ISSN 0205-406X

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА
ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И КОММЕРЧЕСКОЙ РЕКЛАМЫ
В/О «МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА»

МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ

СЕРИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК»

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

МОСКВА 1986 ВЫПУСК 6(148)

Издание основано в 1972 году Выходит 10 раз в год

УДК 656.614.3.073.437:669-41

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ ЧУГУНА В ЧУШКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСКОЛЬЗЯЩИХ ПОКРЫТИЙ ВЗАМЕН КЛЕТКОВАНИЯ

Неоднократные случаи смещения чугуна в чушках при морской перевозке, в частности на судах "Бирюса", "Хирург Вишневский", "Кабона", и исследования, выполнявшиеся в ЦНИИМФе в 1974-1975 гг., привели к разработке технических условий морской перевозки чугуна, предписывавших устройство прочных деревянных клеток на металлическом настиле грузовых помещений судов.

Дефицит пиломатериалов и большая трудоемкость клеткования вызвали необходимость разработки новых, более экономичных и эффективных способов обеспечения несмещаемости чугуна. Черноморское морское пароходство (ЧМП) и ЦНИИ морского флота (г. Ленинград) заключили Договор о творческом содружестве в проведении исследований с целью разработки технологии перевозки чугуна с применением новых экономичных видов нескользящих покрытий взамен деревянного клеткования. Исследования проводили в лабораторных условиях в ЦНИИМФе и на судах ЧМП в экспериментальных рейсах.

Чугун литейный (передельный) коксовый предъявляется к перевозке в виде чушек, имеющих в поперечном сечении полуовальную или трапецеидальную форму с одним или двумя пережимами. Максимальные габаритные размеры чушек: 0,60х0,25х0,08 м, масса 55 кг. Чугун в чушках относится к крупнокусковым навалочным грузам и характеризуется углом естественного откоса 48° и удельным погрузочным объемом (УПО) 0,23-0,31 $м^3/т$ [1].

Индекс 60825
© В/О «МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА», 1986

В грузовом помещении судна смещение груза зависит от многих факторов: свойств чушек как отдельных грузовых мест; порядка, в котором они взаимодействуют друг с другом; от их размеров и условий размещения (с опорой на судовые конструкции или без) и т.д. Отдельная чушка по своим прочностным и габаритным характеристикам может быть принята как "абсолютно твердое тело" удлиненной формы, наружная поверхность которого имеет литейные наплывы, раковины и заусенцы.

Рассмотрим порядок, в котором взаимодействуют чушки в штабеле. Нижний слой чушек в основном имеет плоский контакт с поверхностью основания. Чушки последующих слоев, попадая на уже слегка всхломленную поверхность, получают различную ориентацию в вертикальной плоскости: от горизонтальной до вертикальной. Появление в массе груза чушек с большим углом наклона к основанию создает вертикальные связи, формирующие жесткую пространственную структуру штабеля. По мере роста высоты штабеля увеличивается среднее значение угла наклона отдельной чушки к горизонтальному основанию. Это среднее значение, в силу действия закона минимума потенциальной энергии, т.е. стремления каждой отдельной чушки занять при формировании штабеля возможно более низкое положение, асимптотически стремится к углу внутреннего трения.

Для характеристики склонности навалочного груза к смещению в настоящее время используют один из следующих показателей: угол естественного откоса, угол предельного равновесия, предельное сопротивление сдвигу (закон Кулона-Мора), выраженное формулой:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c,$$

где τ – предельное сопротивление сдвигу; σ – нормальное напряжение; φ – угол внутреннего трения; c – удельное сопротивление сцепления.

Предложенный в новой редакции Кодекса ИМО по безопасной практике перевозки незерновых навалочных грузов (Резолюция А.434(XI) от 15 сентября 1979 г.) новый метод определения угла естественного откоса с помощью наклоняемого ящика (tilting box) неприменим для данного груза из-за несоответствия линейных размеров чушек чугуна и испытательного ящика.

В 1975 г. ЦНИИМФ выполнил исследования [1] по определению углов подвижки отдельных чушек по поверхности стали и по некоторым другим видам покрытий (алебастр, битум, эпоксидная смола и нажлач-

ное полотно) с крупнозернистой песчаной посыпкой. Величина угла подвижки составила от 8 по стали до 44° по наждачному полотну. На основании этих исследований было подтверждено значение 0,23 коэффициента трения пары "сталь – чугунные чушки", что соответствует углу наклона основания в момент начала смещения 13°, и показана эффективность применения фрикционных покрытий для предотвращения смещения чугуна.

