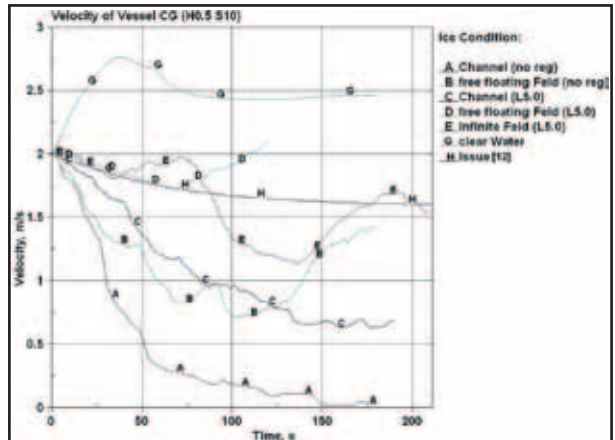


Рис. 21. Временная зависимость линейной скорости центра тяжести судна

описанию отворота, после чего начинают накапливаться расхождения результатов. Линии G, показанные для сравнения, являются итогом численного моделирования маневра судна в условиях чистой воды.

Устойчивость на курсе нельзя отнести к активно теоретически изучаемым, описываемым, а тем более, к нормируемым ледовым качествам судна. Анализ этого качества на основе аналитических подходов представляет собой достаточно сложную задачу, и попытки ее решения, по крайней мере, для битых льдов пока безуспешны [10]. Априорно принимаемые допущения и упрощения, сопутствующие таким методикам, с точки зрения безопасности сводят их до уровня неадекватности. Кроме того, для судоводителя, обеспечивающего проводку, более важна способность управляемого судна при действии ледовых возмущений возвращаться не на выбранный курс, а на заданную линию маршрута (створную линию). Поэтому автор статьи в своих работах использует термин «маршрутная устойчивость».

САЕ-системы являются, пожалуй, единственным инструментом, позволяющим наиболее достоверно охарактеризовать рыскливость судна во льдах и даже оптимизировать алгоритм его управления. Последнее можно пояснить на примере анализа движения флота в сильно-разреженных мелкобитых льдах при различных законах управления (рис. 22).

Оценка маршрутной устойчивости подразумевает задание закона регулирования, так как он определяет ответную реакцию судна на воздействие льдов. Кривые на рис. 22 описывают временную зависимость угла рыскания судна при его движении в «нерегулярных» мелкобитых льдах толщиной 0,5 м и сплоченно-

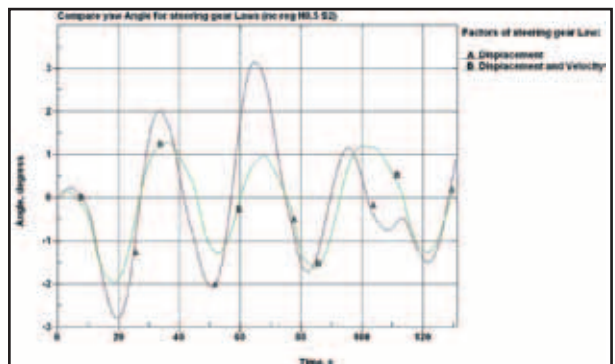


Рис. 22. Сравнение угла рыскания для различных режимов управления судном во льдах

тью 2 балла. Их анализ показывает, что введение дополнительного фактора в закон управления судном улучшает его маршрутную устойчивость. В результате угол рыскания уменьшается в 1,5-3 раза (кривая В) по сравнению с вариантом, где использовалась однофакторная функция регулирования, учитывающая только поперечное смещение носового перпендикуляра (кривая А). При этом в качестве дополнительного фактора применялась скорость поперечного смещения носового перпендикуляра.

Данные, которыми к настоящему времени располагает автор статьи, позволяют сделать следующие общие выводы в отношении маршрутной устойчивости флота в битых льдах. С ростом толщины сплоченных льдов увеличивается поперечное смещение и амплитуда угла рыскания судна. Тем не менее для реального закона управления их вряд ли можно признать значимыми величинами (например, для льдов толщиной 0,5 м угол не превысил 3,5 градуса). Различные состояния раздробленности не вносят качественных изменений в характер движения флота.

Повышение параметров рыскливости судна с увеличением толщины сплоченных льдов можно объяснить следующим. Тонкий лед при достаточно большой скорости движения интенсивно разрушается, измельчается и расталкивается носовой частью корпуса судна под кромки ближних льдин, не вызывая ощутимых различий в поперечных нагрузках с разных бортов (рис. 10А). При движении в толстых льдах их дробление наблюдается в гораздо меньшей степени. Преобладают нагрузки от деформирования, притапливания и раздвигания льдин, способствующие случайному «соскальзыванию» форштевня в ту или иную сторону (рис. 10Б). Учитывая низкую достижимую скорость, судно гораздо медленнее «восстанавливается», что ведет также к росту периода рыскания.

Влияние сплоченности мелкобитых льдов на маршрутную устойчивость флота не является однозначным. На данном этапе моделирования пока можно сделать вывод только об устойчивом сокращении периода рыскания с уменьшением сплоченности.

ВЫВОДЫ

1. При решении комплекса задач, связанных с обеспечением безопасности ледового судоходства, требуются частные оценки ледовых качеств флота.

2. Использование для указанных целей традиционных аналитических (полуэмпирических) решений ограничено.

3. При отсутствии репрезентативных натурных данных по ледовой прочности, ходкости, управляемости судна предпочтителен численный эксперимент (например, в конечно-элементной постановке), реализуемый с помощью современных CAE-систем.

4. Постпроцессорную обработку результатов такого моделирования следует признать источником достоверной статистической информации, а также средством адекватного решения задач обеспечения безопасности ледового плавания.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Hallquist J.O. LS-DYNA 950. Theoretical Manual. Livermore Software Technology Corporation. LSTC Report 1018. Rev. 2. USA, 2001. – p 498.
2. Каштелян В.И., Позняк И.И., Рывлин А.Я. Сопротивление льда движению судна. – Л.: Судостроение, 1968. – 238 с.
3. Лобанов В.А. Численная оценка ледовых качеств судна. Прочность. Вестник научно-технического развития, №12, 2011. Электронный журнал, № гос. рег. 0421200120, ISSN 2070-6847, <http://www.vntr.ru/ftpgetfile.php?id=563>.
4. Лобанов В.А. Численная оценка ледовых качеств судна. Управляемость. Вестник научно-технического развития, №8, 2012. Электронный журнал, № гос. рег. 0421200120, ISSN 2070-6847, <http://www.vntr.ru/ftpgetfile.php?id=619>.
5. Лобанов В.А. Численная оценка ледовых качеств судна. Ходкость. Вестник научно-технического развития, №1, 2012. Электронный журнал, № гос. рег. 0421200120, ISSN 2070-6847, <http://www.vntr.ru/ftpgetfile.php?id=571>.
6. О мерах по обеспечению безопасности плавания транспортных судов в замерзающие порты Российской Федерации. Распоряжение министерства транспорта РФ от 17 февраля 2003 г. № ВР-30-р.
7. Прочность судов, плавающих во льдах / Ю.Н.Попов, О.В.Фадеев, Д.Е. Хейсин, А.Я. Яковлев. – Л.: Судостроение, 1967. – 224 с.
8. Разработать ледовые паспорта танкеров пр. 19614. Выходной документ научно-исследовательской работы по теме №34/09/1101. Научный рук. – Клементьев А.Н. – Н.Новгород.: ВГАВТ, 2012. – 45 с.
9. Рывлин А.Я., Хейсин Д.Е. Испытания судов во льдах. – Л.: Судостроение, 1980. – 208 с., ил. – ИСБН.
10. Сазонов К.Е. Управляемость судов во льдах: методы определения ледовых сил, действующих на движущийся по криволинейной траектории корпус, и зависимости показателя поворотливости судов от характеристик корпуса и внешних условий : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : Специальность 05.08.01 – теория корабля и строительная механика / Гос. науч. центр РФ.- Санкт-Петербург, 2004.- 285 с.: ил. РГБ ОД, 71 07-5/554.
11. Свидетельство о допустимых условиях ледового плавания. Циркулярное письмо главного управления Российского морского регистра судоходства от 19 декабря 2011 г. № 314-2.2-547ц.
12. Тронин В.А. Повышение безопасности и эффективности ледового плавания судов на внутренних водных путях: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: специальность 05.22.16 – Судовождение / Горький, 1990. – 414 с.
13. Тронин В.А., Поляков А.С. Расчет ледового сопротивления судна при прямолинейном движении в битом льду // Сбор. науч. тр. ГИИВТА. Маневрирование судов в сложных условиях плавания. Горький, 1988. Вып. 254. с. 92 – 107.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Новосибирская государственная академия водного транспорта (НГАВТ)

ТЕМА: Исследование возможностей улучшения экологических характеристик судовых дизелей, находящихся в эксплуатации, посредством использования присадок к воздуху и топливу

АВТОР: С.В. ТИТОВ, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Судовые двигатели внутреннего сгорания»

С выходом Постановления Правительства РФ от 24 марта 2011 года наша страна присоединилась

к международной Конвенции МАРПОЛ 73/78. В соответствии с требованиями ее важной составной части – Технического

кодекса, за период с 2011 по 2016 год предельные значения средневзвешенных выбросов оксидов азота должны

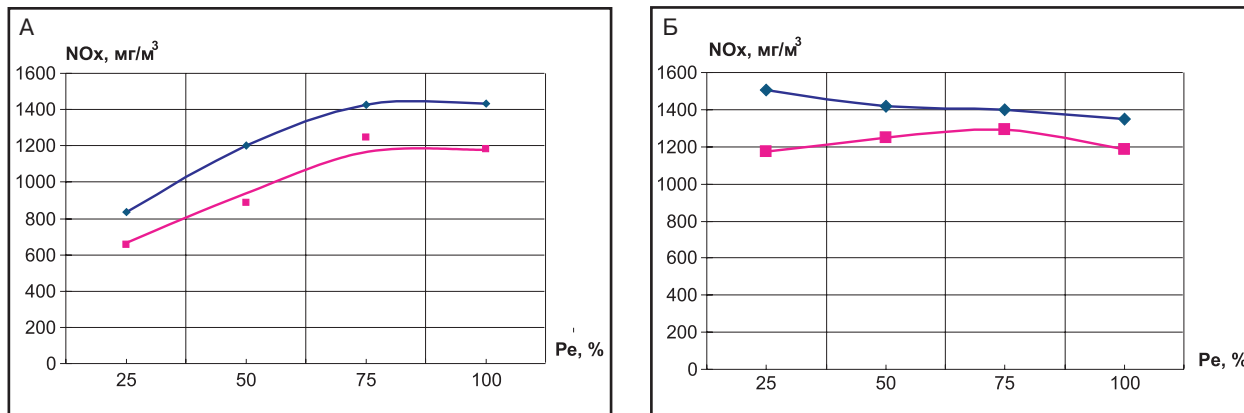


Рис. 1. Нагрузочные (А) и винтовые (Б) характеристики судового дизеля 6ЧН16/22,5: фиолетовая линия – работа в штатном режиме; синяя – при подаче водородосодержащего газа во всасывающий коллектор; NOx – количество оксидов азота в отработавших газах, Pe – эффективная мощность дизеля

быть сокращены почти в 3,5 раза. Эти нормы в равной степени распространяются и на дизели (как главные, так и вспомогательные) речных теплоходов.

