

References

1. Turkin A.V., Turkin V.A. *Экспериментальное исследование эффективности много-госекционного комплексного устройства очистки выхлопных газов судового двигателя // Vestnik AGTU. Seriya: Morskayatekhnikaitehnologiya.* – 2015. – №4. – С. 79-85.
2. Bezyukov O.K., Zhukov V.A., Vorobej K.A. *Анализ энергоэкологического эффекта применения газопоршневого двигателя в судовых энергетических установках // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogoflota im. admirala S.O. Makarova.* – 2015. – №6 (34). – С. 143-151.
3. Kartamysheva E. S., Ivanchenko D. S., Beketova E. A. *Суднокостроительная техника // Молодой ученый.* – 2018. – №25. – С. 12-15.
4. Boltachev A.R., Byhalova O.N., Karpova E.P., Statkevich S.V. *Проблемы охраны биологического разнообразия прибрежной морской зоны Северного Кавказа // Наземные морские экосистемы Причерноморья и их охрана: Сборник тезисов научно-практической школы-конференции (Новороссийск, Краснодарский край, Россия, 23 – 27 апреля 2018 г.). – Севастополь: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт природно-технических систем», 2018. – 175 с.*
5. *Морские и прибрежные особо охраняемые территории России // ООПТ России – информационно-справочная система. Центр охраны дикой природы. [Электронный ресурс] URL: <http://oopt.info/index.php?page=153> (дата обращения 28.12.2018).*
6. *ООПТ России // ИАС «ООПТ России» [Электронный ресурс] URL: <http://oopt.aari.ru/filtertext/%D0%9C%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5-%D0%9E%D0%9E%D0%9F%D0%A2> (дата обращения 03.01.2019).*
7. *Государственный природный заповедник «Утриш» - официальный сайт. [Электронный ресурс] URL: <https://www.utrishgpz.ru/> (дата обращения 25.12.2018).*
8. *Утриш заповедник // Центр экологических путешествий [Электронный ресурс] URL: <http://www.ecotravel.ru/regions/reserves/1/14/194/> (дата обращения 04.01.2019).*
9. *Разница между заповедником и заказником // справочный сервис «Об отличиях» [Электронный ресурс] URL: <https://thedifference.ru/chem-otlichaetsya-zapovednik-ot-zakaznika/> (дата обращения 06.01.2019).*

УДК 502.5:504.06

DOI: 10.34046/aumsuomt90-14

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ АВАРИЙНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

В.И. Решняк, доктор технических наук, профессор

К.А. Казьмин, аспирант

Статья посвящена проблеме регулирования аварийного загрязнения окружающей среды при эксплуатации объектов водного транспорта. Самым распространенным примером такого загрязнения являются разливы нефти или нефтепродуктов. Решение проблемы защиты окружающей среды при разливах нефти характеризуется наличием определенного опыта. Однако, этот опыт в большей мере относится к ликвидации произошедших разливов. В то же время, как показано в работе, эффективная защита от аварийного загрязнения окружающей среды, в том числе, и при разливах нефти, обеспечивается путем регулирования загрязнения. В статье сформированы составляющие процесса регулирования аварийного загрязнения окружающей среды. Предложено характеризовать такой вид загрязнения окружающей среды с помощью параметра риска. Обосновано применение понятия риска как параметра, который характеризует как вероятность разливов, так и ущерб, который характеризуется количеством нефти, поступившей в окружающую среду. Такое понимание параметра риска аварийного загрязнения позволило авторам статьи сформировать основные направления организации деятельности по защите окружающей среды от загрязнения. Показано, что основными направлениями защитных мероприятий являются меры по предотвращению возникновения разлива и меры по его ликвидации. Формирование комплекса защитных мер основано на анализе возможного риска загрязнения для исследуемого технического объекта. В работе описан алгоритм такого анализа. Предложена типизация всех технических устройств, которые применяются для перемещения нефти на исследуемом техническом объекте, что позволяет унифицировать защитные мероприятия и эффективно их применять. Сформулирован общий подход к установлению допустимых значений вероятности аварийного загрязнения и ущерба, а также определены их границы.

Ключевые слова: аварийное загрязнение, регулирование, риск, вероятность, ущерб, алгоритм оценки риска, превентивная защита, активная защита.

