

3. Седнев В.А. и др. Обоснование инженерно-технических мероприятий, состава сил и средств для защиты населения и территорий от воздействия крупномасштабных природных пожаров: учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС России. - 2010, 73 с.

4. Подрезов Ю.В., Шахраманьян М.А. Методологические основы прогнозирования динамики чрезвычайных лесопожарных ситуаций. Монография. Издание первое. М.: ВНИИ ГОЧС. - 2001, 266 с.

5. Подрезов Ю.В., Шахраманьян М.А. Методологические основы прогнозирования последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций. Монография. Издание первое. М.: ВНИИ ГОЧС. - 2001, 246 с.

6. Щетинский Е.А. Спутник руководителя тушения лесных пожаров. М.: ВНИИЛМ. - 2003, 96 с.

7. Артемьев Н.С., Терещенков В.В., Грачев В.А. и др. Пожаротушение лесов, торфяников и лесоскладов: учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС России. - 2013. 244 с.

8. Энциклопедия лесного хозяйства: в двух томах. - Т.2. Изд. перераб. и доп., М. - 2006, 416 С.: с илл.

9. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МВД РФ. - 2000.

Сведения об авторе

Михайлов Илья Михайлович, аспирант ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Тел.: 8-926-780-53-96; e-mail: mikhailov.im@mipt.ru

УДК 656.614

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ УСПЕШНОЙ ЭВАКУАЦИИ ЭКИПАЖА БАЛКЕРА В СЛУЧАЕ РАЗЖИЖЕНИЯ ГРУЗА

**Кандидат техн. наук Б.С. Гуральник, А.К. Сирота, кандидат техн. наук И.В. Якута
ФГОУ Калининградский Государственный Технический Университет**

**Доктор техн наук С.С. Кубрин
ФГОУ Московская Государственная Академия Водного транспорта**

Аварии в случае наступления разжижения навалочного груза, как правило, заканчиваются гибелью судов и их экипажей. В работе показано, что во время развития таких аварий можно выделить два периода. Начальный период, когда у судна развивается начальный угол крена не превышающий 10 градусов и завершающий период, который быстро заканчивается опрокидыванием судна. Отмечается, что в данных авариях обязательно должен учитываться фактор времени, который определяет момент, когда должна быть подана команда «оставить судно» для спасения экипажа. Произведенные расчёты показали, что если время эвакуации не превышает 5 минут, то вероятность спасения составляет 0,97. Если время эвакуации затягивается до 15 и 20 минут, то вероятность успешного покидания судна равна 0,78 и 0,63 соответственно.

Ключевые слова: навалочный груз, разжижение, крен, безопасность судна и экипажа, время эвакуации.

EVALUATION OF THE PROBABILITY OF SUCCESSFUL BULKER CREW EVACUATION OF A IN CASE OF CARGO LIQUEFACTION

Ph.D., (Tech.) *B.S. Guralnik, A.K. Sirota*, Ph.D., (Tech.) *I.V. Yakuta*,
Dr (Tech.) *S.S. Kubrin*

Moscow State Academy of Water Transport (MSAWT)

Accidents caused by bulk cargo liquefaction, as a rule, result in the shipwrecks. The paper shows that there are two stages in the development of such accidents. The initial when the vessel develops an initial roll angle not exceeding 10 degrees and the closing period which quickly ends with the capsizing. It is noted that in these accidents the time factor must be taken into account, that determines the moment when the command "to leave the ship" must be given to save the crew. The calculations showed that if the evacuation time does not exceed 5 minutes, the probability of rescue is 0,97. If the evacuation time is delayed to 15 and 20 minutes the probability of successful is 0,78 and 0,63 respectively.

Keywords: bulk cargo, liquefaction, heeling, safety of vessel and crew, time of evacuations.

ВВЕДЕНИЕ

Основные требования, критерии и нормы для обеспечения безопасности человека на море зафиксированы в Международной Конвенции «СОЛАС-74» [1], Международной Конвенции о грузовой марке [2] и др. Однако, не смотря на конструктивное совершенствование судов, появление новых материалов, технологий продолжают случаться аварии и гибель судов. Часто эти аварии вызваны перевозимым грузом. Вопросы обеспечения безопасности плавания судов при перевозке грузов, в том числе навалочных, тоже постоянно находятся в поле зрения международных организаций и отечественных специалистов, разрабатывающих правила их перевозки. Аварийная статистика показывает, что определённый успех в снижении количества и тяжести аварий, достигнут при перевозке зерновых и подобных, ведущих себя аналогично зерну, грузов.

