

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

В.А. Бондарев
С.В. Ермаков

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ. АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОВОЖДЕНИЯ

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение»
заочной формы обучения
(2-е издание, переработанное и дополненное)

БГАРФ

Калининград
Издательство БГАРФ
2019

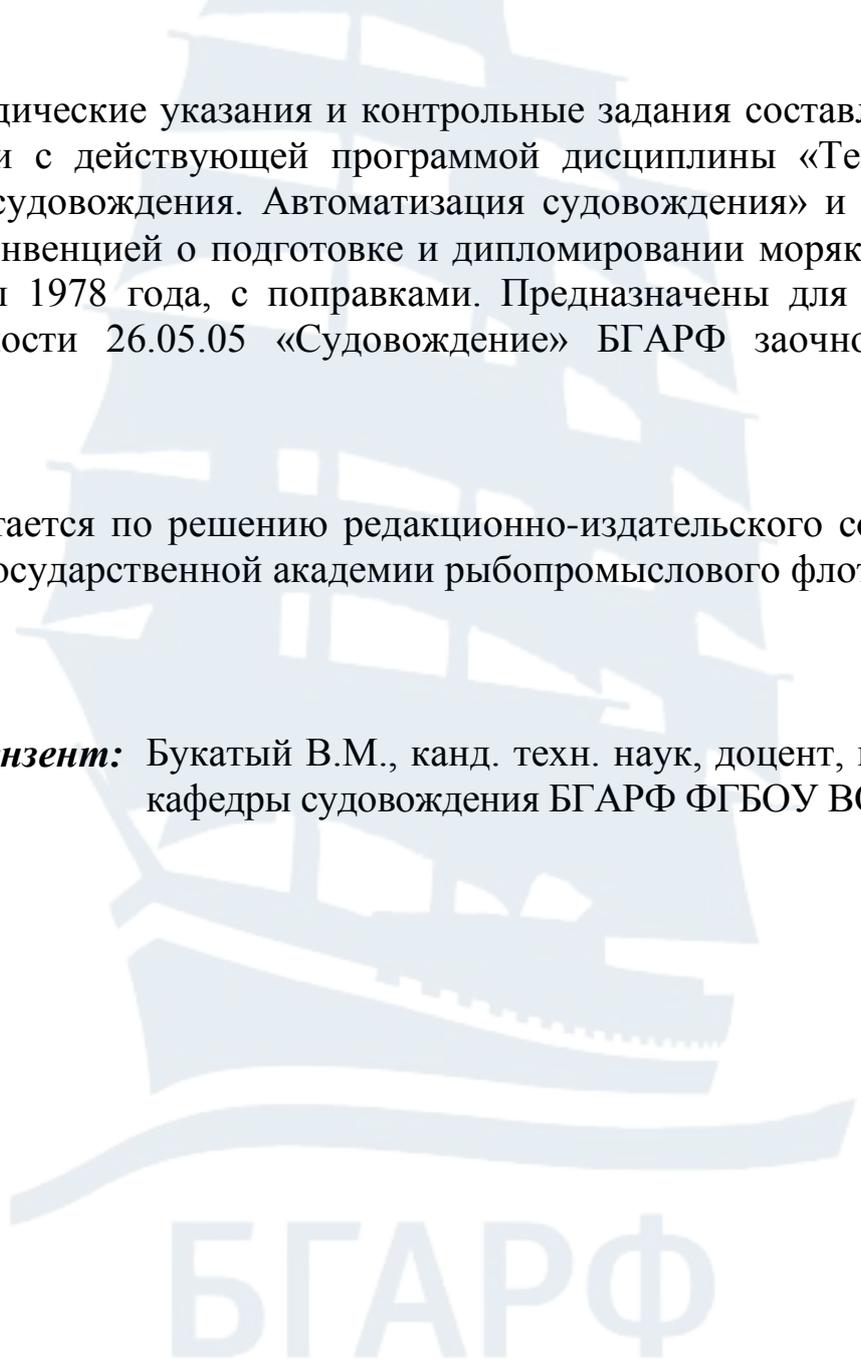
УДК 656.61.052(07)

Технические средства судовождения. Автоматизация судовождения: метод. указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения / сост.: В.А. Бондарев, С.В. Ермаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2019. – 82 с.

Методические указания и контрольные задания составлены в соответствии с действующей программой дисциплины «Технические средства судовождения. Автоматизация судовождения» и Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года, с поправками. Предназначены для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» БГАРФ заочной формы обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота.

Рецензент: Букатый В.М., канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры судовождения БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»



БГАРФ

© БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие организационно-методические указания.....	4
2. Примерный тематический план занятий.....	8
3. Перечень рекомендуемой литературы.....	11
4. Содержание программы дисциплины и методические указания для ее самостоятельного изучения.....	13
5. Задание на контрольную работу и методические указания по ее выполнению.....	33
5.1. Состав и выбор варианта контрольной работы.....	33
5.2. Методические указания по выполнению контрольной работы.....	35
5.3. Перечень вопросов для первой части контрольной работы.....	36
5.4. Формулировки задач для второй части контрольной работы.....	38
Приложение 1. Пример решения и оформления задачи.....	80
Приложение 2. Образец оформления титульного листа контрольной работы.....	82

БГАРФ

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В рамках учебного модуля (курса) «Автоматизация судовождения», входящего в дисциплину «Технические средства судовождения», изучаются как общетеоретические, так и практические положения, связанные с минимизацией участия судоводителя в выполнении функций судовождения и управления судном посредством применения технических средств, математических методов, моделей, формализующих интеллектуальный и физический труд судоводителя, и алгоритмов, построенных на основе этих моделей. Вместе с тем уже давно известно, что наилучшим методом изучения теории является решение практических задач.

Основная задача курса «Автоматизация судовождения» заключается в том, чтобы дать студентам заочной формы обучения, обучающимся по специальности «Судовождение», необходимый объем теоретических и практических знаний для эффективной эксплуатации систем и средств автоматизации судовождения и ведения промысла.

Решение этой задачи включает следующие этапы теоретической и практической подготовки специалистов:

- ознакомление с основами современных научных методов построения и функционирования автоматизированных и автоматических судовых навигационных систем, комплексов навигации и управления движением судна;
- изучение алгоритмов основных задач навигации, управления судном и процессами лова, а также особенностей их реализации в различных системах;
- изучение технического состава, класса решаемых задач и выработка практических навыков эксплуатации автоматизированных судовых навигационных систем и систем лова, комплексов навигации и управления маневрами судна;
- ознакомление с проблемами в области автоматизации судовождения, требующими решения, и перспективами разработки и внедрения на рыбопромысловом флоте систем и средств автоматизации.

Настоящий курс, завершая специальную подготовку судоводителей, рассчитан на студентов, усвоивших такие дисциплины, как «Математические основы специальности», «Радиотехника и электроника», «Технические средства судовождения», «Гидроакустические поисковые приборы», «Управление судном», «Мореходная астрономия», «Навигация», а также «Информатика».

Основная форма изучения курса «Автоматизация судовождения» – самостоятельная работа с составлением конспекта проработанного материала.

Сначала следует внимательно ознакомиться с содержанием программы и методическими указаниями. Затем необходимо изучить материал по рекомендованной литературе в последовательности, приведенной в данных методических указаниях. Неясные вопросы целесообразно записать и выяснить у преподавателя на консультации. После изучения каждой темы следует ответить на вопросы для самопроверки.

Учебным планом предусматриваются следующие формы контроля: выполнение одной контрольной работы и сдача экзамена в конце семестра.

Изучение курса «Автоматизация судовождения» направлено на формирование у будущих специалистов-судоводителей компетентности для выполнения функции судовождения на уровнях эксплуатации и управления в соответствии с требованиями Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года, с поправками (Конвенция ПДНВ). Формируемая компетентность и соответствующие ей минимальные знания, понимание и профессиональные навыки из числа предусмотренных разделами А-II/1 и А-II/2 главы II части А Кодекса по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты представлены в таблице.

БГАРФ

Компетентность, формируемая при изучении курса
«Автоматизация судовождения»
(в соответствии с Кодексом ПДНВ)

<i>Компетентность вахтенных помощников капитана судов валовой вместимостью 500 и более (таблица А-II/1)</i>	
<i>Сфера компетентности</i>	<i>Знание, понимание и профессиональные навыки</i>
Планирование и осуществление перехода и определение местоположения.	<p><i>Плавание с использованием наземных и береговых ориентиров.</i></p> <p>Умение определять местоположение судна с помощью:</p> <ul style="list-style-type: none"> – береговых ориентиров; – счисления с учетом ветра, приливов, течений и рассчитанной скорости.
Планирование и осуществление перехода и определение местоположения (продолжение).	<p><i>Радионавигационные системы определения местоположения.</i></p> <p>Способность определить местоположение судна с использованием радионавигационных средств.</p> <p><i>Системы управления рулем.</i></p> <p>Знание систем управления рулем, эксплуатационных процедур и перехода с ручного на автоматическое управление и обратно.</p> <p>Настройка органов управления для работы в оптимальном режиме.</p>
Несение безопасной ходовой навигационной вахты.	<p><i>Несение вахты.</i></p> <p>Использование информации, получаемой от навигационного оборудования, для несения безопасной ходовой навигационной вахты.</p>
Использование радиолокатора и САРП для обеспечения безопасности мореплавания.	<p><i>Судовождение с использованием радиолокатора.</i></p> <p>Знание принципов радиолокации и средств автоматической радиолокационной прокладки (САРП).</p> <p>Умение пользоваться радиолокатором и расшифровывать и анализировать полученную информацию, включая следующее:</p>

Продолжение таблицы

Компетентность вахтенных помощников капитана судов валовой вместимостью 500 и более (таблица А-II/1)	
<i>Сфера компетентности</i>	<i>Знание, понимание и профессиональные навыки</i>
	<p>.1 дальность и пеленг; курс и скорость других судов; время и дистанция кратчайшего сближения с судами, следующими пересекающимися и встречными курсами, или обгоняющими;</p> <p>.4 техника радиолокационной прокладки и концепции относительного и истинного движения.</p> <p>Основные типы САРП, их характеристики отображения, эксплуатационные требования и опасность чрезмерного доверия САРП.</p> <p>Умение пользоваться САРП и расшифровывать и анализировать полученную информацию, включая:</p> <p>.1 работу системы и ее точность, возможности слежения и ограничения, а также задержки, связанные с обработкой данных;</p> <p>.3 методы захвата цели и их ограничения;</p> <p>.4 истинные и относительные векторы, графическое представление информации о цели и опасных районах;</p> <p>.5 получение и анализ информации, критических эхосигналов, запретных районов и имитаций маневров.</p>
Компетентность капитанов и старших помощников капитана судов валовой вместимостью 500 и более (таблица А-II/2)	
Планирование рейса и судовождение.	Планирование рейса и судовождение в любых условиях с применением подходящих методов прокладки океанских путей.
Определение местоположения и точность результатов определения местоположения различными способами.	<p>Определение местоположения во всех условиях:</p> <p>.2 с использованием береговых ориентиров;</p> <p>.3 с использованием современных электронных радиолокационных средств, обращая особое внимание на знание принципов их работы, ограничений, источников ошибок, на умение</p>

Компетентность вахтенных помощников капитана судов валовой вместимостью 500 и более (таблица А-II/1)	
<i>Сфера компетентности</i>	<i>Знание, понимание и профессиональные навыки</i>
	обнаружить неправильные показания и владение методами коррекции для получения точного определения местоположения.
Обеспечение безопасного плавания путем использования информации от навигационного оборудования и систем, облегчающих процесс принятия решений	Знание погрешностей систем и глубокие знания эксплуатационных аспектов современных навигационных систем. Оценка навигационной информации, получаемой из всех источников, включая радиолокатор и САРП, с целью принятия решения и выполнения команд для избежания столкновения и для управления безопасным плаванием. Взаимосвязь и оптимальное использование всех навигационных данных, имеющихся для осуществления плавания.

2. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

<i>Наименование разделов и тем программ дисциплины</i>	<i>Лекции</i>	<i>Лабораторные работы</i>
Введение Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.	-	-
Раздел 1. Математические методы исследования производственных процессов и операций. Тема 1.1. Основы теории автоматического управления. Тема 1.2. Расчет характеристик надежности навигационных систем.	1	2
Раздел 2. Автоматизация управления движением судна. Тема 2.1. Управление движением судна на прямолинейной траектории.	1	2

<p>Тема 2.2. Управление движением судна на криволинейной траектории.</p> <p>Тема 2.3. Исследование динамических характеристик морских судов.</p> <p>Тема 2.4. Исследование систем автоматического регулирования курса судна.</p> <p>Тема 2.5. Авторулевой «Аист», «Печора».</p> <p>Тема 2.6. Системы динамического позиционирования.</p>		
<p>Раздел 3. Автоматизация получения и обработки навигационной информации на судне.</p> <p>Тема 3.1. Фильтрация и комплексирование навигационных измерений.</p> <p>Тема 3.2. Автоматизация обсервационного счисления.</p> <p>Тема 3.3. Исследование алгоритма задачи счисления пути судна.</p> <p>Тема 3.4. Определение места судна обобщенным методом наименьших квадратов.</p> <p>Тема 3.5. Характеристика и требования к современным ПРД.</p> <p>Тема 3.6. Автоматизация плавания судна по ортодромии.</p>	0,5	2
<p>Раздел 4. Автоматизация расхождения судов в море.</p> <p>Тема 4.1. Оценка степени опасности ситуации при сближении судов.</p> <p>Тема 4.2. Методы отображения информации в САРП.</p> <p>Тема 4.3. Изучение средств автоматической радиолокационной прокладки.</p> <p>Тема 4.4. Методы использования информации от РЛС, СЭП, САС, САРП, ЭКНИС и АИС для предупреждения столкновения судов.</p>	0,5	2

<p>Раздел 5. Электронные картографические диалогово-информационные системы управления судном и автоматизированные системы управления.</p> <p>Тема 5.1. ЭКДИС: назначение и структура, классификация, структура представления картографической информации, международные спецификационные характеристики, базовое картографическое навигационное обеспечение ЭКДИС.</p> <p>Тема 5.2. Современные судовые навигационные комплексы. Перспективы автоматизации ведения промысла.</p> <p>Тема 5.3. Решение в ЭКДИС задач судовождения.</p> <p>Тема 5.4. Юридические аспекты создания и использования электронных карт.</p>	0,5	-
<p>Раздел 6. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС).</p> <p>Тема 6.1. Принципы построения и определения места судна. Назначение и состав морских ГНСС.</p> <p>Тема 6.2. Характеристики и требования к современным ГНСС.</p> <p>Тема 6.3. Приемоиндикаторы ГНСС, их основные эксплуатационно-технические характеристики и навигационное использование.</p> <p>Тема 6.4. Перспективы развития ГНСС.</p>	0,5	-
<p>Раздел 7. Использование принципов и технических приложений искусственного интеллекта.</p> <p>Тема 7.1. Понятие искусственного интеллекта. Методы искусственного интеллекта. Принципы построения систем с искусственным интеллектом в морском судовождении.</p>	-	-

Тема 7.2. Технические приложения искусственного интеллекта. Интеллектуальные системы в судовождении.		
Заключение	-	-
<i>Итого</i>	4	8

3. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

3.1. Основная литература

1. Бондарев В.А., Ермаков С.В. Основы разработки и применения вычислительных алгоритмов в судовождении: сборник лабораторных работ по курсу «Автоматизация судовождения». – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2014. – 124 с.

2. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы. – Одесса: Латстар, 2002. – 170 с.

3. Дмитриев В.И., Форафонов В.И. Современные навигационные системы и безопасность судовождения: учебное пособие для факультетов повышения квалификации и тренажерных центров. – М.: Моркнига, 2010. – 160 с.

4. Кириллов Н.О., Ермаков С.В. Судовая аппаратура систем спутниковой навигации ГЛОНАСС и GPS: учебное пособие. – Калининград: БГАРФ, 2013. – 159 с.

5. Кириллов Н.О. Спутниковые навигационные системы в судовождении: учебное пособие. – Калининград: БГАРФ, 2009. – 133 с.

6. Нечаев Ю.И. Искусственный интеллект: концепции и приложения. – СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2007. – 294 с.

7. Родионов А.И., Сазонов А.Е. Автоматизация судовождения. – М.: Транспорт, 1992. – 192 с.

8. Орлов В.А. Автоматизация промыслового судовождения. – М.: Агропромиздат, 1989. – 266 с.

3.2. Дополнительная литература

9. Александров В.Л. Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях. – СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2001. – 395 с.

10. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб: Профессия, 2003. – 752 с.

11. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. – Одесса: Латстар, 2002. – 310 с.

12. Василенко В.А., Розен Б.С., Серегин В.В. Радионавигационные приборы и системы: Учебник для вузов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 319 с.

13. Васильев В.Н. и др. Справочник судового механика по рулевым приводам / В. Васильев, А. Горин, И. Мирошниченко. – Одесса: Маяк, 1982. – 199 с., ил.

14. Воронов А.А., Титов В.К., Новогранов Б.Н. Основы теории автоматического регулирования и управления: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1977. – 519 с.

15. Клавдиев А.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах. Ч. 1: Учебное пособие. – СПб: СЗТУ, 2005. – 74 с.

16. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем: Учебное пособие. – М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2002. – 113 с.

17. Песков Ю.А. Морская навигация с ГЛОНАСС/GPS: учебное пособие для вузов + CD. – М.: Моркнига, 2010. – 148 с.

18. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

19. Практическое кораблевождение для командиров кораблей, штурманов и вахтенных офицеров / Под ред. адм. А.П. Михайловского. – Книга первая. – М.: ГУНиО МО СССР, 1988. – 896 с.

20. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2007. – 276 с.

21. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В.А. Бесекерского. – М.: Наука, 1972. – 587 с.

22. Сборник задач по теории надежности / Под ред. А.М. Половко, И.М. Маликова. – М.: Изд-во «Советское радио», 1972. – 408 с.

23. Смирнов Е.Л., Яловенко А.В., Перфильев В.К., Воронцов В.В., Сизов В.В. Технические средства судовождения. Том 2. Конструкция и эксплуатация: Учебник для вузов. – СПб.: «Элмор», 2000. – 656 с.

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЕЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Введение

Цели и задачи автоматизации судовождения. Место автоматизации судовождения в комплексе автоматизации управления судном и компанией. Основные этапы развития механизации и автоматизации операций судовождения, управления судном и орудиями лова. Основные понятия об управлении судовыми процессами и обработке информации. Этапы в автоматизации процессов судовождения. Использование цифровой вычислительной техники в системах комплексной автоматизации судов. Прогресс микропроцессорной и вычислительной техники, робототехники и его влияние на автоматизацию судовых производственных процессов. Степень формализации и подготовленности судовых операций и процессов к их механизации и автоматизации. Общие положения теории управлений сложными процессами и подвижными объектами. Экономическая выгода от автоматизации процессов судовождения и проблемы автоматизации. Перспективы развития и внедрения автоматизированных навигационных и навигационно-промысловых комплексов.

Методические указания

Студенты должны уяснить, что важнейшим условием повышения уровня безопасной эксплуатации судов, точности и надежности современного судовождения, характеризующегося непрерывным ростом количества, тоннажа и скоростей судов, яв-

ляется использование средств автоматизации судовождения. Методы «ручной» обработки больших объемов навигационной информации не отвечают современным требованиям к быстродействию и точности решения задач по управлению судном для обеспечения безопасности мореплавания. В связи с этим возникает необходимость в использовании комплексных автоматизированных систем судовождения с быстродействием современных цифровых вычислительных средств.

На начальном этапе изучения курса достаточно ознакомиться с введением в учебниках [7] или [8].

Литература: [7, 8].

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются основные цели и задачи автоматизации судовождения?
2. В чем заключаются основные преимущества внедрения на промысловых судах средств и систем автоматизации судовождения?
3. Дайте краткую характеристику основных этапов развития автоматизации судовождения.
4. Какова роль цифровых ЭВМ в системах автоматизации судовождения.
5. Дайте характеристику класса задач, подлежащих автоматизации в навигационных и навигационно-промысловых комплексах.

Раздел 1. Математические методы исследования производственных процессов и операций

Методика исследования операций с позиции системного подхода: выбор цели и критерия оценки результатов, формализация и построение математических моделей, принципы их исследования, проверки и оценки.

Краткая характеристика математических методов, применяемых при исследовании операций и процессов.

Методы математической статистики и теории вероятности. Надежность технических средств и систем, методы ее оценки и обеспечения. Системы массового обслуживания (СМО). Теория алгоритмов и математической логики. Информационные аспекты автоматизации судовых производственных процессов. Принципы построения иерархических автоматизированных систем управления на уровне судна, порта, пароходства и флота в целом.

Основы операционного исчисления и общие представления об алгебре и структуре порядка. Принципы построения систем автоматического регулирования (САР) и их классификация. Элементная база линейных систем автоматического регулирования. Замкнутые и разомкнутые системы. Обратная связь. Состав, назначение и статические характеристики элементов.

Понятие о передаточной функции линейной системы. Описание системы с помощью дифференциальных уравнений и передаточной функции. Анализ линейных систем. Типовые звенья линейных систем и их передаточные функции. Синтез линейных систем, переходные процессы и амплитудно-частотные характеристики. Понятие об устойчивости линейных систем. Критерии устойчивости Гурвица, Рауса, Вышнеградского, Михайлова.

Оценка качества регулирования. Точность регулирования для типовых режимов эксплуатации. Коэффициенты ошибок, запас устойчивости. Определение быстродействия системы регулирования по переходным характеристикам. Методы повышения точности систем автоматического регулирования.

Понятие об управлении неформализуемыми объектами.

Методические указания

В итоге изучения раздела следует уяснить основные этапы процесса управления и классификации задач управления, а также иметь представление о критериях качества управления, оптимальном управлении и др.

Анализ процессов судовождения и промыслового лова следует проводить с позиции кибернетики, что позволит получить понятие об автоматической системе управления объектом (судном, тралом).

Студенту необходимо получить представление о математических методах исследования операций и процессов (операторный метод, теория математической статистики, теория вероятностей), структурной схеме САР, критериях устойчивости, надежности технических средств и методов ее оценки.

При изучении темы студент должен ознакомиться с общими принципами построения замкнутого контура системы регулирования, особое внимание рекомендуется обратить на роль обратной связи в линейной системе автоматического регулирования.

При классификации системы целесообразно уделить внимание основным классификационным признакам, определяющим принципы построения, назначение, характер физических процессов, протекающих в линейных системах автоматического регулирования.

Студенту полезно ознакомиться с функциональными схемами САР, характером внешних воздействий, а также с некоторыми видами типовых входных воздействий, используемых при исследовании систем автоматического регулирования.

При изучении математических методов описания динамики САР особое внимание необходимо обратить на понятие передаточной функции, целесообразность применения такой функции для исследования САР, а также на ее связь с дифференциальным уравнением.

В результате изучения характеристик типовых линейных звеньев студент должен понять, почему на практике оказалось удобным применение типовых звеньев. Для каждого типового линейного звена необходимо написать дифференциальное уравнение, связывающее входную и выходную величины, а затем, используя преобразование Лапласа, перейти к передаточной функции. Для этих же звеньев рекомендуется найти переходные функции и построить переходные характеристики. Выполнив эти задания, студент получит реальное представление о процессах, протекающих в САР.

При изучении материала данной темы большое значение имеет умение студента оценить качество работы САР в переходных режимах. Студент должен уяснить основные требования, предъявляемые к работе систем автоматического регулирования и уметь подбирать критерии качества регулирования.

При изучении вопросов оценки устойчивости САР необходимо обратить внимание на сущность различных критериев устойчивости, эффективность применения этих критериев для оценки состояния устойчивости.

Изучение основных принципов управления неформализуемыми объектами следует начинать с изучения документов, касающихся управления безопасностью морского судоходства и системы управления, которая работает в судоходной компании и на судне.

Литература: [1, 7, 8, 10, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22].

Вопросы для самопроверки

1. Что следует понимать под управлением?
2. Какое управление считается оптимальным?
3. Что такое техническая кибернетика?
4. В чем заключаются основные принципы выбора критериев качества управления?
5. Чем отличается автоматическая система управления от автоматизированной?
6. Для чего необходимо знать вероятностные характеристики случайных навигационных процессов?
7. Каковы цели и задачи статистической обработки навигационной информации?
8. Что такое надежность системы?
9. Какие этапы анализа надежности систем вы знаете? Чем эти этапы характеризуются?
10. Перечислите свойства надежности и дайте определение каждому из них.
11. Что такое наработка до первого отказа, повреждение, отказ, среднее время безотказной работы, интенсивность отказов?
12. Дайте определение функциям и коэффициентам готовности и простоя.
13. Какие существуют способы соединения элементов в рачетно-логических схемах? Чем они отличаются?
14. Что называется случайной функцией?
15. Что такое переходная функция?

16. Что такое передаточная функция системы?
17. Как связана переходная функция с передаточной?
18. В чем заключается принципиальное отличие функциональной схемы от структурной?
19. Что подразумевают под типовым звеном в теории управления?
20. Как найти передаточные функции последовательного, параллельного и встречно-параллельного соединения звеньев?
21. Что такое обратная связь и какова ее роль в работе замкнутой САР?
22. Какими показателями (критериями) оценивается качество САР в переходном и установившемся режимах?
23. Какая САР является устойчивой?
24. Что подразумевают в САР под управляющим и возмущающим воздействием?
25. Какими критериями оценивается качество САР в переходном и установившемся режимах?
26. Какая САР является устойчивой?
27. Что подразумевают под характеристическим уравнением?
28. В чем сущность критериев устойчивости САР?

Раздел 2. Автоматизация управления движением судна

Динамические характеристики судна, как объекта регулирования и органов управления: руль, винт, вспомогательные двигатели. Модель управляемой системы: судно или судно – трал. Составление закона управления и его реализация в управляющую систему. Авторулевой – оптимальная система удержания судна на заданном курсе.

Адаптивные системы управления судном на курсе. Общие представления о принципах построения адаптивных авторулевых. ПИД-закон управления. Принципы программного управления судном и системы управления судном на траектории движения. Коррекция курса судна. Ограничения в системе управления судном в открытом море, узкостях, при плавании по фарватеру. Возможности автоматизации маневренных операций. Структура системы управления движением судов. Алгоритмы задач управления.

Системы динамического позиционирования. Принципы построения и функционирования.

Методические указания

В результате изучения темы студенты должны четко усвоить классификацию методов управления судном в зависимости от условий плавания, научиться рассматривать судно как объект автоматического управления. В процессе изучения раздела студенту следует ознакомиться с двумя основными режимами контроля и управления движением судна, реализуемыми в автоматизированных комплексах судовождения.

Режим автоматической стабилизации судна на заданном курсе характерен для плавания судов в открытом море. Режим автоматической стабилизации судна на заданной траектории является основным при плавании в районах, где предъявляются повышенные требования к точности удержания судна на траектории (прибрежные районы, узкости и т.д.).

Студенту рекомендуется составить функциональную и структурную схемы САР курса судна. Выведя уравнение динамики данного САР, необходимо установить взаимосвязь между параметрами САР и основными показателями качества ее работы в переходном режиме. Необходимо научиться использовать критерии устойчивости САР, рассмотренные в предыдущем разделе, для оценки устойчивости САР курса судна.

Изучение технической реализации законов управления происходит на базе авторулевого «Аист». Для закрепления теоретического материала предлагается выполнить исследование методами автоматического регулирования САР курса судна. Студенту рекомендуется изучить функциональную схему авторулевого, составить структурную схему, используя типовые линейные звенья САР. По передаточной функции типовых линейных звеньев необходимо получить результирующую передаточную функцию всей системы. Далее необходимо перейти от передаточной функции замкнутой САР курса судна к характеристическому и дифференциальному уравнениям динамики работы САР.