The article is devoted to the problem of accidental environmental pollution management during the operation of water transport objects. The most common example of such type of pollution is an spill of oil or petroleum products. The solution to the problem of environmental protection in case of emergency oil spills is character-

ized by the presence of certain experience. However, this experience is more relevant to the elimination of spills. At the same time, as shown in the work, effective protection against accidental environmental pollution, including in case of oil spills, is provided by regulating accidental pollution. In the article the components of the process of regulation of accidental environmental pollution are formed. It is proposed to characterize the pollution of the environment using the risk parameter. The application of the concept of risk as a parameter that characterizes both the probability of accidental spills and severity of such spills, which is characterized by the amount of oil entering the environment, is justified. This understanding of the risk parameter of accidental pollution allowed the authors to form the main directions of the organization of activities to protect the environment from the pollution. It is shown that the main directions of protective measures are measures to prevent the occurrence of an emergency spill and measures to eliminate it. The formation of a set of protective measures is based on the analysis of the possible risk of pollution for the technical object under study. The paper describes the algorithm of such analysis. The typification of all technical devices that are used to move oil on the investigated technical object is proposed, which allows to unify protective measures and effectively apply them. A General approach to the establishment of acceptable values of the probability of accidental pollution and its severity is formulated, as well as their boundaries are defined.

Keywords: accidental pollution, regulation, risk, probability, damage, risk assessment algorithm, preventive protection, active protection.

Введение. Проблема защиты окружающей среды от аварийного загрязнения при эксплуатации объектов водного транспорта остается актуальной и в настоящее время, о чем свидетельствует ряд таких правовых актов в данной области, как Кодекс внутреннего плавания Российской Федерации, Правила разработки и применения системы управления безопасностью судов, Правила Речного Регистра. За последние десятилетия накоплен определенный опыт решения проблемы защиты окружающей среды при эксплуатации объектов водного транспорта, в том числе, и в области защиты от аварийного загрязнения, прежде всего, при разливах нефти или нефтепродуктов [1]-[6]. За это время были выполнены научные исследования и созданы образцы природоохранной техники – боновые ограждения, нефтесборные устройства разных типов. Однако, этот опыт лежит в области ликвидации произошедших разливов нефти или нефтепродуктов [7]. В тоже время известно [2], что защита окружающей среды при разливах нефти должна также включать меры по предотвращению возникновения разлива, а также по ликвидации его последствий.

Развитие представлений о проблеме защиты окружающей среды в исследуемой области показало, что необходимо различать два таких вида загрязнения, как эксплуатационное и аварийное [2]. Эти виды загрязнения значительно отличаются друг от друга природой и причинами возникновения, протеканием, а также способами регулирования.

Эксплуатационное загрязнение, неизбежно сопровождает процесс нормальной эксплуатации судов, которые находятся в исправном техническом состоянии. К такому загрязнению относится образование нефтесодержащей подсланевой и сточной воды, мусора. Эксплуатационное загрязнение поддается прогнозированию.

Количество загрязнений можно учесть, интенсивность образования достаточно равномерна. Это дает возможность регулировать эксплуатационное загрязнение. Сейчас уже существуют механизмы регулирования такого загрязнения, использование которых обеспечивает предотвращение эксплуатационного загрязнения окружающей среды судами внутреннего плавания и другими объектами водного транспорта. Суть и содержание механизмов регулирования эксплуатационного загрязнения как стационарными (предприятиями), так и нестационарными (судами) техногенными объектами исследованы в работах [2]. К настоящему времени уже созданы и используются в процессе эксплуатации судов природоохранные технические средства, которые обеспечивают предотвращение эксплуатационного загрязнения окружающей среды.

Аварийное загрязнение может происходить при возникновении аварийной ситуации на техногенном объекте, например, на судне и характеризуется неопределенностью – пространственно-временной, ущерба и причин [2]. Такая неопределенность стала препятствием разработки механизма регулирования аварийного загрязнения. Одним из наиболее известных случаев аварийного загрязнения окружающей среды при эксплуатации объектов водного транспорта являются разливы нефти. Проблема предотвращения отрицательных последствий от разливов нефти продолжает быть актуальной в силу значительных количеств нефти и нефтепродуктов, которые перегружаются в портах и перевозятся судами. Определенный опыт решения проблемы защиты окружающей среды при разливах нефти уже существует. Однако этот опыт в существенной мере относится к ликвидации уже произошедших разливов. В то же время в работе [2] сформулированы основные направления природоохранной деятельности по защите от аварийно-

