

Известно, что преобладающее большинство морских судов, проектируемых и строящихся для отечественных заказчиков, имеет ледовый класс и предназначено для регулярной эксплуатации в арктических или замерзающих неарктических морях [1]. В настоящее время флот с классом Российского морского регистра судоходства (РМРС) насчитывает около 3000 судов ледового плавания. Более 500 судам присвоен ледовый класс Arc4 и выше, а более 40 судов относятся к ледоколам [2].

Одним из основных национальных интересов Российской Федерации в Арктике является развитие Северного морского пути (СМП) в качестве конкурентоспособной на мировом рынке национальной транспортной коммуникации [3]. Таким образом, обеспечение круглогодичного, безопасного, бесперебойного и экономически эффективного судоходства в акватории СМП следует рассматривать в качестве приоритетной глобальной задачи, стоящей на сегодняшний день перед отечественной судостроительной промышленностью. Ее решение требует в первую очередь осуществления строительства транспортных судов ледового плавания, а также ледокольного, аварийно-спасательного и вспомогательного флотов. Цели, основные направления и задачи, механизмы и показатели эффективности реализации государственной политики в области арктического судостроения определены в соответствующих документах стратегического планирования, утвержденных указами Президента РФ или распоряжениями Правительства РФ и составляющих основу для разработки государственных программ [3–6].

Развитие Арктической зоны Российской Федерации в части увеличения объема экспортно-импортных, каботажных и транзитных перевозок грузов (прежде всего, вывоза добытых минерально-сырьевых ресурсов) в акваториях СМП и других арктических морских транспортных коридоров предусматривает разработку масштабных комплексных проектов в области ледового судостроения, в том числе имеющих важное геополитическое и экономическое значение. Успешная реализация научно-технической и производственно-технологической составляющих указанных проектов не представляется возможной без одновременной подготовки кадров, обладающих специальными, часто уникальными профессиональными знаниями и компетенциями как на различных уровнях высшего образования, так и в рамках дополнительного профессионального образования.

Согласно Стратегии [4], основные задачи в сфере развития инфраструктуры Арктической зоны РФ реализуются в том числе за счет совершенствования

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЮ И КОНСТРУИРОВАНИЮ СУДОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

В.В. Якимов, науч. сотрудник
АО «Центральный научно-исследовательский
и проектно-конструкторский институт морского флота»,
Г.Е. Егизаров, начальник технического управления
ПАО «Выборгский судостроительный завод»,
контакт. тел. +7 (921) 866 5189

системы профессионального и дополнительного образования. В то же время в Стратегии [6] отмечено, что серьезной кадровой проблемой судостроительной промышленности является профессионально-квалификационный дисбаланс между компетенциями работников и квалификационными требованиями.

ВИДЫ И ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ АРКТИЧЕСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ

Вопросы подготовки инженерных кадров для развития водных путей при освоении арктических регионов по направлениям, связанным с гидротехническим строительством портовой инфраструктуры, управлением водным транспортом, гидрографическим обеспечением судоходства и др., подробно рассмотрены в работе [7]. В настоящей статье приведена информация, относящаяся к обучению специалистов именно в области арктического судостроения.

В 2014 г. в Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева по предложению КБ по проектированию судов «Вымпел» и ЦКБ «Лазурит» была организована программа очной магистратуры «Проектирование судов и морских сооружений, эксплуатирующихся в ледовых условиях» [8]. Указанная программа включает такие профильные дисциплины, как «Корабельная ледотехника», «Ходкость судов ледового плавания», «Проектирование судов ледового плавания», «Прочность и конструкция судов ледового плавания», «Устойчивость и системы судов ледового плавания», «Подводные и подледные технологии освоения месторождений на шельфе». Следует отметить, что в рамках учебного процесса активно используется ледовый бассейн.

Другие отечественные вузы на сегодняшний день не предлагают отдельных основных образовательных программ высшего образования, ориентированных исключительно на арктическое судостроение. В то же время обучение соответствующим профильным дисциплинам может

осуществляться по традиционным образовательным программам по общему кораблестроению, т.е. по сопутствующим.