Автор статьи разделяет мнение ведущих экспертов о том, что замена до указанной даты всех судовых дизелей на флоте, находящемся в эксплуатации, на современные аналоги (с необходимыми экологическими показателями) является нереальной. Следовательно, нужно рассматривать другие варианты. Оптимальным представляется применение присадок к воздуху и топливу, ведь они реально уменьшают выбросы вредных веществ с отработавшими газами.

Как известно, наибольшую опасность по суммарному вредному воздействию на организм человека представляют оксиды азота. Одним из наиболее эффективных способов снижения его концентрации считается 10-15%-ный наддув дизелей водородосодержащей смесью. Добавление подобной присадки к воздуху позволяет снизить итоговое значение в 5-7 раз [1].

В связи с тем что Правилами Российского Речного Регистра и Российского морского регистра судоходства запрещено хранение различных видов топлива с температурой вспышки менее 61°C, была поставлена задача спроектировать и изготовить опытный образец судового термического газового генератора, предназначенного для работы на дизельном и тяжелом топливе.

Экспериментальные исследования влияния водородосодержащей газовой присадки на экологические и экономические показатели проводились на стенде в лаборатории СДВС НГАВТ на судовом дизеле 6ЧН 16/22,5. Присадка подавалась во всасывающий коллектор после осевого компрессора [2, 3].

На рис. 1 А и Б показаны сравнительные рабочие характеристики дизеля.

Из графиков видно, что дополнительный наддув дизеля водородосодержащим газом способствует существенному (до 200 мг/м³ и более) уменьшению содержания оксидов азота в выхлопах.

Обратим внимание на важный момент: в силу имеющихся возможностей и конструктивных особенностей готовых узлов и механизмов, использованных для создания опытного образца судового газового генератора, его действительная производительность оказалась значительно больше, чем это требуется для дизеля 6ЧН16/22,5. Для оптимизации работы комплекса «судовой дизель – газовый генератор» потребуется выполнение значительного объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В ходе испытаний также выяснилось, что применение в качестве присадки к воздуху водородосодержащего газа возможно исключительно для безнаддувных дизелей, которые в настоящее время распространены только на вспомогательных машинах и практически не встречаются на главных. Это связано с неизбежными потерями водородосодержащего газа при продувке.

Таким образом, более перспективным для судовых условий является использование присадок воды к топливу в виде водотопливной эмульсии (ВТЭ) [4].

Данный способ не требует значительных капитальных вложений и существенных изменений в конструкции дизелей, находящихся в эксплуатации.

Стоит напомнить, что в период с 1980 по 1990 год коллективом ученых НГАВТ и Центрального научно-исследовательского института был выполнен большой объем работ по изучению возможности применения на речном флоте водотопливных эмульсий. В

академии проект реализовывался под руководством заслуженного деятеля науки, доктора технических наук профессора О.Н. Лебедева. В 1989 году его заслуги в этой области были отмечены премией Совета Министров РСФСР.

Цель использования ВТЭ – получение дополнительной прибыли за счет применения тяжелых сортов топлив, стоимость которых почти в 3 раза меньше цены дизельных. Тогда были разработаны и серийно выпущены установки непрерывного приготовления ВТЭ, соответственно накоплен ценный опыт ее использования на речном флоте.

К сожалению, с развалом Советского Союза, работы по внедрению водотопливной эмульсии в судовых дизелях были прекращены.

В настоящее время за рубежом двигателестроительные корпорации MAN Diesel & Turbo SE и Mitsubishi для сокращения вредных выбросов с отработавшими газами в судовых дизелях применяют ВТЭ. Исследования показали, что эффективность ее использования повышается с уменьшением диаметра частиц воды в ВТЭ (dw). Однако это связано с неизбежным ростом удельного эффективного расхода топлива, что значительно снижает практическую ценность рассматриваемого способа (рис. 2) [5].

Проверим полученные в [5] результаты на отсеке одноцилиндрового дизеля Ч 10,5/12 с камерой сгорания в поршне.

Для приготовления мелкодисперсной (микрогетерогенной) эмульсии «дизельное топливо+вода» была спроектирована и изготовлена специальная установка. В ней реализовано дополнительное воздействие на имеющуюся в распоряжении обычную (грубую) эмульсию: физические эффекты, возникающие

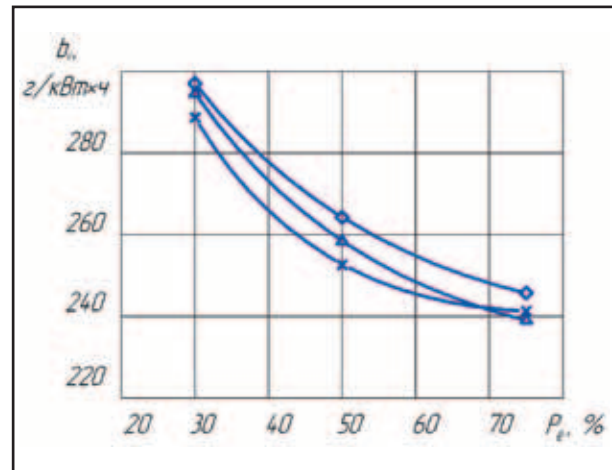
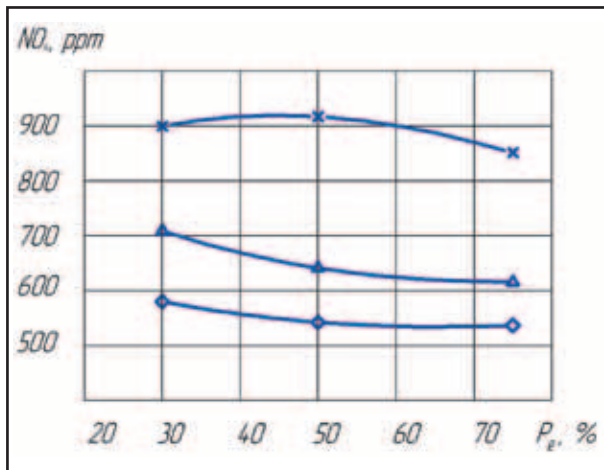


Рис. 2. Нагрузочные характеристики дизеля при частоте вращения коленчатого вала 1200 об/мин: NOx – концентрация оксидов азота, ppm; be – удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч; dw – диаметр частиц воды в ВТЭ, мкм; X – дизельное топливо; Δ – dw = 3,9 мкм; ● – dw = 7,7 мкм

при кавитации, а также при действии постоянного магнитного поля и высоковольтного электрического заряда. В качестве поверхностно-активного вещества, как и для приготовления грубой эмульсии, использовался мазут.

Сравним рабочие характеристики дизеля, полученные на моторном стенде в лаборатории СДВС, при работе на чистом дизельном топливе, грубой эмульсии, приготовленной обычным известным способом, и микрогетерогенной эмульсии из экспериментальной установки. Результаты этих испытаний приведены на рис. 3.

Концентрация воды в эмульсии принята равной 15% объема с учетом следующего обстоятельства: оптимальное содержание воды в ВТЭ дизельное топливо+вода, по данным доктора технических наук профессора О.Н. Лебедева, находится в диапазоне 15-17%.

Анализ графиков показал, что при использовании на полученной микрогетерогенной эмульсии количество NOx сократилось в 1,5 раза, а расход топлива увеличился в сравнении с дизельным топливом всего на 1-1,5%, что находится в пределах ошибки измерения.

Несоответствие результатов эксперимента и данных [5] можно объяснить разными способами получения микрогетерогенных эмульсий и, как следствие, их непохожими качественными свойствами.

Если в исследованиях компании Mitsubishi самой тонкой эмульсией была ВТЭ с частицами воды диаметром 3,9 мкм, то в исследованиях ученых НГАВТ величина наиболее крупных капель воды микрогетерогенной эмульсии не превышала 3 мкм. Остальные части-