Для оценки функционирования САР курса судна в переходном режиме необходимо использовать различные критерии

устойчивости, получить представление об устойчивости системы и запасе устойчивости.

При изучении работы адаптивных систем необходимо обратить внимание на взаимосвязь между уровнями управления и рассмотреть основные методы автоматического поиска оптимальных режимов эксплуатации.

При изучении систем динамического позиционирования следует проанализировать область применения этих систем, рассмотреть их структуру, принципы функционирования.

Литература: [1, 3, 7, 8, 10, 11, 13-16, 18, 20-23].

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются особенности автоматического управления движением судна на заданном курсе?
2. Какими техническими средствами реализуется автоматическая стабилизация судна на заданном курсе?
3. Какая система автоматического управления называется адаптивной?
4. Приведите функциональную схему САР курса судна и объясните принцип ее работы.
5. Приведите структурную схему САР курса судна и уравнение динамики системы.
6. В чем состоит сущность программного управления судном?
7. В чем состоит сущность коррекции курса судна?
8. Объясните сущность самонастраиваемой адаптивной системы.
9. Объясните сущность самоорганизующейся адаптивной системы.
10. Объясните сущность самообучающейся адаптивной системы.
11. Дайте характеристику режимов работы авторулевых.
12. В чем заключаются конструктивные особенности авторулевого «Аист»?
13. Как влияют на качество переходного процесса регулировки КОС и регулировка производной?
14. Как выбирают коэффициент интегрирующего устройства?

15. Порядок настройки авторулевых при движении судна на волнении.

16. Что является критерием оптимизации адаптивных авторулевых?

17. Приведите блок-схему адаптивной системы управления судном.

18. В чем заключаются особенности динамического позиционирования?

19. Какие элементы включает в себя структура системы динамического позиционирования?

20. Каким образом происходит удержание судна в процессе динамического позиционирования?

Раздел 3. Автоматизация получения и обработки навигационной информации на судне

Цифровые методы измерения и обработки навигационной и судовой информации.

Случайные процессы в задачах судовождения. Случайные стационарные процессы. Понятие о корреляционной функции. Спектральная плотность стационарных процессов. Прохождение сигнала через линейную систему. Ошибки автоматических линейных систем при случайных воздействиях. Комплексование измерительных систем. Задачи оптимальной обработки навигационных сигналов: выделение сигнала из помех и его сглаживание.

Понятие оптимального фильтра. Выбор критерия оптимальности. Фильтрация навигационных сигналов, поступающих от нескольких датчиков. Методы синтеза оптимальных навигационных фильтров. Примеры современных навигационных систем, использующих алгоритмы оптимальной фильтрации при решении задач судовождения.

Характеристика датчиков навигационной информации с точки зрения их использования в системах автоматизации судовождения и промыслового маневрирования. Съём и обработка навигационно-промысловой информации с помощью цифровых вычислительных средств. Комплексование и представление данных судоводителю.

Выбор точности и частоты съема. Оценивание или фильтрация навигационных измерений. Исключение систематических и учет случайных погрешностей измерений, комплексирование навигационных измерений и систем.

Аналитические способы счисления пути и периодического уточнения местоположения судна. Автоматизация вычисления координат места судна по данным спутниковых, радионавигационных, автономных и других систем. Алгоритм расчета коэффициентов и свободных членов уравнений поправок. Структурные схемы обработки навигационной информации в ЭВМ. Современные судовые навигационные комплексы и решаемые ими задачи.

Методические указания

Необходимо рассматривать автоматизированную систему судовождения как комплекс устройств датчиков навигационной информации, средств вычислительной техники, средств индикации и управления. Такой подход позволяет трактовать автоматизированную систему судовождения как кибернетическую систему, функционирование которой основано на непрерывном получении информации о состоянии, ресурсах, ограничениях в системе, внешней среде и ее изменениях. Основой такой системы являются дискретные вычислительные средства, которые обеспечивают реализацию задачи комплексирования.

Одной из специфических особенностей автоматизации судовождения является необходимость вероятностно-статистического описания всех навигационных процессов. Этот вывод основан на том, что как воздействие среды на судно, так и погрешности навигационной информации носят случайный характер и приводят к случайным изменениям в состоянии судна. В связи с этим при изучении данной темы рекомендуется подробно ознакомиться с вероятностными характеристиками, описывающими случайные процессы. Особое внимание следует обратить на то, что знание вероятностных характеристик случайного навигационного процесса позволяет синтезировать такую систему обработки, которая с наибольшей точностью воспроизводит данную функцию.

Изучение этого вопроса необходимо начать с рассмотрения статистических характеристик, корреляционных функций и спек-

тральных плотностей процессов, позволяющих определить местоположение судна. Далее целесообразно перейти к рассмотрению задачи оптимальной обработки навигационной информации, методы решения которой основаны на теории оптимальной фильтрации.

Ознакомившись с понятием «оптимальный навигационный фильтр», студент должен обосновать использование в качестве критерия оптимальности такого фильтра минимума средней квадратической погрешности выделения навигационного сигнала, а также представлять, каким специфическим требованиям должен удовлетворять фильтр навигационной информации. Вопросы комплексирования навигационных систем для проведения измерений являются одними из наиболее сложных при изучении теоретической части курса.

Студенты должны четко представлять, что реализация комплексирования в навигационных системах способна повысить надежность измерения навигационного параметра, а комплексированием навигационных измерений можно достичь повышения надежности и точности определения обсервованных координат судна.

При изучении темы следует обратить особое внимание на использование в автоматических навигационных системах при комплексировании таких навигационных датчиков, которые имеют различный характер погрешностей измерительной информации. Только в этом случае может быть получен эффект повышения точности и надежности в определении обсервованных координат судна.

Далее следует перейти к детальному изучению принципа компенсации, положенного в основу комплексирования при совместной обработке навигационных измерений от различных измерительных навигационных систем. При изучении особенностей совместной обработки навигационных измерений рекомендуется убедиться в том, что дисперсия погрешностей на выходе комплексной системы будет всегда меньше дисперсии погрешностей каждой измерительной системы в отдельности.

Основой комплексной системы совместной обработки и представления данных от нескольких датчиков навигационной информации является оптимальный фильтр, причем наибольший

интерес представляет широко применяемая в автоматизированных навигационных комплексах рекуррентная форма алгоритма фильтрации, чаще называемая «фильтром Калмана».

Студенты должны знать сущность рекуррентной процедуры обработки навигационной информации и основные ее преимущества.

Литература: [1, 7, 8, 17, 19].

Вопросы для самопроверки

1. Какова связь между корреляционной функцией и спектральной плотностью?
2. Что такое оптимальный навигационный фильтр?
3. Каким критерием оптимальности пользуются при синтезе навигационных фильтров?
4. Какие алгоритмы фильтрации называются рекуррентными?
5. Что понимают под комплексированием навигационных систем и измерений?
6. В чем заключаются основные преимущества совместного использования различных навигационных систем?
7. В чем состоит сущность метода компенсации?
8. От чего зависит суммарная погрешность комплексной системы?
9. Примеры комплексного использования навигационной информации от различных датчиков в системах автоматизации судовождения.
10. В чем заключается сущность прямых методов определения места судна?
11. Дайте характеристику метода последовательных приближений для решения задачи определения координат места судна.
12. В чем заключается взаимосвязь косвенных методов и обобщенного метода линий положения?
13. Что представляет собой уравнение поправок?
От чего зависит число уравнений поправок?
14. Каким образом в уравнении поправок учитывается вид измеряемого навигационного параметра?

15. Что представляет собой система нормальных уравнений для вычисления приращений к счислимым координатам?

16. Каким образом учитывается количество навигационных измерений в нормальных уравнениях?

17. В чем состоит сущность последовательного метода вычисления координат места судна? Достоинство метода.

18. Чем отличаются алгоритмы счисления при использовании относительного и абсолютного лагов?

19. Как учитывается сфероидичность Земли при расчете счислимых координат?

20. Какие навигационные данные используются при коррекции счислимых координат?

21. Что представляет собой инерциальная навигационная система?

Раздел 4. Автоматизация расхождения судов в море

Проблемы предупреждения столкновений судов. Информационная и математическая формулировка операции расхождения судов. Особенности выполнения отдельных этапов и временные затраты. Принципы автообнаружения, автозахвата (селекции) и автосопровождения целей. Принципы формализации этапов операции расхождения судов. Вычисление элементов сближения судов, прогнозирование траектории уклонения, выбор вида и времени маневра с учетом МППСС. Единообразная оценка ситуации сближения и выбор безопасной скорости движения. Особенности деятельности судоводителя в системе управления: его физические и психологические возможности в обработке информации и принятии решений. Системы радиолокационной прокладки и их развитие. Использование искусственного интеллекта при автоматизации процессов расхождения судов. Тренажерные системы и имитаторы для обучения управлению судном.

Методические указания

При изучении данной темы следует четко уяснить, что процесс расхождения судов состоит из ряда последовательных этапов:

- обнаружения встречных судов;
- определения параметров движения встречных судов;
- выбранного маневра и коррекции управляющих воздействий.

Рекомендуется подробно ознакомиться с логической последовательностью этапов операции расхождения судов. Необходимо при этом помнить, что на каждом этапе применяются свои методы и технические средства. Качественное и своевременное получение результата на предыдущем этапе является исходным и определяющим фактором возможности выполнения последующего этапа и операции в целом.

Студенты должны обратить внимание на предпосылки, способствующие решению задач автоматизации процесса расхождения судов, а именно: техническое осуществление с помощью РЛС – САРП автоматического съема, обработки и индикации судоводителю навигационной информации о внешней обстановке и параметрах движения судов. В основу алгоритмов обработки радиолокационной информации с помощью ЭВМ положены статистические методы.

Литература: [1, 7, 8, 12].

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные этапы операции расхождения судов в море. Объясните содержание каждого этапа.
2. В чем сущность принципа автообнаружения целей?
3. В чем сущность принципа автозахвата целей?
4. В чем сущность принципа автосопровождения целей?
5. Какими параметрами определяется степень опасности ситуации?
6. Дайте математическую формулировку задачи расхождения.
7. Что такое первичная и вторичная обработка радиолокационной информации?

Раздел 5. Электронные картографические диалогово-информационные системы (ЭКДИС) управления судном и автоматизированные системы управления

Назначение и структура ЭКДИС. Классификация ЭКДИС. Элементы технологии цифрового картографирования и точность представления навигационной картографической информации. Структура представления картографической информации в ЭКДИС. Международные специфические характеристики и требования предъявляемые к ЭКДИС. Базовое картографическое навигационное обеспечение ЭКДИС: состав и задачи базового обеспечения; картографические проекции и синтез электронной карты. Юридические аспекты создания и использования электронных карт. Корректурa электронных карт. Изменение функциональных обязанностей судоводителей при наличии ЭКДИС.

Автоматизированные системы контроля и управления судовыми энергетическими установками, винтом регулируемого шага, подруливающими устройствами и другими агрегатами. Судовые информационно-измерительные системы и системы автоматизации радиосвязи. Системы управления движением судов в узкостях на основе береговой РЛС.

Постановка задачи автоматизации прицельного облова косяков. Основные этапы процессов тралового и кошелькового лова.

Алгоритмы задач обработки промысловой гидроакустической информации: обнаружение и оценка промысловой значимости косяков, определение глубины погружения элементов горизонтального перемещения.

Алгоритмы управления глубиной хода трала и расчета рекомендованных курсов траления при разноглубинном траловом лове.

Алгоритмы управления курсами судна при маневрировании на промысле кошельковым неводом. Сравнительная оценка их эффективности при реализации на ЭВМ.

Методические указания

В последнее десятилетие развиваются морская электронная картография и судовые автоматизированные системы, которые

позволяют отображать на электронном экране текущее счислимое или обсервованное место судна и навигационно-гидрографическую информацию. Цель создания таких систем – коренным образом улучшить организацию работы судоводителя, повысить ее эффективность и снизить уровень навигационных рисков. При изучении этой темы студенты должны обратить особое внимание на концепцию ЭКДИС, которая фактически порождает физическую эквивалентность бумажной морской карты и ее электронной копии. Такая эквивалентность означает юридическое признание возможности использования электронных средств навигации без привлечения бумажных морских карт на соответствующий район плавания.

Электронная карта – это очень широкий термин, который охватывает три понятия: описание данных, программное обеспечение для их обработки и электронную систему отображения данных. Студенту рекомендуется уяснить, что понятия хранения, передачи и отображения электронных карт отделены друг от друга.

В качестве данных электронных карт используется база данных, содержащая гидрографическую и некоторую другую информацию. Официальным стандартом, предложенным для хранения и передачи электронных карт, является стандарт DX-90. Студенты должны обратить внимание на то, что стандарт содержит лишь правила передачи данных, структуру самих данных, профили применения данных, но не регламентирует форму отображения таких данных на дисплее.

При изучении системы отображения электронной карты студенту следует учитывать, что она должна выводить на экран дисплея предварительную и исполнительную прокладки, а также решение ряда дополнительных навигационных задач. При этом отображение символов, цветов и разрешающая способность отображения должны соответствовать требованиям стандарта Международной гидрографической организации.

При изучении вопросов точности представления данных на электронной карте студенту рекомендуется обратить внимание на то, что эта точность не должна зависеть от характеристик входных устройств, а определяется лишь точностью, с которой хранятся эти данные в их базе данных.

Особенности структурирования коллекции электронных карт и распределение их по масштабным рядам. Особенности доступа к коллекции электронных карт. Автоматическая и ручная корректура электронных карт и способы их реализации на судне. При изучении этой темы студенту необходимо обратить внимание на особенности автоматической корректуры.

В результате изучения темы студенты должны четко усвоить, что представляет собой электронная картография, принципы ее построения, особенности и возможности ее использования в целях управления безопасностью мореплавания.

В процессе изучения тем раздела, студент должен обратить внимание на особенности решения задач обработки гидроакустической информации в современных автоматизированных системах лова.

Рекомендуется ознакомиться с алгоритмами управления глубиной хода трала при разноглубинном траловом лове и управления курсами судна при маневрировании на промысле с кошельковым неводом.

