

НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ), Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева)

72

И.А. Минаева, В.А. Колесников, Ю.И. Капустин, Е.В. Матвеева. **Использование флотореагентов при электрофлотационной очистке подсланевых вод**

Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)

75

Л.В. Багров, А. С. Пашкова. **Танк-контейнерная технология перевозок: возникновение и развитие. Перспективы использования в России**

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (СПГУВК), Северо-Двинское ГБУВПиС (ФГУ «Севводпуть»)

78

Д. В. Дмитриенко, Л.С. Первушин. **Оценка параметров модели водной коммуникации**



Волжская государственная академия водного транспорта (ВГАВТ)

80

Олег Зяблов, Андрей Корнев, Елена Фунтикова. **Программное обеспечение подготовки ремонтной документации для предприятий речного транспорта**

Новосибирская государственная академия водного транспорта (НГАВТ)

84

П.А. Бимбереков. **Сопоставление традиционной схемы оптимизации сечения тавровых профилей с новой**

УЧРЕЖДЕНИЯ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ), Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ТЕМА: Использование флотореагентов при электрофлотационной очистке подсланевых вод

АВТОРЫ: И.А. МИНАЕВА, доцент кафедры физики и химии МГАВТ; В.А. КОЛЕСНИКОВ, доктор технических наук, профессор, академик МАН ВШ, ректор РХТУ им. Д.И. Менделеева; Ю.И. КАПУСТИН, доктор педагогических наук, профессор, проректор по учебной работе РХТУ им. Д.И. Менделеева; Е.В. МАТВЕЕВА, кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИЧ РХТУ им. Д.И. Менделеева

АННОТАЦИЯ: В статье изучено влияние нового флотореагента на эффективность электрофлотационной очистки нефтесодержащих сточных вод судов. Определены оптимальные параметры процесса. Выработаны рекомендации по электрофлотационной очистке подсланевых вод

Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010-2015 гг.)» предусматривает реализацию мер по ослаблению негативного воздействия всех видов транспорта (включая водный) на окружающую среду. В связи с этим разработаны новые эффективные методы очистки сточных вод (в том числе нефтесодержащих) является актуальной задачей.

Подсланевые воды накапливаются в машинно-котельном отделении (МКО) любого самоходного речного судна из-за водотечности корпуса и неплотностей трубопроводов. Кроме того, под слань МКО стекает конденсат водяного пара атмосферного воздуха. Нефтепродукты попадают под слань через неплотности соединений топливной и масляной арматуры. Объем накопления нефтесодержащих подсланевых вод и их состав зависят от типа судна, его технического состояния, мощности силовой установки и условий эксплуатации. Опыт эксплуатации речного флота показывает, что накопление подсланевой воды в среднем составляет приблизительно 100-400 л в сутки [2] с концентрацией нефтепродуктов от 300 [1] до 5000 мг/л [6].

Основная доля нефтепродуктов в подсланевых водах неспециализированных судов приходится на дизельное топливо. Кроме него, в подсланевых водах могут также содержаться нефтепродукты смазочных материалов с большей длиной углеводородной цепи, по сравнению с дизельным топливом. Большая часть нефтепродуктов находится в пленочном и эмульгированном

состоянии. В подсланевых водах могут также содержаться моющие средства, используемые при эксплуатации судов, твердые взвешенные частицы и иные компоненты.

В случае попадания нефтепродуктов в водоем легкие фракции образуют поверхностную пленку, резко ухудшая в нем газообмен, что при больших загрязнениях приводит к массовой гибели гидробионтов. При регулярном поступлении в водоем средние и тяжелые фракции нефти, диспергируясь в воде, загрязняют всю его толщу, губительно действуют на донные формы жизни [1].

Подсланевые воды могут быть очищены как судовыми, так и внесудовыми техническими средствами. Очистное оборудование должно в сбросе обеспечивать допустимое содержание нефти, установленное соответствующими нормативными документами. В обоих случаях на практике в основном используется сепарационное и фильтрующее оборудование. Так, широко применяемая на внутренних водных путях России станция по сбору и очистке нефтесодержащих вод ОСН-3 (проект Р125) обеспечивает очистку нефтесодержащих вод до 30-40 мг/л без использования фильтров тонкой очистки и 10 мг/л – при использовании тонкой сорбционной очистки (фильтров с активированным углем) [3, 4].

Постоянное ужесточение требований в области охраны окружающей среды приводит к тому, что существующие технические средства не обеспечивают степень очистки, отвечающую современным нормативам. Нормы очистки подсланевых вод, согласно действующим

нормативным документам, зависят от типа судна, конкретной акватории и условий водотока. Так, для специализированных судов (в том числе плавучих очистных станций) на внутренних водных путях России нормативное содержание нефтепродуктов в сбросе должно составлять не более 5 мг/л, а для неспециализированных (пассажирских и грузовых судов, буксиров и технического флота) – не более 8 мг/л [5].

В серийно выпускаемых установках по очистке подсланевых вод используются процессы сепарации и коалесценции. Однако сепарация, как и очистка с помощью коалесцирующих фильтров, позволяет извлечь из воды лишь нефтепродукты, находящиеся в пленочном и грубоэмульгированном состоянии. Между тем попадание ПАВ в подсланевые воды приводит к тому, что часть нефтепродуктов переходит в тонкоэмульгированное состояние, обладающее высокой агрегативной устойчивостью. На рис. 1 и 2 представлено влияние некоторых широко распространенных ПАВ на дисперсность эмульсий дизельного топлива и моторного масла [8].

Как видно из рисунков, присутствие ПАВ существенно увеличивает массовую долю капель нефтепродуктов с размером до 5 мкм, что приводит к стабилизации эмульсии и снижению эффективности очистки указанными выше методами.

Капли эмульсии нефтепродуктов в сточных водах, pH которых близок к нейтральному (в том числе и подсланевых водах) заряжены отрицательно [8]. Для дестабилизации эмульсий и

повышения эффективности очистки (независимо от применяемого метода) соответственно следует применять катионные коагулянты (на практике наиболее распространены гидроксоосединения алюминия или железа).

Для извлечения из судовых сточных вод нефтепродуктов, в том числе тонкоэмульгированных, авторы предлагают использовать современные флотационные технологии, обеспечивающие более высокую эффективность очистки по сравнению с методами сепарации и коалесценции.

Наиболее широко на практике используются следующие виды флотации:

- флотация с механическим диспергированием газа;
- напорная флотация;
- электрофлотация.

В установках с механическим диспергированием флотирующий газ подается в воду при интенсивном ее перемешивании с последующим диспергированием лопастями мешалки (например, импеллерная флотация) или же через пористые материалы. При этом образуются относительно крупные пузырьки (1-3 мм), число которых в объеме раствора относительно невелико, что ограничивает эффективность процесса. Для увеличения числа пузырьков необходимо увеличивать подачу газа. Однако это приводит к интенсивному перемешиванию раствора и к частичному разрушению флотокомплексов «пузырек – взвешенная частица».

В способе напорной флотации часть сточных вод под давлением 3-5 атмосфер подается в напорный бак (сатуратор). Туда же компрессором подается воздух. Затем насыщенная воздухом вода подается во флотатор, находящийся под атмосферным давлением. Часть растворенного воздуха выделяется из раствора в виде пузырьков. Напорная флотация позволяет получать значительно более мелкие (размером 100-200 мкм) и, соответственно, более многочисленные пузырьки. Однако себестоимость очистки этим методом высока, поскольку требуется использовать сложное и дорогостоящее оборудование.

По сравнению с вышеописанными методами, электрофлотация обладает следующими преимуществами при очистке нефтесодержащих вод:

- простота, надежность и высокая производительность оборудования;
- легкость сбора флотошлама, его низкая обводненность (что позволяет применять собранные нефтепродукты в качестве топлива без дополнительной обработки);

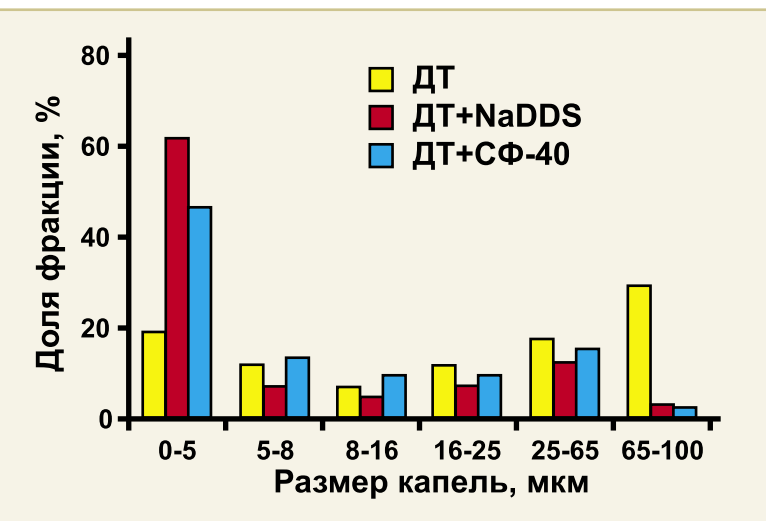


Рис. 1. Дисперсность эмульсии: дизельного топлива; дизельного топлива в присутствии додецилсульфата натрия (NaDDS); дизельного топлива в присутствии сульфанола СФ-40

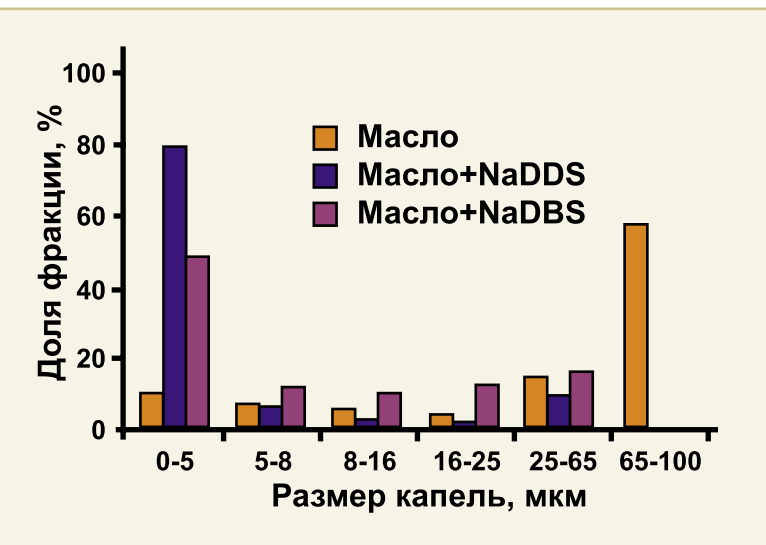


Рис. 2. Дисперсность эмульсии: моторного масла; моторного масла в присутствии додецилсульфата натрия (NaDDS); моторного масла в присутствии додецилбензилсульфоната натрия (NaDBS)

– более высокая степень очистки (что позволяет увеличить срок службы засыпки в сорбционных фильтрах тонкой очистки).

Электрофлотация позволяет получать очень мелкие пузырьки газа – размером от 20-40 мкм (водород) до 100 мкм (кислород) в количестве до 5 млн./мл [9], в простых, недорогих и экономичных установках. В среднем, электрофлотация (при достижении той же степени очистки) позволяет сократить время процесса в 5-6 раз относительно флотации с механическим диспергированием [9]. Для повышения эффективности флотации могут применяться коагулянты и флокулян-

ты, способствующие агрегированию взвешенных частиц. Ионы коагулянтов, адсорбируясь на взвешенных частицах, снижают значение электрокинетического потенциала, способствуя формированию агрегатов. Кроме того, ионы коагулянта в результате гидролиза образуют нерастворимые гидроксиды, выпадающие в осадок в виде хлопьев. На таких хлопьях, обладающих развитой поверхностью, адсорбируется часть растворенных загрязнений, что повышает эффективность очистки.

Флокулянты (высокомолекулярные вещества) также адсорбируются на взвешенных частицах и облегчают ук-

рупнение агрегатов, формируя хлопьевидные структуры (флокулы). При извлечении эмульсий, в том числе и при очистке нефтесодержащих сточных вод, применение обоих видов флотореагентов – как коагулянтов, так и флокулянтов – усиливает коалесценцию капелек эмульсии, что увеличивает эффективность очистки.

