

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Судовождение и безопасность судоходства»

С И С Т Е М Ы АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА

**Методические указания
к практическим занятиям
по дисциплине «Технические средства судовождения»**

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 656.61.052
ББК 39.475
С40

Рецензент:

Е.В. Гембатый – капитан судоходной компании “Briese Schiffahrts GmbH & Co.”

Ответственный за выпуск:

С.А. Подпорин – заведующий кафедрой СБС, к.т.н., доцент

Составители: С.А. Подпорин, А.А. Загородний, В.В. Михайлов,
Г.А. Закурдаев

С40 Системы автоматического управления движением судна :
методические указания к практическим занятиям по дисциплине
«Технические средства судовождения» / Сост. С.А. Подпорин,
А.А. Загородний, В.В. Михайлов, Г.А. Закурдаев ; Министерство науки и
высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет,
Морской институт, кафедра «Судовождение и безопасность судоходства». –
Севастополь : СевГУ, 2020. – 54 с. – Текст : электронный.

Целью методических указаний является оказание студентам необходимой методической помощи при подготовке к практическим занятиям по дисциплине «Технические средства судовождения» (раздел 4 «Системы автоматического управления движением судна»).

УДК 656.61.052
ББК 39.475

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Судовождение и безопасность судоходства» Морского института ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» в качестве методических указаний, протокол № 12 от 28 ноября 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЗ-1	Устройство современного навигационного мостика. Изучение функционала коннинг-дисплеев и многофункциональных рабочих станций	4
ПЗ-2	Устройство и принцип работы аналогового авторулевого	14
ПЗ-3	Изучение возможностей цифрового авторулевого. Управление судном в режиме “Follow-up”	22
ПЗ-4	Изучение возможностей автоматического управления курсом. Режим “Heading Control”	33
ПЗ-5	Взаимодействие авторулевого и систем ЭКНИС/ГНСС. Управление судном в режимах “Follow-up” и “Track Control”	38
ПЗ-6	Настройка авторулевого. Управление судном в разных режимах	45

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1.

УСТРОЙСТВО СОВРЕМЕННОГО НАВИГАЦИОННОГО МОСТИКА. ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛА КОННИНГ-ДИСПЛЕЕВ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РАБОЧИХ СТАНЦИЙ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Формируемые компетенции в соответствии с ФГОС ВО и Кодексом ПДНВ

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
ПК-1 Планирование и осуществление перехода и определение местоположения (раздел А-П/1 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне эксплуатации»)			
ПК-1.6 Способность использовать эхолоты, gyro- и магнитные компасы, системы управления рулем	—	Использовать системы управления рулем	Общие знания о системах управления рулем
ПК-5 Способность обеспечить безопасное плавание судна путем использования информации от навигационного оборудования и систем, облегчающих процесс принятия решений (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-5.1 Знание погрешностей систем и эксплуатационных аспектов навигационных систем	—	—	Общие знания эксплуатационных аспектов систем управления движением судна
ПК-6 Способность определять и учитывать поправки компаса (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-6.3 Понимание работы систем, контролируемых основным прибором гирокомпаса	—	—	Общее понимание работы системы управления движением судна

Рекомендованный объем: 2 академических часа

Количество обучаемых: 1 подгруппа численностью до 12 чел.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде выборочного устного опроса по пройденным темам – 5 мин.
2. Краткое описание состава навигационного мостика и его функционала. Брифинг. Постановка целей и задач на занятие – 15 мин.
3. Демонстрация функционала навигационного мостика при выполнении перехода судна – 15 мин.
4. Демонстрация функционала многофункциональных рабочих станций – 10 мин.
5. Демонстрация функционала коннинг-дисплея – 10 мин.

6. Самостоятельная работа студентов – использование функционала навигационного мостика на переходе морем – 30 мин (2 часа – при 4-х часовой продолжительности занятия).
7. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Навигационный тренажер “Navi-Trainer Pro 5000” или аналогичный (см. рисунок 1.1) с одним полномасштабным навигационным мостиком и 3 дополнительными мостиками.
2. Плакат “Modern Navigation Bridge” (см. рисунок 1.2) – настенный или в виде выводимого на экран изображения.
3. Мультимедиа проектор.
4. Пластиковая или смарт-доска.



Рисунок 1.1 – Навигационный тренажер

Modern Navigating Bridge

1. Fire Detection Panel
2. GPS
3. AIS
4. Speed Log Display
5. Chart Table
6. Multifunctional Display
7. GMDSS Console
8. Rudder Angle Indicator
9. ECDIS
10. RoT-indicator, Echo-sounder, Clinometer, Anemometer
11. S-Band Radar Display
12. Conning Display
13. Main Engine Controls
14. X-Band Radar Display
15. Alarm Panel
16. Lights Panel
17. Smoke Detector
18. Sensor Panel
19. Magnetic Compass Periscope
20. Search and Rescue Transponder
21. Bridge Wing Bearing Repeater
22. Steering Stand with Gyrocompass
23. Autopilot and Steering Controls

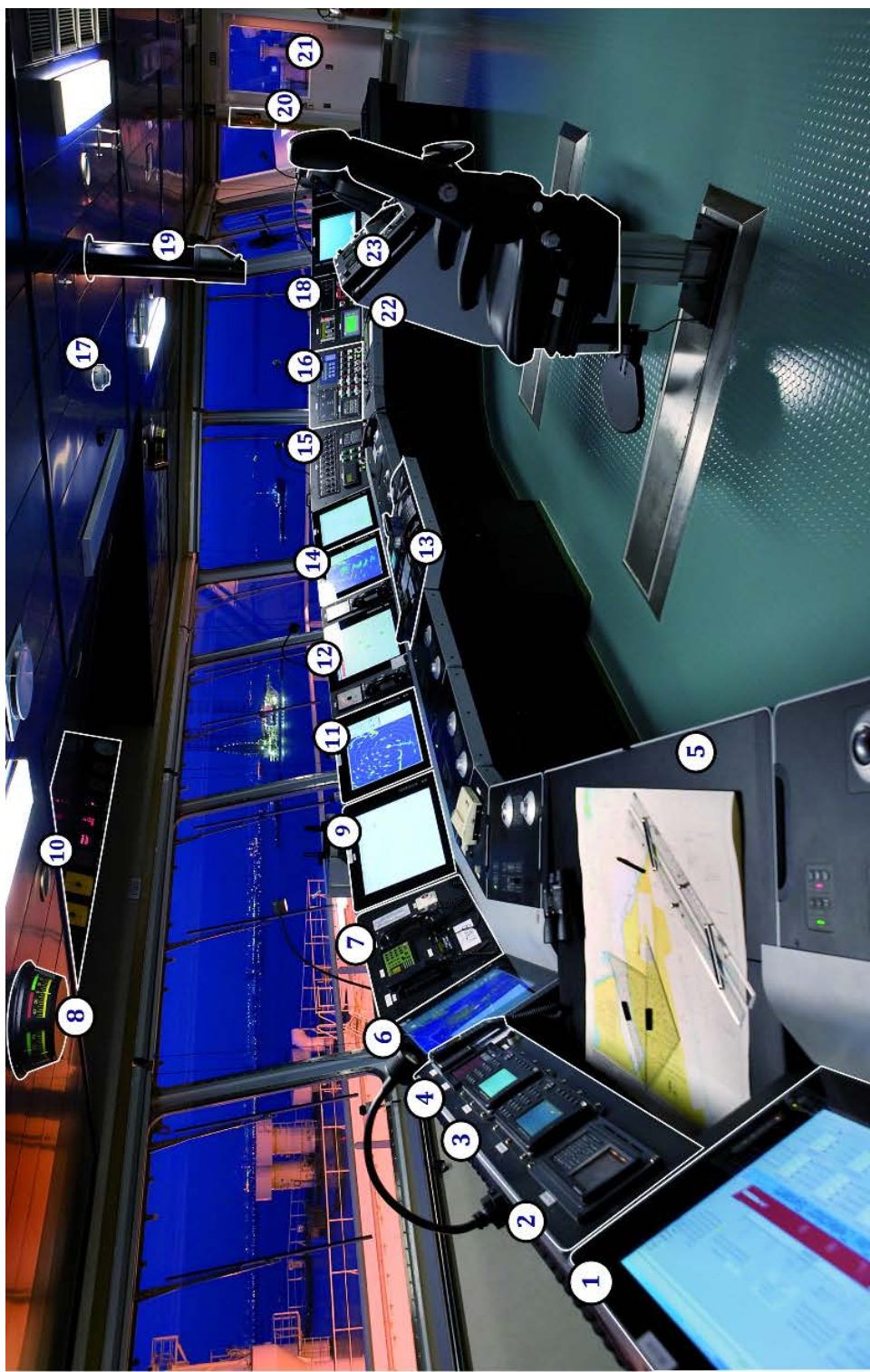


Рисунок 1.2 – Плакат “Modern Navigation Bridge”

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Современные навигационные мостики выполняются, как правило, по технологии интегрированного мостика IBS (Integrated Bridge System). IBS представляет собой автоматизированный программно-аппаратный комплекс, выполняющий функции:

- сбора, обработки и отображения информации (за это отвечают многофункциональные рабочие станции/дисплеи – MF displays);
- выполнение функций навигации (навигационная информационная система с электронными картами – ECDIS);
- предотвращение столкновений судов (радар и система автоматической радиолокационной прокладки САПП);
- управление судном (коннинг-дисплей, авторулевой, консоль маневрирования, консоли на крыльях мостика и другие органы);
- радиосвязь (интегрированная система радиосвязи, в том числе система глобальной морской связи при бедствии GMDSS);
- и обеспечение безопасности (остальные системы).

Современный навигационный мостик должен обеспечивать максимальную эффективность несения навигационной вахты квалифицированным персоналом. Его функционал позволяет:

- автоматизировать выполнение комплексных задач судовождения;
- создать единую информационную среду для эффективной поддержки решений вахтенного помощника (decision support);
- организовать централизованный контроль работы оборудования, от которого зависит безопасность судна и груза;
- обеспечить централизованное управление силовыми средствами и другим оборудованием судна.

Типовой состав современного мостика

Выпускаемые разными фирмами навигационные мостики, несмотря на общую концепцию, имеют определенные отличия по составу, выполняемым функциям, дизайну. Типовой интегрированный мостик включает в себя:

- центральную консоль мостика, как правило, с двумя рабочими местами, в которую монтируется мостиковая аппаратура, дисплеи, индикаторы, органы управления (рисунок 1.3). Консоли выполняются под конкретное судно, преследуя критерии эргономичности и единообразия;
- дисплеи и индикаторы основных навигационных датчиков (Navigation Sensors), таких как приемник ГНСС, гирокомпас, магнитный компас, лаг, эхолот, аксиометр, датчик угловой скорости поворота, датчики состояния СЭУ, гребного винта и иных механизмов и др.);
- центральный информационный дисплей мостика (коннинг-дисплей – Conning Information Display – CID);
- навигационно-информационную систему ECDIS на отдельном дисплее (или двух дисплеях);

- систему для предупреждения столкновений в составе одного или двух радаров с функциями САРП (на отдельных дисплеях) и автоматическую идентификационную систему (АИС – AIS);
- станцию управления движением судна (маневровую консоль – Maneuvering Control Station);
- централизованную систему мониторинга и сигнализации (Centralized Monitoring and Alarm Management System – AMS);
- систему дистанционного управления огнями и звуковыми сигналами (Lights Control and Sound Signals Control);
- интегрированную систему радиосвязи (Integrated Radio Communication System);
- регистратор данных рейса (Voyage Data Recorder – VDR);
- консоли управления движением с крыльев мостика (Bridge Wing Console).
- опциональные системы:
 - ✓ систему оценки и оптимизации мореходности – COM (Vessel Seaworthiness Assessment and Optimization System);
 - ✓ систему планирования и оптимизации пути – СПП (Voyage Planning and Route Optimization System);
 - ✓ систему приема звуковых сигналов – СПЗ (Sound Signal Reception System – SSRS) – для судов с закрытым мостиком;
 - ✓ систему видеонаблюдения с возможностью ночного видения (Closed Circuit Television with Night vision system);
 - ✓ другую аппаратуру по требованию и/или желанию судовладельца.

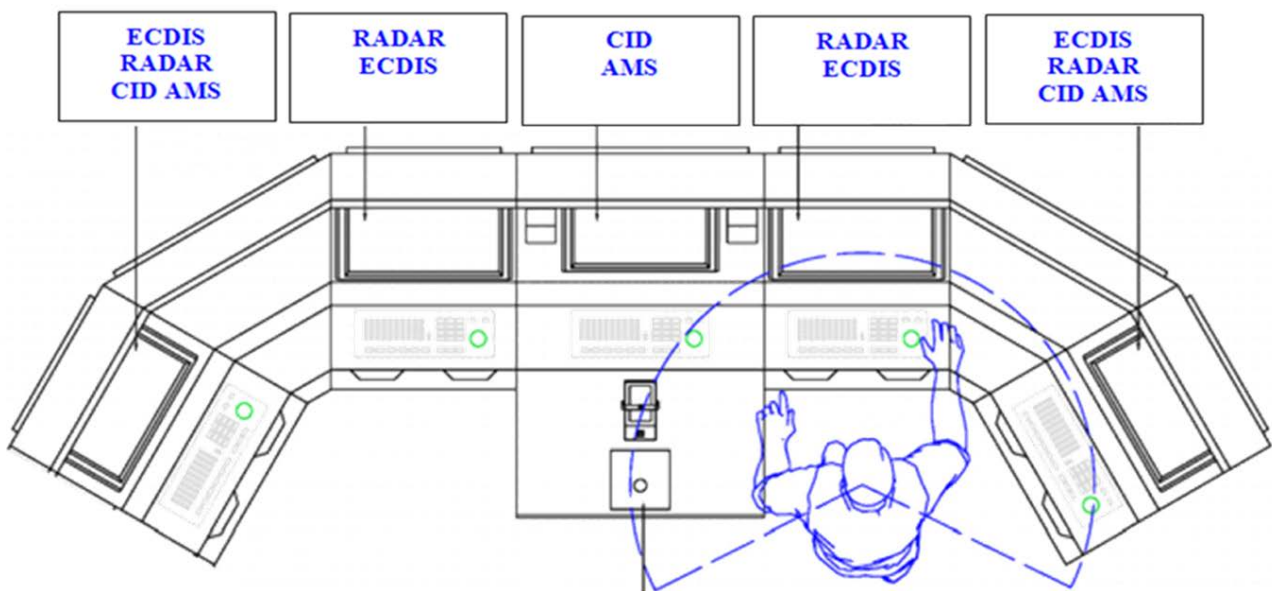


Рисунок 1.3 – Эргономичный дизайн центральной консоли мостика

Современные интегрированные мостики отвечают требованиям к управлению судном одним человеком (One man bridge operations – OMBO). Обычно у них один пульт управления с двумя рабочими местами.