Литература: [2, 3].

Вопросы для самопроверки

1. Что такое ЭКДИС?
2. Классификация ЭКДИС.
3. Какова точность представления информации в ЭКДИС?
4. Требования, предъявляемые к ЭКДИС.
5. Назовите состав и задачи базового обеспечения ЭКДИС.
6. Корректурa электронных карт.
7. Назовите основные этапы автоматизации тралового и кошелькового лова.
8. Дайте характеристику алгоритмов обнаружения и оценки промысловой значимости косяков, определения глубины погружения и элементов их перемещения.

Раздел 6. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС)

Глобальная навигационная спутниковая система: типовая структурная схема, состав и перечень решаемых задач. Характеристика отличительных особенностей различных моделей судовых приемоиндикаторов ГНСС по составу устройств и задач, конструктивному исполнению, вопросам эксплуатации.

Форматы и содержание навигационной информации в ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Оценка эффективности и точности применения ГНСС для навигации и обеспечения промысла. Совместная работа ГНСС с ЭКНИС и другими интеллектуальными системами.

Методические указания

В результате изучения темы студенты должны четко усвоить, что использование глобальных навигационных спутниковых систем значительно облегчает освоение новых районов промысла. При изучении темы студент должен обратить особое внимание на практическое использование ГНСС, в состав судовой аппаратуры которой входит ЭВМ и которая является основой автоматизированных систем навигации и управления судном.

Студенту необходимо ознакомиться с особенностями ГНСС GPS и ГЛОНАСС, их техническими и эксплуатационными характеристиками, а также составом решаемых навигационных задач. Следует знать алгоритм определения места судна, реализуемой ЭВМ. Необходимо иметь представление о формах индикации навигационной информации, уметь правильно и наиболее эффективно использовать эту информацию в судовождении.

Литература: [4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите задачи ГНСС.
2. Перечислите основные элементы ГНСС.
3. Каковы принципы работы ГНСС?
4. Что называется альманахом.

5. На чем основан метод измерения расстояния от спутника до антенны?

6. Проблемы, возникшие при разработке ГНСС, и пути их решения.

7. Каково количество спутников в ГНСС GPS и ГЛОНАСС?

8. Какова высота орбит спутников ГНСС GPS и ГЛОНАСС?

9. Что такое базовые частоты, и для чего они предназначены?

10. Что такое частотное разделение сигналов, и для чего оно предназначено?

11. Каким образом можно повысить точность измерения координат приемника?

12. Что такое геометрический фактор?

13. Каким образом формируется погрешность измерения координат спутниковыми навигационными системами?

14. Формат и содержание навигационной информации в судовой аппаратуре ГНСС GPS и ГЛОНАСС.

15. Какие промысловые задачи можно решать с помощью ГНСС?

16. Какие особенности следует учитывать при переносе координат на карту?

Раздел 7. Использование принципов и технических приложений искусственного интеллекта

Принятие решения при управлении сложными динамическими объектами в условиях неопределенности (ограничения времени, информации и тяжелой гидрометеорологической обстановки) – сложнейшая проблема автоматизации. Анализ ситуации в условиях неопределенности – это еще и трудно формализуемая задача. Использование нетрадиционных принципов, математики и систем отображения информации в интеллектуальных системах позволяет существенно помочь человеку в принятии оптимального решения. Искусственный интеллект – сложная, открытая целостная система, совокупность динамических структур, согласованно выполняющих определенные функции. Парадигма искусственного интеллекта опирается на широкую реализацию концепции параллельных вычислений, использование современных

суперкомпьютерных платформ, нейрокомпьютеров и процессоров нечеткой логики.

Назначение и состав морских компьютеров. Требования к техническому и программному обеспечению морских компьютеров. Состав судового прикладного программного обеспечения. Принципы разработки судового прикладного программного обеспечения и юридические аспекты его использования.

Методические указания

В результате изучения темы студенты должны четко усвоить, что позволяют обеспечить интеллектуальные комплексы, построенные на базе искусственного интеллекта, судоводителю при управлении судном. Необходимо четко себе представлять об изменении функций судоводителя на мостике с интеллектуальным комплексом. Студент также должен понимать, что такое компьютер в морском исполнении и уметь на практике использовать судовые прикладные программы.

Литература: [6, 9].

Вопросы для самопроверки

1. Что такое искусственный интеллект?
2. Принципы применения в судовождении искусственного интеллекта.
3. Дайте оценку эффективности использования интеллектуальных комплексов в судовождении.
4. Какие преимущества имеют компьютеры в морском исполнении перед универсальными?
5. Назовите состав задач навигационного компьютера.
6. Назовите состав задач и характеристики интеллектуальных комплексов.
7. Приведите примеры использования искусственного интеллекта в задачах судовождения.
8. Требования, предъявляемые к компьютерам автоматизированных и интеллектуальных комплексов.

9. Каким требованиям должен удовлетворять судоводитель в системе управления интеллектуальным комплексом?

5. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

5.1. Состав и выбор варианта контрольной работы

Предусмотренная учебным планом одна контрольная работа состоит из двух частей – теоретической (реферативной) и практической.

Первая часть включает в себя развернутые ответы на два вопроса из списка, представленного ниже, в пункте 5.3, вторая часть – решение 6 задач, формулировки которых приведены в пункте 5.4.

Вариант контрольной работы определяется последними двумя цифрами шифра (номера зачетной книжки). Контрольные работы, выполненные по варианту, не соответствующему шифру, к рецензированию не принимаются. Содержание варианта (номера вопросов и задач) представлены в таблице.

Вариант		Номера вопросов		Номера задач					
1	51	1	42	1	51	101	141	183	221
2	52	3	44	2	52	102	142	184	222
3	53	5	46	3	53	103	143	184	223
4	54	7	48	4	54	104	144	185	224
5	55	9	50	5	55	105	145	185	225
6	56	11	30	6	56	106	146	186	226
7	57	13	32	7	57	107	147	186	227
8	58	15	34	8	58	108	148	187	228
9	59	17	36	9	59	109	149	187	229
10	60	19	38	10	60	110	150	188	230
11	61	21	40	11	61	111	151	188	231
12	62	2	23	12	62	112	152	189	232

Продолжение

Вариант		Номера вопросов		Номера задач					
13	63	4	25	13	63	113	153	189	233
14	64	6	27	14	64	114	154	190	234
15	65	8	29	15	65	115	155	190	235
16	66	10	31	16	66	116	156	191	236
17	67	12	33	17	67	117	157	191	237
18	68	14	35	18	68	118	158	192	238
19	69	16	37	19	69	119	159	192	239
20	70	18	39	20	70	120	160	193	240
21	71	20	41	21	71	121	161	193	241
22	72	22	43	22	72	122	162	194	242
23	73	24	45	23	73	123	163	194	243
24	74	26	47	24	74	124	164	195	244
25	75	28	49	25	75	125	165	195	245
26	76	1	30	26	76	126	166	196	246
27	77	3	32	27	77	127	167	197	247
28	78	5	34	28	78	128	168	198	248
29	79	7	36	29	79	129	169	199	249
30	80	9	38	30	80	130	170	200	250
31	81	11	40	31	81	131	171	201	251
32	82	13	42	32	82	131	172	202	252
33	83	15	44	33	83	132	173	203	253
34	84	17	46	34	84	132	174	204	254
35	85	19	48	35	85	133	175	205	255
36	86	21	50	36	86	133	176	206	256
37	87	12	23	37	87	134	176	207	257
38	88	14	25	38	88	134	177	208	258
39	89	16	27	39	89	135	177	209	259
40	90	18	29	40	90	135	178	210	260
41	91	20	31	41	91	136	178	211	261
42	92	22	33	42	92	136	179	212	262
43	93	24	35	43	93	137	179	213	263

Вариант		Номера вопросов		Номера задач					
44	94	26	37	44	94	137	180	214	264
45	95	28	39	45	95	138	180	215	265
46	96	2	41	46	96	138	181	216	266
47	97	4	43	47	97	139	181	217	267
48	98	6	45	48	98	139	182	218	268
49	99	8	47	49	99	140	182	219	269
50	00	10	49	50	100	140	183	220	270

5.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

При выполнении первой части контрольной работы необходимо уяснить для раскрытия темы, заключенной в каждом вопросе, недостаточно простой компиляции – ответ должен быть полным, развернутым с необходимыми пояснениями и ссылками. Ссылки на заимствования из литературных источников делаются постановкой в квадратных скобках номера источника из списка использованной литературы. Например, «...*данные факты приведены в [2, с.234]...*». Список использованных источников приводится в конце контрольной работы. В него включаются библиографические описания лишь тех источников, на которые имеются ссылки в тексте, но не вообще источники по темам контрольной работы. Тем самым студент продемонстрирует как понимание сути задания, так и свою готовность его раскрыть и то, что он работал с литературой.

Оформление решения задачи включает в себя три составляющих: первая – условие задачи, вторая – основные теоретические положения, необходимые для решения задачи, третья – непосредственно решения. Основные теоретические положения могут быть опущены в случае, если они были рассмотрены в первой части контрольной работы. Пример оформления решения задачи приведен в прил. 1.

Контрольная работа оформляется в текстовом редакторе MS Word в соответствии с требованиями, предусмотренными для оформления дипломных работ, которые изложены в пособии В.М. Букатого «Дипломная работа».

Титульный лист (обложка) контрольной работы должна содержать сведения о названии учебного заведения и названии кафедры, к которой относится дисциплина. Посередине титульного листа пишутся слова «Контрольная работа» и далее название дисциплины и номер варианта контрольной работы. Указывается номер группы (шифр), фамилия и инициалы студента. Перед фамилией ставится подпись студента. Внизу титульного листа пишется название города и указывается год. Пример оформления титульного листа приведен в прил. 2.

5.3. Перечень вопросов для первой части контрольной работы

1. Основные понятия теории систем автоматического управления и регулирования.
2. Классификация систем автоматического управления.
3. Принципы автоматического управления, их сущность, достоинства и недостатки.
4. Сущность преобразования Лапласа.
5. Свойства преобразования Лапласа.
6. Понятие передаточной функции САР.
7. Частотные характеристики САР.
8. Показатели качества переходного процесса САР.
9. Типовые звенья и их характеристики.
10. Особенности (свойства) судна как объекта управления.
11. Дифференциальные уравнения движения судна на прямом курсе.
12. Передаточные функции судна по угловой скорости поворота и углу курса. АЧХ по углу курса.
13. Последовательное и параллельное соединение звеньев. Их передаточные функции.
14. Встречно-параллельное соединение (с обратной связью) звеньев, его передаточная функция.
15. Понятие об устойчивости САР.

16. Критерии устойчивости.
17. Структурная схема и уравнение динамики САР.
18. Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования, его сущность.
19. Общие принципы настройки авторулевых в процессе эксплуатации.
20. Общие принципы построения адаптивных САР.
21. Стабилизация судна на прямолинейной и криволинейной траекториях.
22. Первичная обработка радиолокационной информации.
23. Вторичная обработка радиолокационной информации.
24. Оценка степени опасности ситуации сближения целей.
25. Общие сведения о САРП.
26. Автоматизация счисления пути судна.
27. Инерциальный метод счисления пути судна.
28. Сущность метода обобщенных линий положения.
29. Составление системы нормальных уравнений и ее решение методом итераций.
30. Общие принципы построения глобальных навигационных спутниковых систем.
31. Методы спутниковой навигации. Дифференциальная ГНСС.
32. Характеристики, методы измерения и расчетов технического и навигационного параметров в ГНСС GPS.
33. Источники погрешностей и точность ГНСС.
34. Судовые приемоиндикаторы ГНСС (на примере конкретного образца).
35. Общие сведения о навигационных автоматизированных комплексах.
36. Надежность судовых навигационных систем.
37. Основы теории вероятностей.
38. Основы математической статистики.
39. Случайные процессы в задачах судовождения.
40. Методы оптимальной фильтрации.
41. Комплексование судовых навигационных систем и измерений.
42. Метод наименьших квадратов в задачах судовождения.
43. Оптимальный фильтр Калмана.

44. Принципы построения комплексных систем.
45. Датчики навигационной и промысловой информации.
46. Международные требования к САРП.
47. Факторы, влияющие на точность работы САРП.
48. Автоматизация процесса тралового лова.
49. Автоматизация процесса кошелькового лова.
50. Система динамического позиционирования.

5.4. Формулировки задач для второй части контрольной работы

Задача 1. Судно следует курсом 243° и скоростью 17 узлов (здесь и далее – скорость по лагу). При этом угол дрейфа от южного ветра равен 4° , скорость течения 4 уз, а его направление 70° . Рассчитать северную и восточную составляющие скорости судна.

Задача 2. Судно следует курсом 304° и скоростью 15 уз. Найти направление течения, если северная составляющая скорости судна равна 10,5 уз, угол дрейфа от западного ветра 3° , скорость течения 3 уз.

Задача 3. Судно следует курсом 77° и скоростью 16 уз. Найти скорость течения, если восточная составляющая скорости судна равна 6,9 уз, угол дрейфа от северного ветра 4° , а направление течения составляет 350° .

Задача 4. Судно следует курсом 155° и скоростью 11 уз на течении направлением 50° и скоростью 3 уз. Найти угол дрейфа, если восточная составляющая скорости судна равна 5,7 уз.

Задача 5. Скорость судна на течении направлением и скоростью 233° и 4 уз соответственно, при угле дрейфа от ветра *NE* 5° составляет 14,5 узлов. Найти курс судна, если северная составляющая скорости судна равна 11,3 уз.

Задача 6. Курс судна на течении направлением и скоростью 78° и 2 узла соответственно, при угле дрейфа от ветра *NNW* 3° составляет 29° . Найти скорость судна, если ее восточная составляющая равна 9,9 уз.

Задача 7. Судно начало движение из контрольной точки ALFA инспекторского контроля в норвежской ИЭЗ курсом 82° и

скоростью 12 уз. Найти координаты судна через 21 минуту. Дрейф и течение не учитывать.

