

УДК 656.61

DOI: 10.34046/aumsuomt96/10

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ОНТОЛОГИЧЕСКОГО КОНТИНУУМА НА ПРИМЕРЕ МОРСКОЙ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

*А. Н. Попов, кандидат технических наук, доцент*

*Г. А. Зеленков, доктор физико-математических наук, профессор*

*Я. В. Бурьлин, кандидат технических наук, доцент*

В статье предпринята попытка модификации онтологического континуума «реальность-виртуальность» на примере морской человеко-машинной системы. Интенсивное внедрение информационных технологий позволяет значительно расширить информационный спектр человека-оператора (судоводителя) на мостике современного морского судна. Новые определения, такие как, «виртуальная реальность», «смешанная реальность» и другие производные реальности и виртуальности обуславливают необходимость формализации информационно-онтологического континуума. Для реализации поставленной задачи были использованы методы экспертных оценок и программные продукты визуализации.

**Ключевые слова:** дополненная реальность, виртуальная реальность, онтология, экспертная оценка, эргатическая система.

The article attempts to modify the ontological continuum «reality-virtuality» on the example of the marine human-machine system. The intensive introduction of information technologies allows to significantly expand the information spectrum of a human operator (navigator) on the bridge of a modern ship. New definitions such as «virtual reality», «mixed reality» and other derivatives of reality and virtuality necessitate formalization of the information-ontological continuum. To accomplish the task, the methods of expert assessments and visualization software were used.

**Key words:** augmented reality, virtual reality, ontology, expert assessment, ergatic system.

Технологии дополненной реальности оказывают поддержку человеку-оператору (судоводителю), накладывая на воспринимаемый мир виртуальную информацию, полученную от навигационных систем мостика морского судна. Однако разнообразие оборудования мостика различных типов судов и отсутствие единого информационного стандарта не позволяют пока использовать дополненную реальность в качестве общей платформы. Дополненную реальность можно ин-

терпретировать как новый онтологический уровень, который позволяет судоводителю взаимодействовать с информацией, поддерживая фокусировку в зоне обязательного контроля. Это приводит к повышению ситуационной осведомленности, сокращению информационной перегрузки за счет совмещения аналоговой и цифровой информации воедино [1].

Используемый сегодня реально-виртуальный континуум был разработан в 1994 году (рисунок 1).

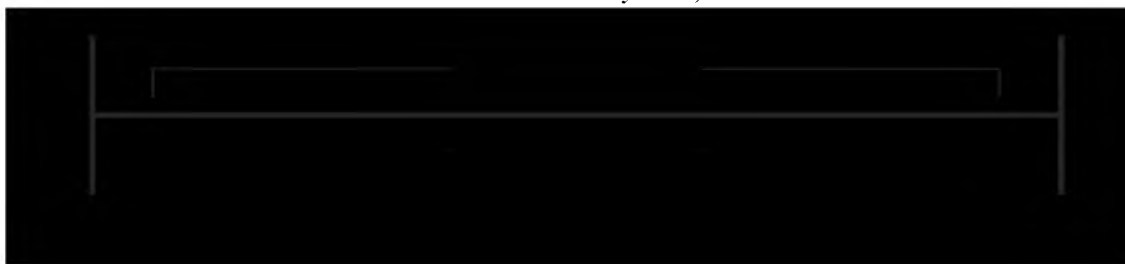


Рисунок 1 – Реально-виртуальный континуум

В соответствии с текущей таксономией реально-виртуального континуума любую из представленных на рисунке 1 информационных сред можно характеризовать с использованием следующих параметров:

- уровень правдоподобия (RF);
- количество информации (EWK);
- степень погружения в среду (EPM).

Одной из составляющих морской эргатической системы является человек-оператор (судоводитель). Следует отметить, что 60-80% всех аварий на морском транспорте связано с «челове-

ским элементом». В этой связи предлагается расширить существующую таксономию параметрами, характеризующими особенности работы человека-оператора (судоводителя) в соответствующей информационной среде:

- время для принятия решения (TDM);
- уровень понимания информации (LIU);
- уровень когнитивной нагрузки (LCL).