Для проведения лабораторных исследований смещения чугунных чушек в качестве модели груза были приняты прямые отрезки длиной 16-18 мм круглой гладкой стальной проволоки диаметром 2 мм, общей массой 23 кг. Исследования проводили на маятниковом стенде с регулируемым центром вращения размерами грузового отсека 0,575х0,30х х0,34 м. Для имитации твиндека в отсеке установили стальную платформу на высоте 0,2 м от нижнего дека.

При выборе модели груза были соблюдены следующие условия:

а) сохранено масштабное соотношение между шириной реального судна и длиной отдельной чушки;

б) выдержано примерное равенство удельных погрузочных объемов исследуемого груза и его модели (чугун в чушках – 0,31 м^3/т, отрезки стальной проволоки – 0,33 м^3/т);

в) примерное равенство коэффициентов трения чугуна и стали по основным видам покрытий;

г) исключено влияние зацепления: отрезки проволоки приняты гладкими.

Угол естественного откоса a_0 модели груза определялся на горизонтальной бетонной площадке путем медленного подъема отрезка стальной трубы внутренним диаметром 0,072 и длиной 0,4 м; заполненного моделью груза массой 5 кг. По результатам измерений среднее значение составило $a_0 = 29{,}1^\circ$ со средним квадратичным отклонением $\sigma = 5{,}4^\circ$.

Угол предельного равновесия модели груза определяли в испытательном стальном ящике размером 0,5х0,115х0,25 м с плоской опорной поверхностью для груза. Высота разровненного слоя модели груза в ящике 0,132 м. По результатам серии из девяти наклонов вокруг короткой нижней грани ящика среднее значение угла предельного равновесия составило $a_{пр} = 43{,}4^\circ$ со средним квадратичным отклонением $\sigma = 5{,}4^\circ$. При этом смещался только поверхностный слой груза.

Характер смещения модели груза исследовали на маятниковом стенде при статическом и динамическом наклонениях. Для классификации наблюдаемых явлений ввели следующие характеристики (градации) смещения:

– щевеление: переукладка отдельных поверхностных частиц, находившихся в неустойчивом положении;

– пересыпание: сползание поверхностных частиц по неподвижным внутренним слоям груза;

– смещение: медленное сползание всей массы исследуемого груза, останавливающееся при прекращении нарастания угла наклона;

– обрушение: смещение, продолжающееся при прекращении нарастания угла наклона, перемещения внутри массы груза.

Среднеарифметические значения углов, при которых наблюдалось смещение и его характер в зависимости от вида подстилающей поверхности, приведены в табл.1.

Таблица 1

Вид покрытия	Средний угол смещения, град.	Характер смещения
Стальной настил	25,7	Соскальзывание всей массы
Клетка деревянная на стальном настиле	37,0	Пересыпание верхних слоев
Наждачное полотно на тканевой основе	36,0	Пересыпание верхних слоев
Песок 1,0 мм на клею	34,0	Пересыпание верхних слоев
Опилки древесные 1,0-3,0 мм на клею	35,0	Пересыпание верхних слоев
Резиновая крошка 1,0-5,0 мм на клею	34,7	Пересыпание верхних слоев
Газетная бумага	26,0	Соскальзывание всей массы
Упаковочная бумага	26,3	Соскальзывание всей массы
Рубероид РПК	38,0	Пересыпание верхних слоев
Бризол БР-С	36,5	Пересыпание верхних слоев

Смещение при статическом наклоне модели отсека позволило зафиксировать углы сухого трения модели груза по различным видам покрытий. Анализируя углы сухого трения, необходимо отметить, что все виды исследуемых покрытий (кроме бумаги) заметно увеличивают угол трения по сравнению с голым металлом. Наиболее надежна деревянная клетка, которая создает в нижнем слое груза ершистую структуру, препятствующую смещению верхних слоев.

Все виды покрытий можно разделить на две технологические группы: наклеиваемые и укладываемые. Жидкое стекло использовали как дешевый и доступный клей. На него наносили три вида покрытий:

крупный песок размером фракций 1 мм, древесные опилки размером фракций 1-3 мм, резиновую крошку от старых автопокрышек размером фракций 1-5 мм. Угол трения наклеенных покрытий составил 32-35°, укладываемых – 36-38°.

