

**В. Е. ЛЕОНОВ, В. В. ЧЕРНЯВСКИЙ**

# **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**



**МОНОГРАФИЯ**

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

Министерство образования и науки Украины  
Херсонская государственная морская академия

Леонов В. Е.  
Чернявский В. В.

**Современные методы  
исследований и обработки  
экспериментальных данных**

Монография

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

Херсон  
ХГМА  
2020



УДК 502.1:574:656.61:001.8

Л 47

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  
Херсонского национального технического университета

*Монография рекомендована к печати Учёным советом  
Херсонской государственной морской академии  
(протокол № 3 от 24 октября 2019 г.)*

**Леонов В. Е.**

Л 47      Современные методы исследований и обработки экспериментальных данных :  
Монография / В. Е. Леонов, В. В. Чернявский / под редакцией д.т.н., профессора  
В. Е. Леонова. – Херсон : ХГМА, 2020. – 520 с. : ил.

ISBN 978-966-2245-60-8

Материалы дисциплины «Современные методы исследований и обработки экспериментальных данных», которую редактор данной монографии профессор Леонов В. Е. читал для магистров в течение последних семи лет, использованы при написании монографии. В монографии приведены конкретные примеры собственных научно-исследовательских работ, готовых к практической реализации на морском, речном транспорте и внутренних водных путях.

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

УДК 502.1:574:656.61:001.8

ISBN 978-966-2245-60-8

© Леонов В. Е.,  
Чернявский В. В., 2020  
© ХГМА, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
РАЗДЕЛ 1 ОСНОВЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ.....	15
1.1 Роль компетентностного подхода в системе «образование–наука–практика» при подготовке морских специалистов учебно-квалификационного уровня «магистр».....	15
1.2 Основные термины и определения.....	23
1.3 Основы научно-исследовательской работы.....	37
РАЗДЕЛ 2 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	43
2.1 Общенаучные подходы и методы исследования.....	43
2.2 Исследования навигационного запаса глубины (Under Keel Clearance – УКС).....	53
2.3 Современные методы научно-исследовательских работ... ..	60
РАЗДЕЛ 3 КЛАССИФИКАЦИЯ И ВИДЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	68
3.1 Классификация научно-исследовательских работ.....	68
3.2 Разновидности научно-исследовательской работы.....	75
3.3 Этапы проведения научно-исследовательских работ.....	86
3.4 Где и для чего проводятся научно-исследовательские работы?.....	88
РАЗДЕЛ 4 ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	98
4.1 Характеристика фундаментальных исследований.....	98
4.2 Финансирование фундаментальных научно-исследовательских работ.....	106
4.3 Оценка эффективности фундаментальных научно-исследовательских работ.....	109
РАЗДЕЛ 5 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	113
5.1 Цель проведения прикладных научно-исследовательских работ.....	113
5.2 Финансирование прикладных научно-исследовательских работ.....	122
5.3 Понятие, смысл, цель разработки проекта.....	123
5.4 Практическое использование результатов прикладных научно-исследовательских работ.....	127

РАЗДЕЛ 6 ХАРАКТЕРИСТИКА ПОИСКОВЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	137
6.1 Цели и задачи проведения поисковых научно-исследовательских работ.....	137
6.2 Поисковые научные исследования по разработке катализаторов третьего поколения для гетерогенно-каталитической очистки/нейтрализации отработанных газов судовых энергетических установок и двигателей транспортных средств.....	138
6.3 Патентование результатов поисковых научно-исследовательских работ.....	150
РАЗДЕЛ 7 МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	156
7.1 Логическая структура проведения научно-исследовательских работ.....	156
7.2 Методология проведения научно-исследовательских работ.....	161
7.3 Структура научно-исследовательских работ.....	164
7.4 Организация проведения научно-исследовательских работ.....	167
РАЗДЕЛ 8 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И ОБОБЩЕНИЯ ДАННЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	171
8.1 Методология сбора и обработки информации при выполнении научно-исследовательских работ.....	171
8.2 Методы обработки данных научно-исследовательских работ.....	187
РАЗДЕЛ 9 СОВРЕМЕННЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СУДОВОЖДЕНИЯ.....	193
9.1 Магнитные компасы.....	194
9.2 Электронавигационные приборы.....	204
9.3 Радиолокационные станции (РЛС).....	226
РАЗДЕЛ 10 ЭЛЕКТРОННЫЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ.....	240
10.1 Электронные картографические навигационно-информационные системы – новый этап в развитии эффективного и безопасного морского судоходства.....	240
10.2 Классификация электронных картографических	

