

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ, ЗАЩИТЫ МОРСКОЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

МОНОГРАФИЯ

Под редакцией доктора технических наук, профессора В. Е. Леонова



Министерство образования и науки Украины
Херсонская государственная морская академия

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ, ЗАЩИТЫ МОРСКОЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Монография

Под редакцией доктора технических наук,
профессора В. Е. Леонова

Херсон
ХГМА
2019

УДК 629.5.067:502.171:620.9
С 56

Рецензенты:

Букетов А. В. – доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой транспортных технологий
Херсонской государственной морской академии;
Козак С. Г. – капитан дальнего плавания, заместитель директора
ООО «Судоходное агентство "Посейдон"»;
Новиков А. А. – доктор химических наук, профессор
кафедры информационно-измерительных технологий,
электроники и инженерии
Херсонский национальный технический университет

Монография рекомендована к печати Учёным советом
Херсонской государственной морской академии
(протокол № 5 от 05.12.2018 г.)

С 56 **Современные** технологии автоматизации безопасного управления судами, энергосбережения, защиты морской и окружающей среды : монография / В. Е. Леонов, В. Б. Сыс, В. В. Чернявский, В. В. Сыс / под ред. В. Е. Леонова – Херсон : ХГМА, 2019. – 556 с. : ил.

ISBN 978-966-2245-66-0

В монографии рассматриваются вопросы использования современных технологий автоматизации безопасного управления судами, энергосбережения, защиты морской и окружающей среды, эффективности морских грузоперевозок. Акцентируется внимание на подготовке кадров для морской отрасли, современных технологиях обеспечения безопасности судоходства, а также снижении расхода судового топлива и повышении коэффициента энергетической эффективности судна, базирующееся на результатах собственных научно-исследовательских работ. Рассмотрены вопросы разработки и использования альтернативного судового топлива.

Монография предназначена для курсантов (студентов), аспирантов, специалистов, преподавателей ВУЗов морского профиля, может быть полезной для научных и практических работников в области безопасного судовождения, природоохранной деятельности, защиты морской, окружающей среды, а также других техногенных систем.

УДК 629.5.067:502.171:620.9

ISBN 978-966-2245-66-0

© Леонов В. Е, Сыс В. Б.,
Чернявский В.В., Сыс В. В., 2019
© ХГМА, 2019

Содержание

Введение 9
Глава 1. Компетентностный подход при подготовке морских специалистов 12
Глава 2.Способность судоводителя к безопасному управлению судном, защите морской среды 31
Глава 3.Анализ ситуации, принятие решения 38
Глава 4. Современные технологии обеспечения безопасности судоходства 55
4.1. Критерии эффективности навигационного обеспечения судовождения 55
4.2. Радиолокационные станции и средства автоматической радиолокационной прокладки 60
4.3. Автоматическая идентификационная система 73
4.4. Системы дальней идентификации и слежения за судами 82
4.5. Электронные картографические навигационно-информационные системы 92
4.5.1. Международные стандарты и формат электронных картографических систем 92
4.5.2. Основные определения и сокращения 96
4.5.3. Картографическая информация, используемая в ЭКНИС 97
4.5.4. Структура данных в ЭКНИС и используемая информация 101
4.5.5. Отображение электронной карты на экране дисплея ЭКНИС 103
4.5.6. Сигнализация и индикация в электронных картографических системах 106
4.5.7. Корректура электронных навигационных карт 107
4.5.8. Предварительная и исполнительная прокладка 112
4.5.9. Международные требования к ЭКНИС 115
4.5.10. Рекомендации по практическому использованию ЭКНИС 130