В настоящей работе изучено влияние на извлечение нефтепродуктов различных параметров процесса электрофлотации, а также добавления неорганических флотореагентов – сульфата алюминия, сульфата железа и жидкого алюмокремниевых флокулянта-коагулянта (АКФК).

Исследование процесса электрофлотации проводилось с использованием модельных растворов – эмульсий дизельного топлива в воде (исходное содержание дизтоплива варьировалось от 150 до 1000 мг/л).

В рамках настоящей работы была подробно изучена кинетика электрофлотации и определены оптимальные параметры процесса. Исследования проводились на лабораторных электрофлотаторах периодического и непрерывного действия.

В аппаратах периодического действия возрастание объемной плотности тока (с 30 до 250 мА/л) несколько увеличивает скорость извлечения дизтоплива (и эффективность очистки). Однако при этом соответственно возрастают удельные затраты электроэнергии на очистку.

В таблице 1 приведены данные по сравнению эффективности наиболее широко используемых в водоочистке коагулянтов – хлорида железа и сульфата алюминия с жидким алюмокремниевым флокулянт-коагулянтом «АКФК», разработанным в РХТУ им. Д.И. Менделеева [7]. Время электрофлотации – 15 мин. В состав АКФК входят следующие компоненты: SiO₂ – 23-28 г/л, Al₂O₃ – 17-20 г/л, Fe₂O₃ – 0,6-0,9 г/л. Концентрация 1 мл/л АКФК соответствует 10 мг/л по ионам Al³⁺.

Как видно из таблицы 1, степень извлечения дизельного топлива в при-

сутствии флотореагентов резко повышается. При этом АКФК показал себя наиболее эффективным из исследованных флотореагентов.

Результаты исследования влияния концентрации АКФК на эффективность извлечения эмульсии дизельного топлива (при времени электрофлотации 15 минут) представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, АКФК значительно повышает эффективность электрофлотационного извлечения дизельного топлива. Высокая эффективность АКФК при очистке сточных вод от нефтепродуктов обусловлена аддитивностью свойств его основных компонентов: ионы Fe²⁺ и Al³⁺ оказывают коагуляционное действие, а активная кремнекислота – флокуляционное. Оптимальная концентрация АКФК составляет 3-4 мл/л, что в пересчете на концентрацию алюминия соответствует 30-40 мг/л. Дальнейшее увеличение концентрации АКФК не приводит к существенному увеличению степени очистки.

На электрофлотаторе непрерывного действия (в режиме противотока) было исследовано влияние скорости подачи раствора на степень извлечения эмульсии дизельного топлива при различных объемных плотностях тока.

Скорость подачи раствора, при которой наблюдалась максимальная степень очистки (при всех плотностях тока) составила 10 л/ч, что соответствует скорости движения жидкости в камере флотации – 0,5 мм/с.

Увеличение объемной плотности тока со 100 до 200 мА/л позволило существенно повысить эффективность очистки при всех скоростях подачи раствора. Дальнейшее увеличение объемной плотности тока (до 400 мА/л) оказывает заметный эффект лишь в области высокой скорости подачи раствора: около 20 л/ч (что соответствовало скорости движения жидкости 1 мм/с и выше).

На основании проведенных исследований были выработаны следующие рекомендации по электрофлотационной очистке нефтесодержащих сточных вод судов:

1. Метод электрофлотации позволяет достичь 95-97% извлечения нефтепродуктов из подсланевых вод (при использовании флокулянтов). Указанная степень очистки достижима в аппаратах как периодического, так и непрерывного действия.

2. С учетом скорости накопления подсланевых вод аппараты периодического действия можно рекомендовать для судовой очистки подсланевых вод, а непрерывного – для внесудовой (в том числе на специализированных станциях очистки нефтесодержащих сточных вод).

3. Применение флотореагентов позволяет существенно повысить степень очистки подсланевых вод. Наиболее эффективным из исследованных флотореагентов показал себя АКФК.

4. Оптимальные параметры электрофлотации для очистки подсланевых вод: объемная плотность тока – 200-400 мА/л, время обработки (в аппаратах периодического действия) – 10-15 минут, гидродинамический режим противотока (в аппаратах непрерывного действия), концентрация АКФК – 2-3 мл/л.

5. Для гарантированной очистки подсланевых вод до нормативных значений нефтепродуктов электрофлотацию необходимо сочетать с сорбционной доочисткой. По сравнению с процессом сепарации, используемым на водном транспорте для грубой очистки подсланевых вод, электрофлотация имеет ряд существенных преимуществ:

- компактность и высокая производительность оборудования;
- легкость сбора флотошлама, его низкая обводненность, что позволяет применять собранные нефтепродукты в качестве топлива (обводненный мазут) без дополнительной обработки;
- более высокая степень очистки, что позволяет увеличить срок службы сорбента в фильтрах доочистки.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Гусев А. Г. Влияние сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты,

на рыб и обоснование нормирования их при сбросе сточных вод в рыбохозяйственные водоемы / В кн.: Производственные сточные воды. Вып. 5, М., Медгиз, 1960, стр. 34 – 43.

2. Тув И. А. Судовые технические средства предотвращения загрязнения водоемов нефтепродуктами, М., Транспорт, 1976, – 128 с.

3. И.А.Иванов и др. Средства очистки жидкости на судах. Л., Судостроение, 1984, – 272 с.

4. Российский Речной Регистр. Правила по предотвращению загрязнения

с судов внутреннего плавания, 1993.

5. РД 152-011-00 «Наставление по предотвращению загрязнения внутренних водных путей при эксплуатации судов».

6. А. Г. Малышкин, Н. П. Морозов. Технология и организация нефтеперевозок на речном транспорте [Учебное пособие для институтов водного транспорта] / М., Транспорт, 1981, – 208 с.

7. Н.Е. Кручинина, В.Н. Турниер, Б.С. Лисюк, В. Ким. Способ получения алюмо-

силикатного коагулянта. / Патент № 2225838, 2002.

8. В.А. Колесников, Ю.И. Капустин, И.О. Воробьева, Г.М. Бондарева, Е.В. Матвеева. Извлечение эмульгированных нефтепродуктов из водных стоков методом электрофлотации / Вода: Химия и экология, 2008, № 2.

9. В.А. Колесников, В.И. Ильин, Ю.И. Капустин и др.; под ред. В.А. Колесникова. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий / – М.: Химия, 2007, – 304 с.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)

ТЕМА: Танк-контейнерная технология перевозок: возникновение и развитие. Перспективы использования в России

АВТОРЫ: Л.В. БАГРОВ, заведующий кафедрой коммерческой эксплуатации и внешнеэкономических связей, профессор, кандидат технических наук; А. С. ПАШКОВА, аспирант

АННОТАЦИЯ: В статье приведен краткий анализ истории развития танк-контейнерных перевозок в мире, причин роста их объемов, обоснована необходимость развития данной технологии перевозок в России и предложены необходимые меры для ее реализации

В докризисный период в мире наблюдался устойчивый рост объемов танк-контейнерных перевозок различного рода жидких продуктов нефтехимической, химической, пищевой, биохимической и других отраслей промышленности. Согласно прогнозам Международной организации танк-контейнеров использование данного вида оборудования будет увеличиваться на главных рынках (Европа, Северная Америка, Азия) на 10% в год. А согласно исследованиям, проведенным в Эрасмус-университете в Роттердаме, использование танк-контейнеров в межконтинентальных транспортировках может увеличиваться на 5-10% ежегодно в течение последующих пяти лет. Однако следует отметить, что данные вышеприведенных исследований не учитывают последствий начавшегося финансово-экономического кризиса.

Россия относится к числу крупных поставщиков химических и нефтехимических грузов на мировой рынок, что диктует необходимость развития танк-контейнерной технологии перевозок как наиболее прогрессивного и безопасного способа доставки жидких грузов. Большая часть международных



Рис. 1. Полнокаркасный танк-контейнер

перевозок таких грузов осуществлялась и осуществляется судовыми партиями, когда продукт от мест производства доставляется маршрутными поездами до ближайшего удобного порта, а затем через накопительные береговые емкости перегружается в суда и доставляется в порт выгрузки. Однако в последнее время наметилась тенденция транспор-

тировки грузов небольшими партиями для предприятий малого и среднего бизнеса, что исключает необходимость отгрузки целыми судами. В то же время на некоторых направлениях перевозки танкером нерентабельны, и поэтому использование танк-контейнеров представляется наиболее целесообразным. Можно сказать, что основной рынок

Степень извлечения дизтоплива в присутствии различных флотореагентов Таблица 1

| Степень извлечения α, % | | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| Без коагулянта | Fe ³⁺ (20 мг/л) | Al ³⁺ (20 мг/л) | АКФК (20 мг/л в пересчете на Al ³⁺) |
| 39 | 79 | 76 | 90 |

Влияние концентрации АКФК на степень извлечения дизтоплива Таблица 2

| Концентрация АКФК | 0 мл/л | 1 мл/л | 2 мл/л | 3 мл/л | 4 мл/л | 5 мл/л | 6 мл/л |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| α, % | 39 | 71 | 90 | 94 | 95,3 | 96 | 97 |

для танк-контейнерных перевозок – это направления, где требуются небольшие отправки с доставкой товара точно в срок, по расписанию.

Для нужд внутреннего российского рынка развитие танк-контейнерной технологии перевозок поможет более полно реализовать программу газификации страны, когда возникает необходимость поставки газа населению в танк-контейнерах в районы, в которые прокладывать газопровод нецелесообразно. Так, в Европе уже давно развиты и продолжают активно развиваться системы снабжения предприятий, автозаправочных комплексов и домохозяйств сжиженным природным газом с использованием специализированных танк-контейнеров.

Российский рынок танк-контейнерных перевозок находится еще только в начальной стадии своего формирования. С целью его развития представляется необходимым изучить опыт европейских коллег. Данные исследования помогут выработать программу комплексного развития танк-контейнерных перевозок с использованием всех видов транспорта, учитывающую последние достижения науки, предусматривающую создание маршрутных перевозок, выработку оптимальных схем движения с минимальными затратами, а также строительство танк-контейнеров, создание логистических центров по их обслуживанию (промысловых станций, мастерских и т.п.). Учитывая богатый опыт нашей страны в производстве изделий из металла, наладить полноценное производство танк-контейнерного парка страны не должно стать сложной задачей. Стоит

также создать систему транспортного образования, где будут готовить специалистов, владеющих знаниями необходимого уровня по данной технологии перевозок.

Не только технические и технологические аспекты должны приниматься во внимание, так как для полноценного развития отрасли важен комплексный подход, а именно для более быстрого и эффективного внедрения танк-контейнерной технологии на российском рынке необходимо выработать соответствующие нормативные акты, стимулирующие компании к инвестированию в данную отрасль. Кроме того, нужны новые правила перевозок танк-контейнеров, максимально соответствующие международным стандартам.

ИЗ ИСТОРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТАНК-КОНТЕЙНЕРОВ

Ко времени появления танк-контейнеров небольшие и средние отправки жидких грузов осуществлялись преимущественно в стальных 200-литровых бочках и перевозились либо конвенционально, либо в 20-футовых контейнерах. Осознание необходимости создания более эффективного способа перевозки жидких грузов подстегнуло европейцев к разработке танк-контейнера. Основным условием было то, что в 20-футовый контейнер может вместиться 76 бочек каждая по 200 литров, что составляет 15600 литров.

Таким образом, пытаясь сэкономить на таре, специалисты хотели создать танк-контейнер большей грузомести-

мости, причем он должен был соответствовать стандартам ISO. Необходимо отметить, что танк-контейнер как альтернатива использованию бочек позволяет не только избежать расходов по приобретению самих бочек, но также расходов по их наполнению, укладке в сухой контейнер, опорожнению (что сокращает потери продукта), а также очистке и их последующей утилизации. Существенным моментом в вопросе сокращения издержек здесь является то, что ставки, предоставляемые судоходными компаниями для перевозки 20'-танк-контейнеров, соответствуют ставкам перевозки обычных сухих 20'-контейнеров.