систем.....	247
10.3 Быстродействие, стабильность действия, точность ЭКНИС, обеспечивающая информацией судоводителя о районе плавания.....	250
10.4 Рекомендации по практическому использованию ЭКНИС [56–61].....	254
<b>РАЗДЕЛ 11 ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАВИГАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ.....</b>	<b>261</b>
11.1 Классификация погрешностей.....	261
11.2 Определение погрешности в процессе исследований.....	276
11.3. Погрешности измерения параметров по информационно-навигационным приборам.....	278
11.3.1 Девиация судовых магнитных компасов.....	278
11.3.2 Погрешности в гироскопических навигационных приборах, их типы.....	280
11.3.3 Погрешности эхолотов, обусловленные внешними условиями.....	287
11.3.4 Погрешности измерения скорости судна индукционным лагом.....	288
11.3.5 Источники погрешностей в спутниковой радионавигационной системе.....	292
11.3.6 Погрешности измерения параметров по информационно-навигационным приборам.....	297
<b>РАЗДЕЛ 12 ПЛАН УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ СУДНА.....</b>	<b>299</b>
12.1 План управления энергетической эффективностью судна – путь к повышению энергетической эффективности и экологической безопасности морских грузоперевозок.....	299
12.2 Разработка ПУЭЭС с целью повышения энергетической эффективности и экологической безопасности морских грузоперевозок [56, 57].....	300
12.3 Пример реального применения ПУЭЭС в практике морских грузоперевозок.....	313
<b>РАЗДЕЛ 13 КОНСТРУКТИВНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДНА. ОПЕРАЦИОННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДНА.....</b>	<b>321</b>
13.1 Понятие о конструктивном коэффициенте энергетической эффективности судна. Математические	



модели расчета.....	321
13.2 Операционный коэффициент энергетической эффективности судна.....	327
13.3 Научно-исследовательские работы по определению влияния параметров морского перехода на минимизацию операционного коэффициента энергетической эффективности судов.....	330
РАЗДЕЛ 14 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА КУРСАНТОВ (СТУДЕНТОВ).....	338
14.1 Мотивация научно-исследовательских работ курсантов (студентов).....	338
14.2 Этапы проведения научно-исследовательских работ курсантов (студентов).....	345
14.3 Оценивание результатов научно-исследовательских работ курсантов (студентов).....	352
РАЗДЕЛ 15 МАГИСТЕРСКАЯ (ДИССЕРТАЦИОННАЯ) НАУЧНАЯ РАБОТА КУРСАНТОВ (СТУДЕНТОВ).....	355
15.1 Организация написания и оформления магистерской (диссертационной) работы.....	356
15.2 Правила оформления магистерской (диссертационной) работы.....	358
15.3 Структура магистерской (диссертационной) работы....	359
15.4 Работа курсантов (студентов) с литературой.....	361
15.5 Научно-исследовательская часть.....	362
15.6 Методологические исследования.....	363
15.7 Ожидаемый результат магистерской (диссертационной) работы.....	366
РАЗДЕЛ 16 ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ЗАЩИТА ДИССЕРТАЦИОННЫХ РАБОТ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА, ДОКТОРА НАУК.....	368
16.1 Разработка диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.....	368
16.2 Этапы выполнения кандидатской диссертации.....	372
16.3 Разработка диссертации на соискание ученой степени доктора наук.....	375
РАЗДЕЛ 17 ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕННЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ, ГОТОВЫХ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ.....	378
17.1 Научно-исследовательские работы по вопросу	