Однако, несмотря на проводимую работу, количество аварий при перевозке разжижающихся навалочных грузов остаётся достаточно большим, и они часто имеют катастрофические последствия. Данные аварии, как правило, заканчиваются опрокидыванием судов, т.е. связаны с потерей остойчивости и гибелью части или всего экипажа судов.

Поэтому целью данной статьи является анализ продолжительности отдельных стадий развития аварий в случае разжижения груза и оценка вероятности успешной эвакуации членов экипажа при наступлении аварии.

АНАЛИЗ АВАРИЙНОЙ СТАТИСТИКИ

27 октября 2010 года при перевозке никелевой руды затонул m/v «Jian Fu Star», на котором погибло 13 моряков [3].

10 ноября 2010 года балкер «Nasco Diamond» (типа "Handymax") затонул с грузом никелевой руды в Восточно-Китайском море. Судно шло из Индонезии в порт выгрузки Льяньюнганг (Китай). Причина гибели – нарушение остойчивости судна и опрокидывание вследствие разжижения никелевой руды и появления свободных поверхностей в трюмах. Из 25 членов экипажа были спасены 4 моряка, 21 человек погиб [3].

С грузом никелевой руды 3 декабря 2010 года утонул m/v «Hong Wei», унесший жизни 10 членов экипажа, а 25 декабря 2011 года без вести пропал m/v «Vinalines Queen», на котором спасся один человек из 23 членов экипажа [4].

Авария с m/v «Harita Ваухите», на котором погибли 15 моряков, произошла 16 февраля 2013 года. M/v «Harita Ваухите» загрузился никелевой рудой в Obi Island в Индонезии и на четвёртый день перехода в Китай был вынужден остановиться для ремонта двигателя. После остановки судно развернуло лагом к волне, оно стало испытывать сильную бортовую качку, опрокинулось и затонуло в Филиппинских водах менее чем за 30 минут [4].

Балкер «Trans Summer» погиб при перевозке в пяти трюмах груза никелевой руды [5]. Судно, из-за непогоды, в течение примерно трёх недель загружалось в порту Subaim (Индонезия) с барж. Через неделю после отхода судно отклонилось от курса, чтобы избежать встречи с тайфуном и 13 августа 2013 года в 20:00 встало на якорь в убежище. Место якорной стоянки было защищено от ветра и волнения с севера. Однако сильный ветер был с Юго-Востока, судно испытывало рыскание, сильную качку, якорь плохо держал, и судно дрейфовало вместе с якорем. На следующий день в 10:10 судно получило крен 10° на левый борт, который затем вырос до 15° . Балластировка успеха не имела и в 10:30 крен судна достиг 17° . При крене 22° капитан дал команду покинуть судно. В 11:56 с креном 90° судно затонуло. Перед затоплением экипаж покинул судно.

Подобные аварии происходили и при перевозке железной руды, пирита, цинкового концентрата, бокситов.

31 марта 2017 года в хорошую погоду при перевозке из Бразилии в Китай железной руды погиб балкер «Stellar Daisy» [6]. В 23:03 Сеульского времени судно передало обычное ежедневное сообщение, а через 17 минут в 23:20 с судна пришел аварийный сигнал. Известно, что судно получило крен, капитан дал команду надеть спасательные жилеты, чтобы покинуть судно, однако 22 из 24 членов экипажа пропали без вести.

Аварийное разжижение груза наблюдалось на судах, перевозивших бокситы из Kaupatan (Малайзия) [7]. На первое судно балкер «Bulk Jupiter» в течение нескольких недель было загружено 46 400 тонн бокситов. 31 декабря 2014 года судно вышло в рейс, а 2 января 2015 года оно получило аварийный крен и опрокинулось из-за разжижения бокситов. На втором судне, вышедшем в рейс следом, была проведена инспекция и 5 января обнаружено, что в трюме № 4 груз бокситов находится в опасном состоянии. Исследования на третьем судне, отход которого был задержан, показали, что загруженный на судно груз содержит очень большое количество влаги.

Необходимо отметить, что на всех рассмотренных в [7] судах при погрузке не контролировалась или недостаточно контролировалась влажность груза. В результате, на суда был принят груз, с влажностью превышающей транспортный предел влажности. На аварийных судах, загруженных бокситами, фактическая влажность составляла 21,3% и более чем в два раза превышала влажность груза, записанную в декларации на груз, которая была указана – 10%.