Для количественной оценки влияния среды предлагается использовать модифицированный вариант реально-виртуального континуума (рисунок 2) [2].

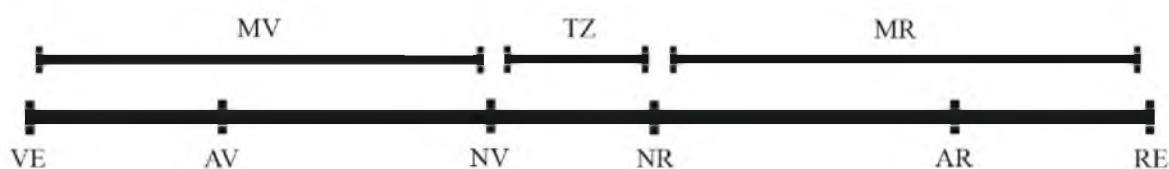


Рисунок 2 – Реально-виртуальный континуум (модифицированный)

Модифицированный вариант реально-виртуального континуума позволяет уточнить ряд существующих компонентов, а также ввести новые, а именно:

- RE – среда реального окружения;
- AR – среда дополненной реальности;
- VE – среда виртуального окружения;
- AV – среда дополненной виртуальности;
- NR – среда нейтральной реальности;
- NV – среда нейтральной виртуальности;
- MR – среда смешанной реальности;
- MV – среда смешанной виртуальности;
- TZ – зона перехода.

Для формализации информационно-онтологического континуума, представленного на рисунке 2 использован метод экспертных оценок. В качестве экспертов выступали слушатели курсов подготовки и переподготовки ИПК ГМУ имени адмирала Ф.Ф. Ушакова с опытом работы в море более 10 лет (капитаны).

Результаты экспертных оценок по группам параметров представлены в таблице 1.

В соответствии с данными таблицы 1 построены полигоны для каждого информационного параметра в зависимости от критериев и участков информационно-онтологического континуума (рисунок 3).

Таблица 1 – Оценки экспертов

| Среда | RF  | EWK | EPM | TDM | LIU | LCL | Балл |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| VE    | 4   | 3   | 9   | 6   | 8   | 5   | 8,5  |
| AV    | 5   | 9   | 5   | 7   | 6   | 5   | 8    |
| NV    | 4,5 | 5   | 7   | 4   | 5   | 4   | 6    |
| MV    | 4,5 | 7   | 9   | 6   | 7   | 5   | 8    |
| TZ    | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    |
| NR    | 4,5 | 8   | 7,5 | 5   | 5   | 6   | 8    |
| AR    | 10  | 10  | 10  | 9   | 9,5 | 10  | 10   |
| RE    | 9   | 2   | 9   | 3   | 6   | 5   | 9    |
| MR    | 9,5 | 7   | 9,5 | 7   | 7   | 7   | 9,5  |

