

7. Sulligoi G, Castellan S, Aizza M, Bosisch D, Piva L, Lipardi G. Active front-end for shaft power generation and voltage control in FREMM frigates integrated power system: Modelling and validation. In: Proceedings of the 21st international symposium on power electronics, electrical drives, automation and motion. Sorrento, Italy; 2012
8. Wijsmuller M, Hasselaar T. Optimisation of the propulsion arrangement in emergency towing vessels. In: Ship and boat international; September/October 2007.
9. Barcellos R. The hybrid propulsion system as an alternative for offshore vessels servicing and supporting remote oil field operations. In: Proceedings of the annual offshore technology conference, vol. 3; 2013
10. High-efficiency hybrid catapults MS Goblin to the forefront in bulk carrier shipping propulsion, 2017, <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dds/high-efficiency-hybrid-catapults-ms-goblin-to-the-forefront-in-bulk-carrier-shipping-propulsion/>
11. Hybrid retrofit delivers 15% fuel saving, 2016, <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dds/hybrid-retrofit-delivers-15-fuel-savings>
4. R.D. Geertsma et al. / Applied Energy 194 (2017)
5. McCoy TJ. Trends in ship electric propulsion. In: Proceedings of the IEEE power engineering society transmission and distribution conference, vol. 1; 2002
6. Gemmell G, McIntyre B, Reilly M. Is IFEP a realistic future propulsion system for flexible frigates and destroyers? In: Proceeding of the 12th international naval engineering conference. Amsterdam, the Netherlands; 2014.
7. Sulligoi G, Castellan S, Aizza M, Bosisch D, Piva L, Lipardi G. Active front-end for shaft power generation and voltage control in FREMM frigates integrated power system: Modelling and validation. In: Proceedings of the 21st international symposium on power electronics, electrical drives, automation and motion. Sorrento, Italy; 2012
8. Wijsmuller M, Hasselaar T. Optimisation of the propulsion arrangement in emergency towing vessels. In: Ship and boat international; September/October 2007.
9. Barcellos R. The hybrid propulsion system as an alternative for offshore vessels servicing and supporting remote oil field operations. In: Proceedings of the annual offshore technology conference, vol. 3; 2013
10. High-efficiency hybrid catapults MS Goblin to the forefront in bulk carrier shipping propulsion, 2017, <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dds/high-efficiency-hybrid-catapults-ms-goblin-to-the-forefront-in-bulk-carrier-shipping-propulsion/>
11. Hybrid retrofit delivers 15% fuel saving, 2016, <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dds/hybrid-retrofit-delivers-15-fuel-savings>

REFERENCES

1. Review of Maritime Transport 2018, UNCTAG
2. IMO. International convention for the prevention of pollution from ships(MARPOL) annex VI. Consolidated edition. IMO; 2011.
3. Ko J, Jin D, Jang W, Myung C-L, Kwon S, Park S. Comparative investigation of NOx emission characteristics from a Euro 6-compliant diesel passenger car over the NEDC and WLTC at various ambient temperatures. Appl Energy 2017

DOI: 10.34046/aumsuomt99/16

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ И ПРОБЛЕМЫ АВТОНОМНЫХ ГРУЗОВЫХ СУДОВ

А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент
Е.В. Зарубин, курсант
В.С. Мачек, курсант
Е.Г. Лебединский

В статье рассмотрена проблема внедрения разработок конструкторских и технических решений в плане перехода к безэкипажным судам торгового флота. Рассмотрены режимы работы, которыми должны будут обладать безэкипажные суда. Затронута проблема предполагаемых аварий, которым будут подвержены эти суда и их страхования. Оценен предполагаемый объем инвестиций в технологии искусственного интеллекта в течение ближайших лет на основании опроса, проведенного Navis. Рассмотрена одна из основных проблем, связанных с эксплуатацией БЭС - это их безопасность. Ожидается, что это будет достигнуто за счет снижения частоты несчастных случаев на борту судов, связанных с «человеческим фактором», путем простого удаления экипажей. Для этого была проведена оценка рисков, основанная на использовании двухэтапного анализа, поддерживаемого методом анализа человеческого фактора и системы классификации морских аварий (HFACS-MA). Было проанализировано 100 морских аварий с участием 119 судов на основе общедоступных отчетов о расследованиях для распределения количества аварий по фазам рейса.