Анализ динамики развития танк-контейнерных перевозок показывает, что с начала 70-х годов XX века мировой флот ISO танк-контейнеров вырос до сегодняшних 80 тыс. единиц, причем годовой рост составлял в среднем 15%.

Сегодня танк-контейнеры могут перевозить большой ассортимент различных грузов:

- жидкие неопасные пищевые продукты, такие, как вино, соки, масла, крахмал, молоко, сахар и шоколад;
- неопасная химия;
- химия с низкой степенью опасности и опасная химия, такие, как воспламеняемые, токсичные и коррозионные жидкости;
- газы жидкие и растворенные под давлением;
- порошкообразные и гранулированные грузы.

Большая часть производимых в настоящее время танк-контейнеров имеет форму цилиндра объемом от 21 до более чем 25 м³, который помещен в каркас (рамные элементы). Размеры рамы соответствуют стандартам ISO и равны 20' x 8' x 8'6". Цистерна дополнительно оборудуется сливной арматурой и устройствами для осуществления разгрузки, как под действием силы тяжести, так и под давлением. Существуют также модели вместимостью 30 м³ в 20' раме, которые полностью соответствуют современным требованиям и которые могут перевозиться как IMO 1 единицы под давлением 6 бар.

Производство контейнеров-цистерн находится под постоянным контролем качества на всех стадиях их изготовления. Стандарты и требования – одна из основных проблем при получении права на эксплуатацию танк-контейнера определенной конструкции, который после получения данного одобрения может использоваться для перевозок грузов по всему миру. Одним из первых классификационных обществ, до сих пор осуществляющих освидетельство-

вание танк-контейнеров по всему миру, был LLOYD's LONDON. В Европе Bureau Veritas и Germanischer Lloyd также имеют большой опыт и признание в освидетельствовании танк-контейнеров, а классификационное общество ABS ведет свою деятельность по сертификации в Северной Америке.

Классификационные общества выдают сертификат только в случае соответствия нормам и стандартам, которые содержатся в нижеуказанных документах:

1. Правила изготовления контейнеров Российского Морского Регистра судоходства.
2. Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (IMDG Code).
3. Международные правила перевозки опасных грузов по железным дорогам (RID).
4. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ADR).
5. Международная конвенция по безопасным контейнерам (CSC).
6. Международная таможенная конвенция (CCC).
7. Международные стандарты: ISO 1161:1984, ISO 668:1995, ISO 1496-3:1995, ISO 6346:1995.
8. Российские стандарты: ГОСТ 14249-89, ГОСТ 24755-89, ГОСТ 26202-84, ГОСТ 19433-88.

Частое требование к танк-контейнерам при приеме их в эксплуатацию – это наличие двух классификационных свидетельств, одним из которых обычно является сертификат классификационного общества страны эксплуатации контейнера. Например, в России таким органом является Российский Морской Регистр судоходства.

Что касается производства танк-контейнеров, то оно началось в Европе, где пионерами явились такие страны, как Великобритания, Франция, Германия. Франция считается страной так называемых массовых производителей, чей выпуск составлял более 500 единиц ежегодно. Стоит отметить, что немногим компаниям удалось продержаться на рынке более 20 лет. Многие уже давно исчезли с рынка. Это объясняется тем фактом, что довольно непросто сконструировать танк-контейнер такого дизайна (конструкции), который был бы принят рынком и отвечал бы всем требованиям современного потребителя, таким, как высокая грузоместимость, легкая тара, конструкция, которая не имеет риска усталости металла, и, конечно, долгое время службы.

Поэтому в связи с тем, что на рынке существует только лишь ограниченное число моделей, которые нашли дейст-

вительное применение на практике, наметилась тенденция передачи лицензий на производство. Многие азиатские компании производят танк-контейнеры по европейским лицензиям (Япония, Сингапур, Индонезия, Индия, а также Новая Зеландия). Даже в Северной Америке производство большей части танк-контейнеров осуществляется на основе европейских лицензий.

Сегодня большая часть танк-контейнеров (особенно по французским лицензиям) производится в Южно-Африканской Республике из-за низкого уровня заработной платы и благоприятных финансовых условий, созданных правительством страны.

Следует отметить, что по сравнению с обычными контейнерами танк-контейнеры составляли и будут составлять лишь нишевый рынок. Дизайн данных контейнеров более сложный, и цены по сравнению с обычными контейнерами намного выше. Стоимость стандартного контейнера IMO 1 в 10 раз больше стоимости обычного контейнера.

Относительно особенностей конструкции танк-контейнеров, необходимо отметить, что на сегодняшний день зарубежными фирмами предложено и испытано много различных конструкций крупнотоннажных контейнеров-цистерн, изготовленных в соответствии с требованиями ИСО. Большинство фирм производят танк-контейнеры с каркасом, поскольку он обеспечивает надежную защиту цистерны от повреждений и сохранение геометрических форм в течение всего срока службы, что является важным при выполнении механизированных и автоматизированных подъемно-транспортных работ.

С целью обеспечения правильного и безопасного использования цистерна контейнера оборудуется соответствующей арматурой, контрольно-измерительными приборами и предохранительными устройствами.

Для изготовления танк-контейнеров наиболее часто используют высококачественную нержавеющую сталь, устойчивую к воздействию перевозимых продуктов и не воздействующую на них. Продукты пищевой промышленности могут перевозиться только в цистернах, изготовленных из нержавеющей стали. Наиболее известными марками стали являются SS 316 TI, 316 L, Z6CNDT 17.12. Ранее наиболее часто использовалась марка стали ASI 304.

Цистерны танк-контейнеров могут также производиться из углеродистой стали. В таких цистернах обычно перевозятся жидкие нефтепродукты, масла, смазки, битумы и другие неагрессивные жидкости. Однако, как показывает

опыт, танк-контейнеры из углеродистой стали не всегда экономичны в эксплуатации из-за сравнительно ограниченной номенклатуры жидких продуктов.

Центральные секции каркаса, помостов, лестниц, растяжек и других элементов, не испытывающих больших нагрузок, изготавливаются из более легких алюминиевых сплавов. Среди неметаллических материалов, используемых для строительства танк-контейнеров, применяются полиэтилен высокой и низкой плотности, поливинилхлорид, стеклопластики.

Контейнеры могут быть оснащены слоем теплоизоляции и системой пароподогрева, что значительно облегчает разгрузку в зимних условиях.

В заключение стоит указать на ряд преимуществ танк-контейнерной технологии по сравнению с перевозкой в цистернах. Одним из них является высокая универсальность, так как в танк-контейнерах без дополнительного переоборудования можно перевозить грузы более 500 наименований. Возможность перевозки любым видом транспорта является главным преимуществом. Его использование исключает операции перевалки при смене вида транспорта или пересечении границ, сохранение заводского качества продукта, а прочная конструкция допускает штабелирование в несколько ярусов. Международные перевозки могут осуществляться под наложенными при отправке груза таможенными пломбами в любую точку мира, с пересечением любого числа границ, что значительно облегчает оформление. Танк-контейнер может использоваться не только как транспортная единица, но и в качестве тары для временного хранения грузов без немедленной разгрузки. Танк-контейнеры незаменимы при поставке небольших партий грузов в труднодоступные места, при создании зимних запасов жидкого топлива в отдаленных пунктах Крайнего Севера, на нефтяных и газовых месторождениях Сибири и Дальнего Востока, на островах. А возможность электрического подогрева груза до +90С° в пути и перед выгрузкой позволяет осуществлять транспортировку в любых климатических условиях.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Материалы сайта Международной организации по танк-контейнерным перевозкам – www.itco.be.
2. Материалы журнала «Контейнерный бизнес» – www.containerbusiness.ru.
3. Материалы журнала «Gefährliche Ladung» – www.gelaweb.de.

Рис. 2. Танк-контейнер без продольных балок



УЧРЕЖДЕНИЯ: Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (СПГУВК); Северо-Двинское ГБУВПиС (ФГУ «Севводпуть»)

ТЕМА: Оценка параметров модели водной коммуникации

АВТОРЫ: Д. В. ДМИТРИЕНКО, кандидат экономических наук (СПГУВК); Л.С. ПЕРВУШИН, кандидат технических наук (ФГУ «Севводпуть»)

АННОТАЦИЯ: В статье рассматривается процедура оптимальной оценки параметров модели водной коммуникации по измерениям отметок уровней в узлах и полных расходов воды в реке

Выбор структуры и параметров модели водной коммуникации является наиболее ответственной частью расчета распределения расходов воды по рукавам, выполняемого для обеспечения комплекса мер по поддержанию судоходных условий на затруднительных участках реки. Если структура модели каждого рукава сложного разветвления русла (устанавливающая связь между расходами в рукаве и отметками уровней на его оконечностях) известна, то оценка численных значений параметров модели существенно упрощается и может быть выполнена по данным эксперимента. Одним из самых трудоемких этапов моделирования сложного разветвления русла следует считать определение модулей сопротивлений рукавов. С этой целью на водной коммуникации обычно проводится довольно объемный и дорогостоящий эксперимент (которого можно в определенных случаях избежать) за счет использования предлагаемой процедуры оптимальной оценки. Она основана на использовании измерений полного расхода воды в реке и отметок уровней в узлах многорукавного разветвления. При их наличии для оценки модулей сопротивлений всех рукавов отсутствует необходимость в измерениях расходов в рукавах. Требуется только полные расходы реки и соответствующие им отметки уровней в узлах, способы измерения которых хорошо отработаны и не вызывают значительных технических трудностей. Зависимость разностей уровней на концах каждого рукава (в 2 узлах) от расходов в нем в квазиустановившихся режимах обычно задается в виде степенной функции, например квадратичной [2]. Рассмотрим процедуру оценки модулей сопротивлений рукавов по эксперименту на конкретном примере [1].

Предположим, что в результате наблюдений за водной коммуникацией (рис. 1) во время навигации получены измерения полного расхода воды и отметок уровней в узлах. Представим их системой векторов.

Вектор расходов:

$$Q = [Q(t1) \ Q(t2) \ Q(t3) \ \dots \ Q(tm)]$$

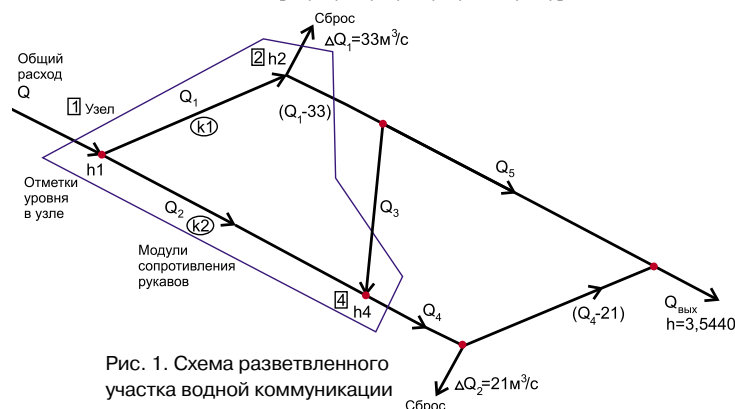


Рис. 1. Схема разветвленного участка водной коммуникации

Соответственно, запишем векторы уровней:

$$\begin{aligned} h1 &= [h1(t1) \ h1(t2) \ h1(t3) \ \dots \ h1(tm)], \\ h2 &= [h2(t1) \ h2(t2) \ h2(t3) \ \dots \ h2(tm)], \\ &\dots \\ hk &= [hk(t1) \ hk(t2) \ hk(t3) \ \dots \ hk(tm)], \end{aligned}$$

где k – число узлов. Примем для упрощения записи следующие обозначения: $t1=1, t2=2, \dots, ti=i, \dots, tk=k$.

Задачу оптимальной оценки параметров можно сформулировать следующим образом: по полученным экспериментальным данным необходимо оценить модули сопротивлений всех рукавов наилучшим способом, при минимальной среднеквадратичной ошибке.

Предположим, что на открытой гидравлической сети, состоящей из 5 узлов с изменяющимися отметками уровней (шестой узел характеризуется неизменным уровнем воды), произведены в период навигации измерения в различные моменты времени, которым предписаны соответственно индексы 1, 2, 3, ..., m .