По результатам лабораторных исследований для натурного изучения отобрали клеевые и рулонные материалы. Эффективность клеевых материалов можно было проверить только в условиях длительного экспериментального рейса, а для проверки эффективности рулонных материалов был выполнен натурный эксперимент в условиях порта Одесса.

Для определения угла смещения чугунных чушек по различным покрытиям на грузовую площадку оборудованного ограждением 20-футового ролл-трейлера электромагнитом нагрузили чугунные чушки, затем автопогрузчиком (портальным краном) поднимали буксирный конец ролл-трейлера до смещения чугуна по исследуемому покрытию (рис.1). Регистрировали угол начала смещения визуально с помощью

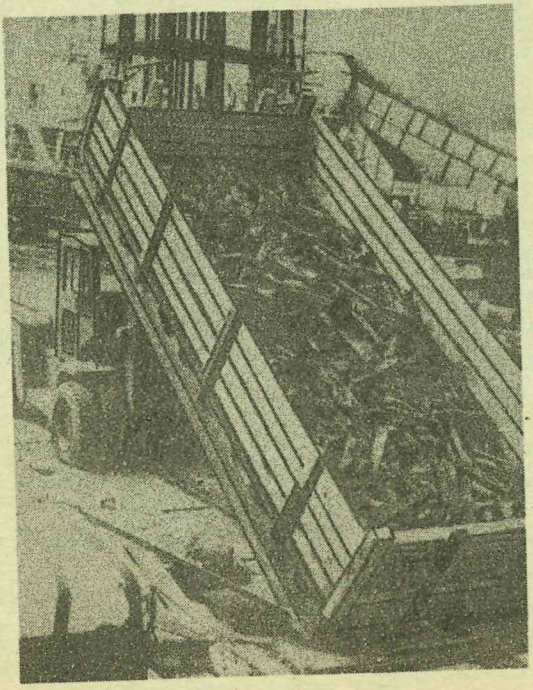

Рис.1. Исследование нескользящих покрытий в порту Одесса

угломера, закрепленного на ролл-трейлере. Результаты эксперимента сведены в табл.2.

Таблица 2

Вид покрытия	Угол трения $\alpha_{тр}$, град.	Коэффициент трения, $tg\ \alpha_{тр}$
Деревянный настил	38	0,78
Стальной настил	21	0,39
Рубероид РПК на стальном настиле	35	0,70
Бризол БР-С на стальном настиле	38	0,78

Для исследования смещаемости чугуна в условиях морской перевозки и выбора экономичного покрытия металлических палуб судов взамен деревянного клеткования на теплоходе "Сванетия" (тип "Славянск") был выполнен экспериментальный рейс Одесса – Вьетнам – Япония. Исследования проводились по Программе экспериментального рейса с чугуном в чушках на судах ЧМП, разработанной ЦНИИМФом и утвержденной Минморфлотом. Задачей экспериментального рейса было получение амплитуд качки, приводящих к смещению исследуемой части груза.

До начала погрузки на металлический настил верхнего твиндека № 1 (продолжение верхней палубы) от борта до борта нанесли шесть видов нескользящих покрытий, считая от носа судна:

1. Полуполоса от левого борта до диаметральной плоскости (ДП) судна из резиновой крошки, посыпанной на свеженанесенный силикатный клей (жидкое стекло) по РСТ МССР 11-70.

2. Контрольная полоса металлического настила без покрытий.

3. Полоса с древесными опилками, посыпанными на свеженанесенный силикатный клей.

4. Полоса из рубероида РПК-420Б по ГОСТу 10923-82.

5. Полоса, состоявшая из двух видов покрытий:

– от левого борта до ДП – газетная бумага по ГОСТу 10.24-70;

– от ДП до правого борта – вьетнамская бамбуковая двухслойная циновка размером 3,00х0,75 м каждая.

6. Полоса из бризола БР-С по ГОСТу 17176-71.

Ширина каждой полосы 2 м, расстояние между ними по 0,5 м.

Силикатный клей наносили на металлический настил твиндека волосяной щеткой тонким слоем, поверх которого распыляли древесные опилки или резиновую крошку. Во время нанесения клея температура наружного воздуха была +8 °С, ветер северный 2 балла. Покрытия затвердели через час после нанесения клея.

При укладке полосы из газетной бумаги и погрузке на нее чугуна она рвалась как от ветра, так и под воздействием чугуна, высыпаемого из ковша, смещалась. Поэтому вторую половину пятой полосы от ДП до правого борта вместо бумаги покрыли бамбуковыми циновками, оставшимися на судне от предыдущего рейса.