Ключевые слова: безэкипажное торговое судно, авария, безопасность, режим работы, статистика.

DEVELOPMENT PROSPECTS AND PROBLEMS OF AUTONOMOUS CARGO SHIPS

A.I. Epikhin, Zarubin E. V., Makechek V. S. E.G. Lebedinsky

The article deals with the problem of implementing the development of design and technical solutions in terms of the transition to unmanned ships of the merchant fleet. The modes of operation that unmanned vessels will have to have are considered. The problem of the alleged accidents to which these ships and their insurance will be exposed is touched upon. Estimated the volume of investments in artificial intelligence technologies over the coming years based on a survey conducted by Navis. One of the main problems associated with the operation of UMS is considered - their safety. It is expected that this will be achieved by reducing the incidence of "human error" accidents on board ships by simply removing crews. To this end, a risk assessment was carried out using a two-step analysis supported by Human Factors Analysis and Marine Accident Classification System (HFACS-MA). 100 maritime accidents involving 119 vessels were analyzed based on publicly available investigation reports to distribute the number of accidents by phase of the voyage.

Key words: unmanned merchant ship, accident, safety, operating mode, statistics.

Ожидается, что прототипы беспилотных торговых судов будут введены в эксплуатацию в ближайшие годы. Основная причина их введения основывается на повышении безопасности мореплавания, что должно быть теоретически достигнуто за счет снижения влияния «человеческого фактора», за счет устранения экипажей на борту. С другой стороны, реакция беспилотного грузового судна на разные возможные предаварийные ситуации остается неопределенной и по сей день.

За последние годы технологии продвинулись значительно вперед и опыт, накопленный при эксплуатации малых и средних безэкипажных надводных и подводных аппаратов, существенно расширяет границы. Благодаря современным технологиям в последние годы появилась возможность разработать беспилотное торговое судно, способное перевозить грузы на дальние расстояния и даже через океаны без экипажа на борту. Считается, что первые полностью автономные безэкипажные торговые суда войдут в строй в ближайшие 10-15 лет.

Сейчас в разработке находятся несколько глобальных проектов, направленных на изучение концепции автономных и полностью безэкипажных торговых судов. В данном случае (в теории), автономное судно имеет преимущество над торговыми судами с экипажами. Это способность работать в одном из трех существующих режимов:

1. полностью пилотируемый;
2. дистанционно управляемый;
3. полностью автономный;

Последний рабочий режим соответствует уровню автономности 5 (AL5) по шкале **Регистра Ллойда**, определяемой следующим образом:

«Неконтролируемая или редко контролируемая операция, когда решения принимаются и выполняются системой, имеется в виду воздействие на уровне всего судна без участия человека».

Судно будет перемещаться в море или океане автономно с возможностью его переключения на дистанционное управление через канал спутниковой связи.

Но стоит принять к сведению, что большинство опасностей, ожидаемых в рамках этого исследования, связаны с человеком, и влияние отсутствия человека на развитие последствий аварии, по-видимому, не учитывается должным образом. Например, избыточность человеческого фактора определяется как основное средство уменьшения вероятности аварии, что может оказаться невыполнимым в некоторых случаях, например, при пожарах, когда чрезвычайно сложно разработать техническую систему, способную предотвратить или устранить все возможные сценарии возгорания.

Кроме того, страховые компании довольно скептически относятся к идее беспилотных судов. Считается, что потребуются десятилетия, а не годы, чтобы концепция стала действующей и юридически приемлемой, однако возможна экономически обоснованная альтернатива для морских перевозок на короткие расстояния в виде формирования конвоя с пилотируемыми судами, сопровождающими и отслеживающими беспилотные корабли (управление группой судов).

Согласно опросу, проведенному Navis, 83% респондентов ожидают увеличения своих инвестиций в технологии искусственного интеллекта в течение следующих трех лет. Большая часть участников также согласилась с тем, что ИИ может быть задействован в автоматизации процессов на грузовых терминалах.