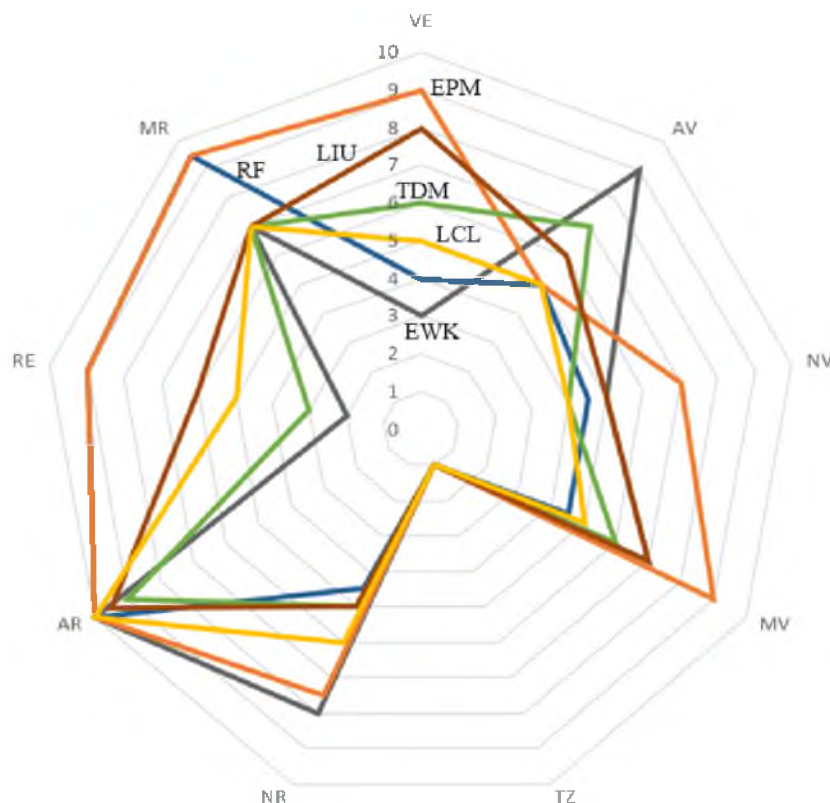


Рисунок 3 – Полигоны (НИВП)

По данным полученной таблицы с использованием программных продуктов визуализации построена диаграмма (линейный двумерный сплайн, рис. 4), которая показывает три типа информационных зон в которых человек-оператор (судоводитель) может принимать решение в безопасной зоне (9-10 баллов), в зоне внимания (2-9 баллов). Следует избегать нахождения судоводителя в опасной зоне (0-2 балла). Значение балла

соответствующей информационной среды определялось, как среднее значение двух наибольших характеристик каждой из групп параметров [3].

Дополнительно определен коэффициент согласованности действий судоводителей в процессе принятия решения при маневрировании, как минимум двух судов. Коэффициенты конкордации судоводителей в зависимости от нахождения в соответствующей информационной среде представлены в таблице 2.

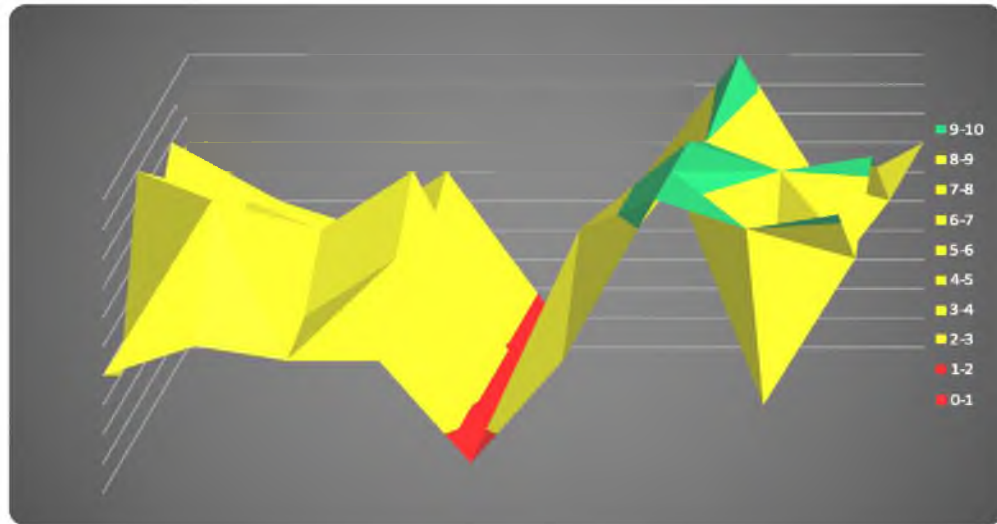


Рисунок 4 – Диаграмма (линейный двумерный сплайн) формализации реально-виртуального континуума по критерию балльности информационной среды

Таблица 2 – Определение коэффициента конкордации

|    | VE  | AV  | NV  | MV  | TZ | NR  | AR  | RE  | MR  |
|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| VE | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   |
| AV | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   |
| NV | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   |
| MV | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   |
| TZ | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   |
| NR | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| AR | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0,5 | 1   | 0,5 | 0,5 |
| RE | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0,5 | 0,5 | 1   | 0,5 |
| MR | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1   |

По данным полученной таблицы с использованием программных продуктов визуализации построена диаграмма, которая показывает три диапазона степени согласованности действий судоводителей в зависимости от нахождения в соответствующей информационной среде. Значения коэффициентов конкордации определялись в диапазоне от 0 до 1. Коэффициент конкордации равный 1 соответствует абсолютно одинаковым средам с баллом 9 и выше. Коэффициент конкордации 0,5 соответствует абсолютно одинаковым средам с баллом менее 9 или близким к ним. Коэффициент конкордации равен 0 в случае взаимодействия в абсолютно разных средах, либо в абсолютно одинаковых средах с баллом не выше 1. Информационный стандарт должен соответствовать информационной зоне с баллом 9 и выше и

коэффициентом конкордации близким к 1 (рисунок 4, 5) [4].

