

- setki dlya resheniya zadach aero-dinamiki v programnom komplekse FlowVision / P. I. Karasev, A. S. SHishaeva, A. A. Aksenov // Vestnik YUUrGU. Seriya: Vychislitel'naya matematika i informatika. – 2012. – №47 (306). – S. 46-58.
19. Korol', YU. M. Vliyanie lopastnyh i profil'nyh harakteristik na gidrodinami-cheskuyu effektivnost' grebnyh vintov / YU. M. Korol', O. N. Kornelyuk // Nauka i pro-gress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodo-rozhnogo transporta. – 2017.- №4(70). – S. 80-88.
20. Osovskij, D.I. Vliyanie ogranichenogo prostranstva na rezul'taty chislemogo i eksperimental'nogo issledovaniya grebnogo vinta s dopolnitel'nym strujnym vozdejstviem vody na lopasti / Osovskij D.I., SHaratov A.S. // Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta. — 2019. — № 58. — S. 39–53
21. Sharatov, A. S. Analiz vliyaniya strujnogo interceptora lopasti na potok vody, vzaimodejstvuyushchij s grebnym vintom. / A.S. Sharatov, N.P. Klimenko, V.A. Ohlonin // Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2020. Vyp. №4. – S. 42-50.
22. Patent number: UA 58662, B63H 25/00 Design of mechanized jet rudder of ship / D. I. Osovskii, application. and patentable. Kerch State Maritime Technological University. – No. 201009632; declared on 02.08.2010; published on 26.04.2011, Byul. No. 8. – 2011.

УДК 629.5.015, УДК 629.12.001.2

DOI: 10.34046/aumsuomt98/14

ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ МОРСКИМИ АВТОНОМНЫМИ НАДВОДНЫМИ СУДАМИ

*А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент,
А. В. Игнатенко, начальник судомеханического факультета
Д.Е. Студеникин, кандидат технических наук, доцент
Е.В. Хекерт, доктор технических наук, профессор*

Современные тенденции и перспективы судовых энергетических установок и их элементов применительно к концепции автономного судна и безэкипажного (беспилотного) судовождения, а также выполнения перспективных требований международного морского законодательства по предотвращению загрязнения атмосферы с судов. Использование альтернативных топлив и переход на электроснабжение с берега при стоянке таких судов в портах, на оборудованных рейдовых стоянках, а также использование «чистой электроэнергии» для электроснабжения объектов водного транспорта и шельфовой инфраструктуры. Обеспечение удаленного управления судовыми техническими средствами автономного судна, контроль параметров процессу и оценка их технического состояния с использованием искусственных нейро-нечетких сетей. Создание цифровых двойников и прогнозирование технического состояния, моделирование сценариев в течение жизненного цикла судовых технических средств.

Ключевые слова: судовые энергетические установки, энергоэффективность, газообразное топливо, электронное управление, безэкипажное судовождение, интегрированные системы управления, нечетко-нейронная сеть, цифровые двойники.

TRENDS, PROSPECTS AND TECHNOLOGIES FOR MODERN AND CUTTING-EDGE POWER PLANTS WITHIN MARITIME INDUSTRY INCORPORATING ASPECTS OF AUTONOMOUS SHIPPING

A. I. Epikhin, A. V. Ignatenko, D. E. Studenikin, E. V. Heckert

Modern trends and prospects of ship power plants and their elements in relation to the concept of an autonomous vessel and crewless (pilotless) navigation, incorporating meeting the potential newer requirements / restrictions of international maritime legislation regarding airborne pollutions from ships. The use of alternative fuels and the alternative to marine power technology from the shore when such vessels are moored in ports, at equipped roadsteads, as well as the use of “clean electricity” to supply power to marine transport facilities and offshore infrastructure. Remote control of ship’s main power plant and auxiliaries of an autonomous vessel, control of process parameters and assessment of their technical condition using artificial neuro-fuzzy networks. Creation of digital twins and forecasting of the technical condition, modeling of scenarios during the life cycle of ship technical equipment.

Keywords: marine power plants, energy-efficiency, ship’s fuels, electronic control, crewless navigation, autonomous shipping, integrated automation systems, fuzzy-neural network

В международной морской организации был принят ряд документов, регламентирующих развитие отрасли. Основным таким документом является резолюция А.1110(30) – Стратегический план организации на 6 летний период.

В Стратегическом плане указаны стратегические направления, на которых ИМО сосредоточит внимание в течение периода 2018–2023 годов. Органы ИМО продолжают работу по достижению целей Организации, как изложено в статье 1 Конвенции об ИМО, поддерживая систему глобального морского законодательства и обеспечивая равные условия для всех государства, занятых в международном судоходстве. При этом ИМО будет сохранять лидерскую позицию в обеспечении равновесия для международного судоходства между потребностями экономического развития, способствованием международной торговле, безопасностью, защищенностью и защитой окружающей среды. ИМО будет обеспечивать, чтобы в процессе принятия решений во внимание принимались интересы всех участвующих сторон, и будет уделять особое внимание потребностям развивающихся стран, особенно малых островных развивающихся государств (МОРГ) и наименее развитых стран (НРС).