Например, в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете в программу очной магистратуры «Проектирование, конструкция и техническая эксплуатация судов и объектов океанотехники» входят дисциплины «Морская ледотехника», «Конструкция судов ледового плавания», «Проектирование ледоколов и судов ледового плавания»/«Ледовая навигация» (по выбору) [9]. При этом общая трудоемкость «ледовых» дисциплин составляет 324 акад. часа, в том числе аудиторных занятий – 144 акад. часа (при соотношении лекций и практик – 1:1), что формально не превышает 15% объема блока «Дисциплины». Данную оценку можно считать весьма условной, так как аспекты, касающиеся создания судов ледового плавания, как правило, рассматриваются и в других дисциплинах программы.

Кроме того, в СПбГМТУ на протяжении нескольких лет реализуются дополнительные образовательные программы по арктическим технологиям в судостроении для отраслевых специалистов, в том числе из зарубежных организаций-партнеров (например, программа «Конструкция судов ледового плавания, методы расчета и моделирования ледовых нагрузок на корпусные конструкции» [9]).

Среди дополнительных образовательных программ следует выделить программу профессиональной переподготовки «Проектирование судов ледового плавания и испытание моделей судов в ледовом бассейне» объемом 254 акад. часа, предлагаемую в НГТУ им. Р.Е. Алексеева [8].

Активную и значимую деятельность в указанном направлении ведет РМРС, признанный мировой лидер в области разработки нормативно-методической базы и классификации судов ледового плавания. Регулярной практикой стали конференции и семинары, проходящие под эгидой РМРС и посвященные актуальным вопросам совершенствования и применения нормативных требований

к судам ледовых классов и ледоколам [2]. В соответствии с заявленной приоритетной задачей данные мероприятия формируют, прежде всего, информационно-дискуссионную площадку, предназначенную для прямого и открытого взаимодействия между классификационным обществом и представителями отрасли, а поэтому не носят системный и последовательный образовательный характер.

За рубежом наиболее известной и авторитетной программой очной магистратуры в области арктических технологий является программа двойного диплома «Nordic Master in Cold Climate Engineering», предусматривающая три различные специализации – «Land Track», «Sea Track» и «Space Track» [10]. Общая трудоемкость указанной программы составляет 120 ECTS, в том числе выпускной квалификационной работы – 30 ECTS. Специализация «Sea Track», ориентированная на проектирование и эксплуатацию арктических судов и морских сооружений, реализуется совместно Норвежским университетом естественных и технических наук (NTNU) и Университетом Аалто (Aalto). Следует отметить, что в рамках учебного процесса проводятся полевые работы на базе Университетского центра Свальбарда (UNIS) и лабораторные исследования в ледовом бассейне Университета Аалто (Aalto).

В 2018 г. в Китайском научно-исследовательском центре судостроения (CSSRC) впервые был организован и проведен полноценный обучающий курс по проектированию и конструированию судов ледового плавания в рамках непрерывного профессионального образования работников судостроительной отрасли [11]. В дальнейшем указанный курс принял регулярный характер.

Кроме того, можно упомянуть инжиниринговую компанию Aker Arctic Technology Inc., которая начиная с 2020 г. организует и проводит ежемесячные вебинары, посвященные актуальным практико-ориентированным вопросам проектирования и эксплуатации судов ледового плавания [12].

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ОБУЧЕНИЯ «PIXEL»: ПРЕДПОСЫЛКИ И УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ

Начиная с середины 2000-х гг., происходит интенсивное развитие и внедрение цифровых образовательных технологий, основанных на использовании компонентов электронной информационно-образовательной среды и позволяющих при реализации образовательных программ осуществить переход к полному или частичному электронному обучению (т.н. «e-learning»). Под электронным обучением понимают организацию образовательной деятельности с применением

содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации, обеспечивающих обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, предназначенных для передачи по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников [13]. Применительно к арктическому судостроению переход к полному электронному обучению представляется, по мнению авторов, в ближайшей перспективе маловероятным и в целом неоправданным вследствие ее относительно узкой специализации и преобладания в ней довольно сложной инженерно-технической составляющей, что требует непосредственного участия преподавателя в образовательном процессе. Однако значительные (и продолжающие увеличиваться) объем и скорость информационного потока, характерные для современной образовательной среды, в любом случае обуславливают необходимость использования электронных образовательных и информационных ресурсов как при контактном, так и при дистанционном обучении.