Визуализация на мостике осуществляется обычно с помощью многофункциональных рабочих станций/дисплеев (MultiFunctional Workstations/Displays). В основе МФРТ находится обычный персональный компьютер со специализированным программным обеспечением. Дисплеи МФРТ вмонтированы в консоль мостика.

Особенности использования IBS

- IBS – средство помощи капитану и штурманскому составу в решении задач судовождения. IBS не освобождает судоводительский персонал от необходимости принятия решений по управлению судном, обеспечению его безопасности, чистоты окружающей среды, а также от ответственности за эти решения. Судоводители должны уметь эффективно использовать IBS, знать ограничения и недостатки этих средств, использовать малейшую возможность для контроля их работы и правильности получаемой от них информации.
- Отказ одной части IBS не должен затрагивать функциональность других ее компонентов, за исключением тех функций, которые прямым образом зависят от информации, поступающей от неисправной части.
- Аппаратура в составе IBS совместима между собой и соответствует международным требованиям к морским интерфейсам (протокол МЭК 61162 или NMEA 0183).
- В IBS обеспечивается принцип “Redundancy” (или даже “Triple Redundancy”), т.е. дублирование средств для выполнения важных функций, а также предусмотрены альтернативные источники важнейшей информации.
- IBS указывает на потерю любого информационного датчика или отказа любой входящей в состав IBS системы. Например, с помощью тревожного сообщения “Gyro 1 Failure”, “Steering Failure” и т.д.

Одна из основных задач IBS – минимизация человеческого фактора при управлении судном. Для этого:

- IBS выполняется единообразной для всех функций (в т.ч. все меню, тревожные сообщения и др.), наглядной (подсветка функциональных/активных областей, неисправностей и т.д.), эргономичной, обеспечивает представление минимально необходимой для безопасной эксплуатации судна информации (остальная находится под рукой по вызову).
- IBS, как правило, запрашивает подтверждение оператора для действий, которые могут вызвать внештатные результаты (например, опасное сближение с препятствием/берегом; отключение какой-либо системы и др.).

Особенности использования МФРТ и коннинг-дисплеев

Визуализация в современных IBS осуществляется, как правило, с помощью многофункциональных рабочих станций/дисплеев (МФРТ – см. рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Представление информации на мостике с помощью multifunctional workstations

В основе МФРТ находится обычный персональный компьютер со специализированным программным обеспечением. Дисплеи МФРТ вмонтированы в центральную консоль мостика. МФРТ отображают данные в виде изображения:

- коннинг-дисплея;
- радара;
- НИС;
- радара+электронных карт;
- других систем (видеонаблюдения; контроля мореходности; погодной информации и т.д.).

Коннинг-дисплей (КД) представляет собой компьютерную программу, отображающую в удобном виде на экране МФРТ актуальную информацию о состоянии судна. КД – центральный информационный дисплей в системе IBS. На КД поступает информация от основных приборов и систем судна.

На различных этапах для судоводителя требуется разная информация, а потому КД имеет несколько режимов ее отображения. Наиболее характерные:

- навигационный режим – NAV (во время перехода морем);
- швартовный режим – Docking/Berthing;
- информация с основных датчиков и тревожные сообщения – Main Sensors and alarms;
- режим регистрации данных (Recorder) и др.

КД позволяет с помощью программного интерфейса осуществлять непосредственное управление судном и его системами.

Коннинг-дисплей тренажерного комплекса NT-Pro 5000 от компании “Transas” представлен на рисунке 1.5. Функционал КД позволяет помимо отображения широкого спектра информации осуществлять функции управления судном и его системами.

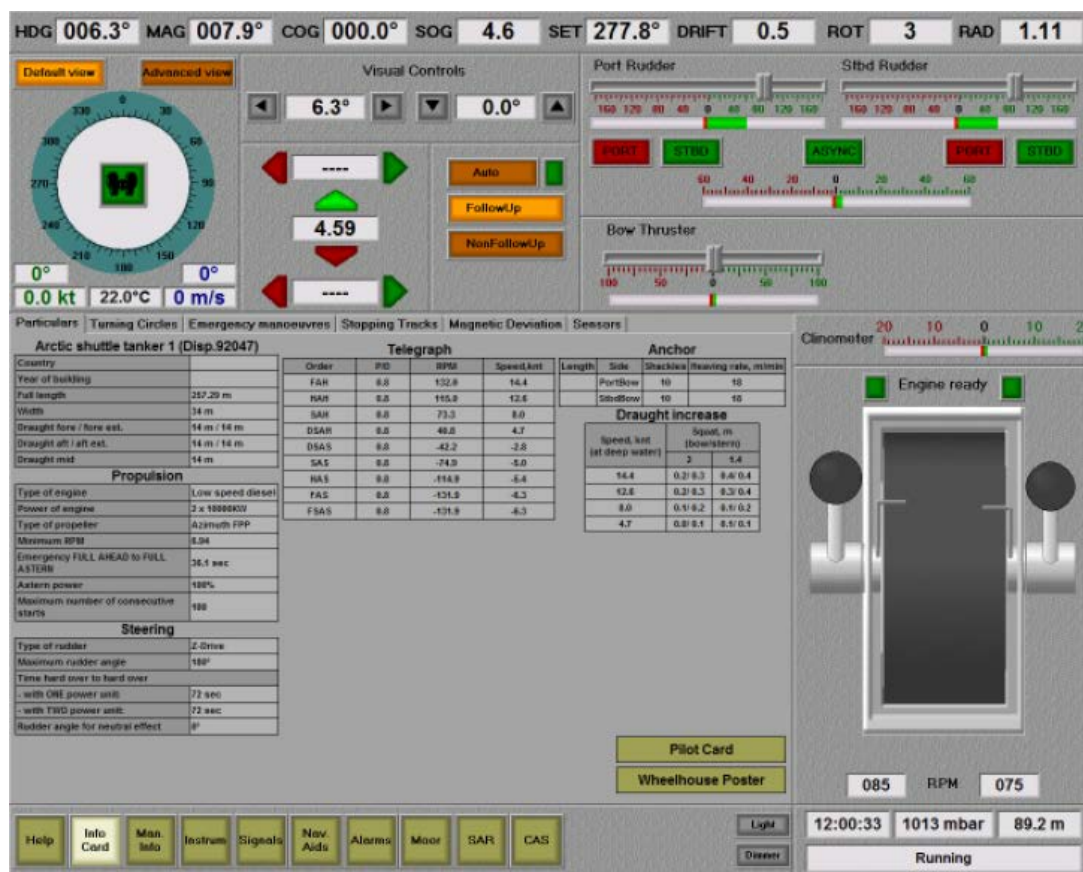


Рисунок 1.5 – Коннинг-дисплей тренажерного комплекса NT-Pro 5000

Подробно функционал КД тренажерного комплекса NT-Pro 5000 описан в главе 1 руководства пользователя тренажера NT-Pro 5000.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Автоматизация современного морского судна». Преподаватель выборочно опрашивает обучающихся.
2. Знакомство с составом типового навигационного мостика и его функционалом. Выполняется по электронной презентации и/или плакату (рис. 1.2). Преподаватель знакомит обучающихся с основными элементами навигационного мостика судна и их предназначением. Термины указываются на русском и английском языках.
3. Брифинг. Постановка целей и задач на занятие. Преподаватель доводит до обучающихся последовательность работы с использованием тренажера.
4. Запуск демонстрационного упражнения. Преподаватель на главном мостике демонстрирует состав и функционал навигационного мостика: основные панели, приборы и системы; органы управления судном; панель подачи звуковых сигналов; основные принципы навигации в информационной системе мостика с помощью трекбола и специализированной клавиатуры.

5. Демонстрация функционала многофункциональных рабочих станций. Преподаватель кратко объясняет предназначение, возможности и принципы работы с МФРТ: станцией ЭКНИС, РЛС и КД. Демонстрируется работа специализированного ПО: Navi-Sailor, Navi-radar, Navi-Conning, Alarm Management System, Navi-Planner.
6. Демонстрация функционала коннинг-дисплея. Преподаватель последовательно демонстрирует экраны КД, объясняет их предназначение и возможности. Отмечает, с какими функциями КД обучающиеся столкнутся при самостоятельном выполнении упражнения.
Самостоятельная работа студентов в микрогруппах по 2–3 чел.
7. Использование функционала навигационного мостика при выполнении перехода. Обучающимся ставится задание совершить переход из точки А в точку Б. Дается быстроходное судно (варианты: фидерный контейнеровоз, пассажирское судно) и прибрежный район плавания (варианты: пролив Босфор; район датских проливов; заход в Сан-Франциско; заход в Гетеборг) Главная задача обучающихся – усвоить предназначение приборов на центральной консоли мостика и адекватно воспринимать предоставляемую ими информацию; уметь получать основную информацию от ЭКНИС и РЛС; ориентироваться в структуре коннинг-дисплея, уметь находить в нем требуемую информацию. Система автоматизированной оценки компетентности (АСОК) в упражнении не используется.
8. Преподаватель во время выполнения упражнения периодически подходит к контролирует работу студентов, задавая вопросы по предназначению того или иного прибора и показаниям, которые они предоставляют. Например, обучающимся выборочно ставятся задания: показать угловую скорость поворота; координаты; курс судна; путевой угол; информацию о глубине; перейти на просмотр лоцманской карточки; перейти на страницу КД, позволяющую управлять сигналами; перейти из ручного на автоматическое управление; изменить режим работы главного двигателя; включить или выключить подруливающее устройство; перейти в швартовный режим КД; включить или выключить навигационные огни; показать датчики работы винта; на экране РЛС показать опасные цели; на экране ЭКНИС показать информацию от основных навигационных приборов судна; изменить яркость и масштаб изображения и т.д.
9. Подведение итогов занятия. Преподаватель дополнительно отмечает основные сложности, возникшие при использовании элементов навигационного мостика во время выполнения упражнения.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные элементы современного навигационного мостика.
2. Какую функцию выполняют многофункциональные рабочие станции?
3. Приведите примеры навигационных датчиков.

4. Какие системы являются неотъемлемой частью интегрированной системы навигационного мостика?
5. В каком месте консоли мостика обычно устанавливается коннинг-дисплей?
6. Как обычно расположен дисплей системы ECDIS относительно коннинг-дисплея?
7. Сколько рабочих мест обычно предусматривается в типовом интегрированном мостике?
8. В чем отличие интегрированного мостика от обычного?
9. Расшифруйте аббревиатуры: ECDIS, ARPA, RoT, CID, AMS, IBS, MFD, OMBO, VDR, AIS.
10. Поясните термин "Redundancy" применительно к судовым системам.
11. Приведите примеры информационной совместимости навигационной аппаратуры. По какому протоколу осуществляется информационное взаимодействие аппаратуры между собой?
12. Как называется технический документ, определяющий процедуры и правила взаимодействия навигационных устройств между собой?
13. Какая международная организация определяет технические стандарты и протоколы к электронному оборудованию?
14. Какой международный протокол определяет стандарты взаимодействия навигационной аппаратуры между собой?
15. Поясните суть требования ИМО к эргономичному дизайну навигационного мостика.
16. Назовите обязательные для отображения на отдельных МФРТ виды графической информации?
17. В чем предназначение коннинг-дисплея?
18. Является ли коннинг-дисплей отдельным прибором?
19. Какие варианты отображения информации предусмотрены в коннинг-дисплеях?
20. В чем отличие швартовного режима КД от навигационного?
21. Какая информация обязательно выводится на экран КД в навигационном режиме?
22. Как представляется информация о тревожных сообщениях в коннинг-дисплеях?
23. В чем основная идея настраиваемого КД (configurable conning display)?
24. В чем отличие КД тренажера от реального КД? Какой функционал дополнительно присутствует?
25. Как квитировать тревожное сообщение на мостике?

5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Чапчай П.А. Электронавигационные приборы: учебное пособие / П.А. Чапчай. – 2-е изд. – Одесса: ОНМА, 2012. – 161с.
2. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ АНАЛОГОВОГО АВТОРУЛЕВОГО

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
ПК-1 Планирование и осуществление перехода и определение местоположения (раздел А-П/1 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне эксплуатации»)			
ПК-1.6 Способность использовать эхолоты, gyro- и магнитные компасы, системы управления рулем	—	Использовать аналоговые системы управления рулем	Аналоговые системы управления рулем
ПК-5 Способность обеспечить безопасное плавание судна путем использования информации от навигационного оборудования и систем, облегчающих процесс принятия решений (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-5.1 Знание погрешностей систем и эксплуатационных аспектов навигационных систем	—	—	Эксплуатационные аспекты систем управления движением судна на базе аналоговых авторулевых
ПК-6 Способность определять и учитывать поправки компаса (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-6.3 Понимание работы систем, контролируемых основным прибором гирокомпаса	—	—	Понимание работы системы управления движением судна на базе аналоговых авторулевых

Рекомендованный объем: 2 академических часа

Количество обучаемых: 1 подгруппа численностью до 12 чел.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по пройденным темам – 5 мин.
2. Построение диаграммы выхода судна на новый курс с П- и ПД-управлением для разных значений настроек чувствительности и одерживания – 30 мин.
3. Изучение технической документации на авторулевые «Питон» и «АТР-2-10», их принципа работы и основных элементов – 20 мин.
4. Работа на лабораторных установках: исследование работы аналоговых авторулевых в различных режимах – 30 мин.
5. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Лабораторная установка «Авторулевой электромеханический аналоговый типа «АТР-2-10»» (рисунок 2.1);
2. Лабораторная установка «Авторулевой электромеханический аналоговый типа «Питон»» (рисунок 2.1);
3. Техническая документация на авторулевые типа «Питон» и «АТР-2-10»;
4. Презентация «Система автоматического управления движением судна».



Рисунок 2.1 – Лабораторные установки на основе авторулевых «Питон» и «АТР»

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В соответствии с правилом 19 главы 5 СОЛАС все суда валовой вместимости 10000 и более снабжаются системами автоматического управления движением судна по курсу (Heading control System – HCS) или траектории (Track Control system). Такая система получила название «авторулевой». На практике на суда меньшей валовой вместимости, совершающие длительные переходы, также предпочитают устанавливать авторулевые из-за их пользы и экономической выгоды.

Задача системы автоматического управления курсом судна (САУКС) заключается в том, чтобы, компенсируя действующие на корпус возмущения, обеспечить движение судна по заданному курсу с требуемой точностью. Управляющие воздействия создаются с помощью переключков руля. С их помощью компенсируется снос судна, вызванный возмущениями, и восстанавливается первоначальное состояние объекта.