По мере совершенствования технологий новые передовые технологии будут оказывать существенное влияние на развитие судоходства, создавая взаимосвязанную и эффективную отрасль, более тесно интегрированную в глобальную цепь поставок. Новые передовые технологии уже стали причиной изменений на всех уровнях как осуществляется конструирование судов, их постройка, снабжение и эксплуатация, равным образом они оказали воздействие на персонал, как судовой, так и береговой. Эти технологии могут также обеспечить доступ к огромному объему связанных с судоходством данных.

Технологическое развитие несет с собой новые возможности, а также проблемы, и поэтому внедрение новых технологий должно быть тщательным образом продумано с тем, чтобы они смогли занять свое надлежащее место в общей регулятивной системе Организации. Сюда относится вопрос о достижении равновесия между пользой от новых передовых технологий и проблемами в связи с безопасностью, защищенностью, воздействием на окружающую среду и осуществлением международных сообщений, потенциальными затратами для отрасли и, наконец, их воздействием на персонал, как судовой, так и береговой.

Регулятивная система Организации будет постоянно адаптироваться к новым возникающим на

глобальном уровне проблемам и явлениям, которые оказывают воздействие на судоходную отрасль, с тем чтобы обеспечить безопасность, защищенность и защиту окружающей среды. Организация будет стремиться к созданию правовой базы, в которой бы должным образом учитывались новые передовые технологии и подходы; она должна сохранить нейтральность в отношении технологий, разрабатывая документы и стандарты качества ИМО без предоставления каких-либо преимуществной технологии перед другой.

Безусловно, одним из самых важных и обсуждаемых постоянно результатов является 2.7 – исследование по определению регулятивной сферы для использования морских автономных надводных судов (МАНС).

Вместе с широкой работой по установлению уровня автономности (документ КБМ 102/5/18) ведется широкое освещение соответствия МАНС существующим нормам. Естественно, что помимо полного соответствия выделяется и несоответствие, к примеру, в документе КБМ 102/5/7. Много стран-членов ИМО выделяет перспективу развития в области судоходства, к примеру, в документе КБМ 102/5/18 говорится, что для судов, настанет время, когда навигация, включая наблюдение и маневрирование, будет осуществляться системой с высоким уровнем автоматизации, а участие дистанционного управления в навигационной задаче станет относительно невелико. В таком случае удаленный оператор может просто контролировать систему и определять, чтобы отключить систему в задаче вождения, принимая во внимание окружающую среду, когда это необходимо. В другом случае вовлеченность дистанционного управления в навигационную задачу высока и удаленный оператор выполнял бы всю навигационную задачу, когда судно эксплуатируется с системой относительно низкого уровня автоматизации или, когда система с высоким уровнем автоматизации выходит из строя.

Однако, в настоящей статье поднимаются вопросы развития МАНС, с первого взгляда не лежащие на поверхности. К примеру, вопросы эксплуатации энергетических установок морских судов.

В эксплуатации энергетических установок морских судов и объектов водного транспорта определяющими являются понятия безопасности и эффективности. Плановая дата (19 мая 2005) вступления в силу приложения VI к конвенции МАРПОЛ-73/78 по предотвращению загрязнений атмосферы с судов послужила в начале 1990-х годов стимулом к разработке новых систем управления

судовыми дизельными двигателями, отвечающими требованиям по снижению выбросов окислов азота. Так в отрасль пришли судовые малооборотные двигатели с электронным управлением (МОД с ЭУ) [1]. С момента вступления приложения VI в силу постепенно ужесточались нормы по предотвращению загрязнения атмосферы окислами азота (NO_x) и серы (SO_x), а также парниковыми газами (англ. – *greenhouse gases* – GHG). Ключевыми этапами для ограничений выбросов NO_x явилось введение норм IMO Tier I, II и III – в 2000, 2011 и 2016 годах соответственно, а для SO_x – IMO Global Sulphur Cap – 01/01/2020.

С точки зрения технологии СЭУ основные пути выполнения этих требований – использование новых видов топлив и дополнение конструкции судовых дизельных двигателей новыми узлами, назначением которых является снижение указанных выбросов – системы селективного каталитического восстановления (СКВ), рециркуляции выхлопных газов (РВГ), скрубберы [1. – С.147].