Грузили чугун по технологии Одесского порта с применением металлических ковшей (лотков) массой 1,7 и грузоподъемностью 10 т. Ширина ковша больше ширины нанесенных покрытий, поэтому экспериментальные гряды (штабели трапецеидальной формы) поверх полос покрытий формировали вручную силами бригады портовых рабочих.

Для наблюдения за поведением судна и груза был разработан комплект научных приборов в составе систем регистрации и сигнализации смещения чугуна. Система регистрации смещения состояла из "якоря–чушки", заложенного внутри каждой гряды на глубину 0,3-0,4 м в ДП судна. "Якорь" соединяли резиновой тягой с соответствующим датчиком смещения реостатного типа, закрепленным на внутреннем наборе люковой крышки (штабели № 3, 4, 5) и поперечных комингсах люка (штабели № 2, 6). Система сигнализации смещения груза состояла из размыкаемых контактов, установленных в штабелях № 2, 3, 6. Размыкание контактов при смещении груза приводило к включению красной сигнальной лампы, установленной в зоне видимости с ходового мостика. Системы сигнализации и регистрации специальным кабелем соединяли с блоком управления и регистрации, размещавшимся в носовой электромеханической кладовой судна. Блок управления и регистрации смещения груза состоял из гировертикали ЦГВ-4, вырабатывающей сигналы бортовой и килевой качки судна, и осциллографа К-12-21, предназначенного для синхронной светолучевой записи качки судна и смещения груза.

В течение всего перехода вели непрерывный контроль за гидрометеообстановкой, что позволило выбирать необходимые районы маневрирования с достаточной для проведения эксперимента высотой волны.

Перед каждым входом в штормовую зону проверяли надежность крепления груза и оповещали экипаж судна о предстоящем маневрировании. Одновременно с этим приводили в действие системы регистрации и сигнализации смещения чугуна.

Для получения необходимых амплитуд бортовой качки судна были выполнены четыре специальных маневра. Смещение удалось получить только при четвертом маневрировании в условиях жесткой загрузки судна с метацентрической высотой 3,03 м и периодом бортовой качки 8,5 с на периферии мощного тропического тайфуна "Бесс", в 100 милях к югу от пролива Ираго.

Судно с грузом листовой стали в трюмах № 2, 3, 4 (всего 7 тыс.т) следовало из порта Мизушима в порт Киуура. Размещали, укладывали и крепили стальной лист в соответствии с нормативным документом [2], что обеспечивало его несмещаемость в условиях специального маневрирования.

За тайфуном "Бесс" вели непрерывное наблюдение по факсимильным картам погоды с момента его зарождения. Судно было направлено в зону пятиметрового волнения на периферии тайфуна. По достижении этой зоны начали маневрирование для вхождения в резонанс с преобладающей системой волн. На высоте волны 5-7 м и периоде 10 с, ветре 8-9 м/с и атмосферном давлении 756 мм рт.ст. зарегистрировали угол крена 26° на правый борт (ПБ) по кренометру в ходовой рубке, через 3 мин – крен 27° на левый борт (ЛБ), а еще через 12 мин при крене 29° ПБ и одновременном ударе волны, обрушившейся на носовую часть судна, сработала световая сигнализация смещения груза чугуна. Судно в этот момент следовало курсом 180°, при котором кажущийся период волн был равен периоду собственных колебаний судна и составлял 8,5 с. Заметного крена судно не получило и легло на курс в порт назначения.

После выхода судна из штормовой зоны осмотрели состояние штабелей чугуна в экспериментальном твиндеке и установили:

– штабель № 1 (полуполоса с резиновой крошкой): сдвиг чушек на 0,5 м от ЛБ в сторону ПБ;

– штабель № 2 (контрольная полоса без покрытий): смещение "якоря" на 0,8 м от ДП в сторону ПБ;

– штабель № 3 (полоса с древесными опилками): смещение "якоря" на 0,5 м от ДП в сторону ПБ;

– штабели № 4, 5 и 6: смещения не обнаружено.

В порту Хошимин чугун из экспериментального твиндека № 1 выгружали вручную, укладывая чушки в ковши. После выгрузки осмотрели состояние покрытий. Осмотром установлено:

– клеевые покрытия полуполосы № 1 и полосы № 3 сохранились на отдельных участках в виде пятен, составляющих менее 50% от общей площади полос;

– покрытие из рубероида на полосе № 4 повреждений не имело за исключением небольшого участка длиной 2 м, где рубероид сдвинули при погрузке чугуна в порту Одесса;

– покрытие из газетной бумаги на полосе № 5 полностью уничтожено. Покрытие из циновок повреждения и сдвига не имело;

– покрытие из бризола на полосе № 6 повреждений и сдвига не имело.