цы полученной эмульсии в обычный оптический микроскоп не различа-

лись вовсе. На рис. 4 представлены пробы грубой и гетерогенной ВТЭ

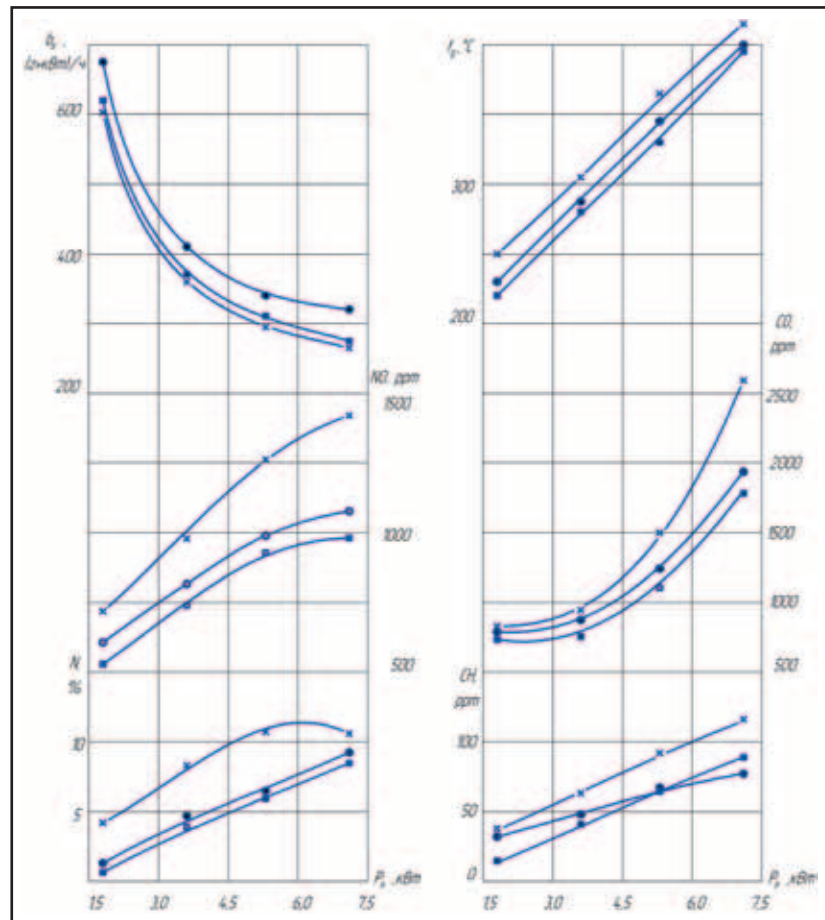


Рис. 3. Нагрузочные характеристики дизеля Ч10,5/12 при частоте вращения коленчатого вала, равной 1500 об/мин: N – дымность отработавших газов по шкале Hartrige, %; tg – температура отработавших газов, °C; CO – концентрация оксида углерода, ppm; CH – концентрация углеводородов, ppm; X – дизельное топливо; ● – грубая водотопливная эмульсия 15%-ной воды (dw = 10 – 15 мкм); ■ – микрогетерогенная водотопливная эмульсия 15%-ной воды (dw менее 3 мкм)

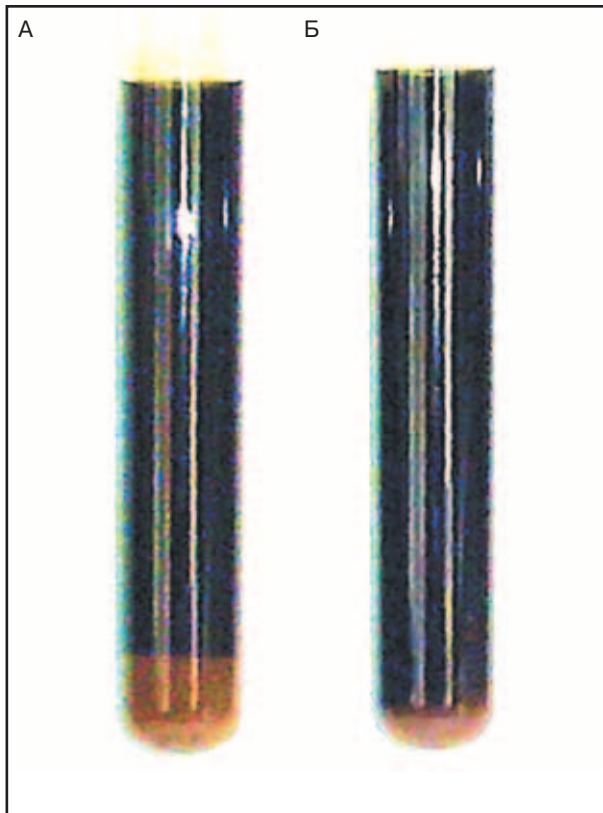


Рис. 4. Пробы ВТЭ «дизельное топливо+вода»: А – грубая эмульсия; Б – гетерогенная эмульсия

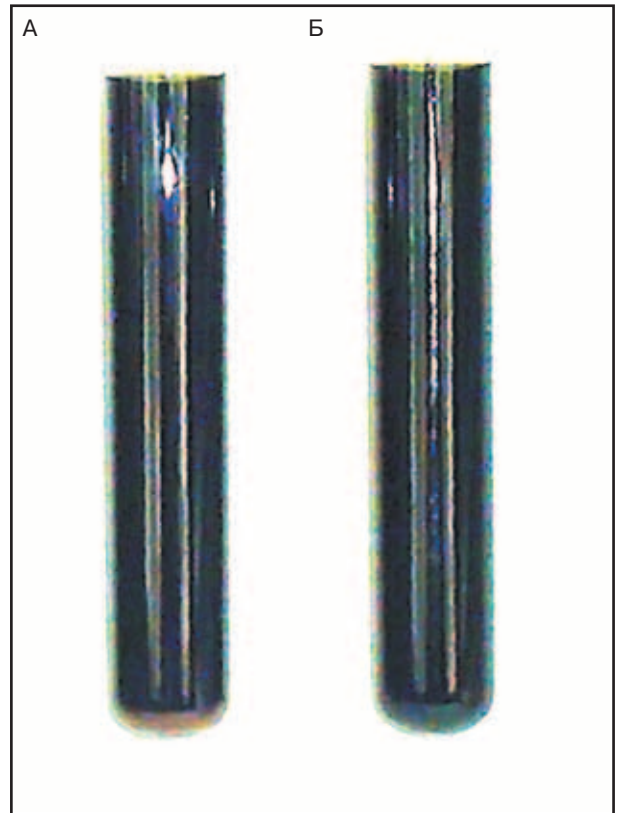


Рис. 5. Пробы соединений дизельного топлива и воды, полученные новыми способами: А – при использовании электрических эффектов; Б – при сверхкритическом состоянии жидкостей

после отстоя в пробирках в течение 3 месяцев.

Из рис. 4 видно, что появившийся отстой воды в пробирке с гетерогенной эмульсией оказался более чем в 2 раза меньше отстоя в соседнем образце. Следовательно, не выпавшая в осадок фракция воды перешла в коллоидное состояние. По определению «коллоидными» являются взаимно нерастворимые, не видимые в микроскоп жидкости, размеры включений которых не видны в оптический микроскоп, то есть находятся в диапазоне 1-400 нм. Если дисперсионная среда – органическая жидкость (например, дизельное топливо), то их называют органоэмульсиями.

В связи с этим, весьма интересными и перспективными представляются научные исследования в области дальнейшего уменьшения размера включений воды в топливе с целью повышения эффективности тепловыделения и снижения вредных выбросов.

К настоящему моменту на новых моделях экспериментальных установок получены первые пробы органоэмульсий и соединений воды с топливом, устойчивых к расслоению в течение длительного времени.

На рис. 5 представлены пробы присадок воды к топливу, полученные посредством использования электрических эффектов и сверхкритического состояния жидкостей. С даты приготовления проб прошло более 5 месяцев.

Из представленных фотоматериалов видно, как в левой пробирке образовалась тонкая пленка выпавшей в осадок воды, а во втором осадке вода полностью отсутствует. Благодаря отсутствию осадка в течение длительного времени появляется возможность предварительного приготовления модифицированного топлива и его продолжительного хранения.

В заключение отметим, что пока необходимым условием применения ВТЭ, приготовленных в известных ныне устройствах, является требование немедленной подачи эмульсии в дизель во избежание отрицательных явлений, связанных с ее расслаиванием.

Автором планируется проведение детального изучения физико-химических свойств модифицированного топлива, а также исследования экологических и энергетических характеристик судовых дизелей при работе на этом топливе.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Новиков Л.А. Основные направления создания малотоксичных транспортных дизелей. / Л.А. Новиков // Двигателестроение. – Л.: – № 2. 2002. – С.23–27; – № 3. 2003. – С. 32–34.
- Титов С.В. Кавитационный термический газовый генератор для газофикации дизельного топлива / С.В.Титов, Г.С. Юр // Научн. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. – 2007. – С. 107–109.
- Титов С.В. Исследование влияния водородосодержащей газовой присадки на концентрацию окислов азота в отработавших газах судового дизеля / С.В. Титов, В.Е. Антонов, Г.С. Юр // Научн. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. – 2008. – С. 204–206.
- Pounders. *Marin Diesel Engines and Gas Turbines*. Eighth edition. Elsevier Butterworth-Heinemann. Linacre House. Jordan Hill. Oxford OX2 8DP. – 2004. – 884 p.
- Zhang T., Okada H., Tsukamoto T., Ohe K. Experimental study on water particles action in the combustion of marine four-stroke diesel engine operated with emulsified fuels. Paper № 193, CIMAC 2007, Vienna.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Российское научно-техническое общество водного транспорта (РОСНТОВТ)

ТЕМА: Метод испытаний на цикловую прочность при программном неизотермическом нагружении

**АВТОРЫ: В.Г. АБРОСИМОВ, доктор технических наук, профессор;
С.В. ПРЕСНОВ, кандидат технических наук; А.И. ПЫРКОВ, аспирант;
С.С. РЕМИЗОВ, ассистент**

Как показали проведенные авторами испытания сталей 15Х2МФА и Х18Н12Т1Ю на располагаемую пластичность (РП), в исследованных диапазонах температур, несмотря на продолжительность экспериментов, сплавы практически не изменили своих пластических свойств.

При этом РП определялось по формуле:

$$\varepsilon_f(t) = \ln \frac{1}{1 - \psi(t)}, \quad (1)$$

где $\psi(t)$ – относительное сужение сечения образца.

Величина усталостного повреждения, зависящего от РП материала, согласно соотношению Мэнсона-Коффина за один цикл составит:

$$\Delta d_{ycm}(t) = \frac{(2\varepsilon_p)^m}{(\varepsilon_f(t))^m N_f}, \quad (2)$$

где ε_p – амплитуда необратимой циклической деформации;

N_f – число циклов до образования трещины;

m – константа материала.

Для циклически нестабильных материалов значение необратимой циклической деформации будет меняться в процессе нагружения в связи с перераспределением долей упругой и пластической составляющих. При изменении температур в полциклах нагружения, расчет повреждений дополнительно усложняется и требует регистрации деформаций в процессе всего испытания.

На основании результатов, полученных при выполнении сформулированного комплекса базовых испытаний, было оценено влияние неизотермического нагружения на процесс накопления усталостных и квазистатических повреждений.

Предельное сочетание процессов накопления усталостного и квазистатического повреждения в деформационной трактовке для изотермического нагружения определяется линейным суммированием повреждений:

$$\int_1^{N_f} \frac{(2\varepsilon_p)^m}{\varepsilon_f^m} dN + \int_0^{e_f} \frac{de_{ir}}{\varepsilon_f} = f, \quad (3)$$

где e_{ir} – односторонне накопленная деформация в процессе циклического нагружения;

e_f – предельная величина односторонне накопленной деформации на момент разрушения.