Возвратимся к рис. 1 и рассмотрим выделенную часть сети, состоящую из первого узла, к которому подходит основное русло с полным расходом реки, а вода отводится по двум рукавам. Расходы в рукавах пока не определены. Однако известны отметки уровней в первом узле и на концах рукавов – во втором и четвертом узлах: $h1(i), h2(i), h4(i)$. Таким образом, получен массив данных:

$$\begin{aligned} Q(1) & \ h1(1) \ h2(1) \ h4(1) \\ Q(2) & \ h1(2) \ h2(2) \ h4(2) \\ Q(3) & \ h1(3) \ h2(3) \ h4(3) \\ & \dots \\ Q(m) & \ h1(m) \ h2(m) \ h4(m). \end{aligned}$$

Структура модели рукавов, определяющая в общем виде соотношения между разностью отметок уровней на концах и расходами в рукавах, как было отмечено выше, известна – это степенная функция с различными показателями степени. Без потери общности выберем квадратичную функцию [1]:

$$\Delta Z_{1,r} = k_j \cdot Q_j^2, \text{ где } h_1(i) - h_2(i) = \Delta Z_{1,2}(i) = a_1 \cdot Q_1^2(i),$$

$$a_1 = k_1 \cdot k, \quad k = 1 \cdot 10^{-8}$$

$$\Delta Z_{1,4}(i) = h_1(i) - h_4(i) = a_2 \cdot Q_2^2(i), \text{ где } a_2 = k_2 \cdot k.$$

Следовательно, расходы $Q_1(i)$ и $Q_2(i)$ в рукавах, подходящих к первому узлу, могут быть выражены в терминах отметок уровней: $[h_1(i) - h_2(i)]^{1/2} = a_1^{1/2} \cdot Q_1(i)$.

Иначе говоря, мы можем получить:
 $Q_1(i) = [h_1(i) - h_2(i)]^{1/2} \cdot a_1^{-1/2}$
 и аналогично вычислить $Q_2(i)$:
 $Q_2(i) = [h_1(i) - h_4(i)]^{1/2} \cdot a_2^{-1/2}$.

Полный расход:

$$Q(i) = Q_1(i) + Q_2(i) = \underbrace{[h_1(i) - h_2(i)]^{1/2}}_{x_1(i)} \cdot \underbrace{a_1^{-1/2}}_{d_1} + \underbrace{[h_1(i) - h_4(i)]^{1/2}}_{x_2(i)} \cdot \underbrace{a_2^{-1/2}}_{d_2}$$

В предыдущее уравнение входят постоянные коэффициенты, содержащие информацию о модулях сопротивлений рукавов. Обозначим их в виде d_1 и d_2 . Соотношения между ними и модулями k_1 и k_2 очевидны:

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}^{-2} \cdot 1 \cdot 10^8 = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix}$$

Для $m \gg 2$ получим переопределенную систему уравнений вида: $Q(i) = d_1 \cdot x_1(i) + d_2 \cdot x_2(i)$, матричная запись которых может быть представлена следующими составляющими:

$$H = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_2(1) \\ x_1(2) & x_2(2) \\ \dots & \dots \\ x_1(m) & x_2(m) \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} Q(1) \\ Q(2) \\ \dots \\ Q(m) \end{bmatrix}, \quad d = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Сначала получим наилучшую оценку d для переопределенной системы (1) методом наименьших квадратов путем решения матричного уравнения

$$d = (H^T \cdot H)^{-1} \cdot H^T \cdot y, \quad (2)$$

а затем и вектора искомого коэффициентов $\begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix}$.

По известным оценкам k_1 и k_2 с помощью модели рукавов нетрудно оценить расходы в первом рукаве $Q_1(i)$ в моменты i :

$$Q_1(i) = [h_1(i) - h_2(i)]^{1/2} \cdot a_1^{-1/2}, \text{ где } (a_1 = k_1 \cdot k). \quad (3)$$

Рассмотрим фрагмент рис. 1 (рис. 2), где представлен узел 3 и два рукава с неизвестными расходами, но известными отметками уровней воды на их концах. Поскольку известны все значения расходов в рукаве, по которому вода подтекает к узлу, то процедура оценки модулей сопротивлений k_4 и k_7 ничем не отличается от предшествующего случая.

Выполнение последующих операций по оценкам $Q_2(i), Q_3(i), Q_4(i)$ и $Q_5(i)$ производится аналогично, до полного решения задачи.

Рассмотрим пример [1]. Проведем следующий машинный эксперимент. Предположим, что параметры моделей всех рукавов водной коммуникации (рис. 1) известны. Тогда при изменении полного расхода воды в реке в диапазоне $800 \leq Q \leq 1050 \text{ м}^3/\text{с}$ можно рассчитать отметки уровней во всех узлах для каждого $Q(i)$. С этой целью создадим программу для вычисления расходов и отметок уровней в узлах и выполним вычисления методом Ньютона–Рафсона–Канторовича. Для определенности примем рассчитанные отметки в качестве эксперимента и составим уравнения (1). Затем решим инверсную задачу: по эксперименту с помощью (2) и (3) оценим модули сопротивлений рукавов начиная с первого узла.

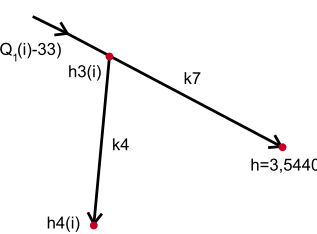


Рис. 2

Согласно данным, приведенным в работе [1], модули сопротивлений рукавов равны:

- $b1 = 4.61 \cdot k;$
- $b2 = 431.5 \cdot k;$
- $b3 = 5.67 \cdot k;$
- $b4 = 37.12 \cdot k;$
- $b5 = 12.8 \cdot k;$
- $b6 = 160.1 \cdot k;$
- $b7 = 86.6 \cdot k.$

Масштабный коэффициент $k = 1.0E-08$.

Предполагается, что отметка уровня в нижнем замыкающем узле не зависит от $Q_{\text{вых}}$ и составляет $z_6 = 3.544 \text{ м}$.

Для получения исходных данных были рассчитаны отметки уровней в узлах при вариации полного расхода воды в реке с шагом дискретности $50 \text{ м}^3/\text{с}$. В результате получены значения:

– вектор полных расходов:

$$Q = [800 \ 850 \ 900 \ 950 \ 1000 \ 1050];$$

– соответствующая этому вектору матрица отметок уровней YRW размерности (6×6) :

YRW =

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3.7795 | 3.8117 | 3.8459 | 3.8821 | 3.9204 | 3.9608 |
| 3.7589 | 3.7884 | 3.8198 | 3.8531 | 3.8883 | 3.9254 |
| 3.7360 | 3.7624 | 3.7905 | 3.8203 | 3.8518 | 3.8850 |
| 3.7050 | 3.7273 | 3.7510 | 3.7762 | 3.8028 | 3.8309 |
| 3.6823 | 3.7016 | 3.7222 | 3.7440 | 3.7671 | 3.7914 |
| 3.5440 | 3.5440 | 3.5440 | 3.5440 | 3.5440 | 3.5440 |

Для оценки параметров с помощью изложенной выше процедуры составлен файл sah123a.m. Исходные данные для оценки, как видно из файла, – вектор Q и матрица YRW – загружаются командой load. В файле принято обозначение $st=Q$.

Программа для вычисления расходов и отметок уровней в узлах

```
% Файл sah123a.m
% ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ВОДНОЙ
% КОММУНИКАЦИИ ПО ЭКСПЕРИМЕНТУ
load YRW; load st; YRW; st;
% Последовательность вычислительных операций:
% Первый узел: al=(YRW(1,:)-YRW(2,:)).^0.5; bet=(YRW(1,:)-YRW(4,:)).^0.5;
yr=[al;bet]; kkk=((yr\st).^(-2)).*1.00000000;
% Вспомогательные вычисления:
al2=(YRW(2,:)-YRW(3,:)).^0.5; al3=(YRW(3,:)-YRW(4,:)).^0.5; bet3=(YRW(3,:)-
YRW(6,:)).^0.5; yr2=al2; al4=(YRW(4,:)-YRW(5,:)).^0.5;
pacx1=[al.*(kkk(1)*1.0e-8).^(-0.5)]; bet.*(kkk(2)*1.0e-8).^(-0.5)];
% Второй узел: st1=(ones(6,1)).*33; q2=pacx1(:,1)-st1; kkk2=((yr2\q2).^(-
2)).*1.0e+8;
% Третий узел: yr3=[al3;bet3]; q3=q2; kkk3=((yr3\q3).^(-2)).*1.0e+8;
% Четвертый узел: q4=pacx1(:,2)+(al3.*(kkk3(1)*1.0e-8).^(-0.5)); yr4=al4;
kkk4=((yr4\q4).^(-2)).*1.0e+8;
% Пятый узел: st2=(ones(6,1)).*21; q5=q4-st2; al5=(YRW(5,:)-YRW(6,:)).^0.5;
yr5=al5; kkk5=((yr5\q5).^(-2)).*1.0e+8;
% Результаты оценки:
Modules=[kkk' kkk2' kkk3' kkk4' kkk5']
```

Результаты оценки параметров:

>> sah123a Modules = 4.6100 431.5000 5.6700 37.1200 160.1000 12.8000 86.6000 >>

В заключение отметим, что полученные оценки, идентичные исходным данным, следует умножить на постоянный коэффициент $K=10^{-8}$ для соблюдения размерности модулей сопротивлений рукавов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Гладков Г.Л., Гришанин К.В., Селезнев В.М. и др. Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках. СПб.: СПГУВК, 1992. – 312 с.
2. Каганович Б.М., Филиппов С.П. Равновесная термодинамика и математическое программирование. Новосибирск.: Наука, 1995 – 236 с.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Волжская государственная академия водного транспорта (ВГАВТ)

ТЕМА: Программное обеспечение подготовки ремонтной документации для предприятий речного транспорта

АВТОРЫ: Олег ЗЯБЛОВ, старший преподаватель, кандидат технических наук; Андрей КОРНЕВ, директор УНПЦ «Судоремонт», кандидат технических наук; Елена ФУНТИКОВА, доцент, кандидат технических наук

АННОТАЦИЯ: В статье рассматривается комплекс вопросов, связанных с автоматизацией технологической подготовки производства

Документация по ремонту судов является весьма обширной и важнейшей частью технологической подготовки судоремонтного производства. Она включает в себя: акты дефектации, ремонтные ведомости, калькуляции, сметы, технологические карты ремонтных процессов, ведомости материалов и комплектующих изделий и прочее. Разработка этих документов традиционными методами подразумевает длительные и трудоемкие работы по анализу результатов дефектации, составлению технологических процессов, написанию ведомостей предстоящего ремонта, определению объемов и стоимости работ и т.д. Анализ подготовки ремонтной документации на судоремонтных предприятиях показывает, что во многих случаях акты дефектации, ремонтные ведомости разрабатываются вручную и составляются в произвольной форме и даже в рукописном виде.

Современные информационные технологии позволяют повысить качество и значительно снизить сроки подготовки и проведения ремонта судов. Таким образом, возникает необходимость разработки и применения автоматизированной системы технологической подготовки судоремонта на основе современных программных продуктов.

В рамках создаваемой системы кафедрой «Проектирования и технологии постройки судов» ВГАВТ разработано программное обеспечение подготовки технологической документации путем создания базы данных в системе ACCESS. Популярность этой системы объясняется тем, что она входит

в пакет программ Microsoft Office System, который используется во многих организациях, в том числе и на судоремонтных предприятиях. Поэтому наш выбор вполне оправдан. Кроме того, по ACCESS имеется достаточное количество информационных материалов: книг, программ, баз данных, сайтов в Интернете. Преимущество ACCESS заключается в минимизации затрат и времени на разработку инструкций пользователя.

На данном этапе программное обеспечение включает программы: «Дефектация» – для подготовки и формирования актов заводской дефектации; «Ведомость ремонта» – для создания ремонтных ведомостей.

Основным исходным материалом для определения состава ремонтных работ являются акты дефектации элементов судна: корпуса, механизмов, систем, устройств и т.д., в которых указываются дефекты и способы их устранения без технологических уточнений.