го загрязнения окружающей среды в процессе эксплуатации объектов внутреннего водного транспорта. Показано, что такие направления должны включать в себя меры не только по ликвидации разлива и его последствий, но и меры по предотвращению возникновения аварийных разливов нефти и предотвращению поступления нефти в окружающую среду (см. рис. 1). В целом же предотвращение или снижение отрицательных последствий при аварийном загрязнении окружающей среды может быть достигнуто его регулированием. Отсюда возникает необходимость сформулировать принципы (основные составляющие) такого регулирования, а также разработать подход к оценке рисков аварийного загрязнения окружающей среды и алгоритм такой оценки для объектов водного транспорта. Процесс регулирования аварийного загрязнения

окружающей среды в литературе [8]-[11] называют управлением экологическими рисками. В целом управление экологическими рисками при аварийном загрязнении окружающей среды, как и любого другого процесса, обеспечивается наличием следующих составляющих. К первой относится установление параметра или параметров, которые объективно характеризуют регулируемый процесс. Ко второй – определение наблюдаемых или возможных значений упомянутых параметров. Еще одной составляющей является установление допустимых значений указанных параметров. И наконец – разработка и реализация комплекса мер (организационных мероприятий и технических средств), которые обеспечивают допустимые значения параметров, характеризующих регулируемый процесс.

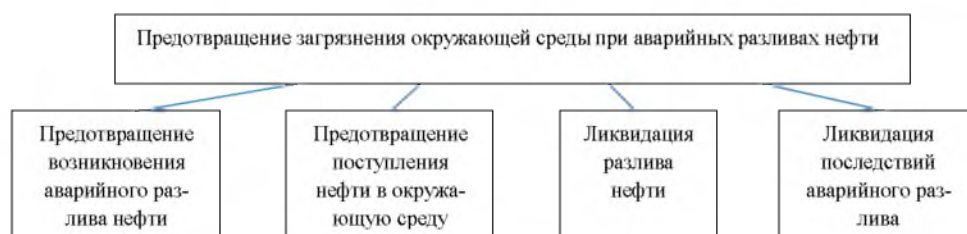


Рисунок 1 – Основные направления предотвращения загрязнения окружающей среды при аварийных разливах нефти

Существуют разные методы оценки явлений, которые характеризуются неопределенностью [8], [9], [12], [13]. Аварийное загрязнение как один из подобных процессов может характеризоваться таким параметром, как риск. Однако, этому параметру придают разное значение. В некоторых случаях под риском понимается вероятность возникновения аварийной или чрезвычайной ситуации. Например, при расчете риска возникновения пожара под риском понимается вероятность возникновения пожара [13]. Как вероятность понимается риск и в работе [5], посвященной исследованию проблемы аварийных разливов нефти. Но в работах [8], [9], [12] для характеристики экологических негативных последствий под риском понимается параметр, который учитывает и вероятность проявления отрицательного воздействия на окружающую среду, и величину ущерба, который характеризует это воздействие. Поэтому авторам настоящей работы представляется необходимым сделать некоторые комментарии и упорядочить понимание параметра риск.

Уровень отрицательных последствий от нежелательных событий (заболеваний, отказов оборудования, смертельных случаев на производстве, пожаров, аварийного загрязнения),

определяется и частотой наступления таких событий, то есть количеством таких случаев, которые наблюдаются за некоторый период времени, и величиной ущерба, который может быть нанесен в каждом подобном случае. Однако не всегда ущерб может быть дифференцированным, например, несчастные случаи на производстве с летальным исходом. Поэтому для характеристики подобных явлений достаточным будет использование параметра частоты (вероятности) наступления и тогда под параметром риска можно понимать вероятность упомянутых событий. При аварийном загрязнении окружающей среды, в том числе и при аварийном разливе нефти, могут иметь место разные масштабы загрязнения, разлива. Поэтому уровень отрицательного влияния таких случаев будет определяться и их частотой, и величиной ущерба.

В работах [2], [8], [9] риск R такого явления, как аварийное загрязнение окружающей среды, в том числе и при разливах нефти, предлагается определять, как

$$R=PU,$$

где P – вероятность аварийного загрязнения; U – величина ущерба.

Следующим шагом в организации процесса регулирования аварийного загрязнения окру-

жающей среды является определение наблюдаемых значений частоты P_n аварийных разливов и определение возможного ущерба $U_{возм}$. Такая информация необходима: для оценки потенциального риска исследуемого объекта, для установления допустимых значений риска, для принятия решения о необходимости применения защитных мер, а также для формирования комплекса организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих защиту от аварийного загрязнения.