Примерно 56% заявили, что они готовы либо тестировать технологии, либо проводить исследования возможностей искусственного интеллекта. Тем не менее, впереди ещё очень много работы и испытаний, поскольку только 11% подтвердили, что они уже использовали ИИ в той или иной степени в операциях на терминалах.

Самой большой проблемой с ИИ, по заявлению респондентов (68%), является достаточно большая нехватка опыта использования этих технологий - это существенный недостаток. При этом около трети заявили, что на данный момент недостаточно опыта эксплуатации безэкипажных судов, доказывающих преимущества для бизнеса, поскольку технология всё ещё относительно новая.

Из доступной на данный момент литературы в области безэкипажного судовождения очевидно, что одной из основных проблем, связанных с эксплуатацией БЭС, является их безопасность. Основная аргументация в пользу их введения - повышение безопасности мореплавания. Ожидается, что это будет достигнуто за счет снижения частоты несчастных случаев на борту судов, связанных с «человеческим фактором», путем простого удаления экипажей. Однако на самом деле экипаж не будет полностью удален, а скорее переведен в удаленный центр управления. Это может создать опасности, которые еще предстоит идентифицировать. Кроме того, все еще неясна реакция беспилотного судна на возможные аварии. Стоит отметить, что в литературе отсутствуют научные исследования о влиянии безэкипажных судов на безопасность *морских перевозок*. Отдельного внимания требует танкерный флот.

Чтобы восполнить этот пробел или, по крайней мере, уменьшить его, была предпринята попытка применить систему оценки безопасности, основанная на анализе более сотни отчетов о морских авариях. Целью анализа было оценить, произошла бы авария, если бы судно было автономным и, если бы она произошла - были бы ее последствия другими, если бы на борту не было никого, кто бы им противодействовал.

Оценка основана на использовании двухэтапного анализа, поддерживаемого методом анализа человеческого фактора и системы классификации морских аварий (HFACS-MA), и простой проверки последствий. В таких рамках изучаются имеющиеся отчеты об авариях в отношении причины аварии и ее последствий. Первым шагом было оценить, была бы авария более (или менее) вероятной, если бы рассматриваемое судно было автономным (вопрос о вероятности аварии). На следующем этапе, учитывая, что авария действительно произошла, будут ли ее последствия другими (вопрос о возможных последствиях). Чтобы ответить на эти два вопроса, используется следующая качественная шкала:

1) отсутствие влияния

- 2) более сильное влияние на возникновение
- 3) меньшее влияние на возникновение.

Полученные результаты показывают, что если безэкипажные суда будут введены в эксплуатацию в соответствии с уровнем автономности 5, мы сможем ожидать меньшего количества типичных морских аварий, связанных с «человеческим фактором», однако нет никаких предпосылок ожидать, что последствия потенциальной аварии будут ниже наблюдаемых. В настоящее время оценка безопасности не учитывает факторы, которые не возникали в *судоходной отрасли* в прошлом - такие как киберпиратство или кибертерроризм.

Если этот фактор имеет место быть, то он может привести к более разрушительным последствиям, которые существенно повлияют на безопасность плавания автономных судов и восприятие их общественностью.

Отчеты об авариях

В связи с продолжающимся обсуждением того, каким образом беспилотные суда будут фактически эксплуатироваться, мы предполагаем, что они будут работать в автономном режиме во время перехода через океан до определенного момента перед подходом к порту, где береговой оператор возьмет на себя управление. Точка подключения к оператору может варьироваться для разных портов или рейсов в зависимости от ожидаемого трафика, сложности условий окружающей среды и т.д., но можно ожидать, что судовладельцы захотят эксплуатировать их в автономном режиме как можно дольше, чтобы использовать все возможности экономии денежных средств. Чтобы учесть эту неопределенность, мы предполагаем, что рассматриваемое судно будет работать автономно до того момента, пока береговой оператор примет управление на себя в реальной операции. Также признается, что будущие беспилотные суда вынуждены будут оставаться на якорной стоянке (рейде), например, из-за невозможности посадки на борт экипажа в непогоду.