Предложение по использованию деформационно-кинетического критерия в виде уравнения (3) для переменных температур не учитывает увеличения усталостных повреждений для определенных сочетаний нагрева и нагружения, в результате чего наблюдается значительное отклонение зависимости (3) от линейного правила суммирования.

Учитывая влияние переменности температур на циклические и пластические свойства материалов, критериальную зависимость можно представить в следующем виде:

$$\int_1^{N_f} \frac{dN}{N_i(t, T(t))} + \int_0^{e_f(T(t))} \frac{de_{ir}(T(t))}{\varepsilon_f(t, T(t))}, \quad (4)$$

где первый член является усталостным, а второй – квазистатическим повреждением.

Особенностью использования деформационно-кинетического критерия разрушения (n) при неизотермическом нагружении является то, что величина усталостного повреждения определяется по «кривой усталости», соответствующей заданной комбинации циклов нагружения и нагрева; квазистатическое повреждение вычисляется также с учетом зависимости располагаемой пластичности и предельной односторонне накопленной деформации от формы цикла нагрева. Принимая во внимание данные особенности, были подсчитаны усталостные и квазистатические повреждения для различных неизотермических режимов.

В отношении исследованных материалов, обладающих контрастными циклическими свойствами, изменение величины повреждений с числом циклов носит похожий характер. Это подчеркивает универсальность предложенной зависимости. Суммарные повреждения при линейном суммировании слагаемых находятся в интервале от 0,5 до 1,5 (таблица 1), что соответствует рассеянию по долговечности $\pm 1,5$ раза и не превосходит разброса исходных характеристик материалов, полученных в базовых экспериментах.

В таблице 2 представлены результаты исследования влияния частоты нагружения и скорости деформирования на долговечность при длительном жестком изотермическом нагружении разупрочняющейся стали 15Х2МФА при температуре 500°С. Программа испытаний была выработана таким образом, чтобы, охватив наиболее характерный диапазон эксплуатационных частот, получить достаточно большие базы циклов нагружения в лабораторных условиях.

В ходе экспериментов установлено отсутствие влияния частоты нагружения на долговечность стали 15Х2МФА при температуре 500°С. В определенной мере эти данные подтверждают гипотезы залечивания дефектов. При равных временах деформирования в полциклах сжатия и растяжения накопление дефектов не увеличивается и долговечность материалов не снижается.

Изучение экспериментально полученных кривых деформирования для различных полциклов позволяет отметить слабую зависимость деформационных свойств в нулевом и первом полциклах от величины частоты нагружения. С ростом числа полциклов интенсивность протекания процессов циклического разупрочнения усиливается в зависимости от частоты, но при последующем деформировании насыщается.

Суммарные повреждения при линейном суммировании слагаемых

№ образца	Материал	Температура, °С	Долговечность, N _f , циклы	Накопленные повреждения		
				Квазистатические d _S	Усталостные d _f	ΣD
1	15X2МФЛ	500	90	1,12	0,23	1,35
2			200	1,12	0,22	1,34
3			339	1,08	0,38	1,46
4			989	0,38	1,02	1,40
5		500<->100	2900	0,8	1,03	1,11
16	P2M	500<->100	25	0,9	0,9	0,99
17			76	0,92	0,19	1,1
18			290	0,11	0,51	0,62
19		100<->500	175	0,12	0,41	0,53
25			645	0,06	0,47	0,53
30		100<->500	100	0,91	0,09	1,00
350	X18H12T1Ю	600	57	1,0	0,24	1,3
355	-//-//-		29	0,82	0,15	0,97
348	-//-//-	600<->200	450	0,545	0,15	0,70
352		600<->200	151	0,83	0,07	0,90

Приведенные цифры позволяют сделать предположение о том, что деформационные свойства в прямой форме не зависят от частоты в диапазоне от 0,0166 до 0,0004 Гц и основное значение имеет время деформирования при повышенной температуре. С учетом отсутствия деформационного старения аналитическое выражение кривой деформирования на основе деформационной теории пластичности и разработанного А.П. Гусенковым представления о существовании обобщенной кривой длительного циклического деформирования можно записать в следующем виде:

$$\varepsilon^{(k)} = S^{(k)} / E + F_1(k)F_2(t) [F(S^{(k)}) + \Phi_1(\sigma)\Phi_2(\tau)], \quad (5)$$

где $\varepsilon^{(k)}$ и $S^{(k)}$ – деформации и напряжения, отсчитываемые от начала разгрузки в К-м полуцикле;

σ – напряжения, отсчитываемые с момента перехода через ноль;

$F_1(k)$ – зависимость деформации от числа полуциклов; $F_1(k)=A/k^\alpha$ – для циклически упрочняющихся и $F_1(k)=A \exp \beta(k-1)$ – для циклически разупрочняющихся материалов; $F_2(t)=1$; $\Phi_1(\sigma)=k\sigma^m$; $\Phi_2(\tau)=1/(1+\alpha t^n)$; t и τ – время, отсчитываемое соответственно от начала процесса деформирования и от начала выдержки в цикле при наличии деформации кривой исходного деформирования, $A, m, c, C, \alpha, \beta, b, n$ – константы материала.

Таблица 2

Результаты исследования влияния частоты нагружения и скорости деформирования на долговечность при длительном жестком изотермическом нагружении разупрочняющейся стали 15X2МФА при температуре 500°С

№ п/п	Характеристики цикла			Уруглопластичная деформация	Долговечности	
	ν , Гц	Время цикла, мин.	$\dot{\varepsilon}$, сек ⁻¹	$\Delta\varepsilon$, %	N _f , циклы	t, ч
1	0,0166	1	$3,5 \cdot 10^{-3}$	9,32	55	0,92
2	0,0021	8	$2,5 \cdot 10^{-4}$	6,1	87	11,6
3	0,0004	40	$4,2 \cdot 10^{-5}$	5,46	100	66,7
4	0,0166	1	$9,0 \cdot 10^{-4}$	2,713	250	4,2
5	0,0021	8	$8,0 \cdot 10^{-5}$	1,94	370	49,3
6	0,0004	40	$1,8 \cdot 10^{-5}$	2,416	280	186,7
7	0,0166	1	$1,9 \cdot 10^{-4}$	0,589	1700	28,3
8	0,0021	8	$2,6 \cdot 10^{-5}$	0,655	1680	224,0
9	0,0166	1	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,409	4500	75,0
10	0,0166	1	$3,9 \cdot 10^{-4}$	1,171	450	7,5

В случае переменных температур, для описания процесса неизоотермического деформирования в полуцикле с конечной температурой T_K предложено использование обобщенной диаграммы деформирования, полученной в испытаниях с постоянной температурой T_K .

Тогда начало координат смещается по кривой на величину $\Delta S^{(k-1)}$, определяемую с помощью обобщенных диаграмм деформирования для температур T_K и T_{K-1} в соответствующих полуциклах как разность напряжений $S^{(k)}$ и $S^{(k-1)}$ для одинаковой величины пластической деформации в полуциклах K и $K-1$:

$$\varepsilon_P^{(k-1)} = \varepsilon_P^k.$$

Обозначая как

$\varphi_1(S_1, T_k) = F_1(k - (T_k))F_2(t, T(t))F(S, T_k)$ – пластическую деформацию в K -м полуцикле и через

$\varphi_2(S_1, T_{k-1}) = F_1(k - 1, T_{k-1})F_2(t, T(t))F(S \pm \Delta S^{(k-1)}, T_{k-1})$ – пластическую деформацию в $(K-1)$ -м полуцикле, разность напряжений определяем следующим образом:

$$\Delta S^{(k-1)} = \varphi_1^{-1}(\varepsilon_P^{(k-1)}, T_K) - \varphi_2^{-1}(\varepsilon_P^{(k-1)}, T_{k-1}), \quad (6)$$

φ_1^{-1} и φ_2^{-1} функции, обратные φ_1 и φ_2 .

Знак перед $\Delta S^{(k-1)}$ выбирается в зависимости от соотношения температур в полуциклах.

Следовательно, для неизотермического деформирования, при отсутствии эффектов ползучести $\Phi(\sigma)=0$, уравнение состояния (5) принимает вид:

$$\varepsilon^{(k)} = S/E(T_k) + F_1(k, T)F_2(t, T(t))F(S \pm \Delta S^{(k-1)}, T_k). \quad (7)$$

Авторами было проведено исследование возможности применения обобщенной диаграммы неизоотермического нагружения для циклически нестабильных материалов при дискретном задании температур в полуциклах. Из анализа диаграмм деформирования следует, что независимо от числа циклов нагружения их конечные точки при изотермическом и неизотермическом характере нагружения и одинаковой текущей температуре совпадают. Это подтверждает возможность использования уравнения (7) для описания процессов неизоотермического нагружения.

Наряду с соотношением обобщенной диаграммы деформирования для описания зависимостей между напряжениями и деформациями может использоваться обобщенный принцип Мазинга, записанный в виде:

$$S^{(k)} / a = f(\varepsilon^{(k)} / a), \quad (8)$$

где f определяется кривой исходного деформирования; a – масштабный коэффициент.

Для переменных температур в настоящей работе принцип Мазинга преобразован в формулу:

$$S^{(k)}(T_k) \pm \Delta S^{(k-1)} = F\left(\frac{\varepsilon^{(k)}(T_k)}{a^{(k)}}\right). \quad (9)$$

При этом в общем случае масштабные коэффициенты напряжений и деформаций $b(k)$ и $a(k)$ могут быть не равны. $\Delta S^{(k-1)}$ определяется как разность напряжений в K -м и $(K-1)$ -м полуциклах в точности по описанному ранее методу.

На основании закономерностей деформирования и разрушения при однородном напряженном состоянии были произведены оценка прочности и расчет неоднородного напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов конструкций. При этом предполагалось, что аналогичные

деформационные зависимости имеют место для интенсивности напряжений и деформаций.

Аналогичное выражение этих уравнений может быть представлено так:

$$\varepsilon_i = S_i / 3G + F_1(k)(F_2(t))[F(S_i) + \Phi_1(\sigma_i)\Phi_2(\tau)], \quad (10)$$

где ε_i и S_i – соответственно интенсивности деформаций и напряжений, отсчитываемые от начала разгрузки;

G – модуль сдвига.