Информацию о наблюдаемых значениях вероятности получают по многолетним результатам учета аварийных разливов или по результатам экспертной оценки.

Возможный ущерб определяется тем объемом нефти, который может находиться в исследуемом техническом устройстве определенного типа (см. ниже). Например, возможный объем потерь нефти из резервуара равен объему резервуара. Возможный ущерб может быть также определен как объем нефти, который поступает в окружающую среду за время до гарантированно полного прекращения поступления.

Исследование наблюдаемых или возможных рисков должно быть выполнено для каждого из объектов, которые принимают участие в процессе перемещения нефти и/или нефтепродуктов. Перемещение в данном случае подразумевает все операции с нефтью – ее транспортировку, перекачку (грузовые операции), временное хранение. К основным таким объектам водного транспорта,

которые используются для перемещения нефти и нефтепродуктов, относятся, прежде всего, суда и перегрузочные комплексы. Конечно, каждый из этих объектов может иметь определенные отличия, что тоже необходимо учитывать в процессе исследования уровня опасности аварийного разлива нефти. Например, суда могут быть самоходные и несамоходные. Но последующая классификация указанных объектов не входит в задачи настоящей статьи и будет рассмотрена в других работах.

Упомянутые объекты, в свою очередь представляют собой совокупность технических устройств. Причем не зависимо от вида рассматриваемого объекта (суда или перегрузочные комплексы), одинаковые или аналогичные технические устройства могут применяться на всех рассматриваемых объектах, которые обеспечивают перемещение нефти. Например, трубопроводы или перекачивающие устройства применяются и на судне, и на перегрузочных комплексах. Поэтому авторам настоящего исследования представляется целесообразным все используемые в процессах перемещения нефти технические устройства сгруппировать в несколько групп, каждая из которых будет включать в себя определенные типы устройств. Это позволит унифицировать разработку защитного комплекса организационных мероприятий и технических средств. К указанным группам относятся следующие типы: емкость (резервуар); труба; перекачивающее устройство и соединение (рис. 2).

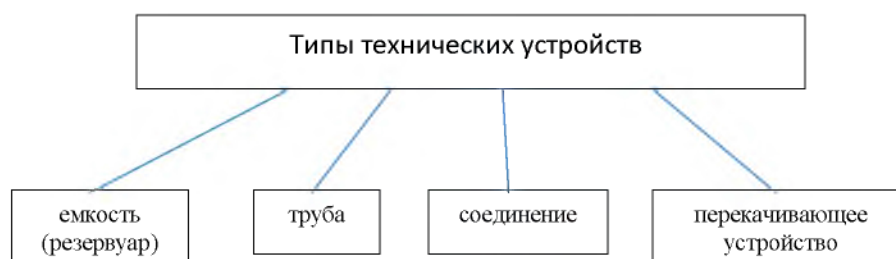


Рисунок 2 – Типизация технических устройств, применяемых в процессах перемещения нефти или нефтепродуктов

Анализ опасности аварийного разлива для каждого исследуемого объекта должен учитывать, что аварийный разлив нефти может происходить по разным сценариям и может характеризоваться разными обстоятельствами, при которых произошел разлив, а также разными причинами и ущербом. Такая информация является необходимой для определения наиболее опасных сценариев и условий, а также тех причин, которые являются наиболее вероятными или приводят к наибольшему ущербу.

Упомянутые обстоятельства включают в себя информацию: о виде объекта, на котором произошел разлив; о количестве перемещаемой нефти, о типе технического устройства, которое явилось непосредственным источником поступления нефти в окружающую среду; о виде технологической операции, при выполнении которой произошел разлив; о характере внешнего воздействия на аварийное техническое устройство или внутренних процессов, которые в нем происходили и привели к аварийной ситуации; о характеристике окружающей среды, в том числе,

о метеорологических условиях, при которых произошел разлив.

Теперь в соответствии с вышеуказанной последовательностью регулирования процесса аварийного загрязнения необходимо установить предельно-допустимые значения (нормы) вероятности $[P]$ аварийного загрязнения и ущерба $[U]$.

Учитывая, что все технические устройства, входящие в состав исследуемого техногенного объекта, могут характеризоваться разными условиями эксплуатации, отличиями в конструкции, материалами, а также наблюдаемыми значениями вероятности и возможного ущерба, установление (назначение) норм допустимой вероятности и допустимого ущерба выполняется для каждой группы технических устройств. Причем технические устройства одного типа могут входить в несколько разных групп. Каждая из сформированных групп должна отвечать следующим условиям. Во-первых, в каждую группу должны входить технические устройства одного вида, а, во-вторых, технические устройства, входящие в одну группу, характеризуются похожими или идентичными техническими характеристиками, условиями эксплуатации и возможными значениями вероятности и ущерба.