целесообразности перевода морского транспорта на низкосернистое судовое топливо.....	378
17.2 Исследования по очистке отработанных газов СЭУ от сернистых соединений.....	386
17.3 Исследования по минимизации операционного коэффициента энергетической эффективности судна и повышению эффективности морских грузоперевозок.....	405
17.4 Разработка практических рекомендаций по минимизации операционного коэффициента энергетической эффективности судна при эксплуатации судов.....	422
17.5 Исследования по целесообразности использования на борту судна в качестве окислителя судового топлива атмосферного воздуха.....	434
17.6 Исследования по разработке экономически обоснованной технологии получения инертного газа, обеспечивающего пожаровзрывобезопасность на борту судна.....	446
17.7 Исследования процесса утилизации углеводородов при транспортировке, сборе, хранении и распределении нефти/нефтепродуктов на борту судна и за его пределами....	450
17.8 Исследования по разработке озоно-безопасных хладагентов для рефрижераторов.....	470
17.9 Исследования по безопасному и безвредному использованию судовых балластных вод.....	475
17.10 Комплексная судоводная установка для очистки и утилизации нефтесодержащих вод.....	492
Заключение.....	498
Список рекомендованной литературы.....	501

## Введение

В соответствии с методологической переориентацией процесса обучения на развитие личности курсанта (студента) Международная комиссия Совета Европы, Организация Экономического Сотрудничества и Развития (ОЕ–СД), Международный департамент стандартов (IBSTPI), страны-участницы международного проекта «Определение и отбор компетентностей: теоретические и концептуальные мероприятия»(DESECO) ориентируют на необходимость направленности учебных программ с целью приобретения курсантами ключевых компетентностей. Основными векторами компетентностей, которые необходимо формировать в современных условиях, являются коммуникативные, информационные, социальные, политкультурные, самообучение и саморазвитие, компетентность производительной и творческой деятельности. Одной из составляющих производительной и творческой деятельности курсанта является профессиональная компетентность специалиста морского профиля. Профессиональная компетентность является совокупностью умений, знаний и навыков курсантов, которые особым образом структурируют научные и практические знания с целью повышения качества профессиональных задач безопасного, экономически оправданного, экологически безопасного и безвредного судоходства.

Одной из составляющих компетентностей является профессиональная компетентность, которая характеризуется способностью преподавателя и курсанта преобразовать специальность, носителем которых они выступают, в способ формирования личности курсанта с учетом ограничений и рекомендаций, предусмотренных учебно-тренажерным процессом в соответствии с требованиями IMO-Model Course, Международной конвенции ПДМНВ–78, стандартом обучения

специалистов морского профиля [1–4].

В профессиональной компетентности необходимо выделить пять элементов:

1) социально-профессиональная компетентность, которая предусматривает ответственность курсантов, как в сфере непосредственно специальности морского профиля, так и в пределах смежных отраслей знаний к ней;

2) методическая компетентность в части формирования знаний и умений курсантов;

3) социально-психологическая компетентность, которая включает обязанности преподавателя и курсанта дискутировать по усвоению преподаваемых дисциплин;

4) дифференциально-психологическая компетентность, которая интегрируется из знаний преподавателя об индивидуальных особенностях каждого курсанта, его способностей, сильных сторонах воли и характера, профессиональной подготовленности и недостатках предварительной подготовки и определяется в принятии продуктивных стратегий индивидуального подхода в работе с курсантом;

5) аутопсихологическая компетентность, которая складывается из обязанностей преподавателя в части способов профессионального самоуправления, а также сильных и слабых сторон деятельности курсанта.