Отсутствие в процессе деформирования эффектов ползучести $\Phi(\sigma_i)=0$ позволяет значительно упростить формулу (10):

$$\varepsilon_i = S_i / 3G + F_1(k)F_2(t)F(S_i). \quad (11)$$

Используя предположение, выраженное в виде уравнения (11), а также принцип линейного суммирования усталостных и квазистатических повреждений в виде деформационно-кинетического критерия (ДКК) (4), было выполнено расчетное определение долговечностей плоских образцов с надрезом и отверстием при циклическом нагружении в условиях повышенных температур.

Вычисление велось с использованием метода «конечного элемента», определялись величины деформации из решения соответствующей краевой задачи для заданной нагрузки. При этом температурное поле образца принималось равномерным. Расчетная программа была разработана для определения деформаций и напряжений в упругопластической области, применялся метод «переменных параметров упругости» и упругая матрица жесткости для плоского элемента с треугольным поперечным сечением. Полученные в результате упругого решения коэффициенты концентрации напряжений для полосы с отверстием и полосы с надрезом соответственно равнялись $\alpha_{\sigma}=2,5$ и $3,5$.

Расчет неоднородного НДС показал, что при номинальных напряжениях $\sigma_n \leq \sigma_{плц}$ зоны пластичности локализируются в небольшом объеме образца, и материал в основании зоны концентрации испытывает деформирование, близкое к жесткому при симметричном цикле напряжений. В случае увеличения номинальных напряжений деформирование материала становится промежуточным между мягким и жестким и сопровождается накоплением односторонних деформаций.

При определении квазистатических повреждений была выполнена корректировка величины располагаемой пластичности материала $\varepsilon_f(t)$, снижающейся в условиях неоднородного НДС. Так, для стали 15Х2МФА при температуре 500°C расчетная величина пластичности D_{max} может снижаться в зависимости от формы надреза до 73% по сравнению с величиной исходной располагаемой пластичности $\varepsilon_f(t)=97\%$, вычисленной в испытаниях цилиндрических образцов на длительную прочность.

Экспериментальная проверка данных расчета осуществлялась при испытании образцов на универсальной машине УТС-20. Скорость деформирования и частота циклов нагружения соответствовала аналогичным параметрам при исследовании корсетных образцов в условиях однородного НДС.

Сконструированное оборудование позволило обеспечить необходимую соосность нагружения. Равномерность нагрева образцов в зоне концентрации обеспечивалась с помощью изготовленного кварцевого излучателя. Регулировка нагрева выполнялась автоматической приставкой. Замеренные градиенты температур при максимальном значении $T_{const}=500^\circ\text{C}$ для стационарного режима нагрева оказываются незначительными. Оцененные по упругому решению задачи температурные напряжения соответствуют величине интенсивности напряжений $\sigma_f=3,0$ МПа. В процессе нагружения

производился замер деформаций в зоне концентрации напряжений. За момент усталостного разрушения, согласно ранее разработанной методике испытания на малоцикловую прочность, принимался момент образования трещины.

Наибольшее отклонение $N_{расч}$ от $N_{эксп}$ – 1,5 раза, оно незначительно превышает границы разброса в экспериментах с гладкими образцами, и находится в согласии с характерным рассеянием. Завышение расчетных характеристик над опытными в области малых долговечностей является следствием отсутствия учета изменения сечения образца при определении циклических деформаций. Для пластичных материалов в случае выраженного квазистатического разрушения расчет методом «конечных элементов» необходимо проводить с учетом изменения геометрии образца.

Наряду с вычислением долговечностей элементов конструкций на основе метода «конечных элементов» была выполнена приближенная оценка несущей способности при длительном малоцикловом нагружении для зон концентрации напряжений. Таким образом, была подтверждена возможность инженерного расчета долговечностей для усталостных разрушений с помощью интерполяционных уравнений, позволяющих определять коэффициенты концентрации интенсивности напряжений K_σ и деформаций K_ϵ в упругопластической области по теоретическому коэффициенту концентрации упругих напряжений α_σ .

Для сравнения вычисления велись и по интерполяционной формуле Нейбера, уточняющей зависимости Н.А. Махутова, и с помощью уравнения Хардрата-Оуана, применяя степенную аппроксимацию обобщенной диаграммы деформирования материала.

Поскольку не учитывалось накопление односторонних деформаций, приближенный расчет показал значительное несоответствие с результатами эксперимента в области малых долговечностей для всех рассмотренных зависимостей. Сувеличением числа циклов нагружения наиболее качественные результаты дает приближенное определение по интерполяционной формуле Нейбера и уточняющей ее зависимости Н.А. Махутова. Отклонение расчетных долговечностей от экспериментальных составляет величину порядка 2-х раз и в большинстве случаев идет в запас прочности.

На основании проведенной расчетно-экспериментальной оценки можно рекомендовать выполнение приближенных инженерных вычислений по уточняющей зависимости для циклически разупрочняющихся сталей, работающих в условиях концентрации напряжений при повышенных температурах в области усталостного и переходного разрушения.

ВЫВОДЫ

1. Зависимость деформационных свойств от частоты нагружения для стали 15Х2МФА не просматривается в явном виде и определяется общим временем деформирования при температуре до 500°C.

2. Установлена возможность применения обобщенных кривой неизотермического деформирования и принципа Мазинга для описания закономерностей деформирования при переменных температурах циклически разупрочняющейся стали 15Х2МФА и упрочняющейся стали Х18К12Т1Ю.

3. Анализ взаимодействия усталостного и квазистатического повреждений на примере характерных циклически нестабильных материалов энергетического машиностроения показал, что достижение предельного состояния (образования трещины) может быть описано на основе линейного суммирования повреждений. В каждом случае усталостное и квазистатическое повреждения определяются с учетом влияния переменных температур и сочетаний нагрева-нагружения на циклические и пластические свойства материалов.

4. Экспериментально доказана возможность расчетного вычисления малоцикловой прочности элементов конструкций с концентрацией напряжений при повышенных температурах с учетом закономерностей деформирования при однородном НДС.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Гусенков А.П., Казанцев А.Г. Сопротивление деформированию и разрушению циклически разупрочняющегося материала при изотермическом и неизотермическом малоцикловом нагружении. Машиноведение, № 2, 1982.
2. Абросимов В.Г., Пырков А.И., Д.Э. Бессмертный. Метод испытаний на малоцикловую прочность при программном неизотермическом нагружении. Морской сборник № 5, С.63-69, 2009.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Российское научно-техническое общество водного транспорта (РОСНТОВТ)

ТЕМА: Оценка методики возможности испытания образцов вместо натуральных испытаний

АВТОРЫ: В.Г. АБРОСИМОВ, доктор технических наук, профессор; Д.Э. БЕССМЕРТНЫЙ, кандидат технических наук; А.И. ПЫРКОВ; А.И. ЛУКИН; А.М. ТИМОФЕЕВ

Для стержневых систем канонические уравнения образуют систему нелинейных алгебраических уравнений, а когда речь о дисках, пластинах и оболочках, дифференциальные уравнения сводятся к соответствующей системе нелинейных интегральных. И решить их возможно, например, с помощью метода последовательных приближений, сходимость которых в деформациях оказывается достаточной для практических вычислений.

Интегральные уравнения в инженерных расчетах чаще всего встречаются в работах И.А. Биргера, занимавшего

ся исследованиями нормальных и краевых интегральных уравнений в отношении линейного деформирования при весьма общих исходных предположениях с учетом улучшения сходимости решений. Кстати, интегральные методы используются и для случая упругопластического деформирования (УПД).

Доказательства сходимости последовательных приближений для нелинейных уравнений в общем случае пока не получены. Однако можно качественно показать, что применительно к задачам пластичности при кривой дефор-

мирования, направленной выпуклостью вверх, решение в деформациях дает лучшую сходимость, чем решение в напряжениях. Это связано с тем, что последовательные приращения функций пластичности при решении в напряжениях больше приращений напряжений, в результате чего приближения могут расходиться. В то же время такое же (относительно) приращение деформаций дает существенно меньшее приращение функций пластичности, улучшая сходимость. Вывод очевиден: для задач упругости, когда $\varphi=1$ и $\Phi=1$, безразлично, что именно определяется последовательными приближениями – напряжения или деформации.

Особенность решения задач пластичности последовательными приближениями состоит в необходимости поэтапного отыскания функций пластичности, зависящих от деформации. Следовательно, оказывается возможным улучшить сходимость последовательных приближений за счет «улучшения» процесса отыскания функций пластичности. Так, если в некотором n -м приближении при исходных значениях деформации $e_{(n-1)}$ и функции пластичности $\Phi_{(n-1)}$ получаются значения деформации $\bar{e}_{(n)}$ и функции $\Phi_{(n)}$, то «улучшенное» значение деформации в этом же приближении составит:

$$\bar{e}_{(n)} = \bar{e}_{(n)} \frac{\Phi_{(n-1)}}{\Phi_{(n)}},$$

и по данной величине определяется «улучшенное» значение функций пластичности $\Phi'_{(n)}$. Использование различных приемов улучшения сходимости (в частности, подобной интеграции) и улучшения отыскания функций пластичности обеспечивает задачам, рассмотренным в рамках настоящей статьи (подробно – в проведенной авторами научной работе), достаточную для инженерных приложений сходимость.

Решение какой-либо задачи УПД, полученное для рассмотренного класса задач, для случая линейного упрочнения с модулем \bar{G}_{T1} , может быть использовано для приближенного решения этой задачи при любом другом модуле линейного упрочнения \bar{G}_{T2} .