Устойчивая идея разработать информационную систему поддержки обучения проектирования и конструирования судов ледового плавания появилась осенью 2016 г. в ходе проведения одним из авторов лекционных и практических занятий по дисциплине «Конструкция судов ледового плавания» для магистрантов СПбГМТУ. Оказалось, что представление даже минимального объема учебного материала в самом тривиальном электронном виде позволяет заметным образом повысить уровень восприятия информации современными студентами и качество обратной связи с ними, что закономерно способствует росту общей эффективности учебных занятий при сохранении апробированной традиционной формы их организации. На начальном этапе в виде электронных презентаций на русском языке были подготовлены материалы к лекциям, тематика которых целиком соответствовала содержанию дисциплины «Конструкция судов ледового плавания», определенному в ее рабочей программе. В дальнейшем спектр рассматриваемых задач был расширен за пределы указанной дисциплины и стал дополнительно охватывать актуальные теоретические и прикладные вопросы проектирования судов ледового плавания, ледовой прочности, ледовой ходкости, морской ледотехники, обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях. В 2018 г. была опубликована первая версия информационной системы поддержки обучения проектирования и конструирования судов ледового плавания, получившая название «PIXEL» [14]. Ее разработка выполнялась в инициативном порядке.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ОБУЧЕНИЯ «PIXEL»: ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА И ПРЕДМЕТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Информационная система поддержки обучения «PIXEL», созданная на языке программирования Object Pascal в интегрированной среде разработки программного обеспечения Borland Delphi 7, имеет гибкую модульную структуру и графический пользовательский интерфейс (рис. 1). Она объединяет на единой автоматизированной платформе электронные образовательные и информационные ресурсы, которые могут использоваться непосредственно при обучении проектированию и конструированию судов ледового плавания. Контент и интерфейс программного продукта полностью разработаны на английском языке, что в условиях глобализации образовательной деятельности и развития международной академической мобильности можно отнести к очевидным конкурентным преимуществам.

Центральными элементами системы являются образовательные блоки. Они содержат подготовленные в структурированном и унифицированном виде презентационные материалы и классифицируются по уровню сложности на три обучающих курса – «Basic Course» («Базовый курс»), «Intermediate Course» («Промежуточный курс») и «Proficient Course» («Профессиональный курс»). Базовый курс рекомендуется использовать при реализации основных образовательных программ высшего образования для студентов и аспирантов, обучающихся по общему кораблестроительному направлению, а профессиональный курс – при реализации дополнительных образовательных программ для специалистов, занятых в судостроительной отрасли. Промежуточный курс может быть ориентирован на обе целевые категории слушателей. Каждый из указанных курсов состоит из 12 тем (всего – 36 тем), краткая характеристика которых дана в табл. 1–3.

Кроме образовательных блоков, система содержит ряд информационных блоков, предназначенных, прежде всего, для поддержки практических занятий и самостоятельной работы обучающихся.

Блок «Regulatory» («Нормативный») включает в себя размещенные в систематизированном виде действующие национальные и международные нормативные материалы в части обеспечения проектирования и эксплуатации судов ледового плавания, в том числе:

- требования Правил РМРС к ледовым усилениям судов ледовых классов и ледоколов;
- требования Правил РМРС к конструкции ледовых усиления корпуса