Актуальность находящейся в центре внимания проблемы повышения эффективности процесса развития коммуникативных учебных действий у курсантов при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин обуславливается необходимостью разрешения противоречий между:

- социальным заказом с достаточно развитыми коммуникативными универсальными действиями и



недостаточным вниманием к их развитию в процессе освоения дисциплин;

- потребностью практики в теоретическом обосновании и методическом обеспечении процесса развития коммуникативных универсальных учебных действий курсантов в процессе освоения общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Приоритетное направление в развитии универсальных учебных действий у курсантов приобретают коммуникативные учебные действия, так как именно межличностное общение является ведущей и прогрессивной деятельностью курсанта.

Одной из ведущих задач для преподавателя в Херсонской государственной морской академии является научить курсанта не просто учиться, что свойственно задачам академии, а научить учиться в общении. Именно поэтому преподаватели должны уделять особое внимание формированию и развитию у курсантов коммуникативных универсальных учебных действий.

Одна из главных практических задач компетентностного подхода в целостной системе подготовки конкурентноспособных выпускников высших морских учебных заведений – это обновление учебных планов и программ подготовки по специальностям плавсостава в соответствии с требованиями Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДМНВ–78) [1].

Основная роль в обновленных учебных планах и программах должна отводиться освоению специальных дисциплин, оказанию первой медицинской помощи, изучению морского английского языка как способа делового сотрудничества в интернациональных экипажах, с зарубежными организациями, защите морской окружающей среды, Международного морского права, коммерциализации, логистике морских перевозок.

В соответствии с требованиями Международной конвенции ПДМНВ-78, IMO-Model Course подготовки судоводителя разделы

7.01, 7.03 – необходимо увеличить количество учебных часов, которые отводятся на:

- \* тренажерную подготовку с радиолокационными системами, автоматизированной радиолокационной прокладкой;

- \* обучение работе с современными системами управления движением судов, электронной картографической навигационной информационной системой;

- \* обучение работе с глобальной системой связи во время бедствия;

- \* обучение работе с системами, которые отвечают за борьбу и живучесть судна, охрану труда экипажа, безопасность жизнедеятельности, сохранность груза, защиту морской окружающей среды.

Переход на европейскую систему образования в рамках Болонского процесса связано с увеличением объема самостоятельной работы курсантов при более широком взаимодействии с преподавателем, то есть с персонализацией обучения курсантов.

В современных условиях специализация высшего образования имеет преимущество перед универсальностью. Курсанты специальности «Судовождение» должны быть прежде всего профессионалами своего дела согласно твердому убеждению адмирала С. О. Макарова: «Судовождение – это не ремесло, а искусство».

Монография «Современные методы исследований и обработки экспериментальных данных» посвящена вопросам проведения научно-исследовательских работ и прикладному их применению для обеспечения безопасности плавания судов и повышения эффективности морских грузоперевозок.

Даны основы проведения и классификация научно-исследовательских работ: фундаментальные, прикладные, поисковые. Описана характеристика этих видов научно-исследовательских работ, их назначение и цель, источники

финансирования, организация их проведения.

В достаточной мере описана методология проведения научно-исследовательских работ, обработки и обобщения результатов экспериментальных работ.

На современном уровне охарактеризована методика определения погрешности параметров навигационных приборов и систем, принципы проведения научно-исследовательских работ, использование конечных результатов для теории и практики морского судоходства.

Необходимо отметить, что научно-исследовательские работы охватывают широкий спектр морской практики такие, как безопасность судоходства, навигационные системы определения места судна в открытом море и в условиях стесненного плавания, предвидение и анализ потенциальных опасностей судоходства, разработка конкретных решений по упреждению опасностей морского перехода с учетом изменяющихся гидрометеорологических условий морского перехода, корректировка в случае необходимости маршрута морского перехода, грамотное использование электронных картографических навигационно-информационных систем, проведение комплексных расчетов и обобщений с целью минимизации операционного коэффициента энергетической эффективности судна и, соответственно, снижения расхода судового топлива, защиты морской окружающей среды.