Усугубило ситуацию при авариях судов, перевозивших бокситы, то обстоятельство, что данный груз отнесён в кодексе IMSBC к грузам не склонным к разжижению и не обладающими химическими и другими опасностями, что, по всей видимости, ввело капитанов в заблуждение.

Приведённые примеры свидетельствуют о том, что процессы, фактически происходящие в грузе, и их влияние на поведение судна исследованы недостаточно. Поведение судов при качке с разжижающимися грузами имеет гораздо более сложный характер, чем описанный в расчетных схемах, принятых при нормировании остойчивости судов данного типа, и часто приводящий к аварийным ситуациям при их перевозке.

Во всех приведенных выше инцидентах и других, описанных в [8], развитие аварий можно разбить на два периода. Начальный, когда у судна развивается начальный крен $4^{\circ} - 10^{\circ}$

и завершающий период, заканчивающийся опрокидыванием, если судну не удаётся укрыться в порту убежище.

Анализ многих аварий, проведённый в [8] показал, что схематически развитие аварий можно изобразить, как показано на рис. 1. Кривая 1 построена для судна, водоизмещение которого равно 11 тысяч тонн, кривая 2 – для судна водоизмещением около 70 тысяч тонн.

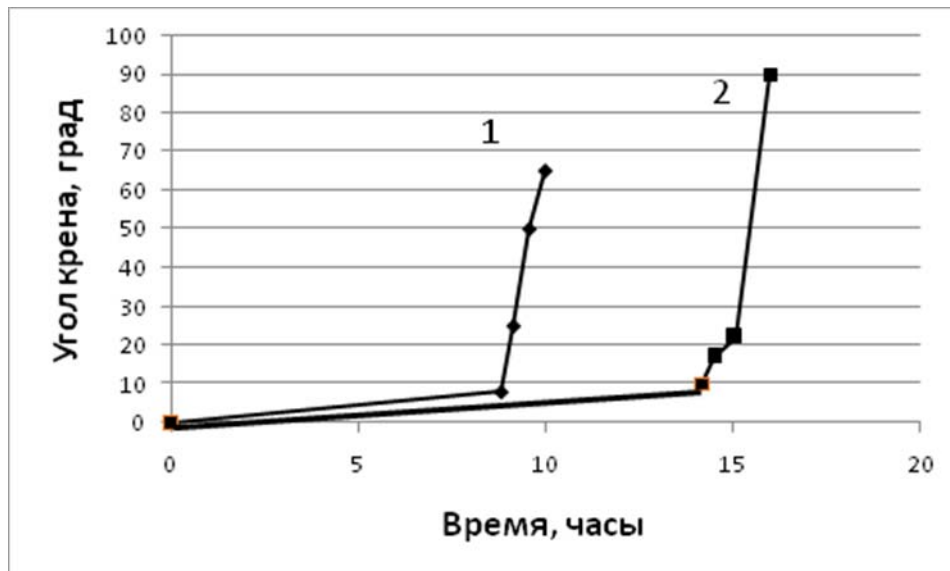


Рис. 1. Типичное изменение угла крена судов при разжижении груза

Как показано в [8] время начального периода развития аварий характеризуется значительным разбросом. На т/х «Тикси» начальный крен появился в условиях зыби 4 – 5 баллов через 30 минут [9], а на м/в «Padang Hawke» примерно через 2 часа в условиях ветра 6 – 7 баллов. В тоже время, большинство аварийных судов перед получением начального крена находились в условиях разного волнения 8 – 24 часа.

Финальная часть аварии – рост аварийного крена и опрокидывание судна, в большинстве случаев, происходит за время от нескольких минут до нескольких десятков минут. Данное обстоятельство необходимо учитывать при организации и проведении спасательной операции на аварийном судне.

Причиной получения судном начального крена является разжижение и смещение перевозимого груза, или появление у судна отрицательной начальной остойчивости, из-за свободных поверхностей от выступившей на поверхности груза свободной воды одновременно в нескольких трюмах. При этом главной причиной, т.е. «пусковым крючком» начала разжижения груза является бортовая качка судна.