Допустимая вероятность $[P]$ должна быть меньше наблюдаемой или возможной $P_{возм}$ больше или равно нулю, то есть

$$0 \leq [P] < P_{возм} .$$

Допустимая вероятность близка к вероятности, при которой обеспечиваются минимальные общие затраты на компенсацию ущерба и на реализацию мер, обеспечивающих допустимую вероятность [9].

При определении допустимого ущерба $[U]$ необходимо учитывать следующие условия. Во-первых, допустимый ущерб должен находиться в диапазоне

$$U_{об} \leq [U] \leq U_{возм} ,$$

где $U_{об}$ – значение ущерба, которое с полной вероятностью не будет превышено при аварийном разливе (в некоторых случаях может быть равно $U_{об}=0$).

Во-вторых, значение допустимого ущерба $[U]$ должно реально обеспечиваться комплексом мер.

Значение $U_{об}$ определяется для каждого типа устройств и зависит, например, от особенностей конструкции этих устройств или применяемых материалов, а также условий эксплуатации.

Для формирования и обоснования комплекса мер по защите от аварийного загрязнения целесообразно при определении возможного

риска аварийного разлива для исследуемого объекта учитывать величины наблюдаемой вероятности и возможного ущерба; причины возникновения; тип технического устройства, которое участвует в процессе перемещения нефти; условий эксплуатации. Например, аварийный разлив нефти может происходить на разных техногенных объектах – судах, на перегрузочных комплексах, емкостях для временного хранения нефти и так далее. Например, аварийный разлив нефти при ее транспортировке судном может иметь место в разных ситуациях – посадке на мель, столкновении и в других случаях. Причины возникновения аварийных ситуаций тоже могут быть разными. Разным может быть и то количество нефти, которое будет разлито. Понятно, что все перечисленные обстоятельства будут играть каждый свою роль, а поэтому должны быть учтены при исследовании рисков аварийного загрязнения. Другими словами, защитные мероприятия должны быть направлены на те технические устройства и эксплуатационные ситуации, которые характеризуются наибольшим риском, то есть наибольшей вероятностью аварийных разливов или наибольшим количеством нефти, которая может быть потеряна при разливе.

Опыт предотвращения и защиты от опасностей, в том числе, и таких, как аварийное загрязнение окружающей среды, с которыми люди сталкиваются в процессе своего существования, показывает, что неопределенность таких процессов является основной трудностью решения этой проблем. Неопределенность может проявляться как пространственно-временная, так и возможных причин, и величины ущерба. Понимание случайного характера опасностей и его значимости нашло отражение в слове «риск», которое постоянно встречается при исследовании разных случаев проявления опасностей. В целом защита от воздействия опасностей может быть обеспечена регулированием этих процессов, или управлением, которое снижает вероятность возникновения аварийного загрязнения и возможный ущерб. Регулирование любого процесса начинается с установления параметра, который максимально объективно характеризует регулируемый процесс. В области защиты от аварийного загрязнения окружающей среды таким параметром является риск, который представляет собой произведение вероятности на ущерб. Однако, не всегда специалистами, занимающимися проблемами защиты окружающей среды, в том числе, и на водном транспорте, риск понимается таким образом. В тоже время определение риска как пара-

метра, характеризующего и вероятность, и возможный ущерб, имеет глубокий смысл, так как открывает перед специалистами основные возможности решения проблемы защиты от аварийного загрязнения, например, при разливе нефти, а также упорядочивают эту деятельность. Такой подход к пониманию процессов аварийного загрязнения окружающей среды при эксплуатации позволил авторам статьи разработать алгоритм оценки риска объектов водного транспорта, на основании которой может быть составлен комплекс организационных мероприятий и технических средств, которые обеспечат эффективную защиту от аварийного загрязнения.