Авторулевые выполняют две основные функции: удержание судна на линии заданного курса (в автоматическом режиме) и изменение курса на заданную величину (в автоматическом или ручном режиме).

САУКС обеспечивает безопасность и экономическую эффективность эксплуатации судна, освобождает человека от постоянной вахты на руле, уменьшает импульсивные потери из-за сопротивления движению судна, вызванного действием руля.

САУКС является классической системой автоматического регулирования с отрицательной обратной связью, работающей по принципу отклонения. САУКС включает 4 основных элемента (рисунок 2.2): объект управления (судно), главную отрицательную обратную связь ОС (осуществляется через курсоуказатель), исполнительный механизм (рулевую машину) и регулятор (контроллер) авторулевого. На судно действуют возмущающие f (disturbances) и управляющие воздействия HTS (heading to steer). Возмущающие воздействия (ветер, волнение, течения) носят случайный характер и приводят к отклонению судна от заданного курса. На входе системы происходит сравнение заданного значения HTS и фактического HDG курсов (полученного от курсоуказателя), и их разность e (error – ошибка) поступает на вход регулятора авторулевого.

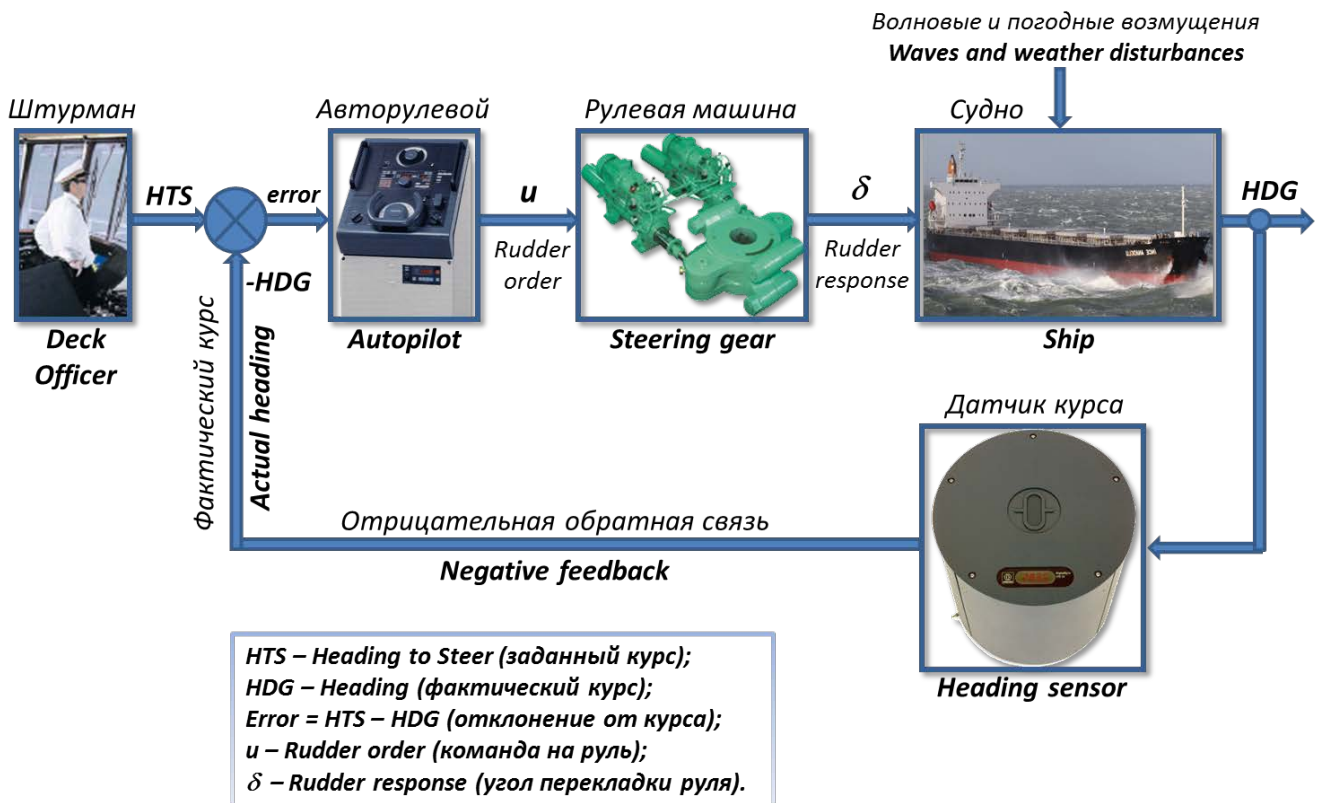


Рисунок 2.2 – Структурная схема САУКС

Назначением регулятора является преобразование по определенному закону отклонения $error$ судна от заданного курса в команду на руль u . Под термином «авторулевой» обычно понимают именно регулятор. При аварийном ручном управлении функции регулятора выполняет человек-судоводитель непосредственно из румпельного отделения (при отказе авторулевого). Отклонение пера руля на угол δ вызывает управляющее воздействие на судно, компенсирующее внешнее возмущение.

Регулятор авторулевого работает по трем каналам: пропорциональному, дифференциальному и интегральному (ПИД-регулирование), т.е. вырабатывает три управляющих сигнала:

- 1) пропорциональный отклонению от курса $U_p = K_p \cdot e$;
- 2) пропорциональный скорости отклонения от курса $U_d = K_d \cdot \dot{e}$;
- 3) пропорциональный интегралу отклонения от курса $U_i = K_i \cdot \int e$.

В большинстве авторулевых при этом используется общий коэффициент усиления K_C (рисунок 2.3).

Уравнение пропорционального регулятора:

$$\delta = K_c e = \frac{1}{K_{oc}} e,$$

где K_C – коэффициент усиления по пропорциональному каналу, K_{oc} – коэффициент обратной связи (отношение значения изменения курса к углу перекладки). Во многих аналоговых авторулевых (АТР, «Аист» и др.) общий коэффициент усиления реализован в канале обратной связи.

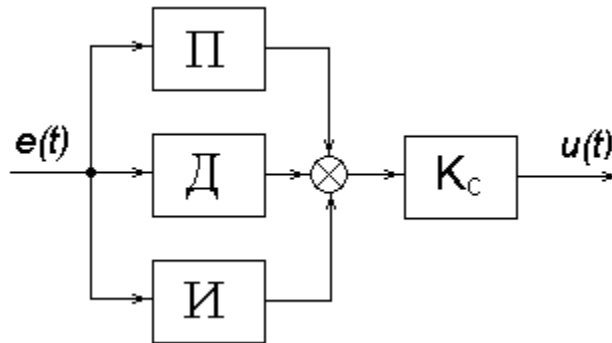


Рисунок 2.3 – Схема регулятора авторулевого

При намеренном изменении курса или отклонении от него в САУКС с точки зрения теории автоматического управления возникает переходный процесс. При этом в регуляторе вырабатывается электрический сигнал, соответствующий необходимому значению угла перекладки руля. Этот сигнал поступает на вход исполнительного механизма (усилитель рулевой машины). Рулевая машина начинает перекладку руля, которая продолжается до тех пор, пока рассогласование не исчезнет (т.е. $HTS = HDG$). При этом условии сигнал на входе САУКС станет равным нулю. Однако, при чисто пропорциональном управлении не происходит одерживания судна, т. е. руль работает без упреждения поворота. В результате судно, достигнув заданного курса, в силу большой инерционности перейдет заданное значение курса и отклонится на довольно значительную величину (рисунок 2.4, черная кривая “Р-control”). Величина отклонения называется перерегулированием (overshoot) САУКС. При чисто пропорциональном управлении может достигать нескольких десятков процентов. Подобное поведение судна не допустимо!

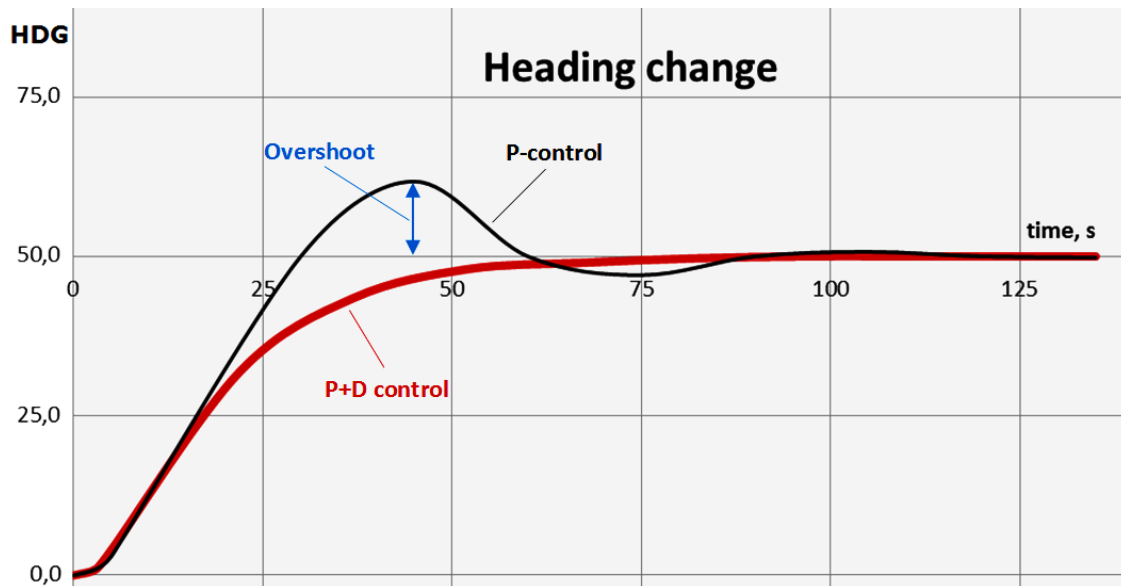


Рисунок 2.4 – Переходный процесс выхода на новый курс

С целью сократить перегулирование (создать эффект одерживания) регулятор вырабатывает сигнал, пропорциональный угловой скорости поворота (дифференциальный канал ПД регулятора):

$$\delta = \frac{1}{K_{oc}} \left(e + K_d \frac{de}{dt} \right)$$

Здесь K_d – коэффициент канала производной (от 0 до 1).

Переходный процесс при наличии Д-канала значительно улучшается (показано на рисунке 2.4, красная кривая “P+D control”). ПД-закон управления используется в АР при выполнении поворотов. Однако недостатком ПД-авторулевого в режиме стабилизации на заданном курсе является наличие в САУКС статической ошибки, обусловленной несимметричным рысканием (в силу асимметрии обводов корпуса, ветровых воздействий, течений и т.д.). Для компенсации асимметрии судна необходим постоянный момент, т.е. постоянное смещение пера руля на некоторый угол. Для обеспечения этого угла в регулятор вводится еще один канал – интегральный. Таким образом, закон управления приобретает вид:

$$\delta = \frac{1}{K_{oc}} \left(e + K_d \frac{de}{dt} + K_i \int e dt \right), \quad (2.1)$$

где K_i – коэффициент усиления по интегральному каналу. Выражение (2.1) представляет собой основное уравнение (математическую модель) регулятора большинства используемых в настоящее время авторулевых. Подобные регуляторы известны как ПИД-регуляторы.

В настоящее время на большинстве судов в качестве основного курсоуказателя, реализующего обратную связь в авторулевом, используется гироскопический компас, а магнитный или спутниковый компас используются в качестве контролирующего и резервного курсоуказателя.

Авторулевые, установленные в настоящее время на морских судах, могут быть классифицированы следующим образом:

1) *По используемой элементной базе* обычно различают два типа авторулевых: электромеханические и электронные. Первые в своей работе для выработки управляющих сигналов используют электромеханические устройства, такие как тахогенераторы, электродвигатели, трансформаторы и др. Недостатками АР такого типа являются: устаревшая элементная база, высокое энергопотребление, сложность комплексирования с новой судовой аппаратурой, низкая точность и помехозащищенность (особенно в условиях высокочастотного морского волнения), отсутствие некоторых необходимых функций (в частности, автоматического выполнения поворотов). Авторулевые второго типа реализованы на электронной аппаратной базе, в том числе устройствах с программируемой логикой и микропроцессорах. Использование электронной техники предоставляет разработчикам и операторам большие возможности по управлению и настройке авторулевых. По этой причине ведущими производителями навигационной аппаратуры в настоящее время выпускаются, в основном, электронные авторулевые.

2) *Типу информационных взаимодействий.* По данному признаку различают аналоговые и цифровые авторулевые. Современные электронные АР являются в большинстве своем цифровыми.

3) *Функциям и наличию самонастройки в контуре управления.* По данному признаку обычно выделяют неадаптивные (без самонастройки параметров управления) и адаптивные (с частичной или полной самонастройкой параметров управления) авторулевые. Последние способны производить автоматическую подстройку параметров управления (адаптироваться) в ответ на изменения условий плавания судна.

Наиболее широкие возможности управления движением судна на сегодняшний день предоставляют адаптивные электронные цифровые авторулевые. Электромеханические аналоговые АР, тем не менее, достаточно распространены на судах постройки 1980-х и 90-х годов.

Аналоговая САУКС в рассматриваемых авторулевых, также как и любая другая, работает по принципу отклонения, т.е. в авторулевом непрерывно сравниваются фактическое и заданное значения курса и вырабатывается сигнал управления. Под действием этого сигнала рулевой привод переключает руль, а затем возвращает руль в диаметрально плоскость. Сигнал, пропорциональный скорости поворота судна, повышает чувствительность авторулевого при отклонении судна от заданного курса и обеспечивает удержание при возвращении судна на заданный курс.

Особенность системы автоматического управления движением судна по курсу заключается в том, что она имеет внутренние жесткие обратные связи, т.е. включают самостоятельную следящую систему управления рулем. Следящие системы управления рулем обладают малыми скоростями отработки (2-3 град/с), сложной нелинейной зависимостью момента сопротивления на исполнительном устройстве от угла перекладки руля, неравенством углов заводки и отработки системы из-за того, что коэффициент обратной связи системы, как правило, меньше единицы. Эти особенности следящих систем управления рулем приводят к необходимости разработки специальной методики их исследования и расчета.

Стандартные режимы работы аналогового авторулевого: «Простой», «Следящий», «Автомат» и «Ручной аварийный».

В режиме «Простой» для перекладки руля обычно используются находящиеся на пульте АР две педали/рукоятки, непосредственно управляющие сервоприводом рулевой машины. При нажатии педали руль начинает поворачиваться в сторону, соответствующую названию педали. При отпускании педали кладка руля прекращается. Для возвращения руля в ДП необходимо нажимать противоположную педаль. Режим «Простой» обычно используется при неисправности внешнего контура автоматического управления (как правило, при неисправности курсоуказателя).