Анализ более 30 аварий судов после разжижения груза показали, что среднее время развития начального крена на них составляет 16 часов. Некоторым судам после наступления разжижения груза удалось укрыться в убежище, выполнить штивку смещённого груза, откачать выступившую на поверхности груза воду и благополучно закончить рейс. Однако много таких инцидентов закончилось гибелью судов и многих членов экипажа. Особой сложностью в этих авариях является то обстоятельство, что начальный крен на всех аварийных судах появлялся «вдруг» неожиданно, т.е. формирование физических причин, вызывающих его развитие происходит незаметно и инструментально проконтролировать это без разработки специальных измерительных систем невозможно.

Расчёты показали, что плотность распределения времени завершающего периода аварии, т.е. время гибели судна наилучшим образом описывается логнормальным распределением.

Статистика показывает, что во многих авариях судно не успевает, не только спустить спасательные шлюпки, но и подать сигнал бедствия. Большое число пропавших без вести судов и погибших членов экипажа свидетельствует о том, что процесс гибели судов был скоротечный, соизмеримый или даже меньше времени сбора экипажа при аварийной тревоге.

Большинство судов, после появления у судна начального крена, погибли за время менее 20 минут. Например, m/v «Bulk Jupiter» в 6:54 был на связи с судовладельцем и передал ежедневное сообщение, а в 7:00 с судна поступил аварийный сигнал, т.е. судно затонуло в период между 6:54 – 7:00. M/v «Jian Fu Star» опрокинулся за 20 минут после появления начального крена. По имеющимся данным среднее время опрокидывания аварийных судов составило 27,5 минут. В тоже время, как минимум девять погибших судов даже не успели подать сигнал бедствия, что свидетельствует о том, что время их гибели значительно меньше среднего, а возможно и меньше минимального, зафиксированного в [8].

Учитывая данные обстоятельства, администрация судна располагает очень ограниченными возможностями по организации борьбы за живучесть и спасению судна в случае разжижения груза. Некоторые возможности есть во время развития начального крена, при условии своевременного обнаружения разжижения груза. Поэтому для обнаружения разжижения необходимо периодически выполнять осмотр груза для контроля его состояния. Также необходимо периодически откачивать воду из льяльных колодцев.

Снижение образовавшегося начального крена возможно путём изменения скорости судна и выбора курса, при котором крен будет на ветер. Устранение начального крена возможно путём перекачки балласта или других жидких запасов с опущенного борта на противоположный. На «небольших» судах, в начальный период разжижения груза, для спасения судна практиковалась ручная штивка груза. Однако, как показывает практика, один человек за час может перебросить на расстояние около 4 метра примерно 2 тонны груза [9].

В этом случае, для устранения начального крена 15^0 на m/v «Hui Long» необходимо было перештивовать 330 тонн груза. Перемещение 100 тонн сместившегося груза поперёк данного судна (ширина около 15,0 м) займёт 10 часов непрерывной работы всех 23 членов экипажа, а на перемещение 300 тонн потребуется 30 часов авральской работы. Учитывая продолжительное время, требуемое на аварийную штивку груза, возможность реализации и эффективность этих работ вызывает большие сомнения. На судах шириной 30 м и более (типа «Panamax» и больших размеров) эффективно штивку груза в трюмах силами экипажа выполнить физически невозможно.

После получения судном начального крена на первый план выходит фактор времени, определяющий эффективность эвакуации экипажа.

Эвакуация экипажа будет эффективна, если затрачиваемое на неё время T_1 будет меньше продолжительности гибели судна T_2 .

Для вероятности успешной эвакуации экипажа $V (T_1 < T_2)$ в работе [10] Александровым М.Н. предложена формула

$$V(T_1 < T_2) = 1 - \int_0^{\infty} f_1(t)^* F_2(t)^* dt ,$$

где $f_1(t)$ – плотность распределения времени эвакуации;
 $F_2(t)$ – функция распределения времени гибели судна.

Если известно время эвакуации, то формула для вероятности $V(T_1 \leq T_2)$ упрощается [10]

$$V(T_1 < T_2) = 1 - F_2(T_1) \quad (1)$$

где T_1 – математическое ожидание времени эвакуации.