4.6. Прибор регистрации данных о рейсе судна 133
4.7. Интегрированная система ходового мостика 136
4.8. Система управления движением судов (СУДС) 142
4.8.1. Организационные основы деятельности СУДС 142
4.8.2. Процедуры контроля, проводки и регулирования движения судов 146
4.8.3. Использование АИС в СУДС 150
4.8.4. Использование бинарных сообщений 154
4.9. Глобальная навигационная спутниковая система 155
4.9.1. Создание и развитие глобальных навигационных спутниковых систем 155
4.9.2. Структура глобальных навигационных спутниковых систем 158
4.9.3. Методы определения места судна с помощью навигационных спутников 161
4.9.4. Среднеорбитные навигационные спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС 167
4.9.5. Дифференциальная подсистема ГНСС 172
4.9.6. Точность определения места судна по среднеорбитной ГНСС 181
4.9.7. Использование ГНСС для решения навигационных задач 187
Глава 5. Служба NAVTEX 191
Глава 6. Судовые системы охранного оповещения 198
Глава 7. Токсичность отработанных газов судовых энергетических установок и двигателей транспортных средств 203
Глава 8. Нейтрализация отработанных газов судовых энергетических установок от токсических соединений 220
Глава 9. Катализаторы третьего поколения для гетерогенно-каталитической очистки/нейтрализации ОГ СЭУ 241
Глава 10. План управления энергетической эффективностью судна (ПУЭЭС, SEEMP) 253
Глава 11. Конструктивный коэффициент энергетической эффективности судна. Операционный коэффициент 290

энергетической эффективности судна.
Глава 12 Утилизация паров углеводородов при транспортировке нефти и нефтепродуктов танкерным флотом 328
Глава 13 Теоретические основы современных автоматизированных систем управления 340
13. 1. Состав и структура автоматизированных систем [87] 340
13.1.1. Автоматизированные системы. Термины и определения. 340
13.1.2. Основные компоненты автоматизированных систем. 344
13.1.3. Основные свойства автоматизированных систем. 348
13.1.4. Структуры автоматизированных систем. 349
13.2. Математическое и алгоритмическое обеспечение автоматизированных систем [87] 349
13.2.1. Математические методы построения оптимальных и адаптивных систем управления. 349
13.2.2. Формализация процессов принятия решений в условиях автоматизированного управления. 371
13.2.3. Принятие решений на основе технологий искусственного интеллекта. 375
Глава 14 Современные тенденции развития автоматизированных систем управления судном. 383
14.1. Технология создания мостиковых систем с применением интеграторов информации от разнородных датчиков [98] 383
14.2. Алгоритмы распределенной обработки и регистрации полученных данных [98] 387
14.3. Состав и структура интегрированной мостиковой системы [98] 388
14.3.1. Интегрированный контур управления судном 389
14.3.2. Интегрированный контур управления техническими средствами судна 389
14.3.3. Интегрированный навигационный контур 390

14.3.4. Интегрированный контур связи 391
14.4. Автоматизированные рабочие места ИМС и организация расчета судовождения 392
14.5. Новые направления разработки интегрированных систем управления 393
Глава 15 Современные приборы для измерения угловых параметров движения судна 397
15.1. Приборы для измерения угловых параметров и безопасность судовождения 397
15.2. Современное состояние приборов для измерения угловых параметров движения судна 399
15.3. Эффект Саньяка 400
15.4. Сравнительная характеристика оптических гироскопов 403
15.5. Кольцевые лазерные гироскопы 405
15.5.1. Принцип действия кольцевого лазерного гироскопа 405
15.5.2. Технологические особенности кольцевых лазерных гироскопов 408
15.6. Волоконно-оптические гироскопы 409
15.6.1. Оптический гироскоп с кольцевым резонатором пассивного типа 417
15.6.2. Оптоволоконный гироскоп со световым гетеродинированием 417
15.6.3. Методы улучшения характеристик 424
15.6.4. Система с фазовой модуляцией 424
15.6.5. Система с изменением частоты 428
15.6.6. Система со световым гетеродинированием 431
15.7. Твердотельные волновые гироскопы 434
15.7.1. Принцип действия твердотельного волнового гироскопа 434
15.7.2. Устройство волнового твердотельного гироскопа (ВТГ) 434
15.7.3 Вибрационные гироскопы 436
15.7.4. Микромеханические гироскопы [105] 438