Альтернативные виды топлива такие как сжиженный природный газ (СПГ), сжиженный нефтяной газ и метанол, аммиак, аккумуляторные батареи, биотопливо (гидроочищенное растительное масло, *hydrotreated vegetable oil HVO*), водород. Сравнительные характеристики [2] для этих видов топлива показаны на рисунке 1, включая:

- готовность технических решений по их применению на судах;
- доступность топлива;
- инфраструктуру по доставке топлива к портам и бункеровочным базам;
- безопасность использования;
- капитальные затраты судовладельцев;
- стоимость;
- объемная плотность энергии (энергия на единицу объема).

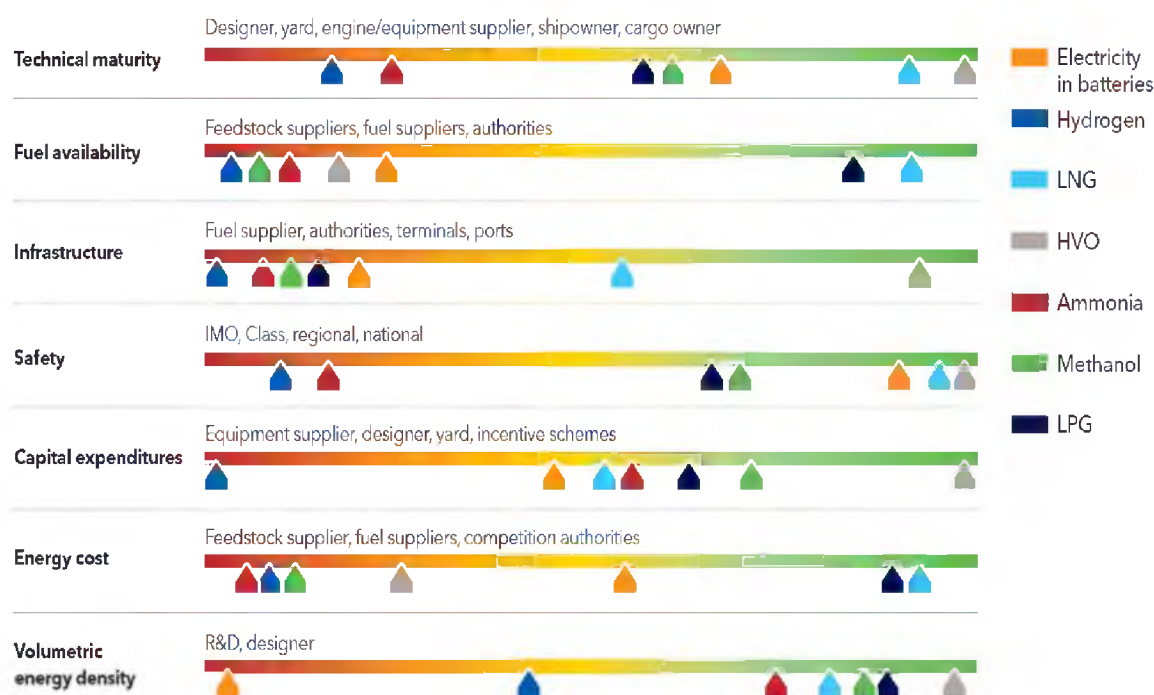


Рисунок 1 – Сравнительные характеристики альтернативных видов судовых топлив

Из сравнения по основным показателям можно сделать вывод о том, что сжиженный природный газ (СПГ), как альтернативное топливо, имеет ряд существенных преимуществ и лишь по двум показателям – инфраструктура (бункеровочные базы) и капитальные затраты на оборудование – средние значения. В настоящий момент инфраструктура бункеровочных баз динамично развивается и в ближайшие 5 – 10 лет существенно

больше количество портов сможет обеспечить доступность СПГ судам.

В таблице 1 приведен комплекс мер, направленных на повышение энергоэффективности на морском транспорте с указанием групп / пакетных решений и временных интервалов реализации.

Таблица 1 – Пакетные решения по повышению энергоэффективности на морском транспорте

Группа мер	Реализация	Пояснения
Начальный (отправная точка)	до 2015	Для судов, построенных до 2015 года, стандартные меры по поддержанию энергоэффективности судна включают: периодическую очистку корпуса, полировку гребных винтов, оптимизацию параметров главных и вспомогательных двигателей и грузовых систем.
Базовый	2015-2020	Для судов, построенных в этот период, повышение энергоэффективности достигается за счет улучшения гидроаэродинамических свойств корпусов, гребных винтов и рулей, а также повышения эффективности механизмов с использованием электропривода с полупроводниковыми преобразователями частоты, а также валогенераторных установок.
Улучшенный	2020-2025	Ожидаемое повышение энергоэффективности связано с улучшением систем утилизации энергии потерь тепловых двигателей, оптимизацией носовых обводов корпуса судна, улучшением характеристик паропроизводящих / котельных установок, а также оптимизацией скоростных режимов судовых тепловых двигателей.
Продвинутый	2025-2030	включая использование парусов, солнечных батарей, систем глубокой утилизации энергии потерь тепловых двигателей, а также разработка конструкций судов со снижением минимально необходимого балласта
Передовой	2030 и далее	Меры, разрабатываемые на перспективу за пределами десятилетнего периода: применение передовых технологий, включая использование цифровых двойников судов и СЭУ, а также ветровой энергии на борту судов.