Следящий режим – основной ручной режим управления курсом судна. Используется при маневрировании, при прохождении узкостей, фарватеров, каналов и др. В следящем режиме с помощью штурвала и специального индикатора на пульте АР задается значение угла руля. АР при этом вырабатывает соответствующий сигнал. Он подается на рулевой привод, который отрабатывает заданное значение. Штурвал при отпускании возвращается в нулевое положение, и руль приходит в ДП судна.

Аварийный ручной режим используется при неисправности АР. При этом управление осуществляется из румпельного отделения путем воздействия на насосы гидравлической рулевой машины. Для контроля курса в румпельном отделении предусмотрен репитер.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Проверка остаточных знаний по теме «Системы автоматического управления курсом судна», в частности знаний основных элементов САУКС и их предназначения. Проводится в виде выборочного устного опроса.
2. Разбор принципа пропорционального (П) управления на примерах с конкретными углами поворота и перекладки руля. С использованием доски строится диаграмма выхода судна на новый курс при чисто пропорциональном управлении на конкретных примерах (например, угол поворота 10° ; 30° ; 50° , коэффициент пропорциональности 0,5; 1; 5). Обращается внимание обучающихся на смысл коэффициента пропорциональности (обратной связи) и разный внешний вид переходных процессов.
3. Разбор принципа пропорционально-дифференциального (ПД) управления. С использованием доски строится диаграмма выхода судна на новый курс для разных коэффициентов одерживания (сильное, среднее, слабое одерживание). Делается вывод о влиянии одерживания на точность выхода на новый курс.
4. Используя отчетную техническую документацию на авторулевые типа «Питон» и «АТР-2-10», изучить принцип работы и основные элементы авторулевого как автоматической системы в следующих режимах работы: простом; следящем; автоматическом.

5. Подготовить лабораторные установки к действию, подав необходимое напряжение с пульта питания лаборатории. Преподаватель последовательно демонстрирует работу аналоговых авторулевых в режимах: ручном; простом; следящем; автоматическом. Обучающиеся должны в итоге понимать разницу между этими видами управления.
6. Самостоятельная работа обучающихся с оборудованием. Под контролем преподавателя студенты последовательно используют авторулевые в разных режимах.
7. Подведение итогов занятия, разбор основных ошибок, допускаемых студентами.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите классификацию авторулевых. К какому поколению относятся аналоговые АР?
2. В чем принципиальные отличия аналоговых АР от современных цифровых?
3. Какие ограничения и недостатки присутствуют в аналоговых АР прошлых поколений?
4. В каких режимах могут работать аналоговые АР?
5. В чем отличие режима «Простой» от режима «Следящий»?
6. Когда обычно актуален режим управления «Простой»?
7. Назовите основные элементы аналогового АР.
8. Представьте структурную схему аналоговой САУКС.
9. Для чего в САУКС включен внутренний контур управления по углу перекладки руля?
10. Откуда осуществляется аварийное ручное управление курсом судна?

5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Чапчай П.А. Электронавигационные приборы: учебное пособие / П.А. Чапчай. – 2-е изд. – Одесса: ОНМА, 2012. – 161с.
2. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОГО АВТОРУЛЕВОГО. УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ В РЕЖИМЕ “FOLLOW-UP”

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
ПК-1 Планирование и осуществление перехода и определение местоположения (раздел А-П/1 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне эксплуатации»)			
ПК-1.6 Способность использовать эхолоты, gyro- и магнитные компасы, системы управления рулем	—	Использовать цифровые системы управления движением судна в режиме “Follow-up”	Цифровые системы управления движением судна в режиме “Follow-up”
ПК-5 Способность обеспечить безопасное плавание судна путем использования информации от навигационного оборудования и систем, облегчающих процесс принятия решений (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-5.1 Знание погрешностей систем и эксплуатационных аспектов навигационных систем	—	—	Эксплуатационные аспекты систем управления движением судна на базе цифровых авторулевых
ПК-6 Способность определять и учитывать поправки компаса (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-6.3 Понимание работы систем, контролируемых основным прибором гирокомпаса	—	—	Понимание работы системы управления движением судна на базе цифровых авторулевых

Рекомендованный объем: 4 академических часа

Количество обучаемых: 1 подгруппа численностью до 12 чел.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по темам «Режимы работы авторулевого» и «Команды, отдаваемые рулевому» – 5 мин.
2. Краткое описание возможностей цифрового авторулевого. Брифинг. Постановка целей и задач на занятие – 20 мин.
3. Демонстрация функционала авторулевого Transas или NautoPilot D – 10 мин.
4. Демонстрация выполнения упражнения – 40 мин.
5. Самостоятельное выполнение упражнения обучающимися – 1 час 30 мин.
6. Подведение итогов занятия. Дебрифинг – 15 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Навигационный тренажер типа “Navi-Trainer Pro 5000” или аналогичный (рисунок 3.1) с пультом (или его симулятором) цифрового авторулевого “Transas” (рисунок 3.2) или “Anschutz NautoPilot D” (рисунок 3.3);
2. Руководство пользователя тренажера;
3. Мультимедиа проектор, экран, пластиковая или смарт-доска.



Рисунок 3.1 – Навигационный тренажер Navi-Trainer Pro 5000



Рисунок 3.2 – Пульт цифрового авторулевого “Transas”

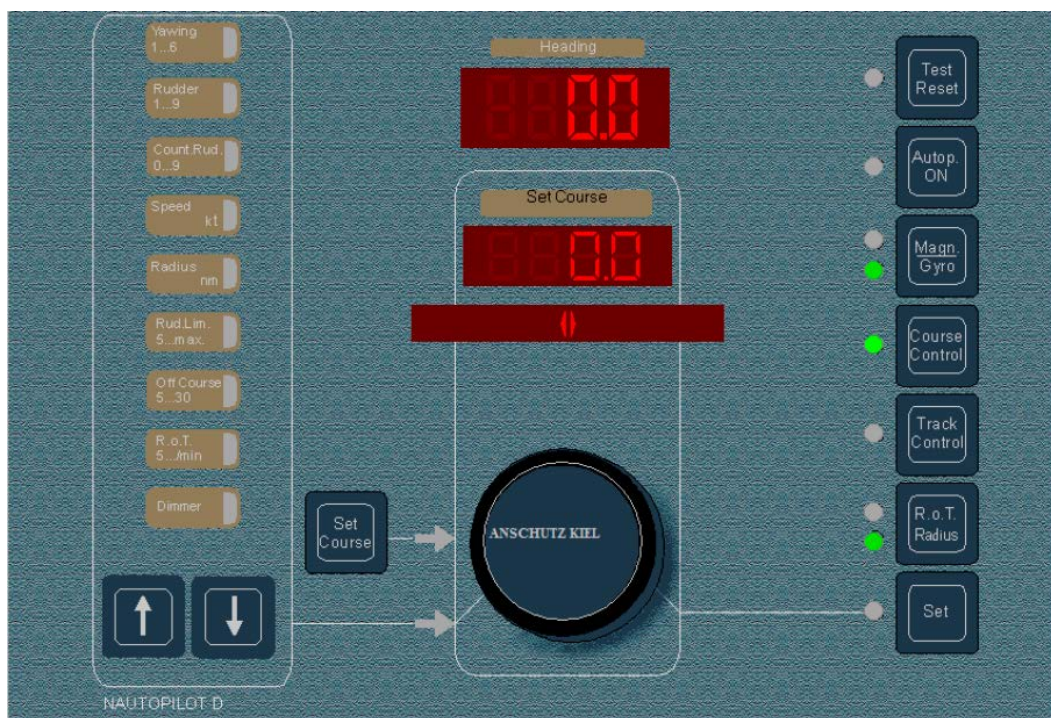


Рисунок 3.3 – Пульт цифрового авторулевого “Anschutz NautoPilot D”

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Режимы управления курсом судна

В большинстве цифровых авторулевых имеются следующие режимы управления курсом.

- 1) Ручное (manual / stand-by).
- 2) Автоматическое (automatic)

Ручных режимов чаще всего два: «простой» (Non-follow-up – NFU или NFU-tiller) и «следающий» (follow-up – FU). Может быть и только один «следающий» режим.

В режиме «Простой» для перекладки руля обычно используются находящиеся на пульте АР две клавиши «Право» и «Лево» (в старых АР это могут быть две педали/рукоятки), непосредственно управляющие сервоприводом рулевой машины (румпелем/тиллером). При нажатии клавиши руль начинает поворачиваться в сторону, соответствующую названию клавиши. При отпускании клавиши кладка руля прекращается. Для возвращения руля в ДП необходимо нажимать противоположную клавишу. Режим NFU обычно используется при неисправности контура автоматического управления (как правило, при неисправности курсоуказателя – Heading sensor failure – Gyro failure).

Следающий режим – основной ручной режим управления курсом судна. Используется при маневрировании, при прохождении узкостей, фарватеров, каналов и др. В следающем режиме с помощью штурвала и специального индикатора на пульте АР задается значение угла руля. АР при этом вырабатывает соответ-

ствующий сигнал. Он подается на рулевой привод, который отрабатывает заданное значение. Штурвал при отпускании может возвращаться в нулевое положение (руль приходит в ДП судна) либо не возвращаться.

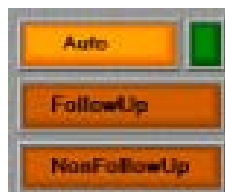
2.2 Описание симуляторов авторулевого на навигационном тренажере

Панель управления авторулевым отображает реальную панель цифрового авторулевого “Transas” или “Nautopilot D”. Управление тренажерным авторулевым аналогично управлению действующим устройством.

Авторулевой позволяет совершать следующие виды операций:

- управление курсом судна по гирокомпасу;
- управление курсом судна по магнитному компасу;
- изменение курса с заданной угловой скоростью;
- управление путевым углом;
- управление по траектории;
- настройка параметров авторулевого (коэффициентов ПИД-закона управления, ограничений по скорости и углу перекладки руля, диапазоны срабатывания алармов).

Авторулевой включается при установке переключателя видов управления рулевым устройством в автоматический режим (кнопка Auto) на панели управления рулевым устройством в общей части Conning Display.



При переключении в автоматический режим **Auto** текущий курс судна устанавливается на панели авторулевого как заданный курс. Поэтому судно не меняет своего прежнего направления.

Управление режимами авторулевого “Transas”

При выборе какого-либо режима используются кнопки, расположенные в правой части панели авторулевого. Действие назначенного режима отображается зеленой подсветкой индикатора этой кнопки.

1. Режим управления **Heading**

В данном режиме курс судна отслеживается по магнитному компасу или по гирокомпасу. Дрейф судна при этом не учитывается. Для выбора режима используется клавиша Control (подсвечивается индикатор Heading).

Для переключения показаний курса по магнитному и гирокомпасу используется клавиша Heading в левой части панели.

Отклонение между показаниями курса по гиро- и магнитному компасу задается с помощью клавиши Dev. Limit (по умолчанию 6 град). В случае превышения установленного параметра срабатывает тревога и загорается индикатор GYRO Lock.

2. Режим управления **Course Control (COG)**

В данном режиме осуществляется удержание курса относительно грунта. Данные поступают от GPS. Учитывается дрейф судна. В случае неисправности GPS авторулевой автоматически переключится в режим управления Heading.

Для выбора режима используется клавиша Control (подсвечивается индикатор COG). На дисплее (Heading/COG) указывается соответствующий текущий курс.

3. Режим управления **Track Control**

Режим предназначен для управления движением собственного судна по маршруту. Для выбора режима используется клавиша Control (подсвечивается индикатор Track). Имеет два режима управления: Route и Tracking. По умолчанию задается режим Route (слева от клавиши Track Mode подсвечивается индикатор Route).

4. Режимы управления автоматическим поворотом Radius/R.O.T.

Выбранный режим определяет, как будет осуществляться автоматический поворот: с поддержанием постоянного радиуса поворота или угловой скорости. Выбор режима производится нажатием клавиши Turn Mode.

Ввод курса и радиуса поворота (угловой скорости)

Существует два режима ввода курса и радиуса поворота (угловой скорости): мгновенный и программируемый.

По умолчанию авторулевой находится в режиме мгновенного ввода курса и радиуса поворота (угловой скорости) – горит зеленая подсветка клавиши Dodge.

Ввод курса и радиуса поворота (угловой скорости) осуществляется, только если авторулевой работает в режимах управления Heading/COG.

Мгновенный режим ввода:

1. Клавиша Dodge нажата по умолчанию (горит зеленая подсветка). На индикаторе Set Course выводится текущий курс.

2. Переместите джойстик вправо (STBD) или влево (PORT) для изменения курса судна. Новый курс отобразится на индикаторе Set Course

3. Переместите джойстик вперед (увеличить значение) или назад (уменьшить значение) для изменения радиуса (угловой скорости). Новое значение радиуса поворота (угловой скорости) отобразится на индикаторе Radius/R.O.T. Авторулевой принимает введенные данные немедленно.

Программируемый режим ввода:

1. Нажмите клавишу Program Mode (загорится зеленая подсветка). На индикаторе Set Course выводится текущий курс.

2. Переместите джойстик вправо (STBD) или влево (PORT) для изменения курса судна. Новый курс отобразится на индикаторе Set Course.

3. Переместите джойстик вперед (увеличить значение) или назад (уменьшить значение) для изменения радиуса поворота (угловой скорости). Новое значение радиуса (угловой скорости) отобразится на индикаторе Radius/R.O.T.

4. Нажмите клавишу Enter.

Авторулевой получит новые данные.

Если клавиша Enter не нажималась в течение 10 с или выбран режим мгновенного ввода, то в памяти авторулевого сохраняются последние данные по курсу и радиусу/угловой скорости. Они могут быть выведены для редактирования при последующем включении режима программируемого ввода.

Особенности управления авторулевым “Nautopilot D”

Авторулевой имеет следующие органы управления (рисунок 3.3):

- мембранные кнопки для выбора режимов работы и настроечных функций;
- большую вращающуюся рукоятку для установки требуемого курса, ограничений перекладки руля и т. п.

На панели авторулевого также присутствуют следующие индикаторы:

- четырехзначный дисплей текущего значения курса;
- четырехзначный дисплей заданного курса;
- сегментный индикатор ухода с курса;
- несколько подсвечиваемых круглых индикаторов сигналов тревог и предупреждений. Последние дублируются также звуковыми сигналами.

Рабочие режимы

1) Операция управления следящим/простым режимом

При этом виде операции положение руля предварительно выбирается или регулируется положением и штурвала или тиллера. При следящем режиме управления руль устанавливается автоматически в выбранную позицию. При простом (NFU) режиме управления руль поворачивает в предварительно выбранном направлении до тех пор, пока приведен в действие тиллер. По положению рулевого индикатора можно в любой момент контролировать положение руля.