На полигонах ниже (рис. 6-8) показана зависимость полигонов информационных сред (зон) от информационных параметров. Причем, эта зависимость является обратной по отношению к полигонам на рис. 3. На рисунке 6 показаны полигоны для всех информационных сред с «заливкой» по цвету с дублированием обозначения сред. В связи, с наложением полигонов друг на друга на рисунке 6, ниже размещены полигоны для всех информационных сред отдельно с указанием опасной зоны (относительно информационных параметров) в форме правильного шестиугольника с радиусом 5 баллов. Кроме того, на рис. 8 показаны полигоны всех информационных сред без «заливки» (линейный сплайн), что даёт больше информации о навигационных ситуациях,

чем полигоны на рис. 6. Назовём полигоны на рис. 3, 6, 7, 8 интегральными визуальными параметрами (ИВП). Весь набор ИВП для всех информационных сред (рис. 3, 6, 8) назовём набором ИВП по нескольким средам (НИВП). Очевидно, для человека-оператора (судоводителя) эти ИВП и НИВП дают совокупную визуальную информа-

цию об информационных средах двух и более судов, информационные параметры которых известны. На полигонах человек-оператор (судоводитель) видит вхождения информационных параметров в опасную зону маневрирования (менее 5 баллов) или близость к этой зоне своего судна и других судов.

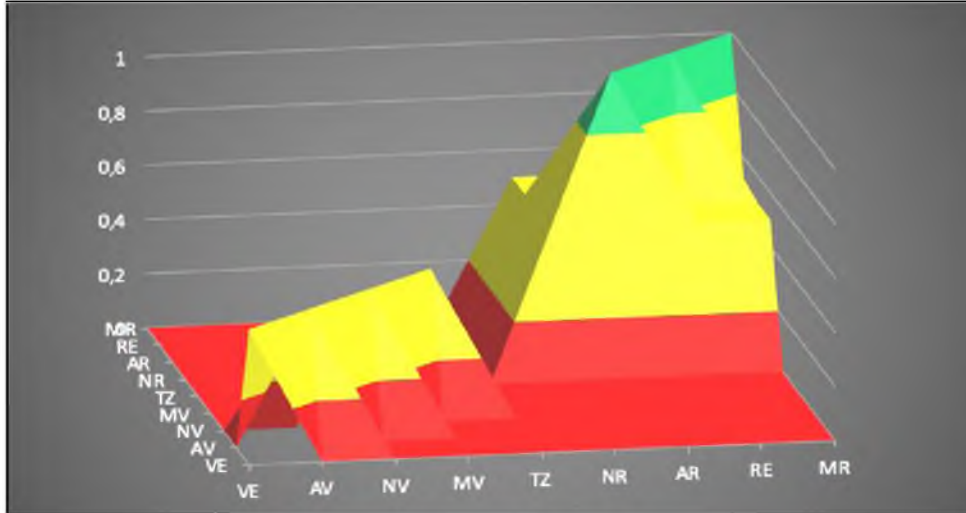


Рисунок 5 – Диаграмма (линейный двумерный сплайн) формализации реально-виртуального континуума по критерию бальности коэффициента конкордации

Для подтверждения или дополнения к НИВП судов можно предложить несколько числовых показателей таких, как средние (арифметическое и геометрическое) по параметрам информационных сред, которые будут точнее, если добавить в таблицу 1 веса информационных параметров. Для экономии места ограничимся коэффициентом, по которому можно ранжировать ИВП по информационной линейке с помощью площадей полигонов. Точнее,

$$K=1 - \frac{s}{S} \tag{1}$$

где  $S$  – площадь полигона ИВП среды, а  $s$  – площадь полигона с параметрами по 10 баллов.