Задача 8. В начальный момент времени судно находится в широте $73^{\circ}15'N$. Через какой промежуток времени судно, следуя курсом 347° со скоростью 9,5 уз, выйдет в контрольную точку GOLF инспекторского контроля в норвежской ИЭЗ? В районе плавания действует течение направлением 270° и скоростью 2 узла.

Задача 9. В начальный момент времени судно находится в долготе $16^{\circ}03'E$. Через какой промежуток времени судно, следуя курсом 142° со скоростью 11 уз, выйдет в контрольную точку DELTA инспекторского контроля в норвежской ИЭЗ. В районе плавания действует течение направлением 40° и скоростью 2 уз. Принять $\varphi_{c_0} = \varphi_{cp} = 70^{\circ}$.

Задача 10. Судно следует курсом 211° со скоростью 14 уз. Вычислить погрешность, обусловленную неучетом сфероидичности Земли, которая будет содержаться в счислимом месте судна через два часа плавания по счислению. Дрейф и течение не учитывать. Принять $\varphi_{c_0} = 55^{\circ}$.

Задача 11. Судно следует курсом 233° со скоростью 17 уз на течении направлением 80° и скоростью 3 уз, при этом угол дрейфа от южного ветра составляет 5° . Определить погрешность, которая будет содержаться в расчетах составляющих скорости при неучете дрейфа судна.

Задача 12. Судно следует курсом 157° со скоростью 17 уз на течении направлением 330° и скоростью 4 уз, при этом угол дрейфа от восточного ветра составляет 4° . Определить погрешность, которая будет содержаться в расчетах составляющих скорости, если судоводитель будет воспринимать относительный лаг как абсолютный.

Задача 13. Согласно записи в навигационном журнале в 13 часов 30 минут судно находилось в точке с координатами $\varphi_1 = 55^{\circ}36,014'N$, $\lambda_1 = 17^{\circ}35,455'E$ и двигалось курсом 67° со скоростью 14 уз. Определить счисляемые координаты места судна φ_2 , λ_2 в 14 часов 11 минут, если направление течения 98° , скорость течения 2 уз, угол дрейфа от ветра *NNW* равен 3° .

Задача 14. Судно, следуя курсом 211° и скоростью 12 уз, в некоторый момент времени находится на широте $\varphi = 55^\circ 16,014' N$. Через какой промежуток времени судно выйдет на широту $55^\circ N$, если направление течения составляло 124° , скорость течения – 4 уз, а угол дрейфа от ветра *SSE* был равен 2° .

Задача 15. Судно, следуя курсом 19° и скоростью 11 узлов, в некоторый момент времени находится на долготе $\lambda = 17^\circ 49,088' E$. Через какой промежуток времени судно выйдет на долготу $18^\circ E$, если направление течения составляло 140° , скорость течения – 4 уз, а угол дрейфа от восточного ветра был равен 2° . Принять $\varphi_1 = \varphi_{\text{ид}} = 55^\circ 15' N$.

Задача 16. Согласно записи в навигационном журнале в 10 часов 11 минут судно находилось в точке со счислимыми координатами $\varphi_1 = 55^\circ 17,322' N$, $\lambda_1 = 17^\circ 41,229' E$, а в 10 часов 48 минут счислимые координаты места судна были равны $\varphi_2 = 55^\circ 29,815' N$, $\lambda_2 = 17^\circ 49,393' E$. Определить абсолютную скорость судна и путевой угол.

Задача 17. Согласно записи в навигационном журнале в 05 часов 22 минуты судно находилось в точке со счислимыми координатами $\varphi_1 = 55^\circ 18,011' N$, $\lambda_1 = 17^\circ 55,772' E$, а в 06 часов 35 минут счислимые координаты места судна были равны $\varphi_2 = 55^\circ 24,779' N$, $\lambda_2 = 17^\circ 22,340' E$. При этом судно следовало курсом 301° со скоростью 11 узлов, а угол дрейфа от ветра *SW* составлял 2° . Определить элементы течения.

Задача 18. В полдень широта места судна, следующего курсом 118° и скоростью 13 узлов, составляла $\varphi_1 = 55^\circ 22,140' N$. В 12 часов 34 минуты судно вышло на широту $\varphi_2 = 55^\circ 16,946' N$. В районе плавания действует течение направлением 214° и скоростью 3 уз. Определить угол дрейфа.

Задача 19. В 7 часов 29 минут долгота места судна, следующего курсом 358° и скоростью 15 уз, составляла $\lambda_1 = 18^\circ 21,739' E$. В 8 часов 42 минуты судно вышло на долготу $\lambda_2 = 18^\circ 14,817' E$. В районе плавания действует течение направлением 325° и скоростью 4 уз. Определить угол дрейфа. Принять $\varphi_1 = \varphi_{\text{ср}} = 55^\circ 22' N$.

Задача 20. В 13 часов 27 минут РТМК-С «Куршская Коса», следуя курсом 17° со скоростью 14 уз, находился на широте $\varphi_1 = 55^\circ 21,983' N$. В то же самое время широта местонахождения БАТМ «Порфирий Чанчибадзе» была равна $\varphi_2 = 55^\circ 26,140' N$, а его курс и скорость составляли соответственно 171° и 15 уз. В районе действует течение направлением 95° и скоростью 3 уз, а угол дрейфа от западного ветра равен 3° . В какое время траулеры выйдут на одну широту? Найти значение этой широты.

Задача 21. В 23 часа 11 минут РТМК-С «Ли́ра», следуя курсом 223° со скоростью 10 уз, находился на долготе $\lambda_1 = 17^\circ 58,005' E$. В то же время долгота местонахождения БАТМ «Братья Стояновы» была равна $\lambda_2 = 17^\circ 50,785' E$, а его курс и скорость составляли соответственно 334° и 8 уз. В районе действует течение направлением 100° и скоростью 4 уз, а угол дрейфа от южного ветра равен 2° . В какое время траулеры выйдут на одну долготу? Найти значение этой долготы. Принять $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_{\text{нб}} = 55^\circ 20' N$.

Задача 22. Судно начинает движение курсом 44° со скоростью 15 уз из исходной точки с координатами $\varphi = 55^\circ 18,096' N$, $\lambda = 18^\circ 13,744' E$. Через один час судно достигает точки назначения. Рассчитать курс в исходную точку при движении той же скоростью, если в районе действует течение направлением 160° и скоростью 4 уз, а угол дрейфа от ветра SE составляет 2° .

Задача 23. Судно начинает движение курсом 153° со скоростью 17 уз из исходной точки с координатами $\varphi_0 = 55^\circ 33,444' N$, $\lambda_0 = 18^\circ 04,885' E$. Через один час судно повернуло на курс 245° и снизило скорость до 12 уз, а еще через час после этого стало на якорь. Рассчитать счислимые координаты места постановки судна на якорь и расстояние от этого места до исходной точки, если в районе действует течение направлением 200° и скоростью 3 уз, а угол дрейфа от ветра SE составляет 2° .

Задача 24. В 15 часов 30 минут с использованием высокоточной ГНСС было определено место судна: $\varphi_0 = 55^\circ 20,337' N$, $\lambda_0 = 18^\circ 19,847' E$, и в эту точку перенесено счисление. Принимая, что в районе действует течение направлением 35° и скоростью

4 уз, а угол дрейфа от ветра SSW составляет 5° , были рассчитаны курс и скорость судна, равные 27° и 11 уз соответственно, для его прибытия в 16 часов 30 минут в точку назначения. Однако фактическое направление течения было равно 50° , а его скорость оказалась в два раза меньше принятой к учету, что было обнаружено только в 16 часов 30 минут. На этот момент времени рассчитать координаты фактического счислимого места судна и координаты точки назначения, определить расстояние до точки назначения, рассчитать курс судна в точку назначения и время его прибытия (скорость судна не меняется).

Задача 25. Согласно правилам парусной регаты ее победителем считается парусное судно, которое первым пересечет параллель $\varphi_1 = 55^\circ 30' N$. Если же по причине слабого ветра на 14 часов гринвичского времени ни одно из судов не достигнет этой параллели, то победителем будет признано судно, которое на указанный момент времени будет ближе всего к линии финиша.

В 13 часов 12 минут четыре судна находились на следующих широтах и двигались следующими курсами и скоростями:

«Крузенштерн» – $\varphi_1 = 55^\circ 25,499' N$, $v_1 = 5,3$ узла, $K_1 = 355^\circ$,

«Мир» – $\varphi_2 = 55^\circ 26,055' N$, $v_2 = 4,6$ узла, $K_2 = 7^\circ$,

«Паллада» – $\varphi_3 = 55^\circ 26,178' N$, $v_3 = 5,0$ узла, $K_3 = 353^\circ$,

«Седов» – $\varphi_4 = 55^\circ 26,745' N$, $v_4 = 3,7$ узла, $K_4 = 4^\circ$.

Углы ветрового дрейфа судов равны 6° , 2° , 3° , 7° соответственно (ветер NW).

Определить расстановку мест на финише. Какую скорость (по лагу) необходимо набрать УПС «Крузенштерн», чтобы выиграть гонку?

Задача 26. Компасный курс судна равен 265° (поправка компаса $\Delta K = -1,0^\circ$), скорость судна 17 уз. Определить приращение счислимых координат судна за цикл observationalного счисления, если направление и скорость суммарного сноса по результатам вычисления на предыдущем цикле равны соответственно 100° и 2,7 уз. Принять $\varphi_1 = 55^\circ$.

Задача 27. Приращение счислимых координат судна, следующего компасным курсом 229° ($\Delta K = -2,0^\circ$) и скоростью 15 уз, за цикл observationalного счисления, продолжительностью 10 с,

составили $\Delta\varphi = -0,037'$ и $\Delta\lambda = -0,042'$. Определить вектор суммарного сноса. Принять $\varphi_1 = 45^\circ$.

Задача 28. Приращение счислимых координат судна за цикл observationalного счисления, продолжительностью 15 с, составили $\Delta\varphi = +0,0031'$ и $\Delta\lambda = +0,072'$. Направление и скорость суммарного сноса по результатам вычисления на предыдущем цикле равны соответственно 190° и 2,4 уз. Определить скорость и компасный курс судна. Принять $\varphi_1 = 50^\circ$.

Задача 29. Радиальная СКП счислимого места в конце цикла observationalного счисления длительностью 10 с равна 11 м. Определить РСКП вероятнейшего места судна в конце предыдущего цикла. Принять коэффициент точности счисления равным 0,9 миля/час.

Задача 30. Радиальная СКП счислимого места в конце цикла observationalного счисления длительностью 5 с составляет 7,5 м. Радиальная СКП вероятнейшего места судна в конце предыдущего цикла равна 7 м. Найти коэффициент точности счисления.

Задача 31. Радиальная СКП счислимого места в конце цикла observationalного счисления составляет 12,28 м. Радиальная СКП вероятнейшего места судна в конце предыдущего цикла равна 12 м. Определить длительность цикла. Принять коэффициент точности счисления равным 1,0 миля/час.

Задача 32. При observationalном счислении в некоторый момент времени объединяемые счисляемое и observationalное места содержат РСКП, соответственно равные 7 и 9 м. Определить РСКП вероятнейшего места судна на этот момент времени.

Задача 33. Радиальная СКП вероятнейшего места судна в конце цикла observationalного счисления равна 3 м. Определить РСКП счислимого места, если РСКП observationalи равна 4 м.

Задача 34. Радиальная СКП вероятнейшего места судна в конце цикла observationalного счисления равна 7 м. Определить РСКП observationalного места, если РСКП места счислимого равна 8 м.

Задача 35. Вероятнейшие и счисляемые координаты места судна в конце цикла observationalного счисления длительностью 10 с равны:

$$\varphi_g = 55^{\circ}10,122'N, \lambda_g = 18^{\circ}08,874'E;$$

$$\varphi_c = 55^{\circ}10,119'N, \lambda_c = 18^{\circ}08,870'E.$$

Определить уточненные элементы вектора суммарного сноса на конец цикла, если в его начале для учета были приняты направление и скорость сноса, равные соответственно 89° и 2 уз.

Задача 36. Вероятнейшие и счислимые координаты места судна в конце цикла обсервационного счисления длительностью 15 с равны:

$$\varphi_g = 55^{\circ}16,874'N, \lambda_g = 18^{\circ}10,016'E;$$

$$\varphi_c = 55^{\circ}16,869'N, \lambda_c = 18^{\circ}10,019'E.$$

Определить элементы вектора суммарного сноса на начало цикла, если в его конце были определены уточненные направление и скорость сноса, равные соответственно 295° и 3 уз.

Задача 37. В конце цикла обсервационного счисления разность в широте и долготе между счислимым и вероятнейшим местом равны $\Delta\varphi = \Delta\lambda = -0,002'$. При этом на начало цикла для учета были приняты направление и скорость сноса, равные соответственно 205° и 1 уз, а после уточнения (на конец цикла) эти величины уже составляли 207° и 1,8 уз. Определить длительность цикла обсервационного счисления и широту плавания судна.

Задача 38. Среднеквадратическая погрешность скорости суммарного сноса, определенной на предыдущем цикле, равна 2 уз. Определить длительность цикла, при которой вес этой скорости увеличится на 1%, если СКП вероятнейшего и счислимого места на конец текущего цикла составляют соответственно 2 и 3 м.

Задача 39. Среднеквадратическая погрешность скорости суммарного сноса, определенной на предыдущем цикле, равна 1 уз. В процессе цикла продолжительностью 40 с вес скорости увеличился на 0,001 %. Определить РСКП вероятнейшего места судна на конец цикла, принимая, что эта РСКП в два раза меньше аналогичной величины для счислимого места.

Задача 40. В процессе цикла обсервационного счисления вес направления суммарного сноса увеличился на 0,35. Определить отстояние счислимого места от места вероятнейшего, если их РСКП соответственно равны 5 и 3 м.

Задача 41. Радиальные СКП счислимого и обсервованного места на конец цикла обсервационного счисления соответственно

равны 7 и 4 м. Определить, насколько увеличился вес направления суммарного сноса, если отстояние счислимого места от места вероятнейшего составило 2 м.