15.7. 5. Неконтактные гироскопы 440
Глава 16 Развитие радиолокационной и радиоэлектронной техники для обеспечения безопасности судовождения 443
16.1. Современные радарные технологии [107] 443
16.1.1. Требования к судовым и береговым РЛС 443
16.1.2. Особенности магнетронного и твердотельного радаров 445
16.1.3. Квазинепрерывное когерентное излучение кодированных зондирующих сигналов 446
16.1.4. Микрополосковые антенны и антенны на основе щелевых решеток 449
16.1.5. Единое средство автоматического сопровождения целей 449
16.1.6. РЛС-датчики 452
16.1.7. Радар-процессоры 454
16.1.8. Интеллектуальные РЛС 457
16.1.9. Работа на дальних дистанциях 457
16.2. Современные судовые и береговые РЛС 460
16.2.1. Береговая РЛС миллиметровых волн «Нева-Б» 461
16.2.2. РЛС «Ряд» на безнакальном магнетроне 462
16.2.3. Береговая РЛС нового поколения «Обзор» [107] 462
16.2.4. Твердотельный радар со сжатием импульсов «SharpEye» (Kelvin Hughes) 467
16.3. Перспективы развития радиолокационных станций вооружённых сил иностранных государств (по состоянию на 2018 г.) 469
16.3.1. Основные направления совершенствования радиолокационной техники 469
16.3.2. Разработка перспективных бортовых РЛС 470
16.3.3. Применение новой элементной базы 471
16.3.4. Дальнейшая интеграция корабельных РЛС 471
16.4. Перспективные технологии радиофотоники 472
16.5. Влияние развития технологий радиолокационной 477

малозаметности кораблей на безопасность судовождения
16.6. Влияние развития средств радиоэлектронной борьбы и противодействия на безопасность судовождения 478
Глава 17 Автоматизация процессов морской логистики 487
17.1. Автоматизация процессов морской логистики и контейнерные перевозки 487
17.2. Современные суда-контейнеровозы и контейнерные перевозки 491
17.3. Теоретико-множественная модель процессов грузового порта 500
17.4. Теоретико-множественная модель управления деятельностью грузового порта в условиях риска 504
17.5. Методологические основы и программное обеспечение системы стратегического управления грузовым портом 507
17.6. Моделирование процессов стратегического управления грузовым портом 511
17.7. Стратегическое управление грузовым портом на основе оценки рисков 513
17.8. Имитационное моделирование морских грузовых терминалов в среде Any Logic [159, 160] 519
Заключение 527
Список литературы 531

Введение

В современном мировом хозяйстве транспорт является связующим звеном отдельных отраслей промышленности, коммуникатором культурных и социальных связей. По морским путям, соединяющим разные континенты и страны, перевозится около 80 % всех товаров мировой торговли, торговый флот насчитывает более 90 тыс. судов разных типов и размеров, их обслуживает около 3000 портов, из них крупных – 500. В мире действует несколько тысяч судоходных компаний, с морским транспортом связаны деловыми отношениями сотни банков, торговых фирм, информационных центров, экспедиторских, агентских, лоцманских, буксирных компаний. Работой на борту судов занято около 1 млн. 200 тыс. моряков разных специальностей. Различные организации, предприятия, образовательные учреждения, административные органы, входящие в структуру судоходной индустрии или ее обслуживание, связаны между собой определенными информационными, деловыми, финансовыми и другими связями, что делает морское судоходство, как отрасль мировой экономики, весьма сложной динамической системой.

Безопасность любого техногенного объекта, в том числе и морских судов, обеспечивается не только техническими, но и организационными мерами, значение которых возрастает с повышением роли человеческого фактора в судоходстве. Специалисты, создающие и эксплуатирующие современную технику, должны быть специально подготовлены как специалисты по безопасности, руководствующиеся не только экономическими принципами и критериями в своей профессиональной деятельности, но и нравственными принципами, обеспечивающими безопасность человека и окружающей среды, ради чего, в конечном счете, и функционирует экономика.