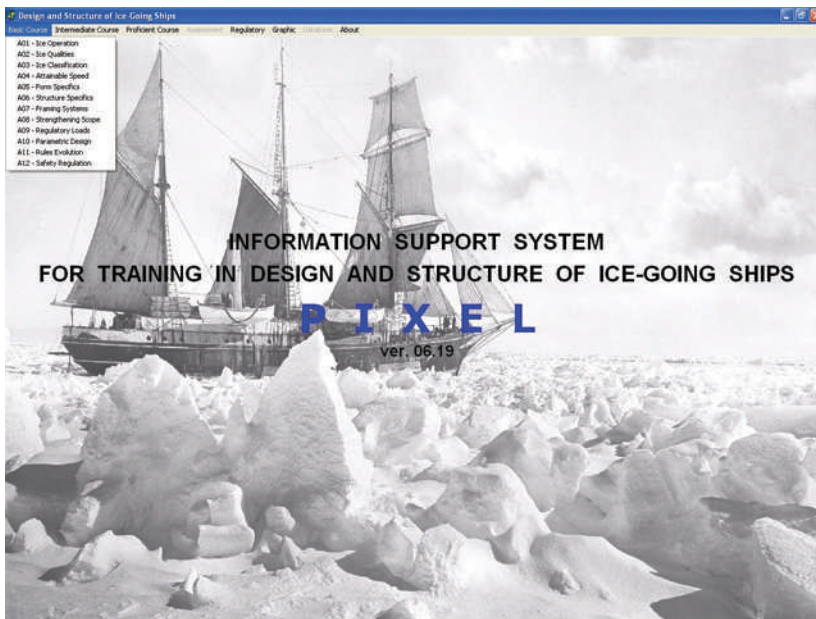


Рис. 1. Графический пользовательский интерфейс системы «PIXEL»

Таблица 1

Краткая характеристика тем обучающего курса «Basic Course»

Шифр темы	Характеристика темы
A01 – Ice Operation	Эксплуатация судов в ледовых условиях. Режимы движения судна во льдах. Сценарии механического взаимодействия корпуса судна и ледяного покрова.
A02 – Ice Qualities	Ледовые качества судов. Классификация морского льда. Влияние ледовых условий на ледовую ходкость и ледовую прочность судна.
A03 – Ice Classification	Классификация судов ледового плавания: традиционные суда, суда двойного действия и ледоколы. Описание и сопоставление ледовых/полярных классов. Обоснование проектной категории ледовых усилений корпуса судна.
A04 – Attainable Speed	Требования к минимальной мощности энергетической установки судов ледового плавания. Понятие ледопродоходимости судна. Оценка достижимой скорости хода судна во льдах.
A05 – Form Specifics	Особенности и требования к форме корпуса судов ледового плавания. Влияние формы корпуса на величину ледового сопротивления и ледовой нагрузки.
A06 – Structure Specifics	Особенности конструкции корпуса судов ледового плавания. Элементы конструкций корпуса судна в районах ледовых усилений.
A07 – Framing Systems	Системы набора бортовых конструкций корпуса судов ледового плавания. Взаимное расположение основных и рамных корпусных связей в районах ледовых усилений.
A08 – Strengthening Scope	Объем ледовых усилений судов ледового плавания. Районы ледовых усилений корпуса судна.
A09 – Regulatory Loads	Определение нагрузок от воздействия льда на корпус судна согласно действующим требованиям национальной и международной нормативной документации.
A10 – Parametric Design	Параметрическое проектирование конструкций ледовых усилений корпуса судна согласно действующим требованиям национальной и международной нормативной документации.
A11 – Rules Evolution	Эволюция требований национальной нормативной документации к ледовым усилениям судов ледового плавания. Структура, содержание и ключевые направления совершенствования Ледовых правил.
A12 – Safety Regulation	Разработка документации, регламентирующей безопасность эксплуатации судов в ледовых условиях. Ледовый сертификат. Применение положений Полярного кодекса. Наставление по эксплуатации судна в полярных водах.

- судов, предназначенных для эксплуатации кормой вперед;
- требования Правил РМРС по оборудованию судов на соответствие знаку ANTI-ICE в символе класса;
- требования Правил РМРС по оборудованию судов для обеспечения длительной эксплуатации при низких температурах;
- унифицированные требования МАКО к судам полярных классов;
- требования Финско-Шведских Правил для судов ледового класса;
- Правила плавания в акватории Северного морского пути;
- Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах.