Такая особенность следует из соотношений для функции пластичности в точке при разных линейных упрочнениях:

$$\varphi_2 = 1 - \frac{1 - \bar{G}_{T2}}{1 - \bar{G}_{T1}} (1 - \varphi),$$

и приближенных соотношений для интегральной функции пластичности:

$$\Phi_2 = 1 - \frac{1 - \bar{G}_{T2}}{1 - \bar{G}_{T1}} (1 - \Phi_1).$$

Для случая линейного упрочнения может быть получено решение для соответствующего значения модуля линейного упрочнения, свойственного каждому полциклу. В этом случае оказывается также возможным получить приближенное решение на основе уравнений перехода от решения при некотором модуле упрочнения \bar{G}_T к решению при модуле $g(k)$. Тогда могут быть получены приближенные выражения для деформаций и напряжений в некотором K -м полцикле при заданной амплитуде внешних усилий $Q^* = \bar{Q}^{(0)}$ на основе решения для однократного деформирования:

$$\varepsilon^{*(k)} = Q^* + \frac{\bar{e}^{(0)} - \bar{Q}^{(0)}}{1 - \bar{G}_T} \frac{A}{2k^\alpha},$$

$$S^{*(k)} = Q^* + \frac{\bar{\sigma}^{(0)} - \bar{Q}^{(0)}}{1 - \bar{G}_T} \frac{A/2\bar{G}_T k^\alpha}{1 + A/2\bar{G}_T k^\alpha}.$$

Здесь $\bar{e}^{(0)}$ и $\sigma^{(0)}$ – деформации и напряжения для рассматриваемой задачи при однократном упругопластическом деформировании.

В научной работе авторами выведены также приближенные рекуррентные формулы, позволяющие достаточно просто выразить деформации и напряжения для совокупности k полциклов через решения при упругом и однократном УПД:

$$\bar{e}^{(k)} = (\bar{e}^{(0)} - \bar{Q}^{(0)}) \left[1 + \frac{A}{1 - \bar{G}_T} \xi(k, \alpha) \right] + (-1)^k \bar{Q}^{(0)},$$

$$\bar{\sigma}^{(k)} = (\bar{\sigma}^{(0)} - \bar{Q}^{(0)}) \left[1 + \frac{2a}{1 - \bar{G}_T} \eta(k, \alpha, a) \right] + (-1)^k \bar{Q}^{(0)},$$

функции

$$\xi(k, \alpha) = \sum_{k=1}^k \frac{(-1)^k}{k^\alpha} \quad \text{и} \quad \eta(k, \alpha, a) = \sum_{k=1}^k \frac{(-1)^k}{a + k^\alpha}$$

вычислены для значений $-0,5 < \alpha < 0,5$ и $\alpha = A/2\bar{G}_T = 5, 10$ и 15 и задаются в виде графиков и зависимости от параметров циклического деформирования и числа полциклов.

Другая сторона такого расчета связана с обоснованием критериев несущей способности деталей при статическом и циклическом деформировании. Проработкой подобных вопросов занимался С.В. Серенсен.

Предельная нагрузка по разрушению соответствует возникновению в детали предельного напряжения, при котором происходит разрушение (или образование трещины). Вместе с тем циклическое деформирование характеризуется перераспределением напряжений от цикла к циклу за счет изменения упрочнения в зависимости от числа циклов. И при постоянной амплитуде внешних сил для упрочняющихся материалов ($\alpha > 0$) наблюдается увеличение напряжений в детали, для разупрочняющихся ($\alpha < 0$) – уменьшение напряжений, их выравнивание.

Разрушающие (предельные) напряжения также зависят от числа циклов, с ростом которых они падают и определяются на основании испытаний на усталость при малом числе циклов (иногда называемых повторно-статическими).

Стоит отметить, что испытания проводятся, как правило, при мягком (постоянные амплитуды напряжений) или при жестком нагружении (постоянные амплитуды деформаций), в результате чего получают кривые усталости в напряжениях или в деформациях.

Анализ напряженного и деформированного состояния при циклическом УПД, проведенный авторами в научной работе, позволил оценить методику таких испытаний и показать разницу в величине разрушающих напряжений в случае мягкого и жесткого нагружения.

Предельная нагрузка по перемещениям соответствует достижению в детали предельно-допустимых перемещений, когда нарушается нормальная работа узла или конструкции.

Деформации, напряжения и перемещения в детали зависят от внешних нагрузок и, кроме того, при циклическом деформировании – от числа циклов. Определение этих зависимостей и составляет рассмотренную выше первую часть расчета несущей способности.

В общем случае предельно-допустимое перемещение детали зависит от нагрузки на нее и может быть выражено соответствующим графиком. С другой стороны, перемещение детали, как уже отмечалось, также зависит от нагрузки и от числа циклов ее приложения. Совместное решение данных зависимостей дает предельную нагрузку на деталь по перемещению и запас прочности по критерию перемещений.

В общем случае расчета несущей способности должны определяться оба запаса прочности по нагрузкам и

перемещениям, сравнение которых с соответствующим минимально допустимым значением позволяет делать вывод о надежности детали.

Анализ резервов несущей способности с учетом особенностей УПД, проведенный авторами в рамках научной работы, показывает, за счет каких факторов при статическом и циклическом нагружении реально повышение предельных нагрузок. В ряде случаев это увеличение может составлять от 50 до 100% в зависимости от степени перераспределения напряжений и усилий модуля упрочнения, числа циклов нагружения и других факторов.

В начале научной работы авторами сформулирован метод переменных параметров упругости применительно к инженерным задачам расчета с учетом пластичности; рассмотрены функции пластичности и показано, как они могут быть использованы для обобщения методов сопротивления материалов на случай возникновения УПД. Там же изложены приближенные соотношения для различных значений модуля упрочнения.

Кроме того, рассмотрены случаи совместного действия изгиба и растяжения, кручения и растяжения или изгиба стержней и приведены обобщенные формулы для вычисления деформаций, напряжений и перемещений. Проведен анализ решения обобщенных канонических уравнений для статически неопределимых стержневых систем. Для дисков, пластин и оболочек составлены интегральные уравнения, и на примерах расчета показана методика их решения и дан анализ сходимости.

Наряду с рассмотрением методики определения деформаций, напряжений и перемещений при однократном УПД, были описаны критерии несущей способности по перемещениям и по последовавшему за ними разрушению; представлена методика определения запасов прочности. Кстати, на основании разработанной методики вычислений при однократном УПД может быть рассчитан ряд широко распространенных деталей машин. Кроме того, приводятся подробные примеры расчета некоторых деталей грузоподъемных и транспортных машин.

Также уделено внимание циклической несущей способности деталей при повторном деформировании в упругопластической области. Изложены материалы экспериментальных работ по исследованию диаграммы циклического деформирования для ряда конструкционных сталей и сплавов и сформулированы основные свойства этих диаграмм. Введены формулы перехода от однократного к циклическому деформированию, даны приближенные выражения, позволяющие вычислять деформации, напряжения и перемещения в детали после некоторого количества полциклов на основании соответствующих данных при упругом деформировании и при УПД.

Рассмотрены критерии несущей способности деталей по перемещениям и по разрушению и в связи с этим проанализированы возможные соотношения запасов прочности в зависимости от параметров циклического деформирования. Подробно описан ход расчета на примере вала машины-орудия.

В конце научной работы авторами собраны необходимые для проведения вычислений справочные данные по параметрам кривых деформирования, интегральным функциям пластичности и ряду других зависимостей. Подборка указанных сведений позволяет решать обширный класс инженерных задач при однократном и циклическом УПД.

ВЫВОДЫ

1. Авторами разработан метод решения задач циклического УПД и получены приближенные рекуррентные формулы, сводящие задачи циклического деформирования к задачам однократного УПД.

2. Проанализированы критерии несущей способности деталей при статическом и циклическом (в пластической области) нагружении, позволяющие более точно оценить предельные усилия и запасы прочности деталей по разрушению и предельно допустимым перемещениям.

3. Оценены резервы несущей способности в зависимости от степени перераспределения напряжений и усилий, упрочнения, числа циклов нагружения и других факторов, связанных с эффектом пластических деформаций.

4. Дана оценка методики испытаний на усталость при малом числе циклов при мягком и жестком нагружении и проанализировано возможное соотношение предельных нагрузок при испытаниях образцов и деталей на усталость при малом числе циклов.

На основе полученных результатов для ряда случаев была обоснована возможность испытания образцов взамен проведения натурных испытаний.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Гусенков А.П., Москвитин Г.В. и др. Экспериментальное исследование НДС и малоциклового прочностного самокомпенсирующихся труб // *Машиноведение* – 1988. № 4 – с. 27-34.
2. Абросимов В.Г. Усталостная трещина как причина концентрации напряжений // *Морской сборник* – М., 2004. № 197.
3. Москвитин В.В. Сопротивление материалов усталостному и хрупкому разрушению – М., Автоиздат, 1975. – с. 192.
4. Когачев В.П. Усталость и неупругость металлов – Киев, Наукова думка, 1971. – с. 314.
5. Бриггер Н.А. Некоторые общие методы решения задач теории пластичности ПММ, 15, вып. 6, 1951.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова

ТЕМА: Особенности оказания круинговых услуг для судоходных компаний, осуществляющих морские перевозки нефти и нефтепродуктов, газа и химических веществ

АВТОР: Ю.В. ПРИДАТКО, аспирант

Успех ведения круингового бизнеса зависит от качества подбора плавсостава при формировании экипажа морского судна.

Именно судоходная компания (СК) определяет, где и каких моряков нанять, точнее – чьими услугами при этом воспользоваться.

На основе проведенного автором анализа можно сделать актуальный на сегодняшний день вывод: чем выше будет степень удовлетворения

СК выполнением ее запросов относительно стоимости и квалификации моряков, тем больший экономический эффект получит круинговая компания, поставляющая специалистов в соответствии с пожеланиями заказчика.

Правильный подбор и рациональное распределение работников командного и рядового состава предполагает знание современных требований, обусловленных типом и флагом судна, серьезностью намерений в отношении его эксплуатации и финансовыми возможностями собственника.

В настоящее время в дополнение к инспектированию флота и запросам судовладельца фрахтователь теплохода вынужден учитывать множество других важных факторов в рамках текущей деятельности для принятия решения о «приемлемости» конкретного танкера (газовоза) под перевозку нефти и нефтепродуктов (газа и химических веществ). Автором выделены следующие критерии: репутация СК, возраст судна, флаг регистрации, классификационное общество, экипаж; отчеты о проверке Службы портового контроля (от англ. Port State Control – PSP), прохождении веттинг-инспекции, предыдущем опыте проведения погрузочно-разгрузочных работ (на основании статистики, подготовленной терминалами).

В качестве наиболее значимого (с точки зрения принятия решения о фрахтовании судна) выступает показатель репутации СК, поскольку именно он характеризует качество предоставляемой услуги – перевозки.

Решающую роль при выборе СК играет соблюдение ею всех международных стандартов и четкое следование выбранной политике в области качества, безопасности и охраны окружающей среды.