Задача 42. В начале цикла обсервационного счисления РСКП вероятнейшего места судна была равна 18 м, а РСКП счисления в процессе цикла составила 8 м. Определить, во сколько и в какую сторону изменилась РСКП вероятнейшего места судна, если РСКП обсервации равна 10 м.

Задача 43. На конец первого цикла обсервационного счисления длительностью 10 с РСКП счислимого места была равна 14 м. Система позиционирования (ГНСС) обеспечивает точность определения места для каждого цикла, которая определяется РСКП обсервации, равной 9 м. Определить, на каком по счету цикле РСКП вероятнейшего места станет меньше 5 м. Принять коэффициент точности счисления равным 1,0 миля/час.

Задача 44. На конец первого цикла обсервационного счисления длительностью 5 с РСКП счислимого места была равна 10 м. Определить, какую точность должна обеспечивать ГНСС, чтобы в конце третьего цикла точность вероятнейшего места была не хуже 4 м. Принять коэффициент точности счисления равным 0,9 миля/час.

Задача 45. На конец первого цикла обсервационного счисления длительностью 8 с РСКП счислимого места была равна 12 м. Система позиционирования (ГНСС) обеспечивает точность определения места для каждого цикла, которая определяется РСКП обсервации, равной 6 м. Определить, при каком коэффициенте точности счисления РСКП вероятнейшего места в конце пятого цикла будет в два раза меньше аналогичной величины в конце первого цикла.

Задача 46. На конец первого цикла обсервационного счисления РСКП счислимого места была равна 9 м. Система позиционирования (ГНСС) обеспечивает точность определения места для каждого цикла, которая определяется РСКП обсервации, равной 8 м. Определить, при какой длительности цикла отношение РСКП вероятнейшего места в конце шестого цикла к аналогичной величине в конце второго цикла будет равно 3:2. Принять коэффициент точности счисления равным 0,7 миля/час.

Задача 47. Координаты счислимого места судна в конце цикла observationalного счисления равны $55^{\circ}14,125'N$, $20^{\circ}06,495'N$, а координаты обсервованного места – $55^{\circ}14,139'N$ и $20^{\circ}06,511'N$. Найти координаты вероятнейшего места, если радиальные СКП счислимого и обсервованного мест соотносятся как 7:5.

Задача 48. Широты счислимого, обсервованного и вероятнейшего мест судна в конце цикла observationalного счисления соответственно равны $55^{\circ}10,128'N$, $55^{\circ}10,140'N$, $55^{\circ}14,135'N$. Определить РСКП счислимого места, если РСКП обсервации равно 9 м.

Задача 49. Радиальная СКП вероятнейшего места судна в начале цикла observationalного счисления равна 12 м, РСКП обсервации 10 м. При какой длительности цикла счислимо-обсервованное место судна на его окончании будет располагаться в два раза ближе к обсервованному месту, чем к счислимому. Принять коэффициент счисления равным 1,0 миля/час.

Задача 50. Вероятнейшее место судна в конце цикла observationalного счисления располагается в точке, разделяющей отрезок «счислимое место – обсервованное место» в отношении 4:3. Найти РСКП вероятнейшего места в конце цикла, если аналогичная величина в начале цикла (в конце предыдущего цикла) составляла 9 м, а за цикл накопилась РСКП счисления, равная 5 м.

Задача 51. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 42^{\circ}49,1'N$, $\lambda_n = 9^{\circ}46,3'W$, конечной точки – $\varphi_k = 40^{\circ}11,5'N$, $\lambda_k = 71^{\circ}54,4'W$. Определить длину ортодромии между двумя точками.

Задача 52. Широта начальной точки плавания $\varphi_n = 40^{\circ}13,3'N$, конечной точки – $\varphi_k = 19^{\circ}27,8'N$. Определить разность долгот двух заданных точек, если длина ортодромии между ними равна 2922,8 мили.

Задача 53. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 33^{\circ}55,4'N$, $\lambda_n = 18^{\circ}24,7'E$, широта конечной точки – $\varphi_k = 6^{\circ}01,2'N$. Определить долготу конечной точки, если длина ортодромии равна 5067,3 мили.

Задача 54. Широта начальной точки плавания $\varphi_n = 40^{\circ}45,6'N$. Задача судоводителя – кратчайшим путем выйти

на заданный меридиан, причем разность долгот начальной и конечных точек равна $57^{\circ}03,2'$ к W. Определить широту конечной точки и длину ортодромии.

Задача 55. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 20^{\circ}33,7'N$, $\lambda_n = 19^{\circ}49,8'W$. Найти широту точек на меридиане $34^{\circ}W$, удаленные от начальной точки на расстояние 3000 миль.

Задача 56. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 20^{\circ}12,2'N$, $\lambda_n = 73^{\circ}51,2'W$, конечной точки – $\varphi_k = 42^{\circ}13,4'N$, $\lambda_k = 8^{\circ}49,3'W$. Определить редукцию расстояния.

Задача 57. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 25^{\circ}40,1'N$, $\lambda_n = 77^{\circ}01,0'W$, конечной точки – $\varphi_k = 35^{\circ}32,7'N$, $\lambda_k = 5^{\circ}35,2'W$. Определить курс пересечения дуги большого круга с экватором.

Задача 58. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 19^{\circ}54,2'N$, $\lambda_n = 72^{\circ}16,1'W$. Определить курс пересечения ортодромией экватора, если долгота точки пересечения равна $\lambda_0 = 51^{\circ}57,9'W$.

Задача 59. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 20^{\circ}07,6'N$, $\lambda_n = 8^{\circ}11,2'E$. Определить долготу точки пересечения ортодромией экватора, если курс пересечения равен 305° .

Задача 60. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 13^{\circ}17,4'N$, $\lambda_n = 59^{\circ}36,7'W$, конечной точки – $\varphi_k = 36^{\circ}44,8'N$, $\lambda_k = 6^{\circ}53,9'W$. Определить долготу точки пересечения дуги большого круга с экватором.

Задача 61. Долгота начальной точки плавания $\lambda_n = 20^{\circ}15,0'E$, конечной точки – $\lambda_k = 95^{\circ}19,4'E$. Определить долготу третьей промежуточной точки ортодромии при плавании по 15 хордам.

Задача 62. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 40^{\circ}19,8'N$, $\lambda_n = 72^{\circ}16,5'W$, конечной точки – $\varphi_k = 43^{\circ}22,3'N$, $\lambda_k = 10^{\circ}10,1'W$. Определить выигрыш во времени при плавании по пяти хордам, если скорость судна равна 17 уз.

Задача 63. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 4^{\circ}57,1'S$, $\lambda_n = 34^{\circ}02,4'W$, конечной точки – $\varphi_k = 20^{\circ}07,5'S$, $\lambda_k = 8^{\circ}07,5'E$. Определить, насколько необходимо изменить курс

судна при переходе со второй на третью хорду при плавании по пяти хордам.

Задача 64. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 19^\circ 06,9' N$, $\lambda_n = 19^\circ 51,4' W$, конечной точки – $\varphi_k = 40^\circ 07,2' N$, $\lambda_k = 72^\circ 51,7' W$. Сравнить, насколько выгоднее плавание судна по пяти хордам по отношению к плаванию по трем хордам.

Задача 65. Координаты начальной точки плавания $\varphi_n = 39^\circ 55,2' S$, $\lambda_n = 58^\circ 07,7' W$, конечной точки – $\varphi_k = 20^\circ 03,5' S$, $\lambda_k = 7^\circ 52,9' E$. Рассчитать плавание судна, если первая половина пути была пройдена по ортодромии из расчета пяти хорд, а вторая часть пути по локсодромии. Сравнить полученную величину с длинами ортодромии и локсодромии, заключенными между начальной и конечной точками.

В задачах 66-75 найти изображение по Лапласу заданных функций.

Задача 66. $f(t) = 4 \sin 2t + t^2$.

Задача 67. $f(t) = t \cos 6t + 5 \cos 3t$.

Задача 68. $f(t) = t^4 + t \sin 9t$.

Задача 69. $f(t) = t^5 + t^3 + t^2$.

Задача 70. $f(t) = e^{-6t} \sin 4t + 1$.

Задача 71. $f(t) = 5 \cos 7t - t^3$.

Задача 72. $f(t) = t \sin 4t - 3 \sin 2t$.

Задача 73. $f(t) = t^7 - 2t \cos 8t$.

Задача 74. $f(t) = 2t^4 - 4t^3 - t$.

Задача 75. $f(t) = 2e^{7t} \cos 4t - t^2 + 1$.

В задачах 76-85 найти начальную функцию по заданному изображению.

Задача 76. $F(p) = \frac{1}{p^2 + 2p + 10}$.

Задача 77. $F(p) = \frac{1}{p^2 + 4p - 32}$.

Задача 78. $F(p) = \frac{1}{p^2 - 9}$.

Задача 79. $F(p) = \frac{4}{p^4 + 8p^2 + 16}$.

Задача 80. $F(p) = \frac{11}{p^7}$.

Задача 81. $F(p) = \frac{p}{p^2 - 4p + 8}$.

Задача 82. $F(p) = \frac{5p}{p^2 + 4p - 15}$.

Задача 83. $F(p) = \frac{2p + 5}{4p^2 - 49}$.

Задача 84. $F(p) = \frac{14}{2p^4 + 36p^2 + 162}$.

Задача 85. $F(p) = \frac{6}{p^4}$.

Задача 86. Законы изменения входной и выходной величин звена (системы) определяются выражениями $x(t) = e^{-5t}$ и $y(t) = te^{-7t}$. Определить передаточную функцию звена (системы).

Задача 87. Закон изменения входной величины звена (системы) имеет вид $x(t) = 6 \sin 3t$. Найти закон изменения $y(t)$ выходной величины звена (системы), если передаточная функция определяется выражением $W(p) = p/6$.

Задача 88. Закон изменения выходной величины звена (системы) имеет вид $y(t) = t^2 + 1$. Найти закон изменения $x(t)$ входной величины системы, если передаточная функция определяется выражением $W(p) = (p^2 + 49)/2p^4$.

Задача 89. Изображение по Лапласу функции изменения выходной величины звена (системы) определяется выражением $Y(p) = \frac{p}{p^2 + 4}$. Определить закон изменения входной величины

$x(t)$, если передаточная функция определяется выражением

$$W(p) = \frac{p(p+4)^2}{p^2+4}.$$

Задача 90. Изображение по Лапласу функции изменения входной величины звена (системы) определяется выражением

$$X(p) = \frac{9}{p^2+3}.$$
 Определить закон изменения выходной величины

$y(t)$, если передаточная функция определяется выражением

$$W(p) = \frac{p^2+3}{9(p-3)^2}.$$

Задача 91. Законы изменения входной и выходной величин звена (системы) определяются выражениями

$x(t) = e^{-4t}(\sin 3t + \cos 2t)$ и $x(t) = t(e^{-8t} - 8\sin 2t)$. Определить передаточную функцию звена (системы).

Задача 92. Закон изменения входной величины звена (системы) имеет вид $x(t) = 5\sin 4t + 4\cos 2t$. Найти закон изменения $y(t)$ выходной величины звена (системы), если передаточная функция определяется выражением

$$W(p) = \frac{(p^2+4)(2p^3+10p^2+32p+90)}{(2-p)(p^2+9)(p^2+16)}.$$

Задача 93. Закон изменения выходной величины звена (системы) имеет вид $y(t) = e^{-4t}(\sin 2t + 1)$. Найти закон изменения $x(t)$ входной величины системы, если передаточная функция определяется выражением

$$W(p) = \frac{(p+4)(p^2+10p+16)}{4((p+4)^2-4)}.$$

Задача 94. Изображение по Лапласу функции изменения выходной величины звена (системы) определяется выражением

$Y(p) = (p+4)/(p+3)^2$. Определить закон изменения входной

величины $x(t)$, если передаточная функция определяется выражением

$$W(p) = \frac{p^5 + 4p^4 + 18p^3 + 72p^2 + 81p + 322}{7p^2 + 42p + 63}.$$

Задача 95. Изображение по Лапласу функции изменения входной величины звена (системы) определяется выражением

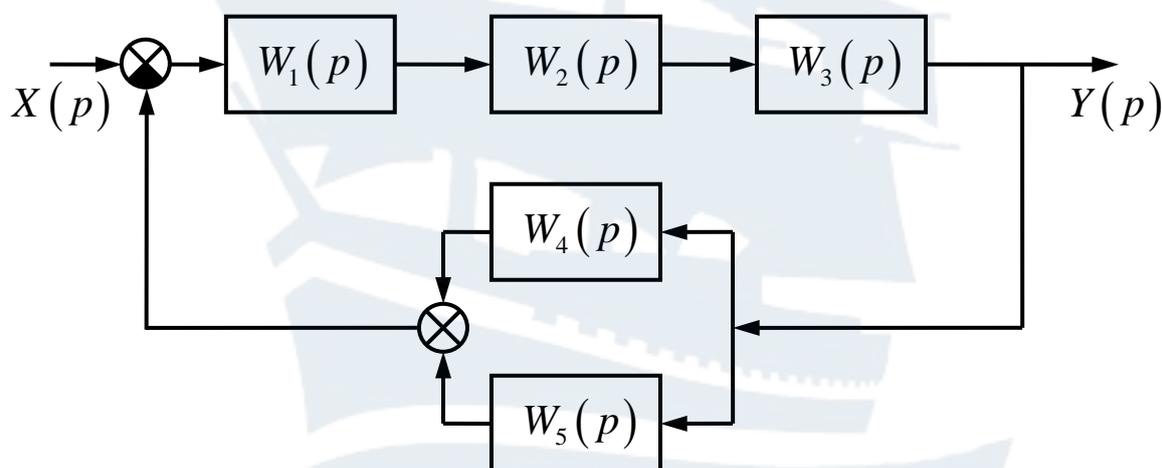
$$X(p) = \frac{p + 5}{p^2 + 4p + 13}.$$

Определить закон изменения выходной величины $y(t)$, если передаточная функция определяется выражением

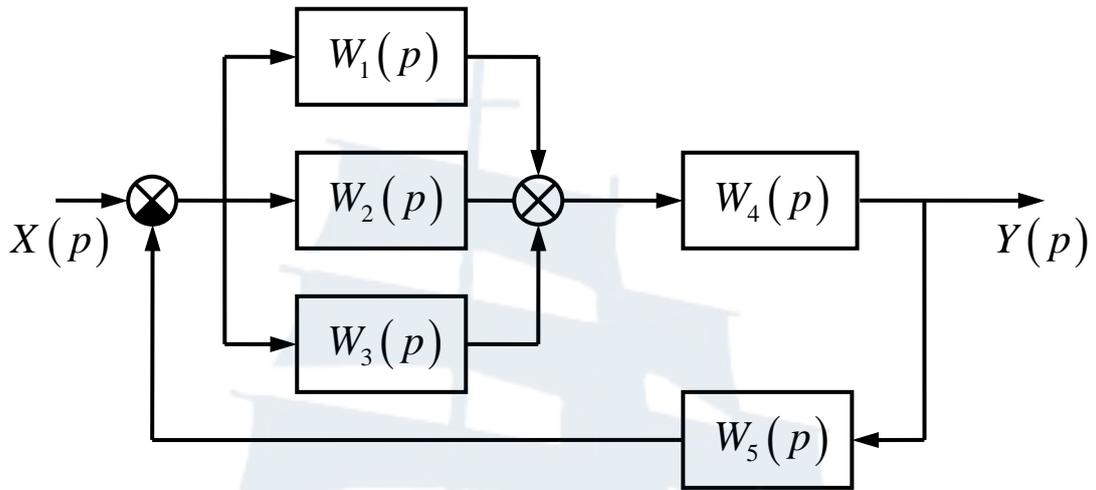
$$W(p) = \frac{p^2 + 4p + 13}{p^2 + 6p + 11}.$$

В задачах **96-105** представлены схемы систем в виде соединения звеньев. Через передаточные функции элементарных звеньев определить передаточную функцию системы.