Все указанные процессы протекают в период развития и внедрения технологии безэкипажного судовождения, реализации концепции автономного судна. При переходе к концепции безэкипажного судовождения с учетом приоритетов и с точки зрения управления СЭУ одной из наиболее ответственных областей является построение адекватной интегрированной системы управления (ИСУ, *англ. – IAS, IAMCS: Integrated Automation, Monitoring and Control System*) судовой энергетической установки (СЭУ), объединяющей как системы управления главными и вспомогательными энергетическими установками, так и остальными судовыми техническими средствами (СТС) судна. Основным направлением исследований в этой области является создание способа гармонизации систем управления процессами энергетических установок и навигационных систем (систем маневрирования), который бы обеспечивал требуемый уровень безопасной и эффективной (*safety and efficiency*) уровень эксплуатацию судна, включающую улучшение эксплуатационных характеристик оборудования, а также уменьшение числа обслуживающего персонала при высокой надежности функционирования [4].

В настоящее время существует множество средств, методов и систем получения информации о параметрах работы судовых технических средств (СТС) путём контроля и диагностики [5-8]. Вместе с тем необходима разработка новых комплексных технических решений безопасного и эффективного управления, мониторинга и диа-

гностики путем внедрения в этот процесс технологий, основанных на использовании искусственных нейронных сетей (ИНС).

Зачастую для осуществления процесса управления и диагностики СТС используются одни и те же модели, методы и технологии. Но их реализация выражается в совершенно различных аппаратных средствах, отсутствии возможности централизации и интеграции в единую систему мониторинга и управления судна. Создание интеллектуальных систем мониторинга, диагностики и управления СЭУ и синтез интегрированных систем комплексного управления позволит сделать еще один шаг вперед на пути к созданию автономных судов.

Принимая во внимание постоянное ужесточение экологических норм, проблемы экономии ресурсов, а также проблемы безопасности морского транспорта, связанные с отказоустойчивостью СТС и особенно систем их управления, можно сказать, что задача интеллектуального управления судном с учетом диагностики состояния его механизмов и систем является актуальной.

Разработка интеллектуальных систем с использованием нейро-нечетких сетей (ННС) позволяет оптимизировать и упростить процесс управления [4,5]. Морское судно представляет собой сложную динамическую систему, включающую СТС, которые функционируют в различных режимах, присутствует взаимозависимость их работы, существенно влияющих на выходные характеристики. Существующие системы мониторинга и управления в большинстве своем децентрализо-

ваны, они не учитывают влияние режима эксплуатации СТС на мореходные качества судна. Это негативным образом отражается на качестве работы алгоритма и объекта управления (ОУ) в целом при переходе к БЭС, тем самым снижая безопасность мореплавания в частности, так и делая технически невозможным эксплуатировать автономное судно.

Система «СЭУ-СУДНО» является нелинейной нестационарной стохастической системой. Многие процессы, проходящие в ней, не поддаются математическому анализу и описанию, носят случайный характер, поэтому даже самые совершенные системы управления не способны обеспечить адекватные управляющие воздействия в условиях БЭС, тем самым, не удовлетворяя требованиям обеспечения безопасности.

СТС в процессе эксплуатации могут подвергаться воздействиям вибрации, ударных нагрузок, влаги, соли, изменениям температуры окружающей среды в широком диапазоне и другим внешним факторам. Такие воздействия ускоряют процесс ухудшения технического состояния их деталей и узлов, тем самым увеличивая вероятность наступления аварийной ситуации. В результате параметры их работы существенно изменяются. Система управления получает лишь ограниченное количество данных о состоянии ОУ, не анализируя их ввиду отсутствия прогностической подсистемы, поэтому просто не способна адекватно реагировать на все вышеперечисленные изменения. Надежность работы СТС падает, что недопустимо во время автономного плавания судов.

Существующие системы управления не способны заблаговременно выявить предаварийную ситуацию, предупредить о ней, рассчитать время до аварии, локализовать неисправность, приводящую к поломке, либо скорректировать работу двигателя для минимизации или исключения аварийной ситуации. Поэтому необходим постоянный контроль состояния СТС со стороны оператора, например, оперативный перевод двигателя в другой режим работы либо полный его останов при возникновении какой-либо неисправности. Все это не позволяет исключить человеческий фактор из возможных причин аварий на судах.