Чтобы оценить, насколько компания-перевозчик соответствует запросам грузоотправителей, во всем мире широко применяется практика специализированных аудитов, к которым относятся отчеты о проверке PSP и прохождении веттинг-инспекции.

PSP осуществляет свою деятельность в рамках обязательств, предусмотренных международными конвенциями и соглашениями, касающимися обеспечения безопасности мореплавания и охраны окружающей среды.

Веттинг-контроль (от англ. ship vetting) – система надзора за техническим состоянием флота и уровнем профессионализма экс-

плуатирующих его экипажей. В ней заинтересованы, прежде всего, потенциальные фрахтователи, котормы (в основном для танкеров) являются ведущие нефтяные компании, так называемые ойл-мэджоры (от англ. oil majors), в том числе: British Petroleum (BP), ExxonMobil, Shell, Chevron, Repsol, Total, ConocoPhillips, BHP.

В каждом из перечисленных концернов действует специальный веттинг-отдел (от англ. vetting department), занимающийся изучением имеющейся информации о подходящем (с коммерческой точки зрения) для фрахта судне. По итогам исследования эксперты подразделения дают фрахтовому отделу рекомендации о пригодности того или иного танкера для безопасной перевозки груза.

Данные для анализа основываются, в первую очередь, на сведениях веттинг-инспекций, проведенных как собственными инспекторами организаций, так и другими уполномоченными специалистами – членами Международного морского форума нефтяных компаний (от англ. Oil Companies International Marine Forum – OCIMF).

Стоит напомнить, что OCIMF – разработчик и законодатель стандартов безопасности для морских нефтяных и газовых терминалов. На основании этих международных норм нефтяные компании давно производят оценку рисков, связанных с грузовыми операциями при перевалке углеводородов.

В отличие от проверок классификационными обществами (Lloyd's, DNV, BV, Российские Регистры и т.д.), веттинг изначально не являлся обязательной системой контроля. Его результаты заносятся в базу данных Ship Inspection Report – SIRE (функционирует с 1993 года и постоянно обновляется), доступную через Интернет для всех членов OCIMF.

Веттинг-инспекции судов, разработанные международными нефтяными компаниями как инструмент для оценки рисков (главным образом, для целей страхования), на современном этапе стали средством оценки качества и пригодности флота для разовых перевозок груза или для фрахта на определенный срок. Так, на данный момент весь без исключения флот, планируемый для морской перевозки нефти и нефтепродуктов, газа и химических веществ или для обработки на терминале, должен проходить детальную оценку риска – веттинг.

Существует две основные схемы его проведения: по программам

OCIMF-SIRE – для танкеров и CDI (от англ. Chemical Distribution Industry – Индустрия доставки химикатов) – для химовозов и газовозов.

Действие этой системы распространилось и на другие секторы. Например, указанные структуры проводят инспектирование барж и даже терминалов.

В перспективе заработает схема для MPC (от англ. Marine packaged cargo – Морские упакованные грузы) в отношении контейнеровозов и сухогрузов.

Как считают эксперты, веттинг-контроль позволяет осуществлять детальную инспекцию судна для определения соответствия требованиям безопасности и оценки риска использования в указанных целях.

Следовательно, роль данного критерия при принятии решения о пригодности флота для фрахтования является наивысшей, поскольку именно своевременная процедура веттинг-инспектирования дает наиболее полное представление о состоянии судна и квалификации экипажа.

В настоящее время флот, транспортирующий нефть и нефтепродукты, газ и химические вещества, проходит веттинг-контроль примерно 3 раза в год. Проверку заказывает оператор судна для последующего заключения договора с фрахтователем. Актуальность последнего отчета не должна превышать 6 месяцев.

Важно отметить, что, если судно в установленный срок не пройдет веттинг-инспекцию, СК будет вынуждена заключать договор с фрахтователем по ставке фрахта ниже рыночной, а это чревато ощутимыми финансовыми потерями.

Однако в качестве результирующего экономического показателя, характеризующего эффективность эксплуатации флота в целом, в современной практике применяется тайм-чартерный эквивалент (ТЧЭ), то есть интенсивность валютных поступлений за определенный период времени. По сути данная величина представляет собой доходы на тайм-чартерной основе [1].

Например, ТЧЭ судна типа С класса Aframax дедевейтом 105 тыс. т (по информации СК «Новошип») в 2011 году составил 16000 долл. США в сут. Если бы теплоход своевременно не прошел веттинг-контроль, то он был бы зафрахтован по сниженной ставке, и тогда суточный доход от его эксплуатации сократился бы в 1,25 раза, что эквивалентно 12800 долл. в сут. (рис. 1). С учетом средней продол-

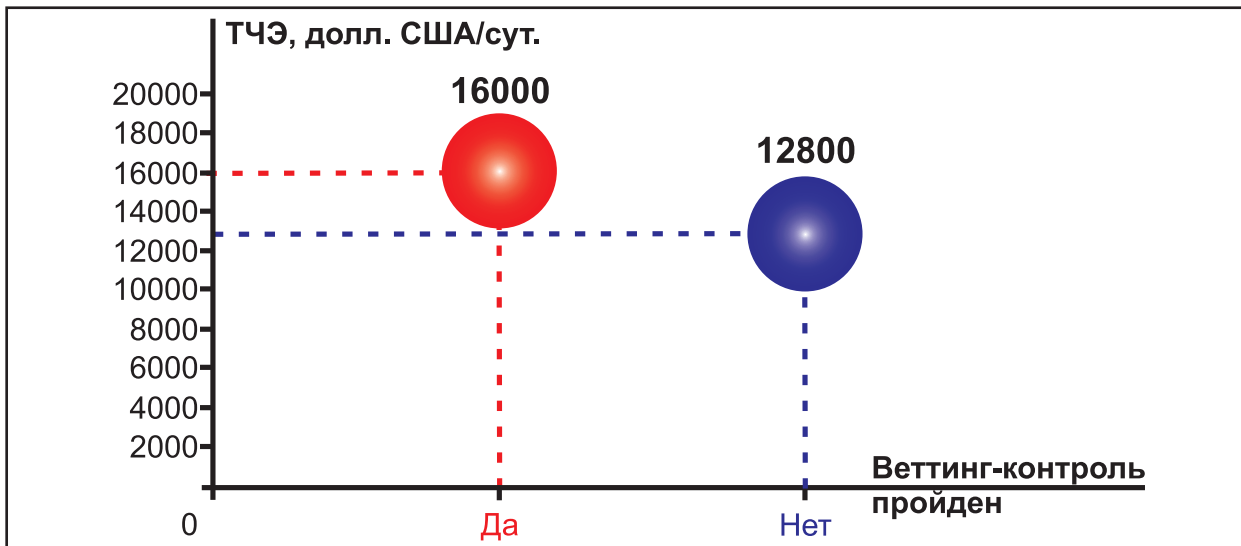


Рис. 1. Зависимость величины тайм-чартерного эквивалента от результатов прохождения судном веттинг-контроля

жительности рейса – 29 суток, СК могла бы потерять 92800 долл. А средняя стоимость веттинг-инспекции равна всего 6000 долл.

Таким образом, особенностью оказания круинговых услуг для СК, осуществляющих морскую перевозку нефти и нефтепродуктов, газа и химических веществ, является четкое понимание принципов подбора и расстановки командного состава экипажа судна согласно

требованиям заказчиков, в основе которых, помимо норм конвенции ПДНВ 78/95, лежат критерии веттинг-контроля. Ведь обе стороны заинтересованы в повышении вероятности положительной оценки комплектации судна.

Автор, безусловно, разделяет мнение экспертов в отношении эффективного способа увеличения степени лояльности СК к круинговой компании (рис. 2).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Виницкая Н.Н. Организация производственной деятельности морского флота: Учебное пособие. – Новороссийск: НГМА, 2001 – С. 49.
2. Костылев И. Кадровое обеспечение флота – межведомственный вопрос // Судходство – 2002 – №1-2, с. 11.
3. Костылев И. Кадры – ключ к безопасности мореплавания // Судходство – 2003 – № 11-12.с, 56-57.

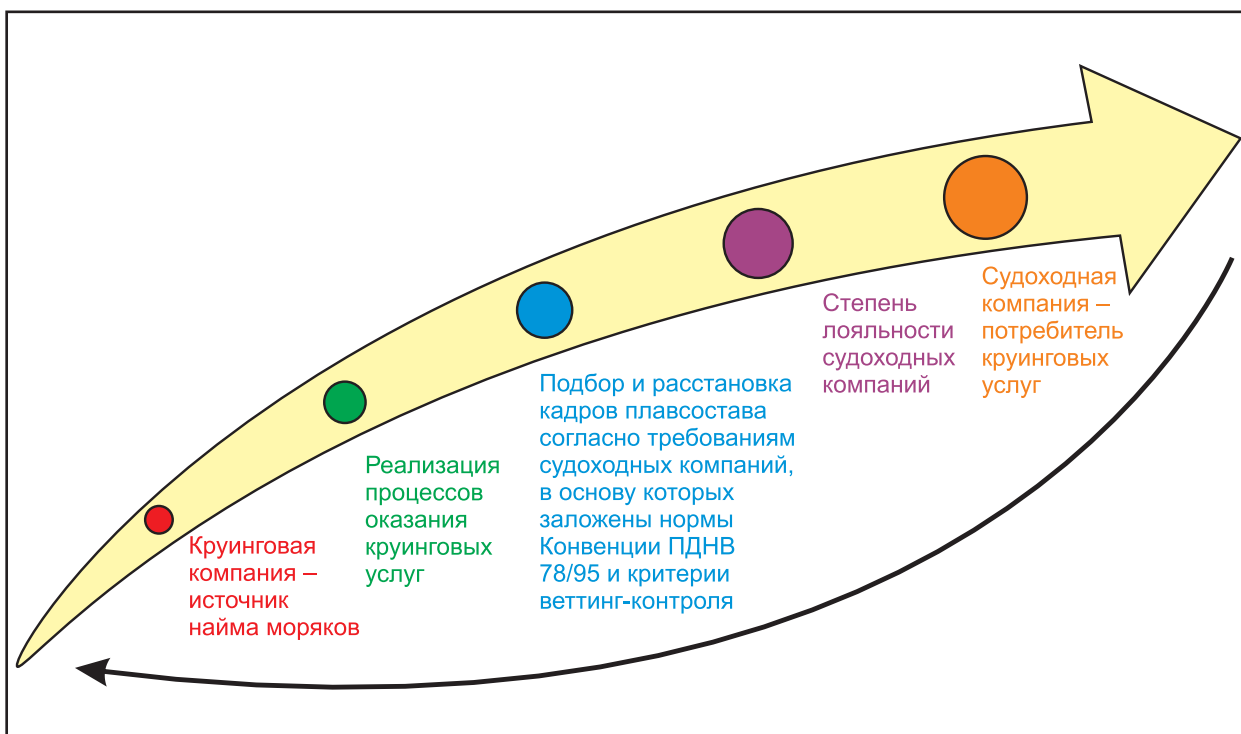


Рис. 2. Особенности оказания круинговых услуг для судоводных компаний, осуществляющих морские перевозки нефти и нефтепродуктов, газа и химических веществ

АННОТАЦИИ

О возможности расширения объема информации, передаваемой по каналам АИС / Корнев А.Б., Плющев В.И. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 38.