Вышеприведенное определение риска позволяет увидеть, что его снижение может быть обеспечено снижением вероятности аварийного загрязнения и ущерба. Поэтому весь комплекс мер, направленных на снижение или предотвращение аварийного загрязнения окружающей среды, целесообразно объединить в следующие два направления. Первое направление должно предусматривать меры, обеспечивающие сниже-

ние (иногда предотвращение) вероятности случаев возникновения аварийного загрязнения (см. рис. 3). В работе [2] это направление обозначено как превентивная защита. В этой работе автором сформированы основные направления превентивной защиты. К ним, прежде всего, относятся прогнозирование аварийного разлива по результатам исследования возможных сценариев развития событий, которые могут привести к разливу, и разработка собственно комплекса превентивных мер. К другому направлению защитных действий необходимо отнести комплекс всех мер (организационных мероприятий и технических средств), направленных на уменьшение ущерба, который может иметь место в случае возникновения аварийного загрязнения. Такое направление обозначено как активная защита [2]. В свою очередь все меры активной защиты включают в себя меры, направленные на прекращение поступления нефти в окружающую среду, локализацию аварийного разлива, его ликвидацию, а также ликвидацию последствий аварийного разлива.

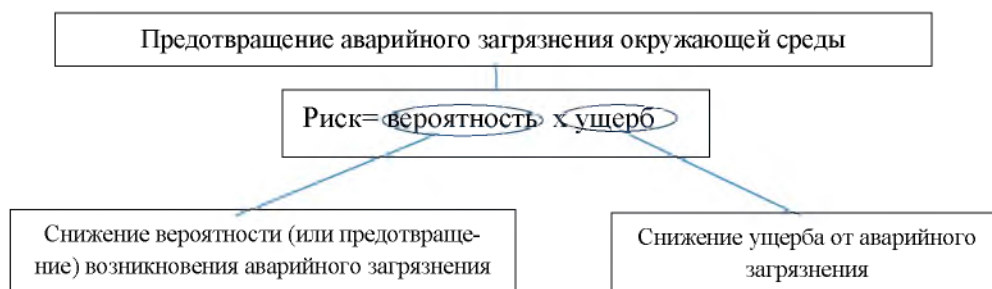


Рисунок 3 – Основные направления предотвращения аварийного загрязнения окружающей среды

Комплекс защитных мер должен разрабатываться для каждой группы технических устройств, входящих в состав исследуемого техногенного объекта, прежде всего, для тех ситуаций и причин, которые характеризуются наибольшим риском, то есть наиболее вероятным и приводящим к наибольшему ущербу.

Заключение. Таким образом, в настоящей работе, исходя из необходимости регулирования аварийного загрязнения окружающей среды как основного принципа защиты от данного вида загрязнения, сформулированы основные этапы регулирования.

К таким этапам или составляющим регулирования аварийного загрязнения относятся установление параметра (или параметров) объективно отражающих аварийное загрязнение, оценка возможных значений риска аварийного загрязнения, определение допустимых значений вероятности и ущерба, а также разработка ком-

плекса мер, обеспечивающих указанные допустимые значения вероятности и ущерба. В качестве параметра, объективно характеризующего аварийное загрязнение, предлагается использовать риск как произведение вероятности возникновения аварийного загрязнения на ущерб, который при этом загрязнении был нанесен окружающей среде.

Для оценки риска аварийного загрязнения как одного из основных этапов регулирования загрязнения на исследуемом объекте был предложен алгоритм оценки, для чего потребовалось разработать классификацию технических устройств, которые используются для перемещения нефти, предложив четыре группы этих устройств.

Оценку возможного риска для исследуемого технического объекта предложено осуществлять по предложенному алгоритму для каждой группы технических средств, которые входят в состав ис-

следуемого объекта и обеспечивают перемещение нефти. Предложен также подход к определению допустимых значений вероятности аварийного загрязнения окружающей среды и ущерба, а также установлены границы их значений.