При отключении ручного управления авторулевой мгновенно устанавливает текущий курс как заданный курс. Таким образом, возможен быстрый обмен между ручным и автоматическим управлением.

2) Операция управления курсом

В соответствии с описанным выше переходом от ручного управления на автоматическое вызывается операция управления курсом (авторулевой). Мгновенно текущий курс судна сохраняется в окне заданного курса. Судно, направляемое авторулевым, продолжает двигаться в первоначальном направлении. На устройстве управления может быть сделан выбор между курсом судна по магнитному компасу или гирокомпасу. Также могут быть введены предел сигнала тревог при отклонении судна с курса и коэффициент ограничения поворота руля.

2.3 Команды, отдаваемые на руль

Человека на руль!

Вправо!

Влево!

Право руль!

Лево руль!

Больше право!

Больше лево!

A hand to the helm!

Starboard!

Port!

Starboard the helm!

Port the helm!

More starboard!

More port!

Право на борт!
 Лево на борт!
 Легче, отводи!
 Легче право!
 Легче лево!
 Прямо руль!
 Одерживать!
 Так держать!

Право не ходить!
 Лево не ходить!
 Править по курсу!
 Руль право десять (двадцать)!
 Руль лево десять (двадцать)!
 Отвести руль до 5 град.!
 Право руль, держать 82 град.!
 Лево руль, держать курс 182!
 Лево руль, держать 305!
 Держать на буй, знак!
 Следовать в кильватер за ледоколом
 Внимательнее на руле!

Hard-a-starboard! All starboard!
 Hard-a-port! All port!
 Ease the helm!
 Ease to starboard!
 Ease to port!
 Midships
 Meet her
 Steady! (steady so!); Steady as she goes!
 Nothing to starboard!
 Nothing to port!
 Steer the course
 Starboard ten (twenty)!
 Port ten (twenty)!
 Ease to five!
 Starboard, steer zero eight two
 Port, steer one eight two!
 Port, steer three zero five!
 Steer on buoy, on beacon!
 Follow Icebreaker!
 Watch you steering!

При задании курса рулевому необходимо указывать сторону перекладки руля и каждую цифру курса произносить отдельно, включая 0. Например: Право руль, держать 82! – Starboard, steer zero eight two! Рулевой, приняв команду, должен повторить ее и, приведя судно на курс 82, доложить: «Курс 82" – Steady on zero eight two!»

2.4 Правила несения вахты на руле

Рулевой должен хорошо знать систему перехода с автоматического управления на ручное и наоборот. Прежде чем принять вахту на руле, матрос обязан получить разрешение вахтенного помощника: «Разрешите стать на руль!». Получив подтверждение: «Становитесь!», сдающий вахту рапортует вахтенному помощнику: «Курс по гиро и магнитному компасу ... градусов сдал!», а ставший к штурвалу матрос повторяет этот же рапорт со словом «принял». Принявший вахту дополнительно осведомляется о том, как судно слушается руля и в какую сторону больше рыскает.

Не разрешается производить смену вахты на руле непосредственно перед изменением и в момент изменения курса. Нельзя также менять рулевых при расхождении с судами и обгоне их. В тех случаях, когда судно следует на автоматическом управлении, сдающий и принимающий вахту матросы передают курс авторулевого, проверяя, правильно ли он установлен на приборе, а также курс по магнитному компасу.

Во время вахты на руле матрос обязан точно удерживать судно на заданном курсе, периодически сличая показания гиро и магнитного компасов. Он должен

внимательно следить за исправной работой курсоуказателей и рулевого устройства. О всех замеченных отклонениях в работе компасов, как, например, застой картушки, внезапное изменение курса, ухудшение освещения курсоуказателей, а также о неисправном действии рулевого устройства вахтенный матрос должен немедленно доложить вахтенному помощнику.

Вахтенному рулевому необходимо ясно представлять свои действия по всем командам рулевому, принятым при маневрировании, особенно когда ему не указывается конкретный угол поворота руля или курс. Так, например, по команде «Отводить!», которая подается обычно после команды «Право (лево) на борт!», означает, что надо уменьшить скорость поворота судна, т. е. уменьшить угол перекладки руля. При изменении курса рулевой матрос должен избегать резких и чрезмерно больших перекладок руля. Во время поворота необходимо внимательно следить за изменением угловой скорости судна, регулируя ее перекладкой руля таким образом, чтобы к моменту выхода на новый курс судно могло быть вовремя задержано.

Во всех случаях, когда величина угла перекладки руля задается командой помощника, например, «Десять градусов право руля!» или «Лево на борт» и т. д., вахтенный матрос не имеет права самовольно изменять положение руля без следующей команды того же или старшего по положению командира. Если рулевой, критически оценивая конкретную обстановку, решит, что судоводитель, видимо, забыл подать новую команду, то в таком случае он должен один или несколько раз подряд громко напомнить о положении руля, например, «Руль лево на борту», или обратить внимание капитана либо его помощника на то, как ведет себя судно, например: «Судно быстро катится влево!» или «Судно влево не идет!» и т. п.

Вахтенный рулевой матрос должен обладать элементарными знаниями правил управления судном при различных обстоятельствах плавания:

- ведя судно по створам, управлять им так, чтобы оба знака (днем) или оба огня (ночью) были постоянно в створе, по носу судна, причем в момент прихода на створ обязательно заметить курс и доложить о нем вахтенному помощнику;
- ведя судно по фарватеру, обставленному знаками плавучего ограждения, рулевой следит за тем, чтобы эти знаки судно оставляло на расстоянии, исключающем возможность навала на них, особенно в местах поворотов;
- при плавании на акватории, примыкающей непосредственно к берегам, вести судно (если не будет указано иначе) по береговым ориентирам, выбирая для этого в момент команды «Так держать!» какой-нибудь наиболее заметный и достаточно удаленный предмет, проектирующийся на горизонте в диаметральной плоскости судна, и одновременно замечая курс по компасу, который докладывать штурману или капитану;
- при следовании с буксиром всячески избегать резких поворотов; совершая их постепенно и плавно, даже в тех случаях, когда в силу каких-то причин судно значительно рыскнуло в сторону и его нужно привести на курс;
- при следовании на буксире удерживать судно в кильватер буксирующему судну, внимательно следя за всеми его поворотами для того, чтобы своевременно

повторить их; совершать эти повороты надо по возможности более плавно, не давая своему судну переходить за линию нового курса;

— при плавании во льду всячески оберегать корпус судна, его винты и руль от ударов, при этом особое внимание надо обращать на предохранение от повреждений скуловых частей корпуса, которые являются наиболее уязвимыми;

Рулевой матрос обязан хорошо знать все команды как на русском, так и на английском языке. Ему следует твердо усвоить, что каждая полученная команда громко и отчетливо репетуется. После выполнения команды обязательно громко доложить об этом.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЯ

1. Проверка остаточных знаний по темам «Режимы работы авторулевого», «Команды, отдаваемые рулевому», а также «Устройство и принцип работы аналогового авторулевого», в частности, знание основных режимов и возможностей. Проводится выборочный опрос обучающихся.
2. Объяснение преподавателем основных возможностей цифрового авторулевого.
3. Брифинг. Преподаватель объясняет цели и ставит задачи на занятие, используя мультимедиа аппаратуру. Отдельно объясняются критерии правильного выполнения упражнения и система штрафных баллов, реализованная с помощью автоматизированной системы оценки компетенции (АСОК) тренажера.
4. Демонстрация преподавателем органов управления курсом судна и функционала авторулевого на главном мостике.
5. Запуск упражнения на главном мостике и демонстрация его выполнения преподавателем с подробными комментариями и объяснениями. Демонстрируется также система штрафов.
6. Самостоятельное выполнение упражнений обучающимися согласно предлагаемым сценариям. Работа проходит в малых группах (до 3 человек) в виде ролевой игры. При этом один член команды выполняет роль условного капитана, другой – вахтенного помощника, третий – рулевого. Через определенное время происходит изменение ролей. Вахтенный помощник отдает команды рулевому. Капитан контролирует процесс и вмешивается при необходимости.
7. Подведение итогов занятия. Дебрифинг с разбором ошибок и выставлением оценок. При необходимости используется проигрывание лог-файлов.

4. ПРИМЕР СЦЕНАРИЯ УПРАЖНЕНИЯ

1. Управление судном в режиме Follow-up. Знакомство с маршрутом

Настройка оборудования

- 1) Включить радар (Take Over Control — TX)
- 2) Выставить на радаре шкалу 1,5 NM.
- 3) Включить кольца дальности VRM (0,3 и 1 миля).
- 4) Включить линию визира EBL. Убедиться в его работоспособности.
- 5) Перейти на коннинг-дисплее в меню NavAids – GPS.
- 6) Использовать заданный в памяти GPS приемника маршрут 01 в качестве пункта назначения (меню GOTO – RouteList – 01);
- 7) Кнопкой Center отцентрировать изображение. Джойстиком его можно перемещать.
- 8) Установить на панели управления или коннинг-дисплее режим управления движением Follow-Up.

Выполнение упражнения

- 9) Начать движение в сторону первой путевой точки (положение WP1 отмечено знаком специального назначения – желтым крестом).
- 10) Не доходя примерно 0,3 кб до WP1 (смотреть по кольцу дальности на радаре), выполнить перекладку руля для выхода на первый участок маршрута в сторону WP2 (точки поворота обозначены осевым знаком фарватера).
- 11) Удерживать судно на маршруте между путевыми точками минимально необходимыми перекладками руля с точностью 1 кб и попадая в точки поворота с точностью 1,2 кб.
- 12) На прямых участках попробовать включать авторулевой в режим Auto – Heading Control. Перед поворотами – переходить на ручное управление.
- 13) Пройти по маршруту, избегая препятствий и зайти в коридор из латеральных знаков. В коридоре упражнение остановится.
- 14) Во время движения подавать четкие и своевременные команды на руль. Рулевой обязан их подтверждать.

Прямо руль	Midships
Руль лево/право 5	Port/starboard five
Руль лево/право 10	Port/starboard ten
Руль лево/право борт!	Hard a port/starboard
Одерживай!	Meet the helm! Meet her!
Так держать!	Steady! Steady as she goes! Straight so!
Помалу лево/право!	Easy to port/starboard! Port/starboard handsomely!

Штрафные баллы:

- Выход за коридор ХТЕ 1 кб – 5 баллов;
- Непопадание в путевую точку – 10 баллов;
- Выход в запретную зону (за границы фарватера по экрану ECDIS) – 10 баллов;
- Перекладка руля на угол более 20 на скорости более 15 уз. – 10 баллов

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные функции современных авторулевых.
2. В каких режимах могут работать цифровые АР?
3. В чем отличие режима «Простой» от режима «Следящий»?
4. Когда может быть обычно актуален режим управления «Простой/NFU»?
5. Расшифруйте “NFU”.
6. Как поменять режим управления курсом на панели АР?
7. Зачем целесообразно ограничивать максимальные углы перекладки руля?
8. В каких случаях следует переходить на ручное управление?
9. Что обозначает «одерживание судна»? Когда его целесообразно выполнять? Какая команда на руль при этом дается?
10. Какие курсоуказатели могут использоваться для передачи сигналов авторулевому? Какой надежнее?
11. Когда актуален режим «автомат» в авторулевых? Когда следует переходить на ручное управление?
12. Что такое HCS? Расшифруйте.
13. От чего зависит радиус циркуляции судна?

6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.
2. Руководство по эксплуатации навигационного тренажера “Navi-Trainer Pro”.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КУРСОМ. РЕЖИМ “HEADING CONTROL”

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
ПК-1 Планирование и осуществление перехода и определение местоположения (раздел А-П/1 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне эксплуатации»)			
ПК-1.6 Способность использовать эхолоты, gyro- и магнитные компасы, системы управления рулем	—	Использовать цифровые системы управления движением судна в режиме “Heading Control”	Цифровые системы управления движением судна в режиме “Heading Control”
ПК-5 Способность обеспечить безопасное плавание судна путем использования информации от навигационного оборудования и систем, облегчающих процесс принятия решений (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-5.1 Знание погрешностей систем и эксплуатационных аспектов навигационных систем	—	—	Эксплуатационные аспекты систем управления движением судна на базе цифровых авторулевых
ПК-6 Способность определять и учитывать поправки компаса (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-6.3 Понимание работы систем, контролируемых основным прибором гирокомпаса	—	—	Понимание работы системы управления движением судна на базе цифровых авторулевых

Рекомендованный объем: 4 академических часа

Количество обучаемых: 1 подгруппа численностью до 12 чел.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Режимы работы авторулевого» и «Управление в ручном режиме» – 5 мин.
2. Краткое описание возможностей цифрового авторулевого в режиме “Heading Control”. Брифинг. Постановка целей и задач на занятие – 20 мин.
3. Демонстрация функционала авторулевого Transas или NautoPilot D – 10 мин.
4. Демонстрация выполнения упражнения – 40 мин.
5. Самостоятельное выполнение упражнения обучающимися – 1 час 30 мин.
6. Подведение итогов занятия. Дебрифинг – 15 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Навигационный тренажер типа “Navi-Trainer Pro 5000” или аналогичный (рисунок 4.1) с пультом (или его симулятором) цифрового авторулевого “Transas” (рисунок 4.2) или “Anschutz NautoPilot D” (рисунок 4.3);
2. Руководство пользователя тренажера;
3. Мультимедиа проектор, экран, пластиковая или смарт-доска.