Судоводитель систематически определяет параметры управления судном, анализирует их с целью выработки конкретных решений оперативно, в условиях ограниченного времени и сложной внешней обстановки. В этом вопросе судоводителю необходимы знания по методам определения погрешностей навигационных приборов, оценки показаний приборов, в частности такие, как расчет среднеквадратической погрешности определения места судна, расстояний до ориентиров, курсовых углов, запаса глубины под килем, использование

гидрометеорологических условий для экономного расходования судового топлива. Приведены конкретные примеры научно-исследовательских работ, готовых к практической реализации на морском транспорте.

В ИМО-Model Course, ПДМНВ-78, «Требования к капитану и палубной команде» содержатся конкретные положения по структуре специальных дисциплин, включая тренажерные комплексы и симуляционные компьютерные программы.

Программа учебной дисциплины «Современные методы исследований и обработки экспериментальных данных» составлена в соответствии с Международным кодексом подготовки и дипломирования моряков и несении вахты STCW 78, глава II «Требования к капитану и палубной команде», раздел А-II/1 «Обязательные минимальные требования к дипломированным вахтенным помощникам капитана судна валовой вместимостью 500 и более» и ИМО Model Course 1.38 «Понятие о морской, окружающей среде», 7.01, 7.03, 7.04. 4.1 «Обеспечение выполнения требований по предотвращению загрязнений», 1.21 «Внедрение защитных мероприятий по предотвращению загрязнения морской, окружающей среды» (табл. 1).

Таблица 1 – Компетентностные требования к умению, знанию, навыкам курсантов (студентов) учебно-квалификационного уровня «магистр».

№	Компетентность	Содержание умений
1.	Обработка результатов измерений	Умение составлять описательные статистики случайных величин. Умение выполнять оценку доверительного интервала при повторных измерениях. Умение выявлять и исключать промахи из серии измерений



Продолжение таблицы 1

2.	Исследование, разработка и реализация Плана управления энергетической эффективностью судна (ПУЭЭС)	Умение провести исследования по снижению расхода судового топлива при выполнении морского (океанического) перехода. Умение разработать эффективный ПУЭЭС, исходя из реального морского перехода
3.	Уравнения регрессии. Метод наименьших квадратов	Умение составлять уравнения регрессии. Умение применять метод наименьших квадратов
4.	Исследование и расчет конструктивного, операционного коэффициента энергетической эффективности судна (ККЭЭС, ОКЭЭС)	Умение исследовать и рассчитать ККЭЭС. Умение исследовать и рассчитать ОКЭЭС. Получить умения, знания и навыки по принципу минимизации операционного коэффициента энергетической эффективности судна
5.	Планирование численного или физического эксперимента	Умение составлять план полного факторного эксперимента. Умение составлять математическую модель процесса. Умение оценивать воспроизводимость данных измерений и исследований

Матеріали дисципліни «Сучасні методи досліджень і обробки експериментальних даних», яку редактор даної монографії професор Леонов В. Є. читав для магістрів протягом останніх семи років, використані при написанні монографії. У монографії наведені конкретні приклади власних науково-дослідних робіт, готових до практичної реалізації на морському, річковому транспорті і внутрішніх водних шляхах.

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

Наукове видання

Леонов Валерій Євгенєвич  
Чернявській Васілій Васильєвич

# Сучасні методи досліджень і обробки експериментальних даних

(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, фальцовально-палітурні роботи *В. Г. Удов*

Формат 60x84/12. Папір офсетний.

Ум. друк. арк. 43,3

Підписано до друку року

Тираж примірників 300. Зам. № 63

Видавництво

Херсонська державна морська академія,

просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000

Тел.: 49–20–20

Ел. адреса: [rvv@ksma.ks.ua](mailto:rvv@ksma.ks.ua)

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