Блок «Graphic» («Графический») включает в себя размещенные в систематизированном виде графические материалы, находящиеся в открытом доступе и дающие наглядное представление об архитектурно-конструктивных особенностях судов ледового плавания, в том числе в части:

- общего расположения;
- формы обводов корпуса;
- конструкции корпуса в районах ледовых усилений;
- компоновки пропульсивного комплекса.

В настоящее время продолжается разработка трех дополнительных информационных блоков. В блоке «Glossary» («Словарь») даны определения наиболее употребительным специальным терминам из рассматриваемой предметной области. В блоке «Assessment» («Оценка») приведены тестовые задания для контроля усвоенных знаний по обучающим курсам, предполагающие как применение формального подхода, так и решение конкретных ситуационных задач. В блоке «Database» («База данных») размещена база данных по наиболее значимым современным судам ледового плавания с указанием общих сведений и основных характеристик, что может быть востребовано как в ознакомительных целях, так и при анализе соответствующей статистической информации.

Кроме того, планируется интегрировать в систему формализованные практико-ориентированные знания и компетенции, полученные ПАО «Выборгский судостроительный завод» в ходе постройки в период 2012–2016 гг. серии дизель-электрических линейных ледоколов мощностью около 16 МВт пр. 21900 М («Владивосток», «Мурманск», «Новороссийск»), инновационных ледокольных судов обеспечения пропульсивной мощностью 21,5 МВт пр. IBSV01 «Александр Санников» и «Андрей Вилькицкий» (период постройки 2015–2018 гг.) и инновационного дизель-электрического портового ледокола пропульсивной мощностью 12 МВт «Обь» (период постройки 2016–2019 гг.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье, носящей концептуальный характер, рассмотрены следующие основные аспекты, касающиеся разработки информационной системы поддержки обучения проектированию и конструированию судов ледового плавания:

- отмечена важность развития квалифицированного кадрового обеспечения текущих и перспективных проектов в области арктического судостроения;
- выполнен краткий обзор соответствующих видов и программ обучения, реализуемых в России и за рубежом;

Таблица 2

Краткая характеристика тем обучающего курса «Intermediate Course»

Шифр темы	Характеристика темы
B01 – Ice Properties	Физико-механические характеристики льда и их моделирование для решения задач взаимодействия корпуса судна и ледяного покрова.
B02 – Jamming & Nipping	Заклинивание и сжатие судов во льдах.
B03 – Ice Damages	Повреждаемость и аварийность судов в ледовых условиях. Основные типы ледовых повреждений конструкций корпуса судна.
B04 – Ship Icing	Обледенение судов. Применение действующих требований нормативной документации по оборудованию судов для обеспечения эффективной защиты от обледенения ANTI-ICE.
B05 – Winterization Mark	Применение действующих требований нормативной документации по оборудованию судов для обеспечения длительной эксплуатации при низких температурах WINTERIZATION (DAT).
B06 – Structural Material	Особенности и требования к материалу (стали) конструкций корпуса судов, подверженных длительному воздействию низких температур.
B07 – Structural Nodes	Типовые конструктивные узлы корпуса судов ледового плавания. Условия закрепления концов балок основного и рамного набора корпуса в районах ледовых усилений. Положение опорных сечений.
B08 – Plate Structures	Конструкция двойного дна и двойных бортов судов ледового плавания. Листовые конструкции корпуса, прилегающие к наружной обшивке в районах ледовых усилений. Конструкция оконечностей корпуса.
B09 – Carriers Hull	Конструкция корпуса современных крупнотоннажных транспортных судов высоких ледовых классов – арктических танкеров и газозовозов.
B10 – Material Consumption	Масса конструкций ледовых усилений корпуса судов ледового плавания. Анализ проектных решений в обеспечении снижения металлоемкости конструкций.
B11 – Propulsion System	Двигатели судов ледового плавания. Определение нагрузок от воздействия льда на гребной винт судна.
B12 – Ice Performance	Физическая картина движения судна во льдах. Определение силы сопротивления льда при движении судна в сплошных и битых льдах.