В настоящее время все, даже новейшие судовые системы управления, в том числе на базе ННС, не используют мониторинг и диагностику объекта в должной мере и, как следствие, не способны выявлять, устранять и прогнозировать ресурс, дефекты и неисправности СТС. Такие системы снабжены лишь автоматической защитой

от аварий, тем самым осуществляется констатация факта, без возможности заблаговременно локализовать зарождающуюся неисправность. Это является существенным недостатком - потенциал современных систем управления на базе искусственного интеллекта не используется в полной мере. Поставленная задача выполнима для данных систем, требуя внедрения технологий искусственного интеллекта в процессы мониторинга, диагностики и управления СЭУ и последующему синтезу интегрированных систем комплексного управления автономным судном.

Комплексная система мониторинга, диагностики и управления имеет возможность непрерывной реализации ряда основных функций, таких как:

- измерение, при этом предполагается возможность реализации как прямого измерения контролируемых параметров, так и получения сведений о значениях параметров по косвенным показателям;
- контроль, т.е. анализ соответствия значения, контролируемого или измеряемого параметра соответствующей области допустимых или недопустимых значений;
- мониторинг, т.е. реализация расширенных контрольных функций, в т.ч. сравнительный анализ с характерными ретроспективными значениями показателей либо с аналогичной динамикой изменения соответствующих значений показателей по архивным данным;
- диагностика, т.е. обнаружение, идентификация и распознавание неблагоприятных сочетаний параметров, отказов или предаварийных ситуаций;
- прогнозирование развития аварийной ситуации;
- предотвращение аварийных ситуаций.

Для сбора оперативной информации с судовых технических средств целесообразно использовать один из наиболее распространенных протоколов, использующихся в промышленной автоматизации и централизации - это Modbus с возможностью использования различных видов последовательных линий связи - RS-485, RS-422, RS-232 и пр., а также сетей TCP/IP (Modbus TCP), что позволит реализовать универсальность применения СППР. Также Modbus имеет большое количество промышленно производимых датчиков, исполнительных устройств, модулей обработки и нормализации сигналов, конверторов протоколов

и прочих устройств, позволяющих обеспечить сопряжение с различными типами средств автоматизации судовых систем.

Функционирование системы заключается в выявлении неблагоприятных условий, способствующих развитию опасных и аварийных ситуаций, и выработке соответствующих управляющих воздействий, направленных на принятие превентивных мер по их предотвращению. Для этого используется ряд алгоритмов комплексного мониторинга взаимной работы функционально взаимосвязанного оборудования. К важным аналитическим данным относится ряд комплексных показателей, характеризующихся множеством различных факторов, отражающих как внутренние, так и внешние возмущения системы.

В целях повышения достоверности прогнозирования параметров СТС, в модуле системе также осуществляется параллельное математическое моделирование (по принципу «blackbox») режимов работы всех задействованных в системе СТС в прогнозе на различные сценарии развития контролируемых параметров, что позволяет спрогнозировать возможность развития опасных и аварийных ситуаций задолго до их фактического зарождения. Это позволит заблаговременно задействовать необходимые и целесообразные меры безопасности или активировать такие противоаварийные режимы функционирования СТС или решения по навигации, которые позволят минимизировать степень риска для судна, окружающей среды или объектов морской инфраструктуры.

Такие меры могут представлять собой изменение маршрута, изменение режимов работы силовых установок, превентивную активацию вспомогательных систем, таких как система повторного сжижения груза, система предотвращения обледенения и пр., а также выполнять оперативное техническое обслуживание СТС с целью повышения их эксплуатационной надежности или восстановления их работоспособности.

Синтез интегрированных систем управления, диагностирования и мониторинга:

- благоприятно отразится на экономических и экологических показателях эксплуатации автономного судна;
- уменьшит затраты на привлечение дополнительного экспертного персонала, ремонтное обслуживание и время простоя оборудования, а значит, и судна в ремонте;
- обеспечит безотказную, долговременную и оптимальную работу;

- поможет избежать непредвиденных и аварийных ситуаций;
- уменьшит информационную нагрузку на удаленного оператора за счет уменьшения количества обращений к состоянию и параметрам подсистемы диагностики;
- снизит возможные ложные аварийные ситуации;
- позволит создать и пополнять базу знаний для однотипных судов достоверными данными с последующим совершенствованием и универсализацией методов управления и диагностирования и повышением качества управления на основе этих знаний;
- позволит получать данные о состоянии объекта управления в режиме реального времени, исключая его остановку и (или) необходимость простоя в порту.