Литература

1. Курников, А. С. Концепция повышения экологической безопасности судна / А. С. Курников. – Н. Новгород: Изд-во ВГАВТ, 2002. – 80 с.
2. Решняк В.И. Система управления экологической безопасностью при эксплуатации судов на внутренних водных путях. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2017. – 140 с.
3. Наумов В.С. Предотвращение загрязнения окружающей среды на внутреннем водном транспорте управлением антропогенной нагрузки: дисс. ... доктора техн. наук. – Нижний Новгород, 2003. – 321 с.
4. Пластинин А.Е., Научные основы прогнозирования и анализа экологических последствий разливов нефти на внутренних водных путях, дис. ... доктора. техн. наук. – Нижн. Новгород, 2016.
5. Этин В.Л., Чебан Е.Ю., Иванов В.М., Васькин С.В., Лукина Е.А., Сосенков Ф.С., Организация борьбы с разливами нефти на внутренних водных путях. – Нижний Новгород: Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – 284 с.
6. Reshnyak V. Inland waterway environmental safety /Reshnyak V., Sokolov S.,Nyrkov A., Budnik V.//International Conference Information Technologies in Business and Industry. – 2018. – IOP Publishing, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015.
7. Решняк В.И., Опыт организации и использования технических средств для ликвидации аварийных разливов нефти / В.И. Решняк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2018. – Т. 10. – № 2. – С. 287-299.
8. Туркин, В.А. Экологическая безопасность и ее мера - риск: аспекты теории и практики / Туркин В.А., Чура Н.Н. //Безопасность в техносфере. – 2007. – № 2. – С. 11-16.
9. Тихомиров Н.П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. – М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2003. – 350 с.
10. García-Onetti, J. Integrated and ecosystemic approaches for bridging the gap between environmental management and port management/García-Onetti, J., Scherer, M. E. G., Barragán, J. M. //Journal of environmental management. – 2018. – T. 206. – p. 615-624.
11. Kozar L. Zarządzanie ryzykiem środowiskowym w przedsiębiorstwie jako kierunek wspierania budowy zielonej gospodarki / Kozar L.// Research Papers of the Wrocław University of Economics / Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu . 2017, Issue 470, p. 62-74.
12. Федорец,А.Г. Концепция риска в жизни и деятельности человека /Федорец,А.Г.// Ж-л «Безопасность в техносфере». – 2013.– Т. 2. – №1. – С. 3-13.
13. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности, приказ МЧС от 30.06.2009 г. № 382 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" (с изменениями и дополнениями). Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru/12169057/#ixzz5aQsl2wYC>.
14. Бородин Е.Л., Биденко С.И., Травин С.В., Хекерт Е.В., Храмов И.С. Геоинформационная поддержка управления морской транспортной активностью: методический аспект// Эксплуатация морского транспорта.– 2018.– № 2 (87).– С. 80-84.
15. Каракаев А.Б., Луканин А.В., Хекерт Е.В. Основные принципы моделирования и информационной поддержки процессов управления эксплуатацией судовых электроэнергетических систем. (часть 1) //Эксплуатация морского транспорта.– 2017.– № 2 (83).– С. 114-122.

References

1. Kurnikov, A. S. Konceptija povyshenija jekologicheskoj bezopasnosti sudna / A. S. Kurnikov// — N. Novgorod.: Izd-vo VGAVT, 2002. — 80 s.
2. Reshnyak V.I. Sistema upravlenija jekologicheskoj bezopasnost'ju pri jekspluatacii sudov na vnutrennih vodnyh putjah. SPb0: Izd-vo GUMRF im. adm. S.O. Makarova, 2017, 140 str.
3. Naumov V.S., Predotvrashhenie zagrijaznenija okruzhajushhej sredy na vnutrennem vodnom transporte upravleniem antropogennoj nagruzkoj, diss. ... doktora tehn. nauk, Nizhnij Novgorod, 2003 g., 321 str.
4. Platinin A.E., Nauchnye osnovy prognozirovaniya m analiza jekologicheskikh posledstvij razlivov nefiti na vnutrennih vodnyh putjah, dis. ... doktora. tehn. nauk., Nizhn. Novgorod, 2016 g.
5. Jetin V.L., Cheban E.Ju., Ivanov V.M., Vas'kin S.V., Lukina E.A., Sosenkov F.S., Organizacija bor'by s razlivami nefiti na vnutrennih vodnyh putjah, Nizhnij Novgorod Izdatel'stvo FGBOU VO «VGUVT» 2015, 284 s.
6. Reshnyak V. Inland waterway environmental safety /Reshnyak V., Sokolov S.,Nyrkov A., Budnik V.//International Conference Information Technologies in Business and Industry. – 2018. – IOP Publishing, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015.
7. Reshnyak V.I., Opyt organizacii i ispol'zovaniya tehniceskikh sredstv dlja likvidacii avarij-nyh razlivov nefiti / V. I. Reshnyak // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. – 2018. – T. 10. – № 2. – S. 287-299.