Проверочные расчёты по формуле (1), с использованием закона распределения времени гибели судна, показывают, что если время эвакуации не превышает 5 минут, то вероятность спасения составляет 0,97. Специальный анализ показал, что время сбора экипажа для эвакуации при учебных тревогах на разных типах судов составляет 3–7 минут. Сбор, посадка в спасательные шлюпки и их спуск при учебных тревогах занимает до 15–20 минут. Если время эвакуации затягивается до 15 и 20 минут, то вероятность успешного покидания судна равна 0,78 и 0,63 соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведённые данные и расчёты свидетельствуют, что эвакуация экипажа судна будет успешной в случае максимально возможного сокращения времени оставления судна. Однако, возможности сокращения времени сбора экипажа по тревоге ограничены. Учитывая скоротечность аварий при разжижении грузов, более перспективными будут технические мероприятия по недопущению разжижения и увеличению продолжительности финальной стадии аварии. Как вариант, возможно разделение трюмов съёмными продольными переборками, при перевозках грузов, склонных к разжижению.

Вероятность успеха эвакуации экипажа может быть вычислена с использованием процедуры, приведённой в данной статье. При расчётах вероятности успеха эвакуации в качестве «критического» может выступать момент времени, после которого, оказывается, невозможно спустить спасательные шлюпки или невозможно запустить насосы для ведения борьбы за живучесть. Такие случаи наблюдались на практике. Например, после получения крена более 22° на м/в «Bulk Jupiter» не удалось спустить спасательную шлюпку, а на м/в «Hui Long» запустить балластные насосы при крене 15° .

Если построить закон распределения времени наступления таких критических состояний, то используя формулу (1) можно рассчитать вероятность успеха спасения экипажа судна для этих случаев.

Литература

1. Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море СОЛАС-74 с поправками.
2. Международная Конвенция о грузовой марке, 1966 г.
3. John Poulsen, Watery Graves. Currents. Issue Number 35. November 2013.– P. 10-14.
4. John Poulsen. The Deadliest Cargo. The International Journal of The Nautical Institute “SEAWAYS”. December 2013.– P. 13-15.
5. Unsafe cargo + unsafe anchorage = lost ship. MARS Report No, 277, November 2015. The International Journal of The Nautical Institute “SEAWAYS”. January 2016.– P. 17.
6. Stellar Daisy Casualty Investigation on Report 31.03.2017. Republic of the Marshall Islands from 19 April 2019 - 83 p.
7. Report of the marine safety investigation into the loss of a bulk carrier in the South China Sea on January 2nd 2015. Bahamas Marine Authority. 2015. – 64 p.
8. Гуральник Б.С., Сирота А.К., Якута И.В. К вопросу о безопасности балкера при разжижении груза. /Б.С. Гуральник, А.К.Сирота, И.В. Якута //Известия Калининградского государственного технического университета.– 2018.– № 51.– С.121-127.

9. Аксютин Л.Р., Благовещенский С.Н. Аварии судов от потери остойчивости.– Л.: Судостроение. - 1975.– 197 с.
10. Александров М.Н. Безопасность человека на море.– Л.: Судостроение. - 1983.– 208 с.

Сведения об авторах

Гуральник Борис Самуилович, доцент кафедры «Безопасность мореплавания»; ФГБОУ ВО «Калининградский Государственный Технический Университет» 236029, Калининград, ул. Молодёжная, 6; E-mail: kaf-bm@bga.gazinter.net

Кубрин Сергей Сергеевич, профессор кафедры «Управление судном»; ФГОУ ВО «Московская Государственная Академия Водного транспорта»; 117105, Москва, Новоданиловская набережная, д.2, корп. 1; E-mail: s_kubrin@mail.ru

Сирота Александр Константинович – доцент кафедры «Безопасность мореплавания»; ФГБОУ ВО «Калининградский Государственный Технический Университет», БГАРФ; капитан дальнего плавания, 236029, Калининград, ул. Молодёжная, 6; E-mail: kaf-bm@bga.gazinter.net

Якута Ирина Владимировна, доцент кафедры «Безопасность мореплавания»; ФГБОУ «Калининградский Государственный Технический Университет», БГАРФ; 236029, Калининград, ул. Молодёжная, 6; E-mail: kaf-bm@bga.gazinter.net

УДК 623.746.-519

ПРИМЕНЕНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ОЧАГОВ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Р.К. Анойкин

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
“Всероссийский научно – исследовательский институт по проблемам
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России”
(федеральный центр науки и высоких технологий)**

Выполнен анализ возможностей современных беспилотных летательных аппаратов (дронов) по обнаружению очагов лесных пожаров. Рассмотрены способы применения беспилотных летательных аппаратов при решении задач ликвидации лесных пожаров.

Ключевые слова: лесной пожар, беспилотный летательный аппарат, обнаружение очагов лесных пожаров, ликвидация лесных пожаров.