Коэффициент  $K$  можно считать числовой мерой риска ошибки управления по ИВП. ( $0 \leq K \leq 1$ ). Если значение  $K$  близко к нулю, то риск ошибки управления минимален, если же  $K$  близок к 1, то риск ошибки управления максимален. Расчеты просты, но не могут быть точными, т.к. основаны на экспертных оценках. Однако, соответствие коэффициента ИВП информационной обстановке выполняется. Оценку (1) можно использовать для вычисления коэффициента согласованности управленческих действий вахтенных помощников на судах.

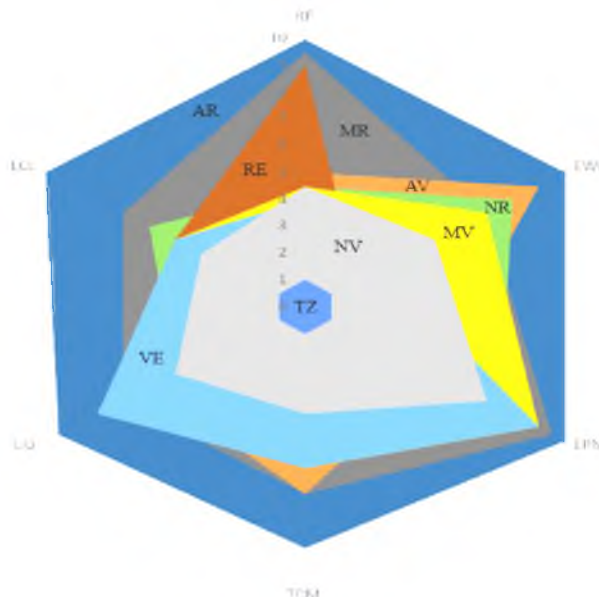


Рисунок 6 – Полигоны (НИВП, наложение полигонов сред)