В представленном исследовании мы проанализировали 100 морских аварий с участием 119 судов на основе общедоступных отчетов о расследованиях. Основываясь на ожидаемой практике эксплуатации автономных судов, мы отобрали только аварии, произошедшие во время тех отрезков рейса, которые с наибольшей вероятностью станут безэкипажными в будущем. Несчастные случаи, произошедшие на других этапах рейса (например, при швартовых операциях

или заходах в порт), не относятся к данному исследованию, так как не удается установить связь между этапом рейса и обстоятельствами происшествия. Распределение количества аварий по

этапам рейса, на которых они произошли, и преобладающие условия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение количества аварий по фазам рейса, на которых они произошли

Тип аварии	Лоцманская проводка до причала	Прибрежная навигация	Океанская навигация	Ограниченная видимость	Погодные условия
Посадка на мель	-	32	-	2	7
Пожар, взрыв	3	9	11	-	2
Столкновение	-	16	3	9	4
Затопление	-	7	2	-	5
Потеря остойчивости	1	2	3	-	5
Повреждение груза	-	2	2	-	3
Потеря структурной целостности	-	1	1	-	1
Потеря плавучести	-	1	-	-	-

Отчеты об авариях были получены из следующих источников: Австралийское бюро транспортной безопасности, Совет по расследованию аварий Норвегии, Морские власти Дании, Европейское агентство по безопасности на море, Судовой регистр острова Мэн, Японское бюро транспортной безопасности, Отделение по расследованию морских аварий в Великобритании, Федеральное бюро по расследованию морских аварий в Германии, Морское управление Багамских островов, Правительство Специального административного района Гонконг, Совет по безопасности на транспорте Канады.

В результате проанализированных аварий 63 человека погибли, 28 человек получили травмы. В это число входят спасатели, получившие ранения или погибшие при оказании помощи морякам, находящимся под угрозой исчезновения. Три случая привели к серьезному ущербу окружающей среде. Мы включили в наш анализ аварии как грузовых судов, так и большинство других типов судов (паромы Ro-Ro, морские вспомогательные суда) только в том случае, если тип судна не оказал очевидного влияния на вероятность или последствия события. В авариях были задействованы суда валовой вместимостью от 182 до 170 794 регистровых тонн. Они произошли в период с 1999 по 2015 года в различных географических регионах, хотя большая часть посадки на мель произошла в водах Северной Европы, а столкновения - в Китайском море, причем первое произошло с участием заметно большого

количества каботажных судов, укомплектованных небольшими экипажами из 7-8 человек. Особой зависимости между возрастом судна и вероятностью его попадания в морскую аварию не наблюдалось.

И все же одна из самых больших проблем с автономными судами (не учитывая безопасность) - это экономическая составляющая. Огромное количество технологий, необходимых для внедрения технологий полностью безэкипажного судна, обойдется недешево. Например, судно Yara Birkeland (сдано 30 ноября 2020 года) оценивается примерно в 25 миллионов долларов, что в три раза больше, чем контейнеровоз аналогичного размера. Более того, поскольку на борту никого нет, такие суда могут стать легкой мишенью для пиратов. Опираясь на полученные сведения, перспектива замены грузовых судов с экипажами на полностью автономные суда достаточно туманная, но с каждым годом ученые и инженеры развивают эту отрасль, стараясь учитывать все недостатки и возможные риски.

Литература:

1. Kevin Huang, John B. Goodenough // Introduction to solid oxide fuel cells (SOFCs)
2. Anthony F. Molland // The Maritime Engineering Reference Book ScienceDirect
3. Krzysztof Wróbel, Jakub Montewka, Pentti Kujala // Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.03.029>
4. Marine Structural Design (Second Edition) 2016, Pages 39-47.