Рассмотрены пути повышения эффективности использования на внутренних водных путях АИС за счет организации передачи по ее каналам дополнительной информации о технологических параметрах судовых систем, а также об обеспечении безопасности судоходства и оперативного управления.

Ключевые слова: АИС, система сбора и передачи информации, диспетчерское регулирование.

Контактная информация: vip@aquasci-nnov.ru

Об эффективности деятельности судоходной компании / Бунеев В.М., Васильев Р.В., Григорьев Е.А. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 46.

Описаны результаты научных исследований по вопросу повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности судоходных компаний, определены основные принципы и даны рекомендации по снижению эксплуатационных расходов грузовых перевозок.

Ключевые слова: судоходная компания, деятельность, эффективность.

Контактная информация: kurf@nsawt.ru

Использование общего уравнения поля при моделировании процессов массообмена при обтекании тела потоком вязкой жидкости / Коньков А.А. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 60

Рассмотрена задача о взаимодействии потока вязкой жидкости с поверхностью твердого тела. В основу ее решения положено общее уравнение поля.

Ключевые слова: вязкая жидкость, управление поля, массообмен, моделирование.

Контактная информация: mgavt215@yandex.ru

Тарифы на погрузочно-разгрузочные работы и основные факторы, определяющие их размер в морских и речных портах / Левый В.Д. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 61

Проведен анализ динамики изменения тарифов и их влияния на погрузочно-разгрузочные работы в речных и морских портах в условиях перехода портовых операторов от естественной монополии к совершенной конкуренции.

Ключевые слова: тарифы, портовый оператор, конкуренция, реестр субъектов естественной монополии.

Контактная информация: lv3d@mail.ru

О системе показателей для генерирования направлений развития бизнеса на водном транспорте / Синявский Н.Г. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 65

Рассматриваются особенности процесса определения перспективных направлений развития бизнеса на водном транспорте. Предложена система показателей для формирования и реализации потенциала развития бизнеса, согласованная с критерием стоимостной оценки активов.

Ключевые слова: водный транспорт, развитие бизнеса, система показателей.

Контактная информация: synyavsky@list.ru

Использование САЕ-систем при оценках ледовых качеств судов / Лобанов В.А. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 69

Описаны некоторые примеры постпроцессорного анализа результатов конечно-элементного моделирования движения флота во льдах. Показана применимость САЕ-систем для адекватной оценки основных ледовых качеств судна: прочности, ходкости, управляемости. Сделан вывод об ограниченности традиционных аналитических методик при решении ряда задач обеспечения безопасности ледового судоходства.

Ключевые слова: конечно-элементное моделирование, САЕ-системы, постпроцессорный анализ, судно, ледовые качества.

Контактная информация: lobbas@mail.ru

Исследование возможностей улучшения экологических характеристик судовых дизелей, находящихся в эксплуатации, посредством использования присадок к воздуху и топливу / Титов С.В. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 77

Приведены результаты исследования влияния присадок к воздуху и топливу на экологические и экономические показатели дизеля. Определены направления для проведения дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: дизель, водный транспорт, выбросы вредных веществ с отработавшими газами, водородосодержащий газ, водотопливная эмульсия.

Контактная информация: scom@ngs.ru

Метод испытаний на цикловую прочность при программном неізотермическом нагружении / Абросимов В.Г., Преснов С.В., Пыркoв А.И., Ремизов С.С. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 81

Приведены результаты и описан ход эксперимента по определению при переменных температурах закономерностей деформирования циклически разупрочняющейся стали 15Х2МФА и упрочняющейся стали Х18К12Т1Ю.

Ключевые слова: цикловая прочность, неізотермическое нагружение, деформационные свойства.

Контактная информация: rosntovt@mail.ru

Оценка методики возможности испытания образцов вместо натуральных испытаний / Абросимов В.Г., Бессмертный Д.Э., Пыркoв А.И., Лукин А.И., Тимофеев А.М. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 84

Описывается разработанный метод решения задач циклического упругопластического деформирования. Приводятся результаты анализов и оценок несущей способности деталей при различных условиях их нагружения и деформации.

Ключевые слова: метод, испытание образцов, упругопластическое деформирование, критерий несущей способности.

Контактная информация: rosntovt@mail.ru

Особенности оказания круинговых услуг для судоходных компаний, осуществляющих морские перевозки нефти и нефтепродуктов, газа и химических веществ/ Придатко Ю.В. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 5 (59). – с. 86

Проанализированы особенности оказания круинговых услуг для судоходных компаний, осуществляющих морские перевозки нефти и нефтепродуктов, газа и химических веществ. Обоснована зависимость величины тайм-чартерного эквивалента от прохождения судном веттинг-инспекции.

Ключевые слова: подбор плавсостава, круинговые услуги, фрахтователь, веттинг-контроль, лояльность судоходной компании.

Контактная информация: pridatko.julia@mai.ru

Вниманию ректоров вузов, аспирантов и соискателей ученых степеней!

В нашем журнале постоянно увеличивается количество публикаций научных материалов, расширяется круг сотрудничающих с редакцией образовательных, научно-исследовательских и других структур. В 2009 году в их число вошли морские государственные вузы (Академия имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, Университет имени адмирала Г.И. Невельского), Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова.

Вместе с тем возрастает и количество статей, не полностью соответствующих требованиям ВАК к их оформлению. Сотрудникам редакции приходится уделять значительное время на выяснение дополнительных сведений и приведение материалов в надлежащий вид.

В связи с этим напоминаем о требованиях, которые необходимо соблюдать при представлении научных статей в журнал «Речной транспорт (XXI век)».

1. Материал должен являться оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
2. Рекомендованный объем статьи – от 16 до 32 тыс. печатных знаков (включая пробелы): 16 тыс. знаков (0,5 авт. листа) – для аспирантов, 32 тыс. знаков (1 авт. лист) – для соискателей, имеющих ученые степени.
3. К материалу должна быть приложена рецензия с рекомендацией к опубликованию, подписанная ректором (проректором по научной работе, секретарем ученого совета).
4. Материал должен обязательно содержать аннотацию (не более 400 знаков с пробелами) и список ключевых слов на русском и английском языках, а также адрес электронной почты автора.
5. Текст статьи направляется в электронном виде по адресу info@rivtrans.com

Уважаемые аспиранты, соискатели ученых степеней!

Журнал «Речной транспорт (XXI век)» является транспортным изданием, рецензируемым Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Министерства образования и науки РФ. Это означает, что публикации в журнале научных материалов по водно-транспортной тематике признаются официальными при защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Научные материалы принимаются к рассмотрению только в электронном виде, с сопроводительным письмом организации и экспертным заключением за подписью руководителя (ректора, проректора по научной работе)!

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

1. Научная статья должна быть в электронном виде, в формате DOC (MSWord).
2. Форматирование: 14 размер шрифта Times New Roman, одинарный интервал, поля; левое – 2 см, правое – 1 см, нижнее – 2 см, верхнее – 2 см.
3. Структура статьи:
 - а) УЧРЕЖДЕНИЕ – полное и сокращенное название организации, где выполнялась работа;
 - б) ТЕМА – название статьи;
 - в) АВТОР (Ы) – имя, фамилия, отчество, должность, звание, степень, кафедра;
 - г) АННОТАЦИЯ (не более 10 строк!);
 - д) текст статьи;
 - е) СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ;
 - ж) координаты для обратной связи

ТРЕБОВАНИЯ К ИЛЛЮСТРАЦИЯМ

- Минимальный размер – 10x15 см.
Минимальное разрешение – 300 dpi (точек на дюйм).
- Рисунки, схемы, графики, диаграммы и т.д. должны быть предоставлены в векторном формате – eps, Corel Draw (до версии 13.0 включительно), Adobe Illustrator (до версии 10.0 включительно).
- Все растровые изображения должны быть записаны в виде отдельных графических файлов (JPEG) и пронумерованы согласно их расположению в тексте. В тексте же должны быть выделены только места размещения иллюстраций с указанием подписей к ним.
- Научные статьи можно направить в редакцию по электронной почте info@rivtrans.com с пометкой «Научная публикация» или заказным письмом (обязательно прилагать распечатку и CD-R с текстом в электронном виде) по адресу: **115432, г. Москва, Нагатинская пойма, Проектируемый проезд 4062, д. 6., Редакция журнала «Речной транспорт (XXI век)» также с пометкой «Научная публикация».**

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПОСТУПАЮЩИХ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА «РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ (XXI ВЕК)»

1. Автор присылает на e-mail редакции (info@rivtrans.com) в электронном виде или по почте текст статьи с сопроводительным письмом организации, где выполнялась работа, с рекомендацией к публикации в журнале и экспертным заключением за подписью руководителя (ректора, проректора по научной работе).

2. Представленная автором статья рецензируется экспертом редколлегии журнала (кандидатом наук) в форме рецензии, утвержденной редакционной коллегией. Рецензия предоставляется

автору статьи по его письменному запросу, а также по соответствующему запросу в ВАК.

3. Окончательное решение о принятии статьи автора и размещении ее в одном из номеров журнала принимается на заседании редакционной коллегии журнала.

4. Редакционная коллегия информирует о принятом решении автора по его запросу. Автору не принятой к публикации статьи редакционная коллегия направляет по его запросу мотивированный отказ.