Рисунок 4.1 – Навигационный тренажер Navi-Trainer Pro 5000



Рисунок 4.2 – Пульт цифрового авторулевого “Transas”

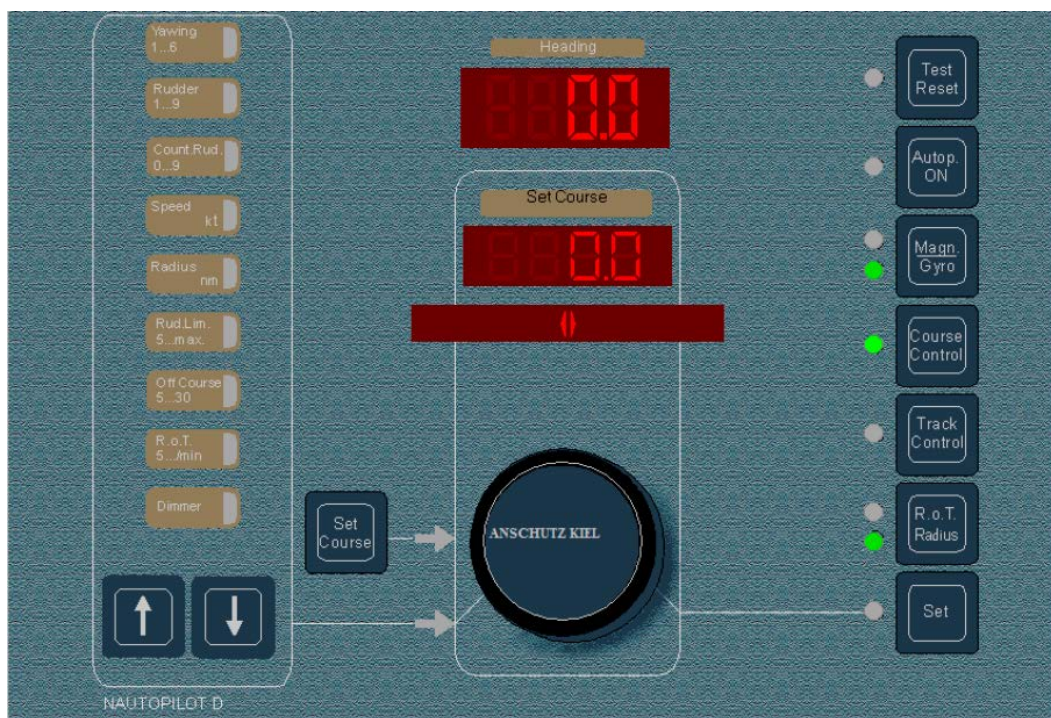


Рисунок 4.3 – Пульт цифрового авторулевого “Anschutz NautoPilot D”

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Представлен в описании занятия № 3 (п. 2.1).

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЯ

1. Проверка остаточных знаний по темам «Режимы работы авторулевого», «Команды, отдаваемые рулевому», «Основные режимы и возможности авторулевого». Проводится выборочный опрос обучающихся.
2. Объяснение преподавателем основных возможностей цифрового авторулевого в режиме “Heading Control”.
3. Брифинг. Преподаватель объясняет цели и ставит задачи на занятие, используя мультимедиа аппаратуру. Отдельно объясняются критерии правильного выполнения упражнения и система штрафных баллов, реализованная с помощью автоматизированной системы оценки компетенции (АСОК) тренажера.
4. Демонстрация преподавателем органов управления курсом судна и функционала авторулевого в режиме “Heading Control” на главном мостике.
5. Запуск упражнения и демонстрация его выполнения с подробными комментариями и объяснениями. Демонстрируется система штрафов.
6. Самостоятельное выполнение упражнений обучающимися согласно предлагаемым сценариям. Работа проходит в малых группах (до 3 человек) в виде ролевой игры. При этом один член команды выполняет роль условного капитана, другой – вахтенного помощника, третий – рулевого. Через определенное время

происходит изменение ролей. Вахтенный помощник отдает команды рулевому. Капитан контролирует процесс и вмешивается при необходимости.

7. Подведение итогов занятия. Дебрифинг с разбором ошибок и выставлением оценок. При необходимости используется проигрывание лог-файлов.

4. ПРИМЕР СЦЕНАРИЯ УПРАЖНЕНИЯ

Настройка оборудования

- 1) Включить радар (Take Over Control — TX)
- 2) Выставить на радаре шкалу 1,5 NM.
- 3) Включить кольца дальности VRM (0,4 и 1 миля).
- 4) Включить линию визира EBL
- 5) Перейти на коннинг-дисплее в меню NavAids – GPS.
- 6) Использовать заданный в памяти GPS приемника маршрут 01 в качестве пункта назначения (меню GOTO – RouteList – 01);
- 7) Кнопкой Center отцентрировать изображение. Джойстиком его можно перемещать.
- 8) Установить на панели управления или коннинг-дисплее режим управления движением Follow-Up.
- 9) На панели авторулевого (панель Instruments на коннинг-дисплее) джойстиком установить радиус автоматического поворота 0,19 м.м.

Выполнение упражнения

- 10) Начать движение в сторону первой путевой точки (положение WP1 отмечено знаком специального назначения – желтым крестом).
- 11) Перейти в режим Auto – Heading control, когда скорость станет более 12 уз и судно будет смотреть на первую путевую точку.
- 12) АР не выключать в течение всего маршрута (иначе штраф)!
- 13) По радару с помощью линии EBL заблаговременно определить угол и направление поворота на следующий участок маршрута. Рассчитать примерный курс, на который надо выйти.
- 14) Задать джойстиком новый курс + 20° в авторулевой в режиме Program Turn.
- 15) Когда судно подойдет на 0,4 кб к точке поворота (по кольцу дальности) перейти из режима Dodge в режим Program Turn и начать поворот (нажать Enter).
- 16) Когда судно почти выйдет на новый курс, в режиме Dodge джойстиком установить нужный курс на следующую путевую точку (визуально или по радару).
- 17) Когда судно находится в режиме удержания заданного курса, спланировать следующий маневр аналогичным образом. Положение следующей путевой точки уточнять по радару или GPS.
- 18) При подходе к следующей точке на 0,4 мили начать поворот.
- 19) Дойти до конца маршрута и зайти в коридор. Упражнение остановится.
- 20) Во время движения подавать команды рулевому относительно нового курса. Рулевой обязан их подтверждать и выполнять настройку авторулевого.

Ложиться на курс!	Steer the course!
Право руль! Ложиться на курс ... (125)	Starboard! One, two, five
Лево руль! Ложиться на 305°!	Port, steer three zero five (305)

Штрафные баллы:

- Выход за коридор ХТЕ 1 кб – 5 баллов;
- Непопадание в путевую точку – 10 баллов;
- Выход в запретную зону – 10 баллов;
- Переход на ручной режим – 20 баллов
- Перекладка руля на угол более 20 – 10 баллов

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких режимах могут работать цифровые АР?
2. Как поменять режим управления курсом на панели АР?
3. Зачем целесообразно ограничивать максимальные углы перекладки руля?
4. В каких случаях следует переходить на ручное управление?
5. Когда актуален режим «автомат» в авторулевых? Когда следует переходить на ручное управление?
6. Какие функции может выполнять авторулевой в автоматическом режиме?
7. Что такое «стандартный маневр»? Приведите примеры.
8. Что такое HCS? Расшифруйте.
9. В каких случаях требуется изменение настроек авторулевого “Radius” и “R.o.T.”? На что они влияют?
10. От чего зависит радиус циркуляции судна?
11. Как в современных авторулевых выполнить переход с ручного управления на автоматическое и наоборот? Сколько времени это может занять?
12. Как программно реализуется поворот с заданной угловой скоростью? С заданным радиусом?
13. Как изменить курс при работе авторулевого в режиме «автомат»?
14. Какой закон управления используется при автоматической стабилизации судна на заданном курсе?

6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.
2. Руководство по эксплуатации навигационного тренажера “Navi-Trainer Pro”.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АВТОРУЛЕВОГО И СИСТЕМ ЭКНИС/ГНСС. УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ В РЕЖИМАХ “FOLLOW-UP” И “TRACK CONTROL”

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
ПК-1 Планирование и осуществление перехода и определение местоположения (раздел А-П/1 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне эксплуатации»)			
ПК-1.6 Способность использовать эхолоты, гиро- и магнитные компасы, системы управления рулем	—	Использовать цифровые системы управления движением судна в режимах “Follow-up” и “Track Control”	Цифровые системы управления движением судна в режимах “Follow-up” и “Track Control”
ПК-5 Способность обеспечить безопасное плавание судна путем использования информации от навигационного оборудования и систем, облегчающих процесс принятия решений (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-5.1 Знание погрешностей систем и эксплуатационных аспектов навигационных систем	—	—	Эксплуатационные аспекты систем управления движением судна на базе цифровых авторулевых
ПК-6 Способность определять и учитывать поправки компаса (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-6.3 Понимание работы систем, контролируемых основным прибором гирокомпаса	—	—	Понимание работы системы управления движением судна на базе цифровых авторулевых

Рекомендованный объем: 4 академических часа

Количество обучаемых: 1 подгруппа численностью до 12 чел.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по темам «Режимы работы авторулевого» и «Система управления курсом судна» – 5 мин.
2. Брифинг. Постановка целей и задач на занятие – 15 мин.
3. Демонстрация процедуры создания маршрута в ЭКНИС и ГНСС – 20 мин.
4. Демонстрация выполнения упражнения – 30 мин.
5. Самостоятельное выполнение упражнения обучающимися – 1 час 40 мин.
6. Подведение итогов занятия. Дебрифинг – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Навигационный тренажер типа “Navi-Trainer Pro 5000” или аналогичный (рисунок 5.1) с пультом (или его симулятором) цифрового авторулевого “Transas” (рисунок 5.2);
2. GPS-навигатор Furuno GP-80;
3. Руководство пользователя тренажера;
4. Мультимедиа проектор, экран, пластиковая или смарт-доска.



Рисунок 5.1 – Навигационный тренажер Navi-Trainer Pro 5000



Рисунок 5.2 – Пульт цифрового авторулевого “Transas”

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Общие сведения о системе управления движением по траектории

Система управления движением по траектории (Track Control System — TCS) в соединении с компасом, лагом и позиционным датчиком предназначена для проводки судна по линии заданного пути. Выбор маршрута движения не входит в задачу TCS. Он считается известным и задается в памяти системы координатами точек поворота (WP — way points). Им система присваивает порядковые номера, начальная точка маршрута считается нулевой или первой. Часть пути по локсодромии между двумя соседними WP называется прямолинейным отрезком маршрута; а направление движения по нему — курсом по отрезку маршрута (CUR — course under route). Отрезок маршрута, по которому в данный момент движется судно, и путевая точка, к которой оно следует, называют активными. Маршрут, кроме прямых отрезков, включает и заданные радиусом криволинейные участки поворотов с одного прямолинейного отрезка на другой.

При проводке судна по намеченной траектории TCS обязательно использует информацию о положении (с ГНСС-приемника), курсе (с компаса) и скорости (от лага или ГНСС-приемника) судна. Также может использоваться информация указателя скорости поворота (RoT), датчика параметров ветра, измерителя параметров качки и т.д.

TCS обычно имеет два режима автоматического управления:

- 1) Проводка судна по маршруту, определенному последовательностью путевых точек (режим “Track”).
- 2) «Way point steering» – предназначен для вывода судна в указанную точку по линии кратчайшего пути.

В режиме “Track” могут выделяться два подрежима вождения судна: «по линии маршрута» и «от WP к WP» (от точки поворота к точке поворота). В первом из них судно должно следовать, не отклоняясь от линии активного отрезка маршрута. Управление здесь сводится к нулю смещение с этой линии (cross track error). Поэтому этот подрежим обозначают также «ХТЕ». Во втором подрежиме (который иногда называют «Course to WP») при отклонении от активного отрезка судно не возвращается на него. Главной задачей считается движение к точке поворота, на которую направляется вектор скорости судна. Т.е. по существу это режим «Way point steering», последовательно применяемый после каждого поворота на новый отрезок маршрута. Подрежим вождения «по линии маршрута» обычно используют при движении в узкостях, по фарватерам, а подрежим «от WP к WP» – в открытом море и в акваториях, где опасности лежат достаточно далеко от маршрута.

Следует отметить, что TCS в авторулевом должна рассматриваться как вспомогательное оборудование, облегчающее вождение судна, но не освобождающее судоводителя от мер по обеспечению безопасности плавания и от ответственности. Не запрещается использовать TCS при сложных условиях плавания. Но при интенсивном движении, ограниченной видимости и всех других опасных навигационных обстоятельствах автоматическое вождение должно применяться

только тогда, когда ручной режим может быть установлен немедленно, и квалифицированный рулевой готов сразу стать на руль. Если в течение 30 с. это не может быть выполнено, то судно в стесненных водах должно управляться вручную.

Эффективность удержания на траектории зависит от превалирующих условий плавания, скорости судна, его водоизмещения и главное – состояния моря.

При подходе к точке поворота TCS подает тревожный сигнал и предупреждение индикацией не позже, чем за минуту перед перекладкой руля для выполнения поворота (время предупреждения обычно можно задавать). Система может осуществлять поворот после получения подтверждения штурмана (WP switching manual) или автоматически (WP switching auto).

TCS ведет непрерывный контроль проводки судна по маршруту. Она предоставляет вахтенному помощнику наименование маршрута и данные, характеризующие его прохождение: боковое смещение от линии пути (XTE), расстояние (Distance to goal DTG), пеленг (BRN) и расчетное время (TTG) движения до активной путевой точки, ожидаемое время прибытия в нее (ETA). Индицируются также курсы активного и следующего за ним отрезка маршрута.

2.2 Особенности управления траекторией в авторулевых “Transas” и “NautoPilot D” согласно руководству по эксплуатации

Маршрут задается координатами поворотных точек, которые транслируются в авторулевой с ECDIS или GPS-приемника. Этот маршрут может быть создан самими обучаемыми или взят из упражнения, подготовленного инструктором.

Режим TCS обеспечивает:

- выход судна на заданный маршрут после нажатия кнопки “Track Control”;
- компенсацию бокового отклонения судна от прямолинейных участков маршрута. При наличии возмущающих факторов от ветра, течения и волнения авторулевой обеспечивает среднее нулевое отклонение судна от маршрута. Это возможно при условии правильной настройки регулировочных коэффициентов авторулевого и возможностей управляемости судна при очень больших возмущениях;
- Автоматический плавный поворот на следующий прямолинейный участок маршрута с минимальным перерегулированием и с заданным ограничением максимального угла перекладки руля.

Включение режима возможно при одновременном выполнении следующих условий:

- боковое отклонение судна от ближайшего участка маршрута составляет не более 0,3 мили;
- отклонение по курсу на данном участке не более 30°.

При выполнении этих условий автоматически определяется ближайший участок маршрута и осуществляется вывод судна на него. При невыполнении этих условий срабатывает сигнал тревоги, предупреждающий о невозможности запуска режима TCS.

После прохождения судном последней путевой точки маршрута авторулевой автоматически переключается в режим “Course Control”, о чем судоводитель предупреждается сигнализацией.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЯ

1. Проверка остаточных знаний по темам «Режимы работы авторулевого», «Система управления курсом судна». Проводится выборочный опрос обучающихся.
2. Брифинг. Преподаватель объясняет цели и ставит задачи на занятие, используя мультимедиа аппаратуру. Отдельно объясняются критерии правильного выполнения упражнения и система штрафных баллов, реализованная с помощью автоматизированной системы оценки компетенции (АСОК) тренажера.
3. Демонстрация преподавателем процедуры создания, переименования, сохранения, активации, выгрузки и удаления маршрута в ЭКНИС Navi-Sailor 4000.
4. Демонстрация преподавателем процедуры создания, сохранения и активации маршрута в GPS-приемнике Furuno GP-80/90.
5. Запуск упражнения на главном мостике и демонстрация его выполнения преподавателем с подробными комментариями и объяснениями. Демонстрируется также система штрафов.
6. Самостоятельное выполнение упражнений обучающимися согласно предлагаемым сценариям. Работа проходит в малых группах (до 3 человек) в виде ролевой игры. При этом один член команды выполняет роль условного капитана, другой – вахтенного помощника, третий – рулевого. Через определенное время происходит изменение ролей. Вахтенный помощник отдает команды рулевому. Капитан контролирует процесс и вмешивается при необходимости.
7. Подведение итогов занятия. Дебрифинг с разбором ошибок и выставлением оценок. При необходимости используется проигрывание лог-файлов.