5. Бабурина О.Н. Мировой морской торговый флот: динамика, структура, перспективы [текст] / О.Н. Бабурина, Е.В. Хекерт, Ю.Л. Никулина // Транспортное дело России.– 2017.– № 1.– С. 88-92.
6. Боран-Кешишьян А.Л., Астреин В.В., Кондратьев С.И. *Формализация общей стратегии принятия решений для достижения комплексной безопасности судна* // *Морские интеллектуальные технологии*.– 2019.– № 1-2 (43).– С. 127-131.
7. Боран-Кешишьян А.Л. Исследование наработки до отказа тренажерно-обучающей системы [Текст]/А.Л. Боран-Кешишьян, С.И. Кондратьев // *Журнал университета водных коммуникаций*, №3. - Санкт-Петербург: СБГУВК, 2012. – С. 55-59.
3. Krzysztof Wróbel, Jakub Montewka, Pentti Kujala // Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.03.029>
4. *Marine Structural Design (Second Edition)* 2016, Pages 39-47.
5. Baburina O.N.. Mirovoj morskoy torgovyy flot: dinamika, struktura, perspektivy [tekst] / O.N. Baburina, E.V. Hekert, YU.L. Nikulina // *Transportnoe delo Rossii*. 2017. № 1. S. 88-92.
6. Boran-Keshish'yan A.L., Astrein V.V., Kondrat'ev S.I. *Formalizatsiya obshchey strategii prinyatiya reshenij dlya dostizheniya kompleksnoj bezopasnosti sudna* // *Morskie intellektual'nye tekhnologii*. 2019. № 1-2 (43). S. 127-131.
7. Boran-Keshish'yan A.L. *Issledovanie narabotki do otkaza trenazherno-obuchayushchej sistemy* [Tekst]/A.L. Boran-Keshish'yan, S.I. Kondrat'ev // *Zhurnal universiteta vodnyh kommunikacij*, №3. - Sankt-Peterburg: SBUGUVK, 2012. – S. 55-59.

References

1. Kevin Huang, John B. Goodenough // Introduction to solid oxide fuel cells (SOFCs)
2. Anthony F. Molland // The Maritime Engineering Reference Book ScienceDirect

УДК 629.065

DOI: 10.34046/aumsuomt99/17

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДОМ ВИБРОНАКАТЫВАНИЯ

Р.Г. Дубровин, кандидат технических наук

В.Н. Таламанов, кандидат технических наук, доцент

Г.Л. Козенкова, доцент

В.А. Козенков, старший преподаватель

Е.Г. Лебединский

В.В. Шкода, кандидат педагогических наук, доцент,

Наиболее совершенным и универсальным методом образования регулярных микрорельефов в настоящее время является разработанный профессором ЛИТМО Ю.Г. Шнейдером метод вибрационного накачивания, основанный на тонком пластическом деформировании поверхностных слоев металла и сложном относительном перемещении обрабатываемой поверхности и деформирующего элемента. Вибронакачивание для восстановления размеров деталей осуществляется за счет образования выдавленных из канавок наплывов при создании системы канавок. В этом случае основным показателем процесса будет изменение размера с сохранением исходной точности. В номенклатуру параметров и характеристик частично регулярных микрорельефов включена относительная площадь, занимаемая регулярными неровностями – F_H . Параметр F_H представляет собой выраженное в процентном отношении площади занимаемой регулярно расположенными неровностями к площади обрабатываемой поверхности. Если определять параметр F_H на площадке размером $T \cdot 2A$ в границах элемента микрорельефа при различных значениях осевого шага регулярных неровностей, то возможны случаи неоднозначного описания микрогеометрии частично регулярного микрорельефа. Во избежание этих случаев необходимо соблюдать кратность отношения амплитуды A и осевого шага S . $S = 2A/k$, $k = 1, 2, \dots$, [А-г]

Ключевые слова: восстановление размеров изношенных деталей; пластическое деформирование, метод вибронкачивания.

RESTORATION OF MACHINE PARTS BY VIBRATION ROLLING METHOD

R. G. Dubrovin, V. N. Talamanov, G. L. Kozenkova, V. A. Kozenkov, E. G. Lebedinsky, V. V. Shkoda

The most perfect and universal method of forming regular microreliefs is currently developed by Professor LITMO Yu. The method of vibration rolling, based on the thin plastic deformation of the surface layers of the metal and the complex relative movement of the treated surface and the deforming element. Vibration rolling to restore the dimensions of the parts is carried out due to the formation of indentations squeezed out of the grooves when creating a system of grooves. In this case, the main indicator of the process will be the change in size while maintaining the original accuracy. The nomenclature of parameters and characteristics of partially regular microreliefs includes the relative area occupied by regular irregularities-FH. The FH parameter is expressed as a percentage of the area occupied by regularly spaced irregularities to the area of the surface to be treated. If the FH parameter is determined on a site of size $T \cdot 2A$ within the boundaries of a microrelief element