Рассмотренная комплексная система управления автономным судном на базе ННС, по нашему мнению, позволит объединить в себе достоинства существующих систем и избежать их основных недостатков. Синтез интегрированных систем управления, диагностирования и мониторинга позволит перейти на новый, более эффективный и экономически выгодный этап эксплуатации. Тенденция к внедрению безэкипажного судноходства (БЭС) позволит обеспечить спрос на интегрированные системы управления с учетом диагностирования при переходе от модели к готовой продукции.

В долгосрочной перспективе существующих стратегий до 2050 и 2100 годов одним из основных векторов указывается «декарбонизация» морской энергетики и четко просматривается постепенный отказ от массового использования углеводородного топлива

В концепцию снижения выбросов с судов гармонично вписалось технология альтернативного питания с берега (АПБ, англ. – *AMP, Alternative Maritime Power*) [9]. С середины первого десятилетия 2000-х началось продвижение и внедрение в отдельных портах технологии питания судов с берега во время стоянки – с сохранением полной работоспособности комплекса СТС и энергообеспечения всех технологических процессов, свойственных судну в соответствии с его назначением. Получив старт в портах западного побережья США, технология АПБ распространяется далее – в Юго-Восточную Азию и Европу: в концепции развития европейских портов закреплено положение об обеспечении высоковольтного питания с берега во всех европейских портах к

концу 2025. Отдельно необходимо отметить тот факт, что электроэнергию, используемую для систем АПБ предполагается получать, в основном, «чистым способом» без применения углеводородного топлива: от гидроэлектростанций, ветрогенераторов, из других альтернативных источников.

Технологии АПБ и их практическая реализация рядом ведущих изготовителей оборудования предполагают в перспективе возможность подготовки и подключения АПБ и автоматизированного перехода на береговое электроснабжение без непосредственного участия экипажа или персонала береговых служб, что сочетается с концепцией автономного судна, энергетическая установка которого управляется с применением ННС. В перспективе возможно создание оборудованных рейдовых стоянок и распространение технологии АПБ при электроснабжении с берега на объекты шельфовой инфраструктуры.

В декабре 2020 года вступило в действие постановление Правительства Российской Федерации «О проведении эксперимента по опытной эксплуатации автономных судов под Государственным флагом Российской Федерации» [3], определив официальный старт практической проверки концепции автономных судов и беспилотного судовождения, технологических разработок для современных судов, какотечественной, так и зарубежной постройки, на борту которых установлено энергетическое оборудование и системы управления разных типов от ведущих изготовителей. К моменту завершения эксперимента актуальной видится задача обеспечения занятия лидерских позиций в области разработок перспективных технологий безэкипажного судовождения.

В мире уже имеются пионерские разработки концептуальных походов БЭС для коммерческой эксплуатации. С осени 2019 года в России реализуется масштабный инновационный проект автономного судовождения коммерческого флота «БЭС-коммерческий флот».

Однако остается нерешенной наиболее сложная часть безэкипажного судовождения - автономный заход и обработки судов в портах и в условиях навигационных опасностей «БЭС-современный порт». В ближайшей перспективе до 2024 года необходимо обеспечить автономный заход в порты Российской Федерации судов с текущим оборудованием.

Это позволит перейти действующему флоту на новые автономные режимы, без экономически невыгодного вывода из эксплуатации.

Оценивая имеющийся национальный научный задел и результаты экспериментальной опытовой эксплуатации судов в безэкипажном режиме представляется возможным сделать прогноз развития технологических решений, обеспечивающих автономность морских судов в направлении создания:

- системы интеллектуального гидрометеорологического обеспечения автономного судовождения (2022);
- интеллектуальных систем принятия решения автоматического расхождения большой группы судов (2024);
- системы многопараметрического мониторинга процесса проводки судна, включая высокоточное позиционирование (2024).

В среднесрочной перспективе до 2030 года без сомнения удастся решить задачу проектирования и создание средств автономного судовождения на базе технологий искусственного интеллекта. Для достижения устойчивого мониторинга и безаварийного управления БЭС будут разработаны системы безопасных каналов передачи данных и системы активного маневрирования и управления во внештатных ситуациях.

Общая Концепция безэкипажного судовождения, как правило большинством авторов научных публикаций, рассматривается только с позиции навигационного мостика (управления судном). Однако, как выше рассмотрено в статье, реализация концепции МАНС без учета удаленного мониторинга параметров и дистанционного управления судовой энергетической установкой не представляется жизнеспособной. Присутствует оправданная необходимость восприятия автономного судна как единой сложной системы.

Приоритеты, определяемые исследовательскими программами крупных энергетических игроков (на мировом рынке): технологии энергосбережения, повышения энергоэффективности и зеленая энергетика, направлены на снижение антропогенных нагрузок.