Таблица 3

Краткая характеристика тем обучающего курса «Proficient Course»

Шифр темы	Характеристика темы
C01 – Design Background	Методологические основы проектирования конструкций ледовых усилений корпуса судна согласно действующим требованиям Правил РМРС. Расчетные критерии, методы и модели оценки прочности конструкций. Предельная прочность листовых и балочных конструкций.
C02 – As-Built Strength	Строительная прочность конструкций корпуса судна. Оценка параметров строительной прочности на основе требований нормативной документации и численных методов расчета.
C03 – Mechanical Interaction	Физические модели механического взаимодействия корпуса судна и ледяного покрова: динамический и статический сценарии.
C04 – Local Loads	Определение локальных нагрузок от воздействия льда на корпус судна с использованием методов прямого расчета.
C05 – Global Loads	Определение глобальных нагрузок от воздействия льда на корпус судна с использованием методов прямого расчета.
C06 – DCM Application	Применение результатов прямого расчета ледовых нагрузок на корпус судна для решения прикладных задач. Разработка специализированного программного обеспечения.
C07 – Probabilistic Simulation	Обоснование, разработка и реализация метода вероятностного имитационного моделирования для оценки и прогнозирования нагрузок от воздействия льда на корпус судна.
C08 – Ice Strength	Ледовая прочность конструкций корпуса судна. Допустимые и опасные режимы движения судна во льдах. Безопасность эксплуатации судов в ледовых условиях по требованиям к ледовой прочности.
C09 – Strength Trials	Натурные испытания ледовой прочности судов. Воспроизведение параметров ледовой нагрузки на корпус судна.
C10 – Kinematic Parameters	Определение параметров движения судна при ударном (динамическом) взаимодействии с ледяным покровом.
C11 – FSA Concept	Применение концепции формальной оценки безопасности для судов ледового плавания. Вероятностная модель повреждаемости/аварийности судна в ледовых условиях.
C12 – Risk-Based Design	Основные положения риск-ориентированного подхода к проектированию судов ледового плавания.

• дано общее описание оригинальной информационной системы поддержки обучения проектированию и констру-

ированию судов ледового плавания, проанализированы предпосылки и условия ее разработки, представлены

внутренняя структура и предметное содержание.

На основании информации, изложенной в статье, следует заключить, что процесс обучения специалистов по арктическому судостроению целесообразно организовывать на основе сбалансированной комбинации традиционных и инновационных подходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егизаров Г.Е., Якимов В.В. Обеспечение безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях: вызовы и возможности цифровой реальности. – Ч. I // Морской вестник. – 2021. – № 4 (80). – С. 95–100.
2. ФАУ «Российский морской регистр судостроения». – URL: <https://rs-class.org/> (дата обращения: 04.04.2022).
3. Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года: Указ Президента РФ от 05.03.2020 № 164.
4. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года: Указ Президента РФ от 26.10.2020 № 645.
5. Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 30.08.2019 № 1930-р.
6. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ 28.10.2019 № 2553-р.
7. Цурлик В.Г., Афонин А.Б., Гарибин П.А. Подготовка инженерных кадров для развития водных путей при освоении арктических регионов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2018. – № 4 (50). – С. 752–761.
8. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева». – URL: <https://www.ntu.ru/> (дата обращения: 04.04.2022).
9. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет». – URL: <https://www.smtu.ru/> (дата обращения: 04.04.2022).
10. Nordic Master in Cold Climate Engineering. – URL: <https://www.coldclimate-master.org/> (дата обращения: 04.04.2022).
11. China Ship Scientific Research Center. – URL: <http://www.cssrc.com/> (дата обращения: 04.04.2022).
12. Aker Arctic Technology Inc. – URL: <https://akerarctic.fi/> (дата обращения: 04.04.2022).
13. ГОСТ Р 55751–2013. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Электронные учебно-методические комплексы. Требования и характеристики. – Введ. 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2018. – 11 с.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2018617333 Российская Федерация. Электронный комплект по проектированию и конструкции судов ледового плавания и ледоколов/В.В. Якимов; заявитель и правообладатель В.В. Якимов. – № 2018614854; заявл. 03.05.2018; опубл. 21.06.2018. – 1 с. ■