Разработанные электронные формы актов дефектации и приложений к ним (таблиц замеров остаточных толщин, деформаций и дефектов корпуса, контроля параметров деталей механизмов) [1] полностью соответствуют требованиям Российского Речного Регистра [3]. На основе анализа износов и повреждений деталей и сборочных единиц, а также технологических способов ремонта разработаны соответствующие базы данных, которые включают следующие таблицы: детали, дефекты и технологические способы ремонта. Кроме того, для ответственных, многофунк-

циональных деталей (например валы) возникла необходимость создания таблицы типовых поверхностей и участков, характеризующихся единством условий работы и изнашивания в сочетании с общими конструктивными признаками [2,4]. Между таблицами устанавливаются связи. Вид связи зависит от логических отношений записей в таблицах. Он может быть «один – к одному», или «один – ко – многим» (например: деталь – дефекты). Практически все задачи, требующие использования баз данных, можно решить именно с применением реляционной модели.

При введении оператором (технологом предприятия) сведений по дефектации ЭВМ автоматически их обобщает, каталогизирует и представляет в форме акта (рис. 1) и приложения в форме таблицы (рис. 2).

Для удобства работы с базами данных и формирования актов в программе «Дефектация» создана «Главная кнопочная форма», пример которой представлен на рис. 3.

Для выбора или добавления объектов базы данных используется группа «Ввод данных по дефектации», а для создания и просмотра актов – «Ввод и просмотр сведений по актам».

Ввиду индивидуальности судоремонтного производства, широкой номенклатуры деталей и узлов, различных эксплуатационных дефектов и повышенных требований безопасности судовой техники, ввод данных по дефектации производится в диалоговом режиме. Формирование самих актов дефектации, в том числе заклю-

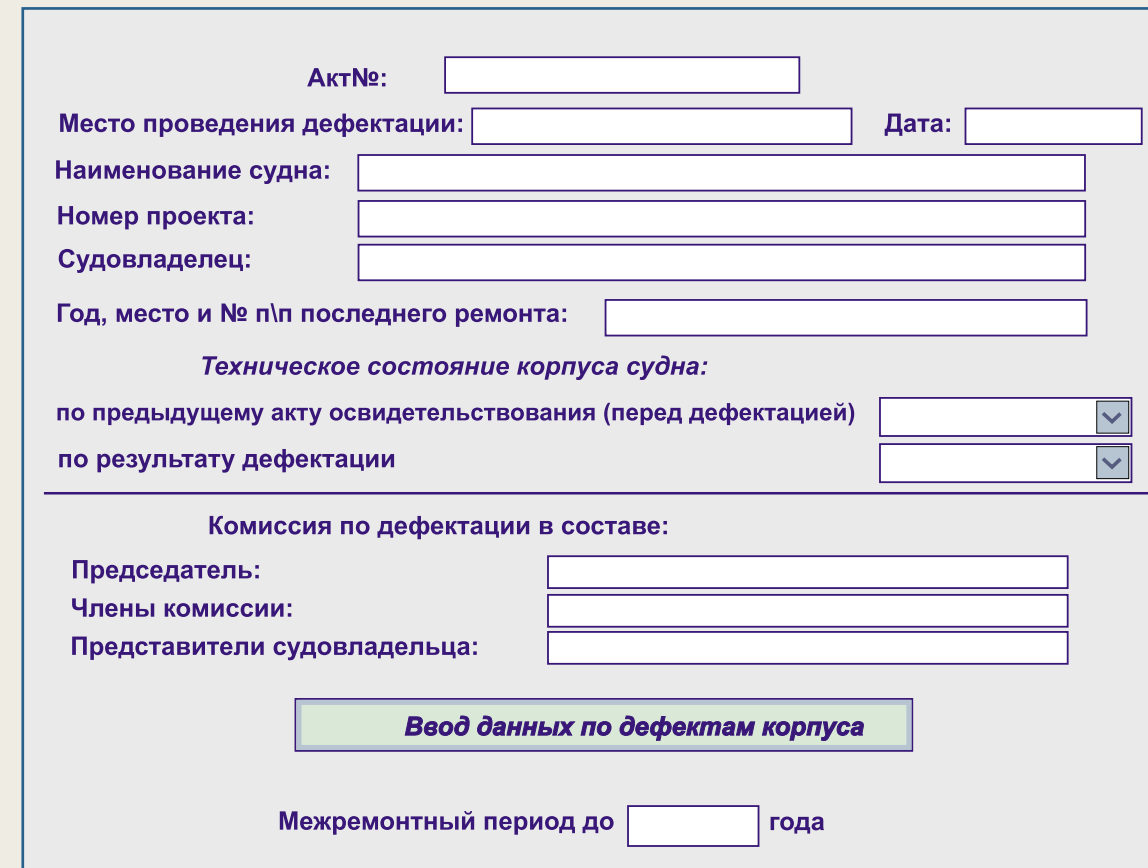


Рис. 1. Форма акта дефектации

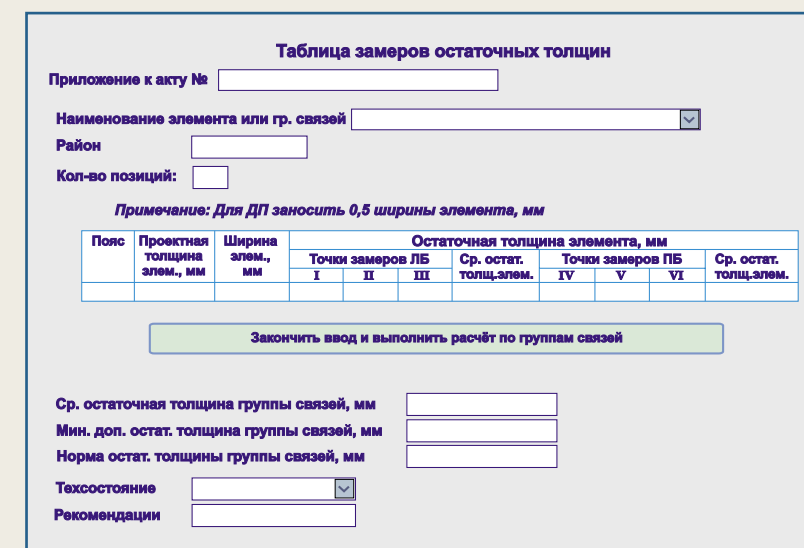


Рис. 2. Таблица замеров остаточных толщин корпуса судна

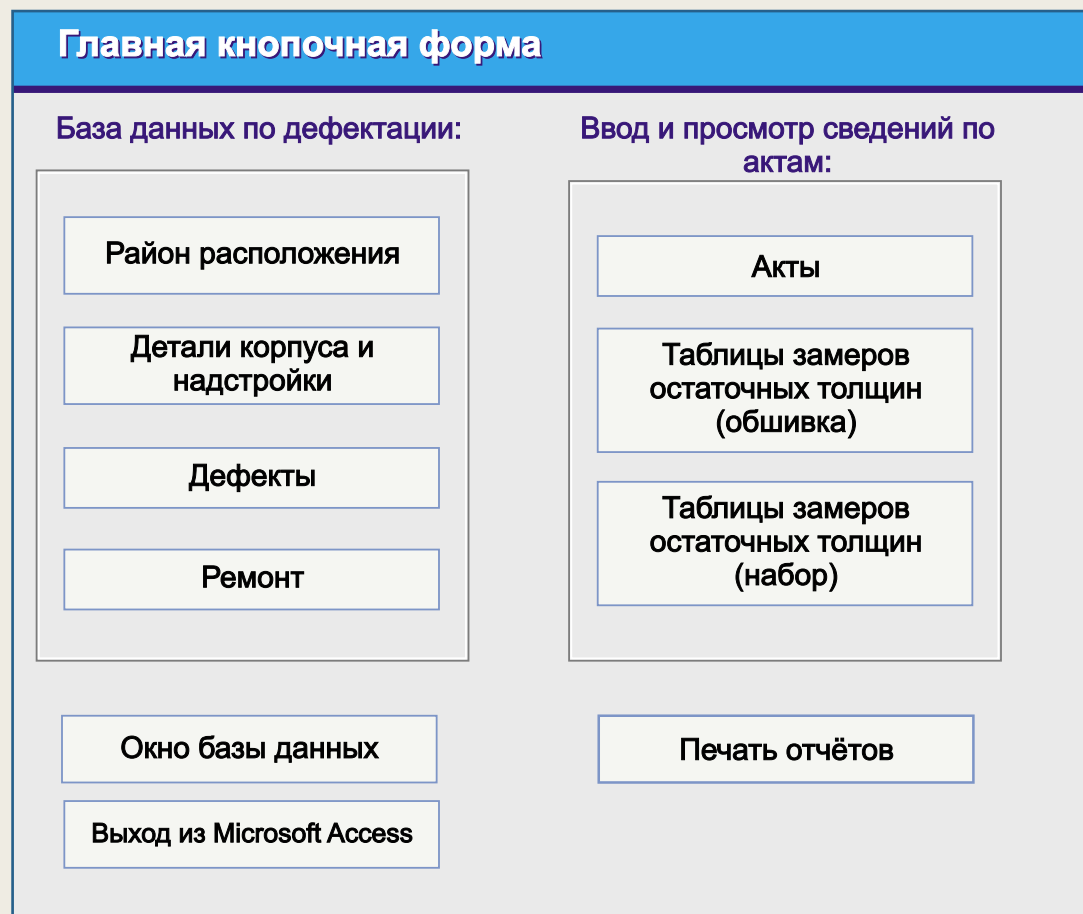


Рис. 3. Главная кнопочная форма в программе «Дефектация»

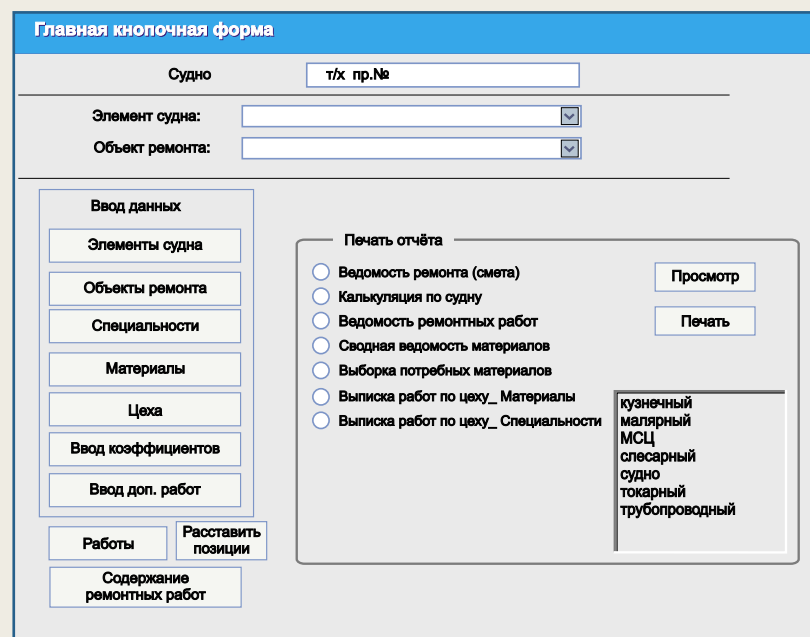


Рис. 4. Главная кнопочная форма в программе «Ведомость ремонта»

чений и приложений к ним (таблиц замеров остаточных толщин, деформаций и дефектов корпуса, контроля деталей валопровода) производится в автоматическом режиме.

В актах дефектации указываются дефекты и способы их устранения без технологических уточнений. Полная номенклатура ремонтных работ, материальных и трудовых затрат, а также отпускная стоимость определяются по ремонтным ведомостям. Для серийных судов выпускаются единые ремонтные ведомости (ЕРВ), которые имеют готовую калькуляцию на единицу измерения и расчетный объем работ. В программе «Ведомость ремонта» для сухогрузных судов создана унифицированная база данных по типовым технологическим процессам ремонта корпуса, валопроводов, движительно-рулевого комплекса и других механизмов. Данная база может быть использована при подготовке документации по ремонту конкретного судна на любом судоремонтном предприятии, в том числе при отсутствии ЕРВ. Кроме того, унифицированная база данных позволяет значительно ускорить процесс перевода ЕРВ, изданных типографским способом, с бумажного носителя в компьютерный вариант. В настоящее время на основе этой базы сформированы ведомости среднего ремонта судов типа «Волго-Дон» и «Шестая пятилетка». Представляется целесообразным создание унифицированных баз данных для других типов судов (пассажирских, наливных и пр.).