ИМО разработаны глобальные правила по энергоэффективности судов и комплексная стратегия по снижению выбросов парниковых газов с судов. Достижение указанных целей осуществляется в два этапа:

1) 2020-2024 гг.:

- система дистанционного мониторинга, диагностики и управления судовыми энергетическими установками безэкипажного судна;
- проектирование элементов и цифровой среды береговой операторской инфраструктуры для обеспечения безэкипажного судовождения;

- технологии очистки отработавших газов и балластных вод.
- переход на новые виды топлива (с низкой температурой вспышки) и альтернативное энергоснабжение в порту;
- 2) 2025 – 2030 гг.:
- внедрение технологий искусственного интеллекта в управление судовыми энергетическими установками автономных судов;

- создание берегового сегмента удаленного управления флотом (группой судов).

К 2035 году внедрение технологий искусственного интеллекта в управление автономными судами и создание берегового сегмента удаленного управления флотом (группой судов) должны стать новой реальностью в мировом морском флоте.

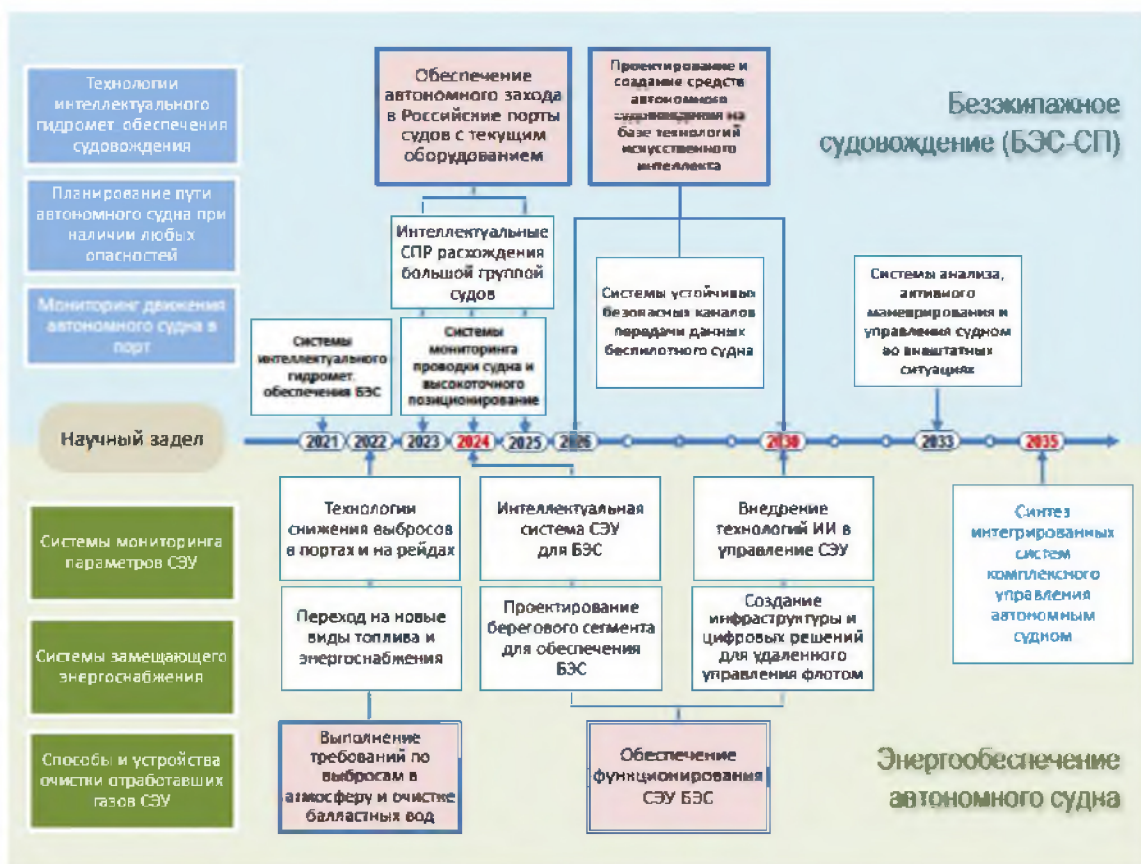


Рисунок 2 – Прогнозный вариант развития технологий МАНС

Системы безэкипажного судоходства существенно образом повлияют на состояние мирового рынка труда моряков, позволят снизить дефицит морских кадров на 20%, а операционные затраты судоходных компаний до 30%. Как следствие, в образовательной системе подготовки членов экипажей судов грядут революционные изменения, соответствующие новому технологическому укладу: набор цифровых профессиональных компетенций, новые методические подходы и технические средства обучения, которые станут объектом дидактических исследований педагогической науки.