4. ПРИМЕР СЦЕНАРИЯ УПРАЖНЕНИЯ

Взаимодействие авторулевого и ECDIS/GPS. Режим Track Control

Подготовка маршрута в ECDIS

- 1) Перейти в режим Advanced Planning на ECDIS, выбрать NEW.
- 2) С помощью курсора создать маршрут из 11 точек (с 0 по 10).
- 3) Перейти в табличный режим редактирования маршрута и уточнить координаты всех точек поворота (по информации с GPS, меню WPT RTE, маршрут под номером 01). Проверить и при необходимости установить значение XTD = 0,1 NM.
- 4) Сохранить маршрут под своей фамилией.
- 5) Активировать маршрут, перейдя в панель Monitoring.
- 6) Включить кольцо дальности VRM (0,3 мили).
- 7) Перейти в режим боковой панели Route.

Настройка авторулевого

- 8) Установить на авторулевом радиус поворота (например, 0,24 NM) и лимит по углу перекладки руля (например, 15°).
- 9) Дополнительно выставить значение алармов Off Course Limit (разница между курсом GYRO и CUR (курс по отрезку маршрута), например, 15°) и Dev. Limit (разница показаний между Гуго и COG, например 10°).
- 10) Выставить значения настроек Rudder, Yawing, Count.Rudder (например, на режим полной загрузки и точного удержания на маршруте).
- 11) Перейти в режим Track.
- 12) На коннинг-дисплее в меню NavAids – GPS активировать режим Use ECDIS Route.

Выполнение упражнения

- 13) Начать движение в сторону начальной путевой точки (положение WP0 отмечено знаком специального назначения – желтым крестом).
- 14) Как только судно зайдет на маршрут, включить авторулевой, убедиться, что трэк принят (нет алармов).
- 15) Пройти первую путевую точку WP1 в автоматическом режиме, контролируя поведение судна.
- 16) После поворота, как только XTD станет равным нулю, перейти в ручной режим и обойти препятствие.
- 17) Пройти WP2 и WP3 в автоматическом режиме (иначе штраф). Для WP3 изменить настройку Rudder Limit.
- 18) После поворота у точки WP3 выровняться по отрезку маршрута, разойтись с препятствием.
- 19) Точку WP4 пройти в режиме NFU, далее перейти на Follow-Up и не включать AP до конца маршрута (иначе штраф).
- 20) Пройти по маршруту, попадая во все путевые точки, и зайти в коридор, закончив упражнение.
- 21) При заходе в коридор до остановки упражнения удалить маршрут из ECDIS.

Штрафные баллы при движении:

- Выход за коридор XTE 1 кб – 5 баллов;
- Непопадание в путевую точку – 10 баллов;
- Выход в запретную зону – 10 баллов;
- Переход на ручной/автоматический режим (где не надо) – от 10 до 20 баллов
- Перекладка руля на угол более 20 – 10 баллов

Дополнительное задание повышенной сложности (факультатив)

- 1) Задать маршрут 01 в GPS в качестве активного.
- 2) Установить в GPS алармы XTE = 0,1 NM и Arrival = 0,3 NM (кнопка Menu/Esc – Alarm Settings).
- 3) Отцентрировать маршрут, выбрать подходящий масштаб на экране GPS Plotter2.
- 4) На коннинг-дисплее в меню NavAids – GPS активировать режим Use GPS Route.
- 5) Начать движение и действовать в соответствии с пп. 13–20 предыдущего упражнения.
- 6) ECDIS не использовать, ориентироваться только по GPS, закончить маршрут, приведя судно в коридор.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначена система TCS?
2. В каких режимах может работать система TCS?
3. Когда целесообразно использовать систему TCS в авторулевом?
4. Как задается маршрут в системе TCS?
5. Что является регулируемым параметром в системе TCS?
6. Расшифруйте аббревиатуры TCS, XTE, CUR, DTG, TTG, ETA, RoT, ECDIS.
7. Какие условия следует соблюдать для активации режима “Track Control”?
8. Что происходит при отклонении судна от заданной траектории на величину, большую допустимой?
9. Как выбрать режим автоматического поворота в системе TCS? Какие режимы предусмотрены?
10. Является ли система TCS обязательной к установке на морские суда?

6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.
2. Руководство по эксплуатации навигационного тренажера “Navi-Trainer Pro”.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6. НАСТРОЙКА АВТОРУЛЕВОГО. УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ В РАЗНЫХ РЕЖИМАХ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
ПК-1 Планирование и осуществление перехода и определение местоположения (раздел А-П/1 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне эксплуатации»)			
ПК-1.6 Способность использовать эхолоты, gyro- и магнитные компасы, системы управления рулем	—	Настраивать цифровые системы управления движением судна	Принципы настройки цифровых систем управления движением судна
ПК-5 Способность обеспечить безопасное плавание судна путем использования информации от навигационного оборудования и систем, облегчающих процесс принятия решений (раздел А-П/2 Кодекса ПДНВ «Судовождение на уровне управления»)			
ПК-5.1 Знание погрешностей систем и эксплуатационных аспектов навигационных систем	—	—	Принципы настройки цифровых авторулевых

Рекомендованный объем: 4 академических часа

Количество обучаемых: 1 подгруппа численностью до 12 чел.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Принцип работы авторулевого» и «Настройка авторулевого» – 5 мин.
2. Брифинг. Постановка целей и задач на занятие – 15 мин.
3. Демонстрация процедуры настройки авторулевого – 10 мин.
4. Демонстрация выполнения упражнения – 20 мин.
5. Самостоятельное выполнение упражнения обучающимися – 2 часа.
6. Подведение итогов занятия. Дебрифинг – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Навигационный тренажер типа “Navi-Trainer Pro 5000” или аналогичный (рисунок 6.1) с пультом (или его симулятором) цифрового авторулевого “Transas” (рисунок 6.2);
2. Руководство пользователя тренажера;
3. Мультимедиа проектор, экран, пластиковая или смарт-доска.



Рисунок 6.1 – Навигационный тренажер Navi-Trainer Pro 5000



Рисунок 6.2 – Пульт цифрового авторулевого “Transas”

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Значения коэффициентов K_{oc} (K_C), K_d , K_i закона управления курсом (см. формулу 3.1) определяют качество управления курсом судна. Во всех авторулевых ручной регулировке подлежат K_{oc} (K_C) и K_d . Первый параметр в зарубежных

АР обычно называется «rudder», а второй – «counter-rudder». K_i (настройка интегрального канала) обычно задается при ходовых испытаниях и в процессе плавания вручную не меняется.

Параметр K_c («Rudder») определяет общую чувствительность САУКС на возникновение рассогласования от заданного курса. Его следует изменять при

- изменении загрузки судна. При увеличении загрузки чувствительность следует увеличивать, при уменьшении – снижать;
- изменении скорости судна. При уменьшении скорости судна управляемость ухудшается и чувствительность системы следует увеличивать;
- глубины при плавании на мелководье (Каспийское море, Азовское море и др.), в пресных водоемах. При этом сопротивление движению возрастает и чувствительность следует увеличить.

Если чувствительность (параметр “Rudder”) слишком высока, то будет иметь место слишком большие углы перекадки руля, как следствие, зарыскивание судна на волнении. Это ведет к увеличению пропульсивных потерь, снижению скорости хода, повышению расхода топлива, снижению ресурса рулевой машины (!).

Если чувствительность (параметр “Rudder”) слишком мала, то будут возникать большие отклонения от заданного курса, поскольку САУКС не будет успевать отрабатывать возникающие рассогласования.

Параметр K_d (“Counter-rudder”) обычно регулируют при изменении внешних условий плавания – на волнении. При сильном волнении резкие гидродинамические удары волн и порывы ветра вызывают кратковременное резкое отклонение от курса. При этом величина рыскания может быть не большой – $1-5^\circ$ (существенно зависит от курсовых углов волн, соотношения длины судна к длине волны, скорости бега волн), однако угловая скорость рыскания может достигать больших значений. Резкое возрастание $\dot{\omega}$ ведет к резкому увеличению дифференциальной составляющей ПИД-закона управления, вызывая резкую отработку рулем с большой амплитудой.

Между волнением и рысканием нет прямой связи. Рыскание судна практически нельзя уменьшить контрдействиями руля, следовательно, нет смысла в резких перекадках руля в ответ на каждое рыскание (см. рисунок 6.3)! По этой причине при плавании в режиме волнения необходимо уменьшать влияние Д-канала (см. рисунок 6.4). При плавании в тихую погоду K_d следует увеличить для более точного удержания на курсе.

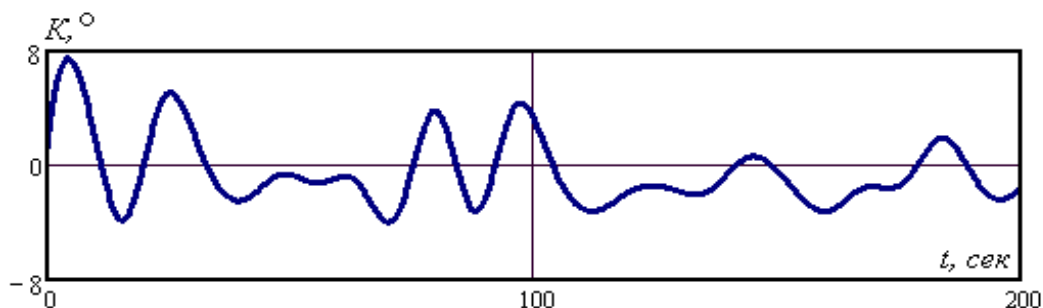


Рисунок 6.3 – Рыскание судна

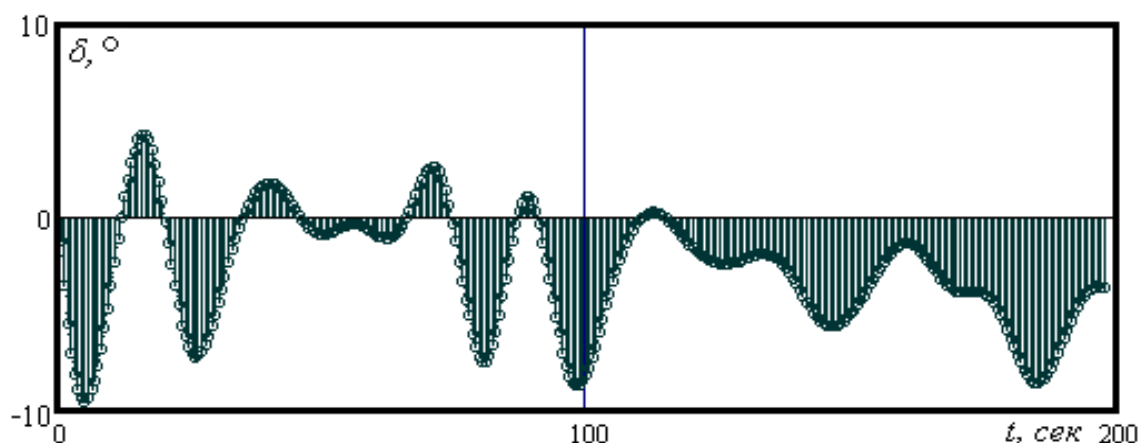


Рисунок 6.4 – Неправильно настроенный Д-канал управления (слишком частые амплитудные включения рулевой машины)

Влияние настройки “Counter-rudder” при выполнении поворота наглядно представлено на рисунке 6.5. При отключении настройки (**OFF**) одерживание не осуществляется. Имеет место значительное перерегулирование. При максимальном одерживании (**Max**) выход на новый курс слишком вялый и неточный. Оптимальное значение (**Optimal**) обеспечивает точный выход на новый курс без перерегулирования за приемлемое время. Эта настройка выбирается опытным путем в зависимости от характеристик управляемости судна.

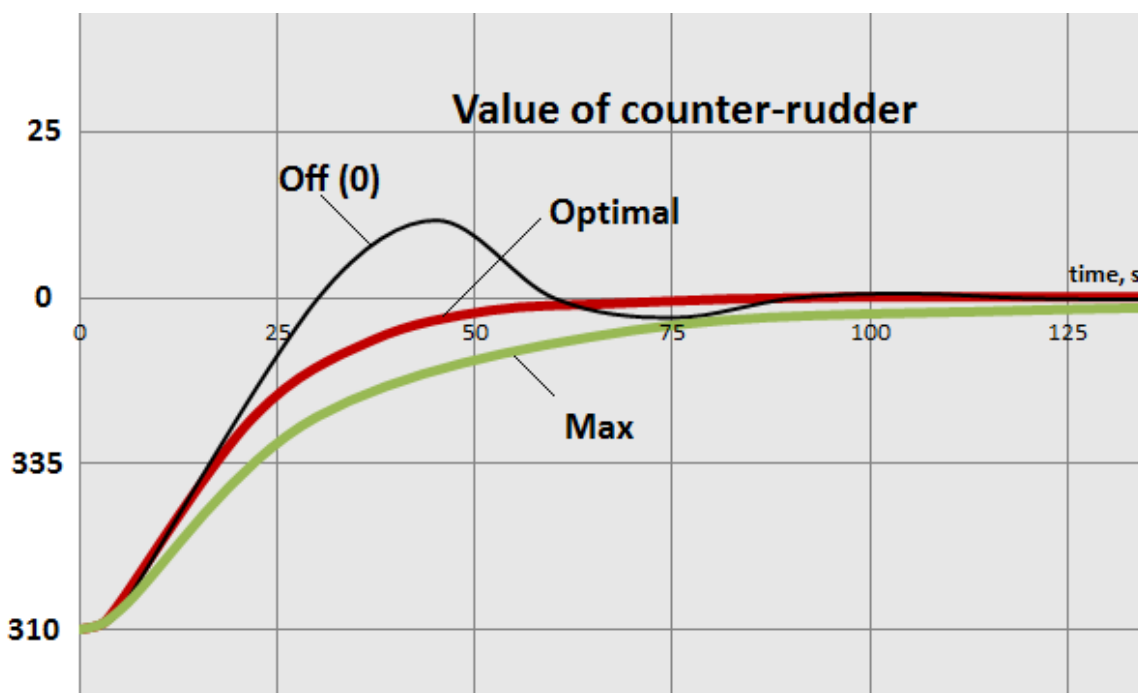


Рисунок 6.5 – Выход на новый курс при различных значениях настройки “Counter-Rudder”

2.2 Особенности настройки авторулевого “Transas” согласно руководству по эксплуатации

Ввод настроечных параметров авторулевого

Клавиши для редактирования параметров авторулевого находятся в левой части панели. Активная клавиша параметра выделяется зеленой подсветкой. Подсветка выключается, если нажать **Enter** или по истечении 10 с.