Для формирования ремонтной документации в программе «Ведомость ремонта» создана главная кнопочная форма, пример которой представлен на рис. 4.

Для выбора, добавления, изменения объектов базы данных используется группа «Сведения по специальностям, материалам и работам». Введение экономических коэффициентов по заработной плате, материалам, НДС позволяет производить автоматический расчет отпускной стоимости ремонтных работ для любого судоремонтного предприятия. Программа предусматривает просмотр и печать различных форм документации, используемых на конкретном ремонтном предприятии.

В программе «Ведомость ремонта» автоматически формируется следующая документация:

- ведомости ремонтных работ (плановые и исполнительные);
- калькуляции и сметы ремонтных работ;
- ведомости специальностей;
- ведомости расходных материалов и комплектующих изделий;
- расцеховки ремонтных работ, специальностей, материалов.

Базы данных обладают гибкостью, могут изменяться в соответствии с техническим состоянием элементов судов, технической оснащённостью судоремонтных предприятий, пополняться данными по существующим и новым проектам судов, а также по новым технологическим способам ремонта.

Следующий этап работ в этом направлении предполагает создание реляционной модели, объединяющей базы данных программ «Дефектация» и «Ведомость ремонта» в единый комплекс с целью получения предварительной оценки трудоемкости и стоимости ремонтных работ непосредственно по актам дефектации.

В плане создания автоматизированной подготовки ремонтной документации следует отметить, что судоремонтные предприятия в большинстве случаев работают с предельно упрощенными маршрутными технологиями. При этом технологические карты на ремонтные работы не разрабатываются (существуют лишь укрупненные технологические инструкции на отдельные виды ремонта), в цех поступают наряд-заказы или технические распоряжения, оформленные на основании ремонтной ведомости, или сами ведомости. Отсутствие карт на технологические процессы ремонта отрицательно влияет на качество ремонтных работ, которое в данном случае целиком зависит от опыта и умения мастера и рабочих. Вместе с тем со стороны руководителей судоремонтных предприятий есть понимание необходимости в разработке технологических карт и автоматизации этого процесса. Решить данную проблему можно, используя специализированные машиностроительные программы. [2]. Данная система проектирования технологических процессов реализована на основе ACCESS, что позволяет создать единый комплекс автоматизации технологической подготовки судоремонтного производства.

С этой целью кафедрой «Проектирования и технологии постройки судов» планируются совместные работы с Учебно-научно-производственным центром «Судоремонт» ФГОУ ВПО ВГАВТ по автоматизации проектирования технологических процессов ремонтного производства и разработки технологических карт на базе использования программы «T-FLEX/техно Про» и адаптации ее к судоремонтному производству на конкретном предприятии. Комплексная система автоматизации технологической подготовки судоремонтного производства имеет направление на интеграцию данной информационной технологии в систему общей информационной среды судоремонтных и судостроительных предприятий, поддерживающей все этапы жизненного цикла построенных судов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Зяблов О.К. К вопросу автоматизации технологической подготовки производства по ремонту судовых корпусов. / Научно-методическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и специалистов Волжской государственной академии водного транспорта, 2005, Нижний Новгород. – [материалы]: Юбилейный вып., Часть III. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ».
2. Кулик Ю.Г., Корнев А. Б., Гусляков Д. С., Фунтикова Е. В. Концепция автоматизации подготовки судоремонтного производства к ремонту деталей / Научно-методическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и специалистов Волжской государственной академии водного транспорта, 2005, Нижний Новгород. – [материалы]: Юбилейный вып., часть III. –Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ» с. 137 – 138.
3. Российский Речной Регистр. Правила. Т1.- М: По Волге, 2002. – 264 с.
4. Фунтикова Е. В. Принципы автоматизации технологической подготовки производства по ремонту ДРК / Научно-методическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и специалистов Волжской государственной академии водного транспорта, 2005, Нижний Новгород. – [материалы]: Юбилейный вып., часть III. –Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ». с. 149 – 151.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Новосибирская государственная академия водного транспорта (НГАВТ)

ТЕМА: Сопоставление традиционной схемы оптимизации сечения тавровых профилей с новой

АВТОР: П.А. БИМБЕРЕКОВ, кандидат технических наук

АННОТАЦИЯ: В статье предложена схема оптимизации сечений тавровых профилей, требующая по сравнению с традиционной меньшего числа приближений и являющаяся более физической

Традиционная методика оптимизации сечения таврового профиля [2]-[5] базируется на комплексе k_1 , который имеет достаточно большой диапазон реальных значений [4;6], что обуславливает неточность первого этапа оптимизации и необходимость ряда последующих приближений. Следует также сказать, что указанный комплекс вряд ли можно представить себе как конкретный физический параметр. При этом традиционная методика рассматривает проектирование только по оптимальному моменту сопротивления и не позволяет производить оптимизацию профиля по другим параметрам. В то же время Российский Речной Регистр (РРР) в ряде случаев нормирует кроме допустимого момента сопротивления сечения профиля, и допустимый момент инерции его сечения. Для расчета местных подкреплений также может быть актуальным проектирование по допускаемому предельному моменту сопротивления сечения профиля.

Методика автора [1] базируется на более физическом по своей сути отношении величин площадей полки и стенки профиля $k_1 = f_1/f$, которое достаточно точно определяется сразу. Это обусловлено тем, что при проектировании по заданному моменту сопротивления данная методика дает результат с погрешностью, как правило, близкой к 1% (если подпор высоты стенки и ширины полки профиля ведется с точностью до одного миллиметра), т.е. конечный результат зачастую может быть получен уже в первом приближении. Этот момент особенно важен при аналитическом описании проектируемого эквивалентного бруса корпуса судна с учетом обеспечения местной прочности, т.к. делает более точный такой расчет. Кроме того, предлагаемая методика, кроме оптимизации по моменту сопротивления сечения, предусматривает и расчет по некоторым другим возможным допускаемым параметрам. В [1] показано, что параметры профиля, удовлетворяющие требованиям технологичности и устойчивости, могут быть получены только при оптимизации сечения профиля по моменту сопротивления. Поэтому в [1] зависимости, полученные при оптимизации сечения профиля по моменту сопротивления, были приведены к зависимостям по другим возможным нормируемым параметрам, в частности по моменту инерции сечения профиля. В настоящей статье будут сопоставлены схемы расчета по традиционной и предложенной автором методике по заданному моменту сопротивления, а также приведен расчет по моменту инерции профиля.

Полагаем, что на основании требований Регистра определены значения момента инерции I и сопротивления W сечения профиля. Положим (в качестве оценочного варианта), что требуемые параметры профиля имеют значения

$W = 147 \text{ см}^3$ и $I = 2775 \text{ см}^4$ и что по условиям эксплуатации допустимо максимальное значение отношения $m = h/t = 60$ (где h и t – соответственно высота и толщина стенки тавровой балки). Примем также, что изменение высоты стенки и ширины полки профиля из технологических соображений допустимо с шагом 5 мм, а толщина элементов может варьироваться с шагом 1 мм.

Произведем расчет по традиционной и предлагаемым схемам оптимизации сечения таврового профиля в таблицах 1...3. При этом в качестве нулевого приближения примем расчет по определяемым данными схемами величинам геометрических параметров профиля (линейным размерам). Данное приближение покажет точность каждой схемы без вмешательства оператора.

Сопоставление погрешности схем расчета на этапе нулевого приближения (таблицы 1...3) показывает, что традиционная схема (расчет только по заданному значению W) дала погрешность 11,8%, а предлагаемые схемы соответственно по значениям момента сопротивления W и момента инерции I дали погрешность 0,78 и 0,57%. То есть можно говорить, что предлагаемые схемы оптимизации на нулевом этапе могут существенно превосходить по точности традиционную схему.

Далее рассмотрим этап I-го приближения оптимизации сечения таврового профиля по указанным схемам (отметим, что принимаемая толщина стержня профиля в 4 мм хотя и лежит несколько ниже рекомендуемой границы, однако с учетом правила выбора размеров толщин в РРР допустимо приближение $4,2 \approx 4$ мм). Сопоставление погрешности полученных (избыточных) значений задаваемого параметра схем расчета на этапе I-го приближения оптимизации (таблицы 1...3) показывает, что традиционная схема (расчет только по заданному значению W) дала погрешность 9,3%, а предлагаемые схемы соответственно по значениям момента сопротивления W и момента инерции I дали погрешность 4,6 и 2,8% (все погрешности в безопасную сторону). В целом погрешность соответствия задаваемому параметру и уровень совершенства профиля у предлагаемых схем оптимизации вполне приемлемые. Оптимизацию же по традиционной схеме следует еще продолжить. Данные значения погрешностей также говорят о возможности существенно большей точности при I-м приближении предлагаемых схем оптимизации по сравнению с традиционной.

Перейдем к этапу II-го приближения оптимизации (несмотря на удовлетворительный результат I-го приближения у предлагаемых схем оптимизации также продолжим по ним варьирование).

Традиционная схема определения размеров сечения таврового профиля (по заданному W)

Таблица 1

| | Наименование, обозначения, расчетные формулы | Номер приближения | | | | |
|-----------------------------|---|---|--------|--------|---------|---|
| | | 0 | I | II | III | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Присоединенный пояс | Момент сопротивления W , см^3 | 147 | ← | ← | ← | |
| | Толщина t_2 , см | 0,6 | ← | ← | ← | |
| | Ширина b_2 , см | 43,5 | ← | ← | ← | |
| | Площадь f_2 , см^2 | 26,1 | ← | ← | ← | |
| | Предел текучести материала σ_T , МПа | 235 | ← | ← | ← | |
| | Модуль упругости материала E , МПа | $2 \cdot 10^5$ | ← | ← | ← | |
| | $[m]_3 = (h/t)_{\max}$ | 60 | ← | ← | ← | |
| Коэффициенты | $m = [m]_3 \sqrt{(235/\sigma_T)(E/E_3)}$ | 60 | ← | ← | ← | |
| | $k_1 = [4; 6]$ | 5 | ← | ← | ← | |
| | $h = \sqrt[3]{(0,5Wm)k_1/(k_1-1)}$, см | 17,66 | ← | ← | ← | |
| Стенка | Высота | принято h , см | 17,66 | 18 | ← | ← |
| | | $t = h/m$, мм | 0,294 | 0,3 | ← | ← |
| | Толщина | $t_{\min} = 0,7t_2$, см | 0,42 | 0,42 | ← | ← |
| | | $t_{\max} = 1,4t_2$, см | 0,84 | 0,84 | ← | ← |
| | | принято t , см | 0,294 | 0,4 | ← | ← |
| | Высота | $h = \sqrt{(W/t)k_1/(k_1-1)}$, см | 25,0 | 21,4 | ← | ← |
| принято h , см | | 25,0 | 21,5 | ← | 22,0 | |
| Площадь | $f = ht$, см^2 | 7,36 | 8,6 | ← | 8,8 | |
| Площадь | $f_1 = W/h - f/k_1$, см^2 | 4,41 | 5,12 | ← | - | |
| Коэффициент | $m_1 = 25 \sqrt{(235/\sigma_T)(E/E_3)}$ | 25 | 25 | ← | - | |
| | $t_1 = \sqrt{f_1/m_1}$, см | 0,420 | 4,52 | ← | - | |
| | $t_{\min} = t$, см | 0,294 | 0,4 | ← | - | |
| Полка | Толщина | $t_{\max} = 1,75t$, см | 0,515 | 0,7 | ← | - |
| | | Принято t_1 , см | 0,420 | 0,5 | ← | ← |
| | Ширина | $b_1 = f_1/t_1$, см | 10,5 | 10,2 | ← | - |
| Принято b_1 , см | | 10,5 | 10,0 | 8,5 | 8,5 | |
| Площадь | $f_1 = b_1 t_1$, см^2 | 4,41 | 5,04 | 4,25 | 4,25 | |
| | Фактический момент сопротивления W_ϕ , см^3 | 164,4 | 160,6 | 145,2 | 149,7 | |
| Разница W и W_ϕ | $\Delta W = W - W_\phi$, см^3 | -17,43 | -13,65 | 1,8 | -2,71 | |
| Погрешность | $100(W - W_\phi)/W$, % | -11,86 | -9,28 | 1,24 | -1,84 | |
| Фактический k_1 | $k_1 = 6(2f_2 + f)/(4f_2 - 2f_1 + f)$ | 3,471 | 3,542 | 3,491 | 3,496 | |
| | $2W/(F_r h)$ | 1,118 | 1,099 | 1,051 | 1,043 | |
| Оценка качества | $W^{2/3}/(F_r + f_2)$ | 0,7925 | 0,744 | 0,709 | 0,720 | |
| | $\Delta f_1/\Delta f = 2W/(fh) - f_1/f$ | 1,188 | 1,156 | 1,076 | 1,064 | |
| Корректировка | $\Delta h = \Delta W k_1 / (f_1 k_1 + 2f)$, см | -2,015 | -1,49 | 0,198 | -0,291 | |
| | $\Delta f_1 \approx 1,15 \Delta W / h$, см^2 | -0,8018 | -0,791 | 0,0974 | -0,141 | |
| | $\Delta b_1 = 1,15 \Delta W / (h t_1)$, см | -1,909 | -1,88 | 0,195 | -0,283 | |
| | $\Delta t_1 = 1,15 \Delta W / (h b_1)$, см | -0,0764 | -0,073 | 0,0115 | -0,0166 | |

Примечание. F_r – площадь изолированного таврового профиля.