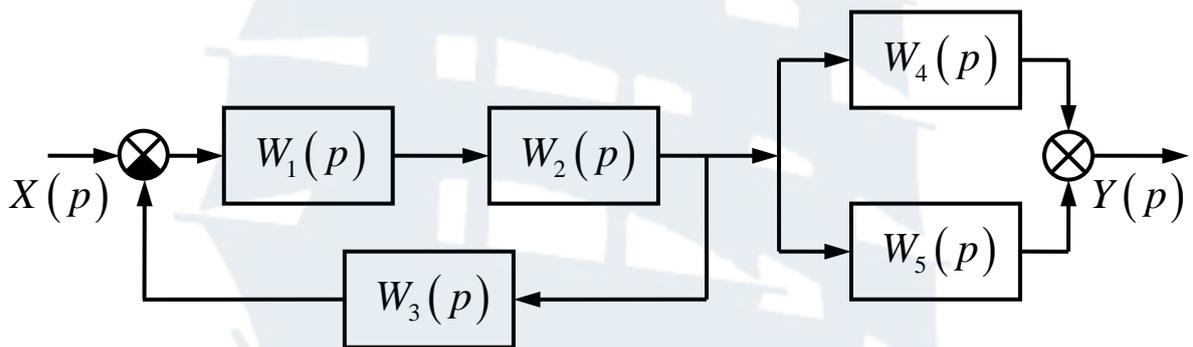
Задача 96



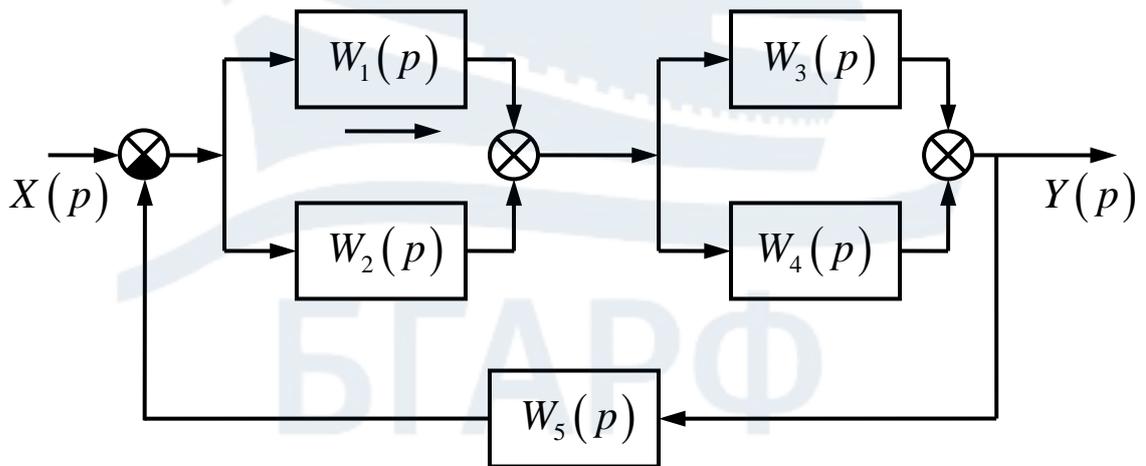
Задача 97



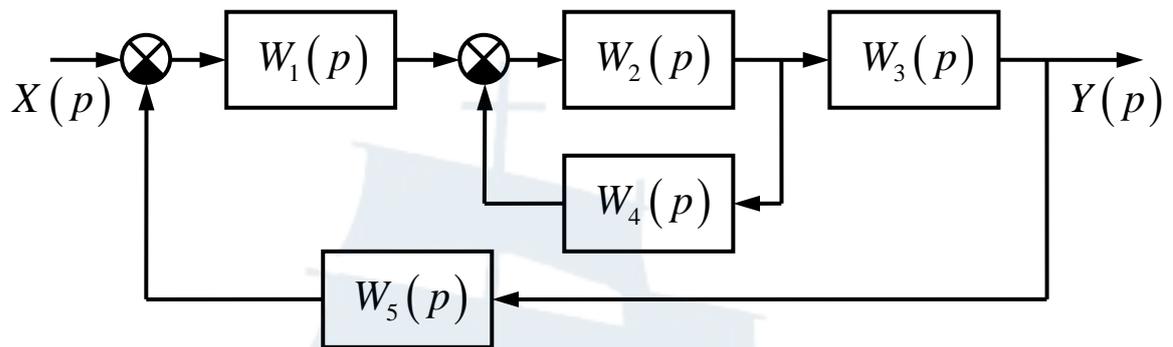
Задача 98



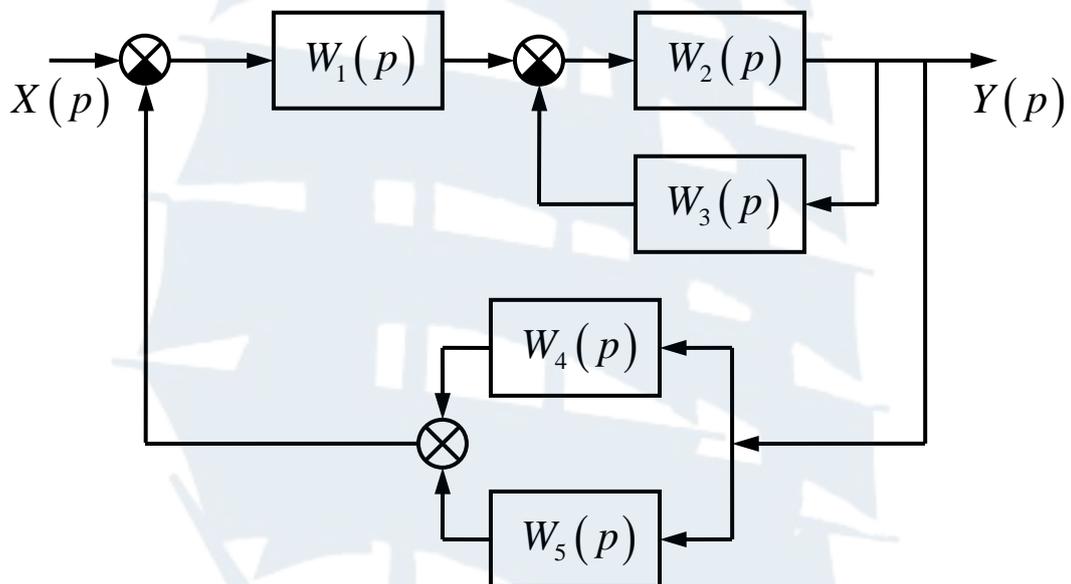
Задача 99



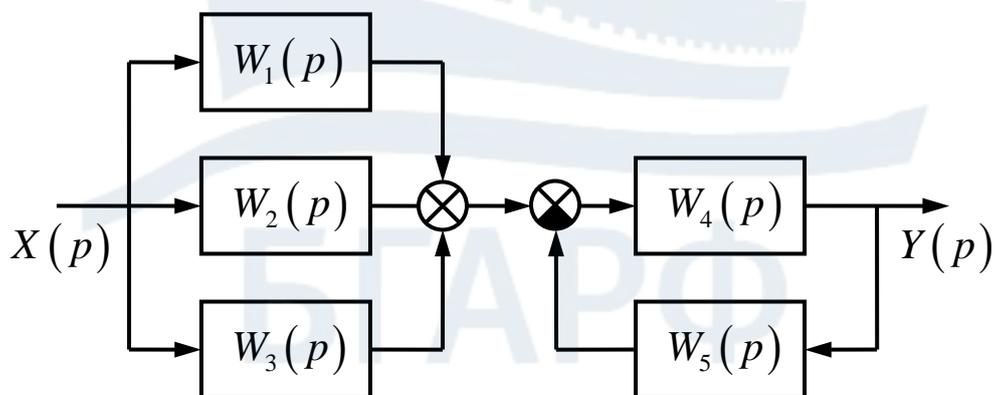
Задача 100



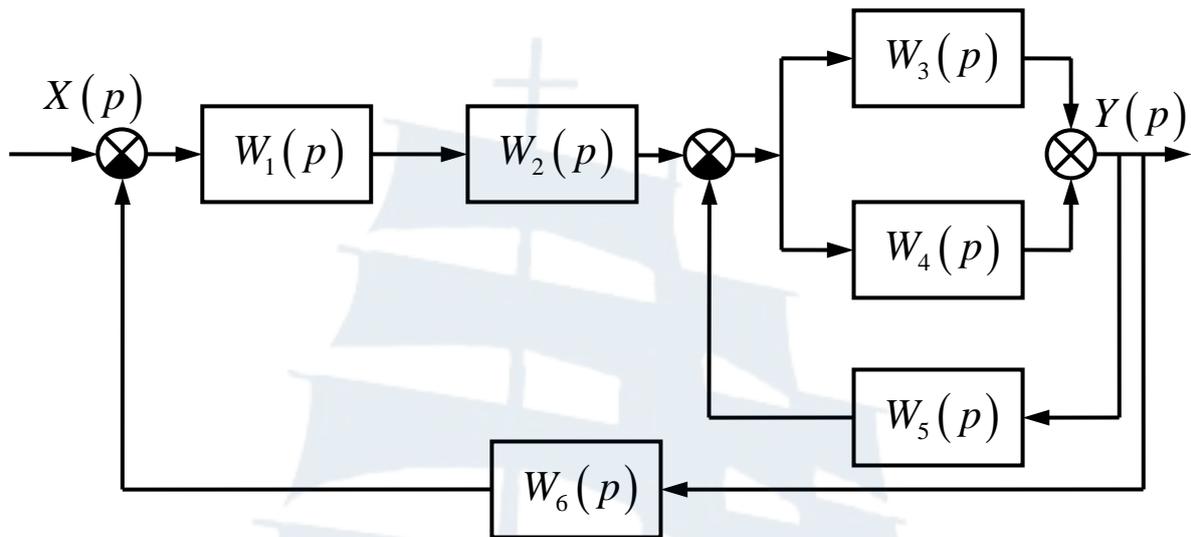
Задача 101



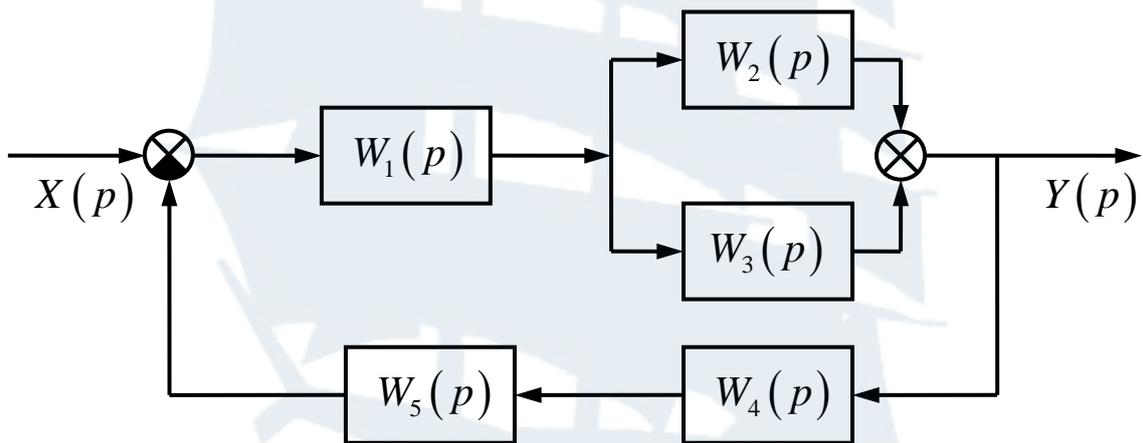
Задача 102



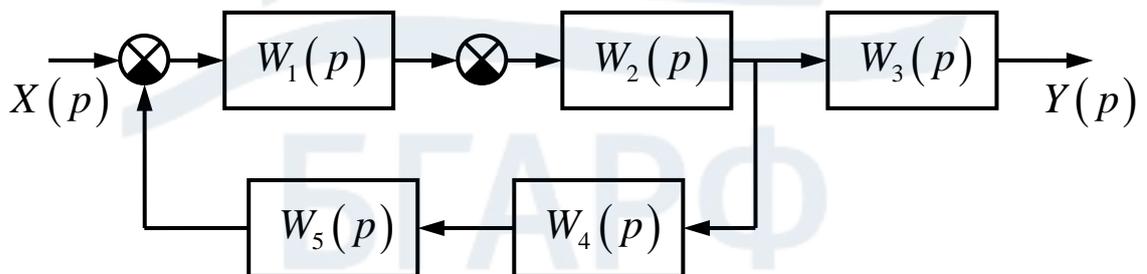
Задача 103



Задача 104



Задача 105



Задача 106. Судно с постоянной времени, равной 32 с, начало поворот с углом перекладки угла 15° . Определить время, через которое судно изменит свой курс на 23° . Принять $K = 0,08c^{-1}$. Задачу решить графически.