Некоторые клавиши имеют дополнительные индикаторы (справа). Для выбора необходимого индикатора следует последовательно нажимать соответствующую клавишу. Активный индикатор выделяется желтой подсветкой. При мигании индикатора следует подтвердить значение параметра клавишей **Enter** или ввести новое значение, используя джойстик. Значение выбранного параметра отображается на индикаторе **SETTING**.

Ввод параметра Yawing

Для установки параметра:

1. Нажмите клавишу **Yawing**.
2. Для выбора стандартной установки параметра нажимайте клавишу **Yawing**, пока не высветится требуемый индикатор: **Economy** (1); **Medium** (2) – установка по умолчанию; **Precise** (6).
3. Значение стандартной установки параметра выводится на индикаторе **SETTING**.

4. Нажмите клавишу **Enter** для подтверждения выбора.

5. Если требуется переопределить стандартную установку, используйте джойстик (вверх – увеличить, вниз – уменьшить значение параметра).

6. Нажмите клавишу **Enter** для подтверждения изменения.

Ввод параметра Rudder

Для установки параметра:

1. Нажмите клавишу **Rudder**.
2. Для выбора стандартной установки параметра нажимайте клавишу **Rudder**, пока не высветится необходимый индикатор: **Ballast** – 1; **Medium** – 5 (установка по умолчанию); **Loaded** – 9.
3. Значение стандартной установки параметра выводится на индикаторе **SETTING**.

4. Нажмите клавишу **Enter** для подтверждения выбора.

5. Если требуется переопределить стандартную установку, используется джойстик (вверх/вниз – увеличить/уменьшить значение параметра).

6. Нажмите кнопку **Enter** для подтверждения изменения.

Ввод параметра Speed

Существует два режима ввода скорости: ручной (Manual) и автоматический (Log) – данные поступают от лага.

Примечание: По умолчанию установлен режим Log.

Для установки параметра:

1. Нажмите клавишу **Speed**.
2. Для выбора режима ввода скорости нажимайте клавишу **Speed**, пока не высветится необходимый индикатор (**Manual** или **Log**).
3. При выборе режима **Manual** на индикаторе **SETTING** выводится последнее введенное значение скорости.

4. Нажмите **Enter** для подтверждения выбора или используйте джойстик для изменения значения (вверх/вниз – увеличить/уменьшить) и нажмите **Enter**.

Примечание: При выборе режима **Log** нажимать кнопку **Enter** не требуется.

Выбор параметра Heading

1. Чтобы выбрать гиро- или магнитный компас для определения курса судна, нажимайте клавишу **Heading**, пока не высветится требуемый индикатор (**Gyro** или **MAGN**).

2. На дисплее (**Heading/COG**) будет отображаться текущий курс.

Примечание: По умолчанию выбран параметр **Gyro**.

Ввод параметра Count Rudder

Для установки параметра:

1. Нажмите клавишу **Count Rudder**. Значение параметра отобразится на индикаторе **SETTING**.

2. Для подтверждения нажмите **Enter**.

3. Для изменения исходного значения (5 – по умолчанию) используйте джойстик: вверх/вниз – увеличить/уменьшить значение (от 0 до 9). Нажмите клавишу **Enter**.

Ввод параметра Rudder Limit

Существует два режима ввода значения параметра Rudder Limit:

1 Manual – ручной, задается по умолчанию;

2 Auto – автоматический, зависит от скорости судна.

Для установки параметра:

1. Нажмите клавишу **Rudder Limit**. При выборе режима Manual значение параметра будет отображаться на индикаторе **SETTING**. Подсвеченный индикатор кнопки будет мигать.

2. Нажмите клавишу **Enter** для подтверждения выбора или используйте джойстик для изменения значения (вверх/вниз – увеличить/уменьшить) и нажмите **Enter**.

Примечание: При выборе режима Auto подтверждения не требуется. Ограничение поворота руля будет выбираться автоматически.

Ввод параметра Off Course Limit

Для установки параметра:

1. Нажмите кнопку **Off Course Limit**. Значение параметра отобразится на индикаторе **SETTING**.

2. Для подтверждения нажмите кнопку **Enter**.

3. Для изменения исходного значения используйте джойстик: вверх/вниз – увеличить/уменьшить значение (от 1 до 30). Нажмите клавишу **Enter**.

Ввод параметра Dev. Limit

Для установки параметра:

1. Нажмите клавишу **Dev. Limit** для редактирования значения отклонения между показаниями курса гиро- и магнитного компасов. Значение параметра отобразится на индикаторе **SETTING** (по 6 град).

2. Для подтверждения нажмите клавишу **Enter**.

3. Для изменения исходного значения используйте джойстик: вверх/вниз – увеличить/уменьшить значение (от 0 до 15). Нажмите клавишу **Enter**.

Квитирование сигналов тревог

При срабатывании тревоги раздается звуковой сигнал и на панели авторулевого начинает мигать соответствующая кнопка или индикатор, а также выделяется красной подсветкой и начинает мигать клавиша **Alarm Ack**.

Для квитирования сигнала тревоги следует нажать клавишу **Alarm Ack**.

2.3 Особенности настройки авторулевого “NautoPilot D” согласно руководству по эксплуатации

Ввод/проверка параметра “Rudder”

Авторулевой задает коэффициент соответствия угла перекладки руля величине отклонения от курса. Чем выше этот коэффициент, тем больше изменение положения руля при том же отклонении судна от курса. Слишком большой коэффициент “Rudder” приводит к тому, что судно проскакивает заданный курс. А в случае очень низкого значения коэффициента судно выходит на заданный курс слишком медленно.

Для установки параметра:

1. Нажимайте кнопки выбора ↑ или ↓, до тех пор, пока не высветится кнопка функции “Rudder”. Слова “Set Course” (заданный курс) погаснут. Окно панели будет содержать текущее значение коэффициента.

2. Поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока не появится требуемое значение коэффициента в окне панели (от 1 до 6). Индикатор кнопки “Set” замигает.

3. Нажмите кнопку “Set”, авторулевой примет новое значения коэффициента. Если кнопка “Set” не будет нажата в течение 15 секунд, в системе сохранится старое значение коэффициента.

Ввод/проверка параметра “Counter Rudder”

Дифференциальный компонент авторулевого устанавливается по “Counter Rudder” (коэффициенту одерживания судна). Чем выше значение этого коэффициента, тем сильнее одерживание во время выхода на заданный курс. Поэтому слишком низкие значения коэффициента приводят к тому, что судно проскакивает заданный курс. А в случае слишком больших значений судно очень долго на него выходит, так как авторулевой рано начинает одерживать.

Для установки параметра:

1. Нажимайте кнопки выбора ↑ или ↓ до тех пор, пока не высветится кнопка функции “Count.Rud”. Слова “Set Course” (заданный курс) погаснут. Окно панели будет содержать текущее значение коэффициента.

2. Поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока не появится требуемое значение коэффициента в окне панели (от 0 до 9). Индикатор кнопки “Set” замигает.

3. Нажмите кнопку “Set” – авторулевой примет новое значения коэффициента. Если кнопка “Set” не будет нажата в течение 15 секунд, в системе сохранится старое значение коэффициента.

Ввод/проверка параметра Speed

Параметр “Speed” необходим для автоматической адаптации авторулевого (т.е. самостоятельной настройки коэффициентов “Rudder” и “Count.Rud”) при управлении курсом судна на различных его скоростях. Скорость может вводиться как вручную, так и автоматически от лага. Ручной ввод параметра скорости производится поворотом вращающейся рукоятки. По умолчанию при ручном вводе установлена скорость 20 узлов. Если судно часто меняет скорость, то лучше переключиться на лаг.

Для установки параметра:

1. Нажимайте кнопки выбора ↑ или ↓ до тех пор, пока не высветится кнопка функции “Speed”. При вводе скорости по лагу окно панели содержит текущее значение скорости по лагу, перед которым стоит буква "L" (log).

2. Слова “Set Course” (заданный курс) погаснут. Окно панели будет содержать текущее значение коэффициента.

3. Поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока в окне панели не появится нужное значение и буква "H" (hand – ручной) перед установленной величиной. Индикатор кнопки “Set” замигает.

4. Нажмите кнопку “Set”, авторулевой примет новое значения коэффициента. Если кнопка “Set” не будет нажата в течение 15 секунд, в системе сохранится старое значение коэффициента.

Чтобы заново использовать скорость по лагу:

1. Нажимайте кнопки выбора ↑ или ↓ до тех пор, пока не высветится панель настроечной функции “Speed”. Слова “Set Course” (заданный курс) погаснут. В окне отобразится последнее значение скорости, установленное вручную, с буквой "H" перед ним.

2. С помощью вращающейся рукоятки установите значение 0.0 в окне панели и затем поверните слегка влево до появления в окне "L".

3. При нажатии кнопки “Set” система принимает ввод параметра скорости по лагу.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЯ

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Принцип работы авторулевого» и «Настройка авторулевого». Проводится выборочный опрос обучающихся.
2. Брифинг. Преподаватель объясняет цели и ставит задачи на занятие, используя мультимедиа аппаратуру. Объясняются критерии правильного выполнения упражнения и система штрафных баллов, реализованная с помощью АСОК тренажера.
3. Демонстрация преподавателем процедуры настройки авторулевого (выполняется на главном мостике).

4. Запуск упражнения (сценарий ПЗ № 4) на главном мостике и демонстрация его выполнения преподавателем с подробными комментариями и объяснениями. Во время упражнения преподаватель изменяет настройки авторулевого и показывает их влияние на поведение судна при работе авторулевого в автоматическом режиме (Heading/Track).
5. Самостоятельное выполнение упражнения (тот же сценарий) обучающимися. Работа проходит в малых группах (до 3 человек) в виде ролевой игры. При этом один член команды выполняет роль условного капитана, другой – вахтенного помощника, третий – рулевого. Через определенное время происходит изменение ролей. Вахтенный помощник отдает команды рулевому. Капитан контролирует процесс и вмешивается при необходимости.
 - 5.1 Прохождение маршрута (1). Исследуется влияние настройки Rudder Limit. Следует пройти 3 путевые точки с настройкой Rudder Limit = 10; далее увеличить до 15; 20; 25. Посмотреть влияние на управляемость судна. Все остальные настройки по умолчанию.
 - 5.2 Прохождение маршрута (2). Исследуется влияние настройки Radius (радиус поворота). Следует пройти 3 путевые точки с настройкой Radius = 0,5; далее уменьшать до 0,4; 0,3; 0,2. Посмотреть влияние на управляемость судна. Все остальные настройки по умолчанию.
 - 5.3 Прохождение маршрута (3). Исследуется влияние настройки Rudder (общая чувствительность AP). Следует пройти 3 путевые точки с настройкой Rudder = Empty; далее изменить до Medium и Loaded. Посмотреть влияние на управляемость судна. Все остальные настройки по умолчанию.
 - 5.4 Прохождение маршрута (4). Выставляется режим волнения 5 баллов. Исследуется влияние настроек Count.Rudder (коэффициент одерживания AP) и Yawing (фильтрация рыскания). Следует пройти 2 путевые точки с настройкой Count.Rudder = 0; далее изменить до 5 и пройти две точки, изменить до 10 и пройти две точки. Посмотреть влияние настройки на управляемость судна, угол зарыскивания и количество и амплитуду включений рулевой машины при удержании на прямом курсе. Все остальные настройки остаются по умолчанию. Вторую часть маршрута (точки 07-11) пройти со значением Count.Rudder по умолчанию и изменяемым значением коэффициента Yawing (Economy, Medium, Precise).
6. Подведение итогов занятия. Дебрифинг с разбором ошибок и выставлением оценок. При необходимости используется проигрывание лог-файлов.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните коэффициенты, которые входят в ПИД-закон управления курсом судна.
2. Как называется настройка авторулевого, регулирующая степень влияния пропорционального канала управления?
3. Как называется настройка авторулевого, регулирующая степень влияния дифференциального канала управления?

4. Регулируется ли влияние интегрального канала ПИД-регулятора авторулевого?
5. В каких случаях следует изменять настройку авторулевого “Rudder”?
6. В каких случаях следует изменять настройку авторулевого “Count.Rud.”?
7. Как скажется на управляемости судна изменение настройки “Rudder” до минимума? До максимума?
8. Как скажется на управляемости судна изменение настройки “Count.Rud.” до минимума? До максимума?
9. Что такое «зарыскивание судна»? Как его устранить?
10. Балкерное судно прибыло в порт в балласте, а вышло в полном грузу. Как следует перенастроить АР?
11. Балкерное судно прибыло в порт в полном грузу, а вышло в балласте. Как следует перенастроить АР?
12. Судно попало в область свежей погоды (волнение 5 баллов). Как следует перенастроить авторулевой?
13. Почему работающий дифференциальный канал авторулевого приводит к повышению амплитуды включений рулевой машины в условиях волнения?
14. Что такое «адаптивный авторулевой»?
15. Как реализована адаптация по скорости в авторулевом “NautoPilot D”?
16. Для чего и в каких случаях следует регулировать параметр авторулевого “Speed”?
17. Как оценить качество удержания авторулевым судна на курсе в условиях волнения?
18. От чего зависит качество удержания авторулевым судна на курсе в условиях волнения?
19. Как определить, что авторулевой уже не справляется с удержанием судна на заданном курсе?
20. Какое волнение считается самым сложным с точки зрения возможности удерживать судно на заданном курсе?
21. Какими настройками авторулевого можно изменять качество удержания судна на курсе в условиях волнения?
22. В каких пределах обычно можно поменять значение параметра “Rudder Limit”? Для чего его меняют?
23. Поясните смысл настройки параметра “Yawing”? Зачем его следует регулировать?
24. Почему не следует устанавливать параметр “Yawing” в максимальное значение? К чему это приводит?
25. Почему не следует отключать параметр “Yawing”? К чему это может привести?

5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.
2. Руководство по эксплуатации навигационного тренажера “Navi-Trainer Pro”.

**СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ДВИЖЕНИЕМ СУДНА**

*Методические указания
к практическим занятиям*

Составители: **Подпорин** Сергей Анатольевич, **Загородний** Алексей Алексеевич,
Михайлов Владимир Викторович, **Закурдаев** Геннадий Алексеевич

В авторской редакции

Изд. № 98/2020. Объем 3,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»