Предлагаемая схема определения размеров сечения таврового профиля по заданному W

Таблица 2

| Наименование, обозначения, расчетные формулы | | Номер приближения | | | | | | |
|---|--|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| | | 0 | I | II | III | IV | V | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Присоединенный пояс | Момент сопротивления W , см ³ | 147 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| | Толщина t_2 , мм | 6 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| | Ширина b_2 , мм | 435 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| | Площадь f_2 , см ² | 26,1 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| Предел текучести материала σ_T , МПа | | 235 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| Модуль упругости материала, E , МПа | | $2 \cdot 10^5$ | ← | ← | ← | ← | ← | |
| $[m]_3 = (h/t)_{\max}$ | | 60 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| Коэффициенты | $m = [m]_3 \sqrt{(235/\sigma_T)(E/E_3)}$ | 60 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| | $k_{II} = 0,61 [W^2 / (f_2^3 m)]^{0,11}$ | 0,397 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| | $t = \sqrt[3]{2W / [(1+k_{II})m^2]}$, см | 0,39 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| Стенка | Толщина | | | | | | | |
| | $t_{\min} = 0,7t_2$, см | 4,2 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| | $t_{\max} = 1,4t_2$, см | 0,84 | ← | ← | ← | ← | ← | |
| | принято t , см | 0,39 | 0,4 | ← | ← | ← | 0,5 | |
| Высота | $h = \sqrt{2W / [(1+k_{II})t]}$, см | 23,00 | 22,71 | ← | ← | ← | 20,24 | |
| | принято h , см | 23,0 | 23,0 | ← | ← | ← | 20,0 | |
| Площадь | $f = ht$, см ² | 8,97 | 9,2 | ← | ← | ← | 10,0 | |
| Площадь | $f_1 = k_{II} f$, см ² | 3,81 | 3,65 | ← | ← | ← | 3,97 | |
| Коэффициент | $m_1 = 25 \sqrt{(235/\sigma_T)(E/E_3)}$ | 25 | 25 | ← | ← | ← | 25 | |
| | $t_1 = \sqrt{f_1 / m_1}$, см | 0,39 | 0,40 | ← | ← | ← | 0,42 | |
| Полка | Толщина | | | | | | | |
| | $t_{1\min} = t$, см | 0,39 | 0,40 | ← | ← | ← | 0,5 | |
| | $t_{1\max} = 1,75t$, см | 0,68 | 0,70 | ← | ← | ← | 0,88 | |
| | Принято t_1 , см | 0,39 | 0,4 | ← | 0,5 | ← | 0,5 | |
| Ширина | $b_1 = f_1 / t_1$, см | 9,76 | 9,79 | ← | 7,83 | ← | 8,72 | |
| | Принято b_1 , см | 9,76 | 10,0 | 9,5 | 8,0 | 7,50 | 9,0 | |
| Площадь | $f_1 = b_1 t_1$, см ² | 3,81 | 4,0 | 3,8 | 4,0 | 3,75 | 4,5 | |
| Фактический момент сопротивления W_ϕ , см ³ | | 148,2 | 153,8 | 149,4 | 153,4 | 147,9 | 147,3 | |
| Разница W и W_ϕ , см ³ | | $\Delta W = W - W_\phi$ | -1,15 | -6,8 | -2,4 | -6,4 | -0,91 | -0,3 |
| Погрешность $100(W - W_\phi) / W$, % | | | -0,78 | -4,63 | -1,63 | -4,36 | -0,62 | -0,19 |
| $2W / (F_r h)$ | | 1,008 | 1,013 | 0,999 | 1,011 | 0,993 | 1,016 | |
| Оценка качества | $W^{2/3} / (F_r + f_2)$ | 0,720 | 0,730 | 0,720 | 0,729 | 0,716 | 0,687 | |
| | $\Delta f_1 / \Delta f = 2W / (fh) - f_1 / f$ | 1,012 | 1,019 | 0,999 | 1,015 | 0,990 | 1,022 | |
| $\Delta h = \Delta W / f$, см | | -0,128 | -0,739 | -0,261 | -0,627 | -0,099 | -0,028 | |
| Корректировка | $\Delta f_1 \approx 1,15 \Delta W / h$, см ² | -0,058 | -0,034 | -0,120 | -0,305 | -0,046 | -0,016 | |
| | $\Delta b_1 = 1,15 \Delta W / (h t_1)$, см | -0,148 | -0,850 | -0,300 | -0,614 | -0,091 | -0,032 | |
| | $\Delta t_1 = 1,15 \Delta W / (h b_1)$, см | -0,0059 | -0,0340 | -0,0126 | -0,0384 | -0,0061 | -0,0018 | |

Предлагаемая схема определения размеров сечения таврового профиля по заданному W

Таблица 3

| Наименование, обозначения, расчетные формулы | | Номер приближения | | | | |
|---|---|-------------------------|---------|--------|--------|-------|
| | | 0 | I | II | III | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Присоединенный пояс | Момент инерции I , см ³ | 2775 | ← | ← | ← | |
| | Толщина t_2 , см | 0,6 | ← | ← | ← | |
| | Ширина b_2 , см | 43,5 | ← | ← | ← | |
| | Площадь f_2 , см ² | 26,1 | ← | ← | ← | |
| Предел текучести материала σ_T , МПа | | 235 | ← | ← | ← | |
| Модуль упругости материала, E , МПа | | $2 \cdot 10^5$ | ← | ← | ← | |
| $[m]_3 = (h/t)_{\max}$ | | 60 | ← | ← | ← | |
| Коэффициенты | $m = [m]_3 \sqrt{(235/\sigma_T)(E/E_3)}$ | 60 | ← | ← | ← | |
| | $k_{II} = 0,68 [I / (f_2^3 m)]^{0,2}$ | 0,397 | ← | ← | ← | |
| | $t = \sqrt[4]{6Ik_{II} / [(1+k_{II})m^3]}$, см | 0,385 | ← | ← | ← | |
| Стенка | Толщина | | | | | |
| | $t_{\min} = 0,7t_2$, см | 0,42 | ← | ← | ← | |
| | $t_{\max} = 1,4t_2$, см | 0,84 | ← | ← | ← | |
| | принято t , см | 0,385 | 0,4 | ← | ← | |
| Высота | $h = \sqrt[3]{6Ik_{II} / [(1+k_{II})t]}$, см | 23,08 | 22,79 | ← | ← | |
| | принято h , см | 23,08 | 23,0 | ← | ← | |
| Площадь | $f = ht$, см ² | 8,88 | 9,20 | ← | ← | |
| Площадь | $f_1 = k_{II} f$, см ² | 3,76 | 3,91 | ← | ← | |
| Коэффициент | $m_1 = 25 \sqrt{(235/\sigma_T)(E/E_3)}$ | 25 | 25 | ← | ← | |
| | $t_1 = \sqrt{f_1 / m_1}$, см | 0,388 | 0,395 | ← | ← | |
| Полка | Толщина | | | | | |
| | $t_{1\min} = t$, см | 0,385 | 0,40 | ← | ← | |
| | $t_{1\max} = 1,75t$, см | 0,539 | 0,56 | ← | ← | |
| | Принято t_1 , см | 0,388 | 0,4 | ← | 0,5 | |
| Ширина | $b_1 = f_1 / t_1$, см | 9,68 | 9,8 | ← | 7,82 | |
| | Принято b_1 , см | 9,68 | 10,0 | 9,5 | 8,0 | |
| Площадь | $f_1 = b_1 t_1$, см ² | 3,756 | 4,0 | 3,8 | 4,0 | |
| Фактический момент инерции I_ϕ , см ³ | | 2759 | 2852 | 2785 | 2860 | |
| Разница W и W_ϕ , см ³ | | $\Delta I = I - I_\phi$ | 16,0 | -77,4 | -9,72 | -84,8 |
| Погрешность $100(I - I_\phi) / I$, % | | | 0,568 | -2,79 | -0,350 | -3,05 |
| $2W / (F_r h)$ | | 1,002 | 1,007 | 0,994 | 1,008 | |
| Оценка качества | $W^{2/3} / (F_r + f_2)$ | 0,719 | 0,730 | 0,720 | 0,729 | |
| | $\Delta f_1 / \Delta f = 2W / (fh) - f_1 / f$ | 1,003 | 1,011 | 0,994 | 1,011 | |
| $D = 1 / (3k_{II}^2)$ | | 1,86 | 1,76 | 1,95 | 1,76 | |
| $A = f_1 h D + I / h$ | | 281 | 286 | 292 | 287 | |
| $B = f_1 D$ | | 7,01 | 7,05 | 7,42 | 7,05 | |
| Корректировка | $\Delta h = \frac{-A}{2B} + \sqrt{(0,5 A/B)^2 + \Delta I / B}$, см | 0,056 | -0,272 | -0,033 | -0,298 | |
| | $\Delta f_1 \approx 3,45 k_{II} \Delta I / h^2$, см ² | 0,0431 | -0,219 | -0,026 | -0,240 | |
| | $\Delta b_1 \approx 3,45 k_{II} \Delta I / (h^2 t_1)$, см | 0,111 | -0,549 | -0,065 | -0,480 | |
| | $\Delta t_1 \approx 3,45 k_{II} \Delta I / (h^2 b_1)$, см | 0,0045 | -0,0219 | -0,003 | -0,030 | |