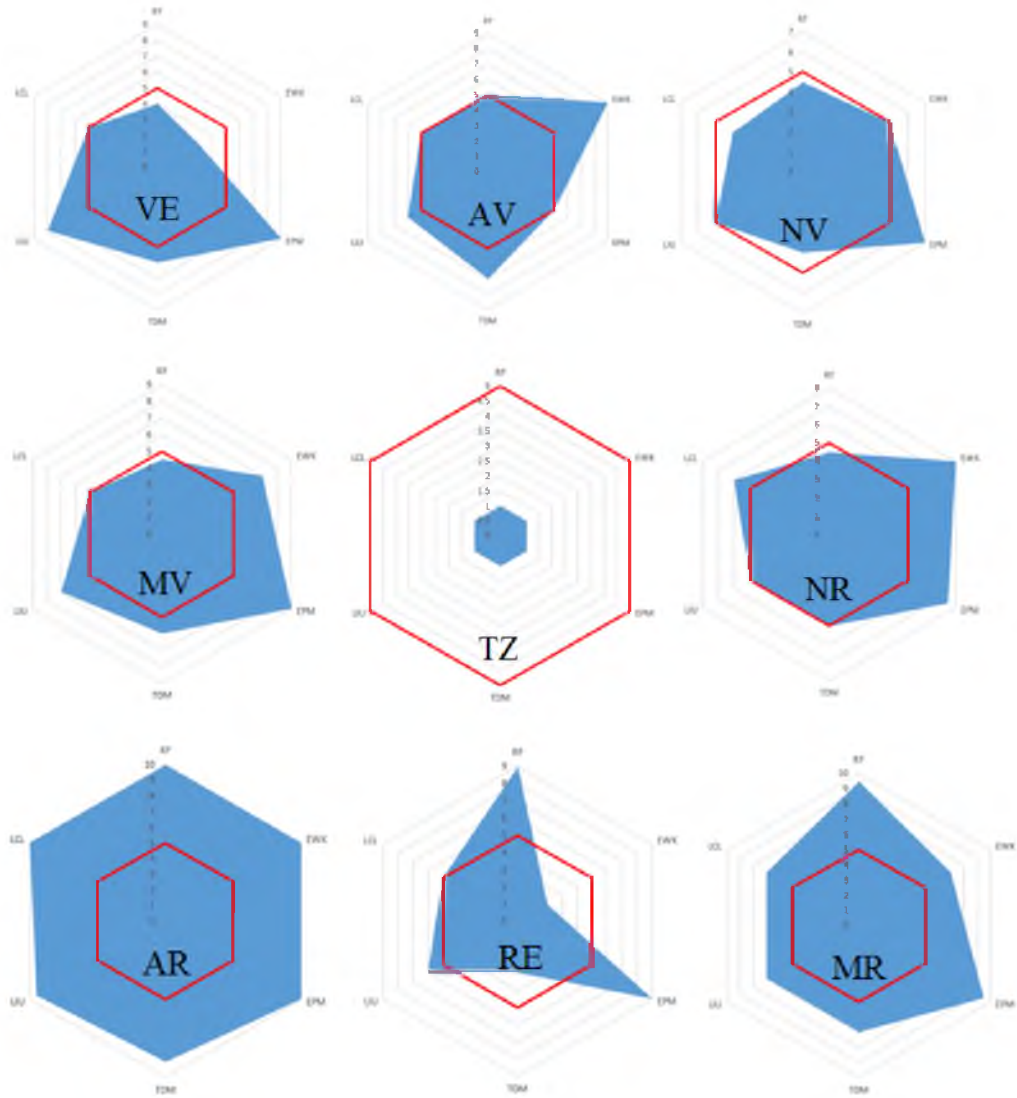


Рисунок 7 – Полигоны (ИВП отдельно для каждой среды)

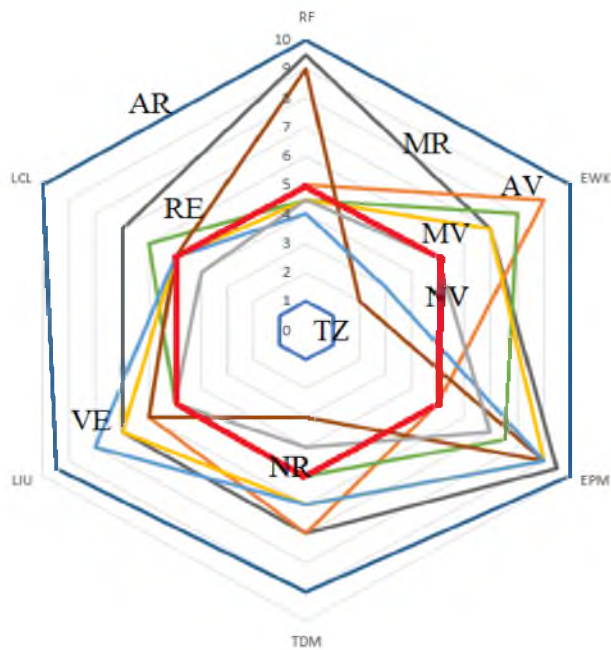


Рисунок 8 – Полигоны (НИВП)



Предварительные расчеты показывают, что стандартизация информационной среды по критерию бальности дает повышение ситуационной осведомленности около 25%, по критерию согласованности около 85%. Соответственно можно сделать вывод о том, что формализация информационно-онтологического континуума по вышеуказанным критериям создает предпосылки для формирования нового информационного стандарта на базе дополненной реальности применительно к морским эргатическим системам цифрового типа [5, 6].

#### Литература

1. Губинский А.И., Евграфов В.Г. Эргономическое проектирование судовых систем управления. – Л.: «Судостроение», 1977. – 224 с.
2. Popov A.N. E-Navigation mixed reality interface / E.V. Khekert, A.I. Kondratiev, D.E. Studenikin // 20 th Annual General Assembly (AGA) of the International Association of Maritime Universities (IAMU), 1-2 November, Tokyo, Japan, 2019. – P. 40-41.
3. Иващенко А.В., Катиркин Г.В., Ситников П.В., Сурнин О.В. Акцентная визуализация в интерфейсах дополненной реальности // Программные продукты и системы. – 2018. – Т. 31. – №4, – С. 740-744.
4. Попов А.Н. Формирование информационного стандарта на примере дополненной реальности // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – №1 (94). – С. 49-58.
5. Popov A.N. Creating a crewless ship in the framework of the technological paradigm of the Russian Federation / V.V. ZaslonoV, A.A. Golovina // ISCI 2019 Conference proceedings, Industry competitiveness digitalization, management and integration, Volume 1, 2020. – P. 468-474.
6. Юсупов Л.Н. Эксплуатационные возможности морских автоматизированных информационно-идентификационных систем, включающих спутниковые подсистемы высокоточного местоопределения (на примере Азово-Черноморского бассейна): диссер-