8. Turkin, V.A. Jekologicheskaja bezopasnost' i ee mera - risk: aspekty teorii i praktiki / Turkin V.A., Chura N.N. //Bezopasnost' v tehnosfere. – 2007. – № 2. – S. 11-16.
9. Tihomirov N.P. Metody analiza i upravlenija jekologo-jekonomicheskimi riskami. M.:JuNITI-DANA. 2003, 350 s.
10. García-Onetti, J. Integrated and ecosystemic approaches for bridging the gap between environmental management and port management/García-Onetti, J., Scherer, M. E. G., Barragán, J. M. //Journal of environmental management. – 2018. – T. 206. – p. 615-624.
11. Kozar Ł. Zarządzanie ryzykiem środowiskowym w przedsiębiorstwie jako kierunek wspierania budowy zielonej gospodarki / Kozar Ł.// Research Papers of the Wrocław University of Economics / Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu . 2017, Issue 470, p. 62-74.
12. Fedorec, A.G. Koncepcija riska v zhizni i dejatel'nosti cheloveka /Fedorec, A.G.// Zh-1 «Bezopasnost' v tehnosfere». – T. 2. – №1. – 2013. – S. 3-13.
13. Metodika opredelenija raschetnyh velichin pozhar-nogo riska v zdaniyah, sooruzhenijah i pozhamnyh otkedah razlichnyh klassov funkcional'noj pozhamnoj opasnosti, prikaz MChS ot 30.06.2009 g. № 382 "Ob utverzhdenii metodiki opredelenija raschetnyh velichin pozhar-nogo riska v zdaniyah, sooruzhenijah i stroenijah razlichnyh klassov funkcional'noj pozhamnoj opasnosti" (s izmenenijami i dopolnenijami). Sistema GARANT: <http://base.garant.ru/12169057/#ixzz5aOsl2wYC>.
16. Borodin E.L., Bidenko S.I., Travin S.V., Hekert E.V., Hramov I.S. Geoinformacionnaya podderzhka upravleniya morskoy transportnoj aktivnost'yu: metodi-cheskij aspekt.// EHkspluaciya morskogo transporta. 2018. № 2 (87). S. 80-84.
17. Karakaev A.B., Lukanin A.V., Hekert E.V. Osnovnye principy modelirovaniya i informacionnoj podderzhki processov upravleniya ehkspluaciej sudovyh ehlektroenergeticheskikh sistem. (chast' 1).//EHkspluaciyamorskogotransporta. 2017. № 2 (83). S. 114-122.

УДК 621.431.74

DOI: 10.34046/aumsuomt90-15

УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

*С.А. Худяков, доктор технических наук, профессор
М.М. Фролов, кандидат технических наук, доцент*

В статье анализируется усталостная прочность деталей судовых технических средств на примерах ряда повреждений и отказов техники, которые происходили на судах по причине знакопеременных нагрузок. Рассматриваются основные факторы, влияющие на усталостную прочность деталей судовой техники, которые необходимо учитывать на стадии проектирования и в процессе её эксплуатации. Основной причиной появления усталостных трещин и разрушения деталей судовых технических средств являются резонансные колебания упругих систем, при которых значительно возрастают амплитудные значения напряжений при асимметричном цикле нагружения. Поэтому в рекомендациях, касающихся эксплуатационных факторов, влияющих на усталостную прочность, приводятся требования по предотвращению резонансов в колебаниях судовых упругих систем.

Ключевые слова: усталостная прочность, детали, судовая техника, проектирование, эксплуатация.

The article analyzes the fatigue strength of parts of ship technical equipment using examples of a number of damage and equipment failures that occurred on ships due to alternating loads. The main factors affecting the fatigue strength of parts of ship equipment, which must be considered at the design stage and during its operation, are considered. The main cause of the fatigue cracking and destruction of parts of ship technical means are the resonant oscillations of elastic systems, which significantly increases the stress amplitude values in an asymmetric loading cycle. Therefore, in the recommendations on the operational factors that affect durability are requirements to prevent resonances in ship vibrations of elastic systems.

Key words: fatigue strength, parts, ship equipment, design and maintenance.

В статье приведены сведения по усталостным повреждениям и отказам судовых технических средств (СТС) и корпусных конструкций (КК) и методике их определения, которая используется длительное время авторами и гарантирует положительный результат. Это даёт возможность объективно определить причины возникновения повреждений и отказов деталей СТС или КК, т.е. четко оценить недостаток усталост-

ной или предельной прочности. Таким образом, в результате исследования удастся разрабатывать способы для предотвращения повреждений и отказов при дальнейшей эксплуатации СТС и КК. В частности, по всем пунктам таблицы были приняты рекомендации авторов, которые дали положительный результат и проблемы судовладельцев были сняты (подробнее материалы, касающиеся каждого судна, будут приведены в