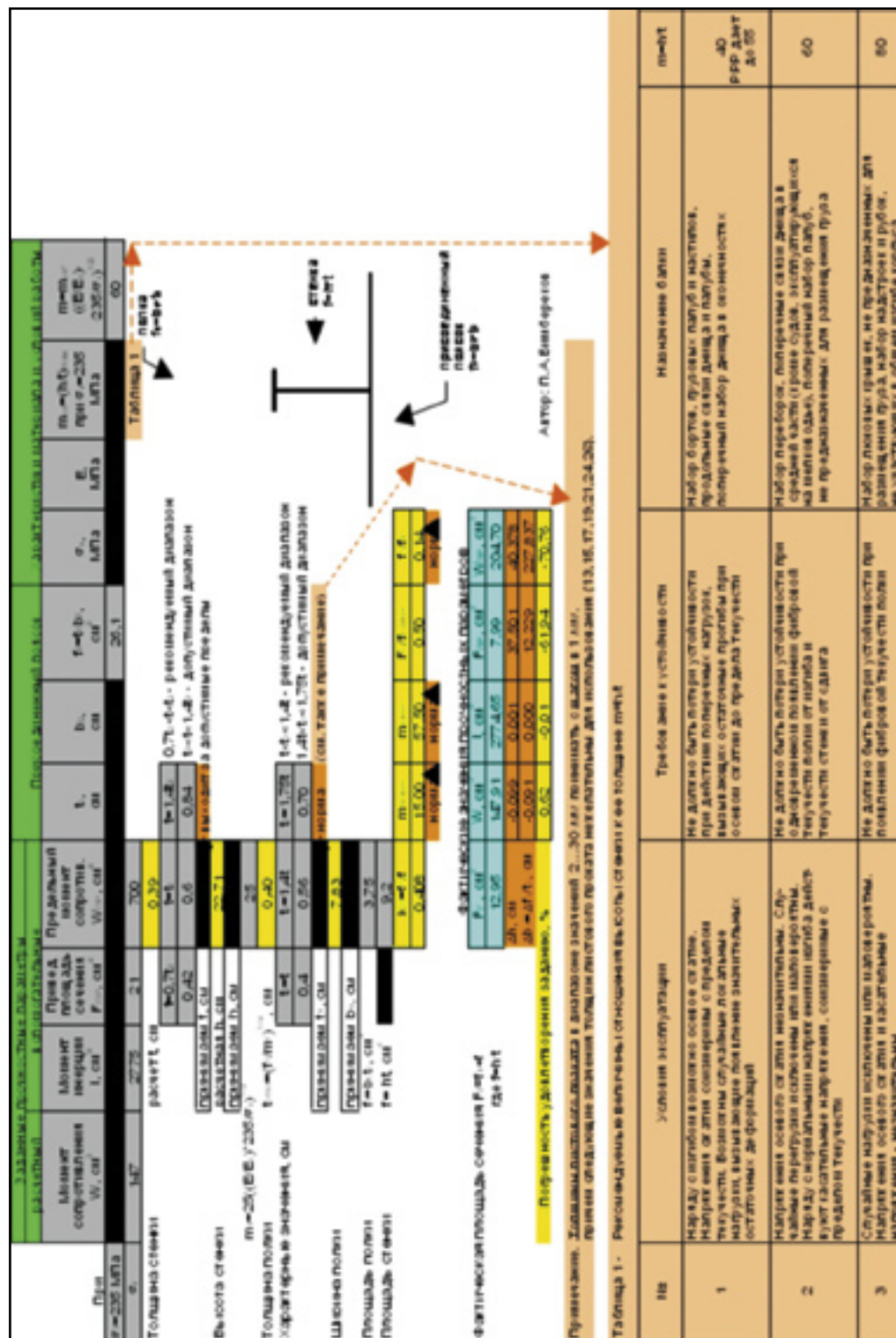


Рис. Пример программы оптимизации сечения профиля по заданному (эквивалентному) моменту сопротивления и согласованием с другими заданными параметрами

Для рассмотрения данного этапа необходимо произвести оценку качества распределения материала у полученного профиля в I-м приближении оптимизации. Наиболее удачным для оценки представляется критерий $\Delta f_1/\Delta f$ (предложен главным специалистом по судовым расчетам Новосибирского центра судового проектирования Гвоздевым В.Г., см. в этой связи [1, С.21]). Оптимальным считается профиль, спроектированный при удовлетворении требуемому значению нормативного параметра и $\Delta f_1/\Delta f = 1$. Очевидно, что при значении $\Delta f_1/\Delta f > 1$ для получения оптимальных пропорций профиля требуется или уменьшать его полку, или увеличивать его стенку, а в случае $\Delta f_1/\Delta f < 1$ наоборот.

Во всех рассмотренных системах оптимизации получены профили с избыточным значением по заданному параметру, и у всех по критерию В.Г. Гвоздева следует уменьшать полку. Ориентируясь на оценки значения корректировки полки (данные оценки, как правило, менее точны в любой схеме по сравнению с оценками корректировки высоты стенки), введем изменения в ширину полки. В результате получим оптимизацию профиля во II-м приближении.

Анализ результатов II-го приближения показывает, что в случае традиционной схемы оптимизации получено значение момента сопротивления сечения профиля менее заданного. В случае предлагаемых схем имеет место избыточность заданного параметра на 1,6 и 0,35% соответственно для случая проектирования по заданному моменту сопротивления W и моменту инерции I. С точки зрения получения оптимального профиля по предлагаемым схемам проектирования можно сделать следующие заключения: по заданному моменту инерции I процедуру можно считать законченной во II-м приближении; по заданному моменту сопротивления W результат вполне удовлетворительный.

В случае традиционной схемы оптимизации в следующем приближении требуется достигнуть заданного значения W, при этом, ориентируясь на критерий В.Г. Гвоздева, следует попытаться увеличить высоту стенки профиля. По предлагаемым же схемам оптимизации по W и I рассмотрим варианты с увеличенным значением толщины полки профиля.

Традиционная схема оптимизации в III-м приближении дала удовлетворительный результат. Предлагаемые схемы оптимизации по обоим заданным параметрам дали приемлемый результат. Уточнение значения III-го приближения по предлагаемой схеме оптимизации по W представлено в таблице 2 (IV приближение), привело к хорошему результату. Далее в таблице 2 – в V приближении представлен вариант оптимизации с увеличенной толщиной стенки профиля, он сразу дал хороший результат.

Раздельное проектирование по предлагаемым схемам при задании нескольких параметров, в частности моментов инерции и сопротивления сечения, не гарантирует одновременное их удовлетворение. Чтобы не вести оптимизацию дважды, желательно определиться с более жестким из задаваемых параметров. Для этого предлагается пересчет одних параметров в эквивалентные им, по которым и будет производиться далее оптимизация. Поскольку основным вариантом, обеспечивающим соблюдение все требования технологичности и устойчивости, является оптимизация по заданному моменту сопротивления, то целесообразен перевод других заданных параметров к эквивалентному моменту сопротивления.

Для эквивалентного момента сопротивления $W_{Э1}$ при заданной величине момента инерции I предложим следующие равенства:

$$W_{Э1} = 3k_n \frac{I}{h} = 3k_n \sqrt[4]{\frac{1+k_n}{6k_n m} I^3} = \sqrt[4]{13,5 \frac{k_n^3(1+k_n)}{m} I^3} = 1,92 I^{3/4} \sqrt[4]{\frac{k_n^3(1+k_n)}{m}} \quad (1)$$

где k_n – определяется согласно выражению таблицы 3.

Возьмем в расчет принятое ранее значение момента инерции $I=2775 \text{ см}^4$, для него имеем рассчитанное по выражению (1) значение $W_{Э1}=143,2 \text{ см}^3$.

Сопоставляя полученное $W_{Э1}$ с заданным значением ($W=147 \text{ см}^3$), приходим к выводу о целесообразности производства оптимизации сечения профиля именно по заданному W.

Оптимизация произведена в предлагаемой автором программе (рис.). Из рис. видно, что в данном случае оптимизации (соответствует IV-му приближению табл. 2) сразу получен хороший результат по двум нормируемым параметрам. В случае V-го приближения согласно табл. 2 хорошо удовлетворяется соответствие только заданному моменту сопротивления, но требуется корректировка до соответствия заданному моменту инерции. Поскольку критерий В.Г.Гвоздева в данном случае дал значение более единицы, то требуется произвести увеличение стенки. Скорректированный вариант дал высоту стенки 21,5 см. В этом случае удовлетворено требование к обоим заданным параметрам, однако по моменту сопротивления получен запас в 10,5%, и профиль значительно утяжелен ($F_T=15,25 \text{ см}^2$) по сравнению с вариантом рис. ($F_T=12,95 \text{ см}^2$).

ВЫВОДЫ:

1. Предлагаемая схема оптимизации поперечного сечения таврового профиля по заданному моменту сопротивления дает удовлетворительный результат более быстро, чем традиционная.
2. Предложенная схема оптимизации по заданному моменту инерции поперечного сечения профиля (отсутствующая в традиционной системе оптимизации) работает удовлетворительно.
3. Полученные выражения для перевода одних заданных параметров в эквивалентные (исходя из посылки получения оптимального профиля по моменту сопротивления его поперечного сечения) позволяют производить совместное проектирование по наиболее «жесткому» из заданных параметров.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Бимбереков П.А. Анализ и оптимизация размеров профилей и эквивалентного бруса корпуса судна [Текст] / П.А.Бимбереков. – Новосибирск: НГАВТ, 2004. – 272 с.
2. Папкович П.Ф. Труды по строительной механике корабля, в 4-х томах. Т.1. Изгиб балок и прямолинейных рам [Текст] / П.Ф.Папкович – Л.: Судпромгиз, 1962. – 576 с.
3. Прочность судов внутреннего плавания. Справочник [Текст] / В.В. Давыдов и др. – М.: Речной транспорт, 1978. – 529 с.
4. Сиверцев И.Н. Расчет и проектирование судовых конструкций [Текст] / И.Н. Сиверцев – М.: Транспорт, 1968. – 336 с.
5. Свечников О.И. Расчет и проектирование конструкций судов внутреннего плавания [Текст] / О.И.Свечников, И.И.Трянин – СПб: Судостроение, 1994. – 376 с.

Внимание!!! Подписка - 2009!!!

Уважаемые читатели!

Предлагаем вам оформить подписку на журнал «Речной транспорт (XXI век)» на 2009 год.

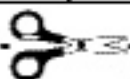
Информацию для юридических лиц вы найдете на стр. 1,
для физических лиц – ниже приведена подписная квитанция.

Этот способ оптимален для тех, кто по различным причинам не может подписаться
по более дешевому варианту – в отделении Почты России по каталогу «Роспечать» –
индекс 70787 (подробнее на стр. 1).

Для физических лиц



| | | | |
|---|--|------------|---|
| Извещение | ООО «Журнал «РТ» <small>(наименование получателя платежа)</small> | | <small>Форма № ПД-4</small> |
| | 7725217780 \772501001 <small>(ИНН/КПП получателя платежа)</small> | | 40702810740240878601 <small>(номер счета получателя платежа)</small> |
| Кассир | в ОАО «Промсвязьбанк» г.Москва <small>(наименование банка получателя платежа)</small> | | БИК 044583119 |
| | Номер кор./сч. банка получ. Плат. Получка журнала «Речной транспорт (XXI век)» (№ 1-6) на 2009 год <small>(наименование платежа)</small> | | 30101810600000000119 <small>(код валютной единицы)</small> |
| | Ф. И. О. плательщика _____ | | |
| | Адрес плательщика, доставки журналов _____ <small>ИННЕС ОБЯЗАТЕЛЬНО!</small> | | |
| | Сумма платежа 1188-00 | | Сумма платы за услуги _____ |
| | Итого _____ | | Дата _____ |
| С условиями доставки (на сайте www.rivtrans.com и в журнале) и с указанной в платежном документе суммой, в т. ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен Подпись плательщика _____ | | | |
| Квитанция | ООО «Журнал «РТ» <small>(наименование получателя платежа)</small> | | |
| Кассир | 7725217780 \772501001 <small>(ИНН/КПП получателя платежа)</small> | | 40702810740240878601 <small>(номер счета получателя платежа)</small> |
| | в ОАО «Промсвязьбанк» г.Москва <small>(наименование банка получателя платежа)</small> | | БИК 044583119 |
| | Номер кор./сч. банка получ. Плат. Получка журнала «Речной транспорт (XXI век)» (№ 1-6) на 2009 год <small>(наименование платежа)</small> | | 30101810600000000119 <small>(код валютной единицы)</small> |
| | Ф. И. О. плательщика _____ | | |
| | Адрес плательщика, доставки журналов _____ <small>ИННЕС ОБЯЗАТЕЛЬНО!</small> | | |
| | Сумма платежа 1188-00 | | Сумма платы за услуги _____ |
| Итого _____ | | Дата _____ | |
| С условиями доставки (на сайте www.rivtrans.com и в журнале) и с указанной в платежном документе суммой, в т. ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен Подпись плательщика _____ | | | |



Для физических лиц

**Чтобы быть в курсе наиболее значимых событий
отрасли водного транспорта ...**

... Просто:

1. Заполните квитанцию ...

... 2. Вырежьте ее ...

... 3. Оплатите ...