Должное внимание уделено вопросам применения на

морском транспорте современных технологий автоматизации безопасного управления судоходством, ресурсосбережения при выполнении морских переходов, защиты морской и окружающей среды.

Процесс транспортировки грузов, как и всякий производственный процесс, связан с затратами живого и овеществленного труда. Размер этих затрат (в денежном выражении), приходящихся на единицу выполненной морским транспортом работы, называется себестоимостью транспортировки грузов. В себестоимости морских грузоперевозок доля финансовых расходов на судовое топливо составляет 70–75 %.

В общем потреблении мировых углеводородных ресурсов на долю морского транспорта приходится более 15 % и эта доля имеет устойчивую тенденцию к росту, следуя, соответственно, развитию техногенных систем.

При сжигании условной единицы массы судового углеводородного топлива эмиссия диоксида углерода – основного компонента «парниковых» газов – увеличивается более, чем в три раза.

Морской транспорт, как составная часть техногенных систем, приводит к следующим негативным последствиям:

- исчерпывание ресурсов невозобновимого характера углеводородного происхождения;
- удорожание стоимости морских грузовых перевозок;
- развитие Планетарного «парникового» эффекта.

В последнее время Международная морская организация приняла ряд Резолюций, направленных на снижение расхода судового топлива, повышение Коэффициента энергетической эффективности судна (КЭЭС), уменьшение эмиссии оксидов серы с отработанными газами судовых энергетических установок (СЭУ).

В монографии рассматриваются некоторые вопросы, касающиеся повышения эффективности морских грузоперевозок. Акцентируется внимание на подготовке кадров для морской

отрасли, современных технологиях обеспечения безопасности судоходства и защиты окружающей среды, а также снижении расхода судового топлива и повышении коэффициента энергетической эффективности судна, базирующееся на результатах собственных научно-исследовательских работ. Рассмотрены вопросы разработки и использования альтернативного судового топлива, предложены практические решения по повышению энергетической эффективности морских грузоперевозок и требуемого уровня достижения защиты окружающей среды.

У монографії розглядаються питання використання сучасних технологій автоматизації безпечного управління суднами, енергозбереження, захисту морського і навколишнього середовища, ефективності морських вантажоперевезень. Акцентується увага на підготовці кадрів для морської галузі, сучасних технологіях забезпечення безпеки судноплавства, а також зниження витрати суднового палива і підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності судна, що базується на результатах власних науково-дослідних робіт. Розглянуто питання розробки та використання альтернативного суднового палива.

Монографія призначена для курсантів (студентів), аспірантів, фахівців, викладачів ЗВО морського профілю, може бути корисною для наукових і практичних працівників у галузі безпечного судноводіння, природоохоронної діяльності, захисту морського, навколишнього середовища, а також інших техногенних систем.

Наукове видання

Лєонов Валєрій Євгеньєвіч
Сис Вячєслав Борисовіч
Чєрнявскій Василій Васільєвіч
Сис Василій Вячєславовіч

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНАМИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЗАХИСТУ МОРСЬКОГО ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Монографія
(рос. мовою)

За редакцією доктора технічних наук,
професора В. Є. Леонова

Відповідальний за випуск *Р. Є. Врублевський*
Технічний редактор *Т. О. Радул*
Коректор *Н. М. Грем*
Комп'ютерний набір тексту *І. І. Рубльов*
Друк, фальцювально-палітурні роботи *В. Г. Удов*

Формат 60х84/12. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 46,3
Підписано до друку року 28.05.2019
Тираж примірників 300. Зам. № 53.

Видавництво
Херсонська державна морська академія,
просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000
Тел.: 49–20–20
Ел. адреса: rvv@ksma.ks.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру
ДК № 4319 від 10.05.2012