В результате проведенных лабораторных и натурных исследований установлено:

– покрытия из резиновой крошки, древесных опилок и газетной бумаги нельзя использовать в качестве нескользящих покрытий;

– покрытия из рубероида РПК и бризола БР можно рекомендовать в качестве нескользящих покрытий при перевозках чугуна в чушках.

По результатам исследований разработана Временная инструкция, утвержденная Главфлотом 27 октября 1982 г. на четыре эксплуатационных рейса судов ЧМП на перевозку чугуна с применением нескользящих покрытий (бризола и рубероида) в носовом твиндеке. В рейсовых отчетах капитанов судов "Металлург Курако", "Ленинский пионер" и "Равенство", перевозивших чугун по Временной инструкции, предусматривавшей специальное маневрирование, дана положительная оценка применению рубероида и бризола в качестве нескользящих покрытий для предотвращения смещения чугуна. В течение 1982-1985 гг. суда ЧМП выполнили более 20 рейсов на направлениях Черное море – Куба, Вьетнам, Япония, перевезли более 200 тыс.т чугуна с применением нескользящих покрытий.

Наряду с обеспечением высокой степени безопасности перевозки нескользящие покрытия характеризуются технологичностью применения, снижением затрат труда, материалов и времени по сравнению с клеткованием, что дает значительный экономический эффект.

Таким образом, во исполнение договора о творческом содружестве разработана и внедрена в масштабах Черноморского морского пароходства принципиально новая технология обеспечения несмещаемости металлогрузов.

На основе результатов лабораторных и натурных исследований, опытного внедрения новой технологии разработана и утверждена Минморфлотом Карта технологического режима перевозки чугуна в чушках с применением нескользящих покрытий (РД 31.11.21.23.02–85).

Несмещаемость чугуна в чушках обеспечивается путем покрытия металлических палуб грузовых помещений судов одним из нескользящих материалов:

– бризолом марок БР-С или БР-П по ГОСТу 17.76–71;

– рубероидом марок РКК или РК (рубероид кровельный крупнозернистый или рубероид кровельный), РПК или РП (рубероид подкладочный крупнозернистый или рубероид подкладочный) с крупнозернистой посыпкой по ГОСТу 10923–82.

Бризол представляет собой безосновный материал, изготовленный методом вальцевания и последующего каландрирования смеси, состоящей из нефтяного битума, дробленой резины (из старых автопокрышек), асбеста и пластификатора. Ширина рулона 0,425-1,0 м, длина 10-60 м. Коэффициент трения скольжения чугуна по бризолу 0,78.

Рубероид представляет собой картон (ГОСТ 3135–82), пропитанный мягкими нефтяными (кровельными) битумами (ГОСТ 9548–74) с последующим нанесением на обе стороны полотна тугоплавкого битума с наполнителем и крупнозернистой посыпкой с одной стороны полотна.

Рубероид поставляется в рулонах шириной 1,0-1,05 м, длиной 10-15 м. Коэффициент трения скольжения чугуна по рубероиду 0,70.

Покрывают металлические палубы грузовых помещений судна бризолом или рубероидом портовые работники, а контроль за качеством укладки возложен на администрацию судна.

Во избежание повреждения покрытий при погрузке выгружать чушки из первого ковша надо без сдвига его по поверхности покрытия, что достигается регулированием вылета стрелы крана. Следующие ковши нужно устанавливать на ранее погруженный груз.

Литература

1. Гаврилов М.Н. Повышение безопасности перевозки смещающихся грузов (Морской транспорт. Сер."Технология морских перевозок") : Экспресс-информация. – М.: ЦБНТИ ММФ. – 1978. – Вып.5 (67).

2. РД 31.11.21.23–82. Правила безопасности морской перевозки генгрузов. Часть II. Специальные требования к перевозке генгрузов по категориям и группам. Металлопродукция. Сборник правил перевозок и тарифов морского транспорта СССР. – М.: В/О "Мортехинформреклама". – 1983. – Вып.95. – С.3-60.

А.З.Шевченко,
нач.отдела технологии перевозок ЧМП
Е.Б.Карпович,
мл.научн.сотрудник ЦНИИМФа
Ю.П.Новоселов,
инженер отдела технологии перевозок
ЧМП