тация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

7. Кондратьев С. И. Эргономический подход к оцениванию деятельности судовых специалистов: суть проблемы и подход к ее решению / С.И. Кондратьев, А.Н. Печников, Е.В. Хекерт // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – №4-4(42). – С. 166-174.

#### REFERENCES

1. Gubinskiy A.I., Evgrafov V.G. Ergonomicheskoe proektirovanie sudovykh sistem upravleniya. L., «Sudostroenie», 1977. – 224 s.
2. Popov A.N. E-Navigation mixed reality interface / E.V. Khekert, A.I. Kondratiev, D.E. Studenikin // 20 th Annual General Assembly (AGA) of the International Association of Maritime Universities (IAMU), 1-2 November, Tokyo, Japan, 2019. – P. 40-41.
3. Ivashchenko A.V., Katirkin G.V., Sitnikov P.V., Surnin O.V. Aktsentnaya vizualizatsiya v interfeysakh dopolnennoy real'nosti. Programmye produkty i sistemy. T. 31. №4, 2018. – S. 740-744.
4. Popov A.N. Formirovanie informacionnogo standarta na primere dopolnennoy realnosti. Eksplyuatsiya morskogo transporta. RIO FGBOU VO “GMU im. adm. F.F. Ushakova”. №1(94), 2020 – S. 49-58.
5. Popov A.N. Creating a crewless ship in the framework of the technological paradigm of the Russian Federation / V.V. ZaslonoV, A.A. Golovina // ISCI 2019 Conference proceedings, Industry competitiveness digitalization, management and integration, Volume 1, 2020. – P. 468-474.
6. Yusupov L.N. Eksplyuatsionnye vozmozhnosti morskikh avtomatizirovannykh informacionno-identifikacionnykh sistem, vkluchayushih sputnikovye podsystemy vyisokotochnogo mestoopredeleniya (na primere Azovo-Chernomorskogo basseyna). Dissertatsiya na soiskanie uchenoyi stepeni kandidata tehnikeskikh nauk. Specialnoct 05.12.13. – Sistemy, seti i ustroystva telekommunikaciy.
7. Kondrat'ev S. I. Ergonomicheskij podhod k ocenivaniyu deyatel'nosti sudovykh specialistov: sut' problemy i podhod k ee resheniyu / S.I. Kondrat'ev, A.N. Pechnikov, E.V. Hekert // Morskie intellektual'nye tekhnologii. – 2018. – №4-4(42). – S. 166-174.

УДК 629.5.073.4

DOI: 10.34046/aumsuomt96/11

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗИПОНОВ КАК ДВИЖИТЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И МАНЕВРИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫМИ АРКТИЧЕСКИМИ СПГ ГАЗОВОЗАМИ. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИИ АВАРИЙНОЙ ОСТАНОВКИ

*В.В. Тульчинский, аспирант*

В статье рассмотрен такой современный и перспективный тип судовых движителей как азипод. Определены особенности его использования для управления и маневрирования современными СПГ газовозами типа ARC7. Рассмотрены различные режимы плавания, конфигурации системы управления, способы управления азиподами в различных типовых ситуациях, а также при ледовом плавании. Приведены параметры судовой пропульсивной установки, а также особенности ее использования при ледовой навигации. В программной среде Matlab произведено упрощенное моделирование динамики движения судна с целью определения оптимальных способов аварийной остановки судна с использованием азиподов.

**Ключевые слова:** современные судовые движители, азипод, управление судном, арктическая навигация, СПГ газовоз, Arc7 газовоз.