Литература

1. Худяков С.А., Игнатенко А.В. Современные судовые малооборотные дизельные двигатели: со-

стояние, перспективы и проблемы// Эксплуатация морского транспорта. – 2020 – №1 (94) – 2020.

2. MARITIME FORECAST TO 2050. Energy Transition Outlook 2020. [Электронный ресурс] <https://eto.dnv.com/2020>
3. Постановление Правительства Российской Федерации №2031 от 5 декабря 2020 года «О проведении эксперимента по опытной эксплуатации автономных судов под Государственным флагом Российской Федерации». – Москва, 2020 – 8с.
4. Елихин А.И. Обзор современных способов автоматического управления судовыми энергетическими установками // «Вестник Волжской государственной академии водного транспорта». Том 54, выпуск №54. – Нижний Новгород, 2018.
5. Горева Т.И., Порнягин Н.Н., Пюкке Г.А. Нейросетевые модели диагностики техниче-

ских систем // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. Петропавловск-Камчатский. – 2012. – №1.

6. Епихин А.И. Диагностические модули системы поддержки принятия решений для танкеров-газовозов // «Вестник Астраханского государственного технического университета». Серия «Морская техника и технология». – 2017. – Выпуск №2.
7. Епихин А.И., Хекерт Е.В., Модина М.А. Принципы нейро-управления и варианты архитектуры нейронных сетей, применительно к сложной динамической системе СЭУ-судно // «Морские интеллектуальные технологии». – 2020. – №4 (50). – т.4
8. Пат. РФ № RU 2737457 C1 / Епихин А.И. Автоматическая система с нейро-нечеткой сетью для комплексной технической диагностики и управления судовой энергетической установкой; опубл. 30.11.2020, Бюл. № 4, «Изобретения. Полезные модели».
9. Игнатенко А.В., Мигель Д.В. Развитие судовых систем питания с берега – AMP / Cold Ironing // Научно-технические, экономические и правовые аспекты развития транспортного комплекса: материалы III национальной научно-практической конференции 14-15 ноября 2019 года в 2 ч. Ч1. – Новороссийск: РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова. – 2019 – Новороссийск, 2019.

REFERENCES

1. Khudyakov S.A., Ignatenko A.V. Sovremennyye sudovyye malooborotnyye dizel'nye dvigateli: sostoyanie, perspektivy i problemy // Eksploatatsiya morskogo transporta. – 2020 – №1 (94) – SPb, 2020.
2. MARITIME FORECAST TO 2050. Energy Transition Outlook 2020. [Elektronnyy resurs] <https://eto.dnv.com/2020>
3. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii №2031 ot 5 dekabrya 2020 goda «O provedenii eksperimenta po opytной ekspluatatsii avtonomnykh sudov pod Gosudarstvennym flagom Rossiyskoy Federatsii». – Moskva, 2020 – 8s.
4. Epikhin A.I. Obzor sovremennykh sposobov avtomaticheskogo upravleniya sudovyye-energeticheskikh ustanovok // «Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta». Tom 54, vypusk №54. – Nizhniy Novgorod, 2018.
5. Goreva T.I., Pomyagin N.N., Pyukke G.A. Neyrosetevyye modeli diagnostiki tekhnicheskikh sistem // Vestnik KRAUNTs. Fiziko-matematicheskienauki. Petropavlovsk-Kamchatskiy, №1/2012.
6. Epikhin A.I. Diagnosticheskiye moduli sistemy podderzhki prinyatiya resheniy dlya tankerov-gazovozov // «Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta». Seriya «Morskaya tekhnika i tekhnologiya». Vypusk №2. – Astrakhan', 2017.
7. Epikhin A.I., Khekert E.V., Modina M.A. Printsipy neyro-upravleniya i variantyarkhitektury neyronnykh setey, primenitel'no k slozhnoy dinamicheskoy sisteme SEU-sudno // «Morskoye intellektual'noye tekhnologii» №4 (50) t.4. – SPb, 2020.
8. Pat. RF № RU 2737457 C1 / Epikhin A.I. Avtomaticheskaya sistema s neyro-nechetkoy set'yu dlya kompleksnoy tekhnicheskoy diagnostiki i upravleniya sudovoy energeticheskoy ustanovkoy; opubl. 30.11.2020, Byul. № 4, «Izobreteniya. Poleznye modeli».
9. Ignatenko A.V., Migel' D.V. Razvitiye sudovyykh sistem pitaniya s berega – AMP / Cold Ironing // Nauchno-tekhnicheskie, ekonomicheskie i pravovyye aspekty razvitiya transportnogo kompleksa: materialy III natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii 14-15 noyabrya 2019 goda v 2 ch. Ch1. – Novorossiysk: RIO GMU im. adm. F.F. Ushakova. – 2019 – Novorossiysk, 2019.