Задача 107. Судно с постоянной времени, равной 43 с, начало поворот, за 15 с изменив свой курс на 6° . Определить угол перекладки руля, приняв $K = 0,07c^{-1}$.

Задача 108. Судно начало поворот с углом перекладки 10° за 40 с, изменив свой курс на 13° . Определить постоянную времени судна, приняв $K = 0,04c^{-1}$. Задачу решить графически.

Задача 109. Судно с постоянной времени, равной 40 с, начало поворот с углом перекладки 15° . За 37 с оно изменило свой курс на 11° . Определить коэффициент руля K .

Задача 110. Судно с постоянной времени, равной 40 с, начало поворот с углом перекладки 15° . Во сколько раз больше было бы изменение курса судна за 45 с, если угол перекладки руля установить изначально равным 20° . Принять $K = 0,08c^{-1}$.

Задача 111. Судно с постоянной времени, равной 28 с, начало поворот с углом перекладки угла 10° . Определить время, через которое угловая скорость судна станет равной $0,3^\circ/c$. изменит свой курс на 23° . Принять $K = 0,07c^{-1}$.

Задача 112. Судно с постоянной времени, равной 39 с, начало поворот. Через 22 с угловая скорость поворота стала равна $0,45^\circ/c$. Определить угол перекладки руля, приняв $K = 0,06c^{-1}$.

Задача 113. Судно начало поворот с углом перекладки 20° . Через 50 с угловая скорость поворота стала равна $0,53^\circ/c$. Определить постоянную времени судна, приняв $K = 0,05c^{-1}$.

Задача 114. Судно с постоянной времени, равной 33 с, начало поворот с углом перекладки 5° . Через 67 с угловая скорость поворота стала равна $0,15^\circ/c$. Определить коэффициент руля K .

Задача 115. Судно с постоянной времени, равной 46 с, начало поворот с углом перекладки 25° . Во сколько раз меньше будет угловая скорость поворота через 50 с после начала поворота по сравнению с моментом времени в 25 с. Принять $K = 0,05c^{-1}$.

Задача 116. Для удержания на заданном курсе судна с постоянной времени, равной 36 с, авторулевой совершает каждые 32 с

перекладку руля амплитудой 3° . Определить амплитуду рыскания судна. Принять $K = 0,05c^{-1}$.

Задача 117. Для удержания на заданном курсе судна с постоянной времени, равной 50 с, авторулевой совершает перекладку руля каждые 41 с. При этом амплитуда рыскания судна составляет 2° . Определить амплитуду перекладок руля. Принять $K = 0,07c^{-1}$.

Задача 118. Для удержания на заданном курсе судна авторулевой совершает перекладку руля каждые 78 с. При этом амплитудно-частотная характеристика рыскания судна относительно заданного курса равна 0,32. Определить постоянную времени судна. Принять $K = 0,04c^{-1}$.

Задача 119. Амплитудно-частотная характеристика рыскания судна с постоянной времени 32 с равна 0,38. Определить циклическую частоту перекладки руля. Принять $K = 0,08c^{-1}$. Задачу решить графически.

Задача 120. Для удержания на заданном курсе судна с постоянной времени, равной 45 с, авторулевой совершает перекладку руля каждые 70 с. При этом амплитудно-частотная характеристика рыскания судна относительно заданного курса равна 0,35. Определить коэффициент руля.

Задача 121. Для удержания на заданном курсе судна с постоянной времени, равной 23 с, авторулевой совершает перекладку руля каждые 85 с. Определить угол сдвига частотной передаточной функции по фазе.

Задача 122. Для удержания на заданном курсе судна с постоянной времени, равной 21 с, авторулевой совершает перекладку руля каждые 100 с. Определить, на сколько времени отстает реакция судна на работу руля.

Задача 123. Для удержания на заданном курсе судна с постоянной времени, равной 39 с, авторулевой совершает периодические перекладки руля. Определить циклическую частоту перекладки, если угол сдвига частотной передаточной функции по фазе равен 115° .

Задача 124. Для удержания на заданном курсе судна с постоянной времени, равной 26 с, авторулевой совершает периодические перекладки руля. Определить частоту перекладки, если фазово-частотная характеристика равна 2,5 рад.

Задача 125. Для удержания на заданном курсе судна с постоянной времени, равной 35 с, авторулевой совершает переключку руля каждые 98 с. При этом фазово-частотная характеристика равна 130° . Определить постоянную времени судна.

Задача 126. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,0$, $k_2 = 0,3$, $k_3 = 0,6$, $k_7 = 0,7$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 2 \sin([3t - 14]^\circ)$ град. Определить угол поворота пера в момент времени $t = 23$ с.

Задача 127. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,0$, $k_2 = 0,2$, $k_7 = 1,7$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 5 \sin([4t - 11]^\circ)$ град. На момент времени $t = 70$ с перо руля отклонено на угол $1,4^\circ$ левого борта. Определить коэффициент k_3 .

Задача 128. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,0$, $k_3 = 1,2$, $k_7 = 1,2$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 4 \cos([0,5t + 22]^\circ)$ град. На момент времени $t = 115$ с перо руля отклонено на угол $5,1^\circ$ правого борта. Определить коэффициент k_2 .

Задача 129. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,0$, $k_2 = 2,0$, $k_3 = 3,4$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 7 \cos([2t - 8]^\circ)$ град. На момент времени $t = 88$ с перо руля отклонено на угол $4,5^\circ$ левого борта. Определить коэффициент k_7 .

Задача 130. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,0$, $k_2 = 12,0$, $k_3 = 0,3$, $k_7 = 1,5$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 6 \cos([0,1t]^\circ)$ град. Определить первый момент времени, когда переключка руля будет равна 4° правого борта.

Задача 131. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,2$, $k_2 = 0,4$, $k_3 = 0,5$, $k_7 = 1,0$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 5 \cos([2t + 19]^\circ)$ град. Определить угол поворота пера в момент времени $t = 28$ с.

Задача 132. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,3$, $k_2 = 0,9$, $k_7 = 1,4$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 3 \cos([4t + 6]^\circ)$ град. На момент времени $t = 53$ с перо руля отклонено на угол $2,1^\circ$ правого борта. Определить коэффициент k_3 .

Задача 133. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,2$, $k_3 = 0,9$, $k_7 = 0,9$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 6 \sin([2t + 23]^\circ)$ град. На момент времени $t = 38$ с перо руля отклонено на угол $9,5^\circ$ правого борта. Определить коэффициент k_2 .

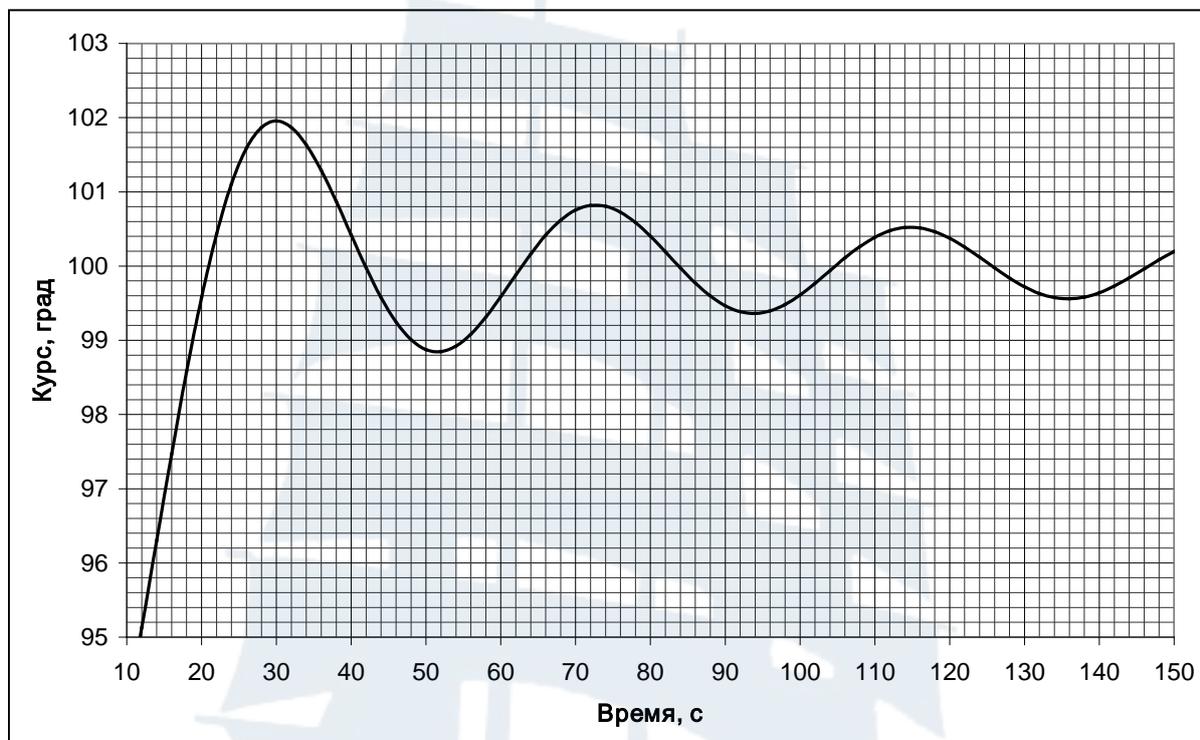
Задача 134. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,1$, $k_2 = 1,4$, $k_3 = 1,2$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 2 \sin([7t - 17]^\circ)$ град. На момент времени $t = 47$ с перо руля отклонено на угол $14,5^\circ$ правого борта. Определить коэффициент k_7 .

Задача 135. Коэффициенты, определяющие работу авторулевого, основанного на ПИД-законе, равны $k_1 = 1,3$, $k_2 = 8,0$, $k_3 = 0,4$, $k_7 = 1,4$. Отклонение курса судна от заданного значения определяется выражением $\alpha(t) = 7 \sin([0,1t]^\circ)$ град. Определить момент времени, когда перекидка руля будет равна 4° правого борта во второй раз.

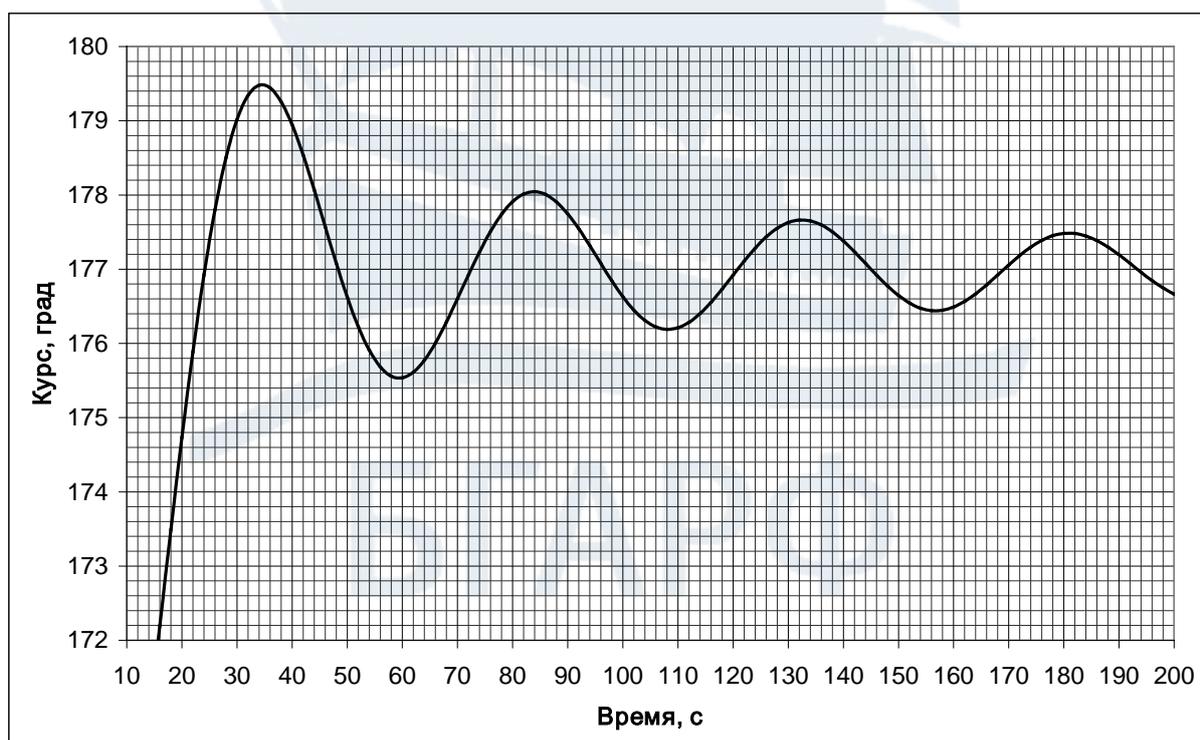
В задачах 136-145: в результате кратковременного шквала судно, удерживаемое авторулевым на заданном курсе, отклонилось от последнего более чем на 5° . На рисунках представлены переходные процессы возвращения судна на заданный курс. Считая процесс регулирования астатическим, принимая во внимание

заданное значение точности ε удержания судна на курсе, оценить качество этого процесса, определив по рисункам: перерегулирование, колебательность и время регулирования.

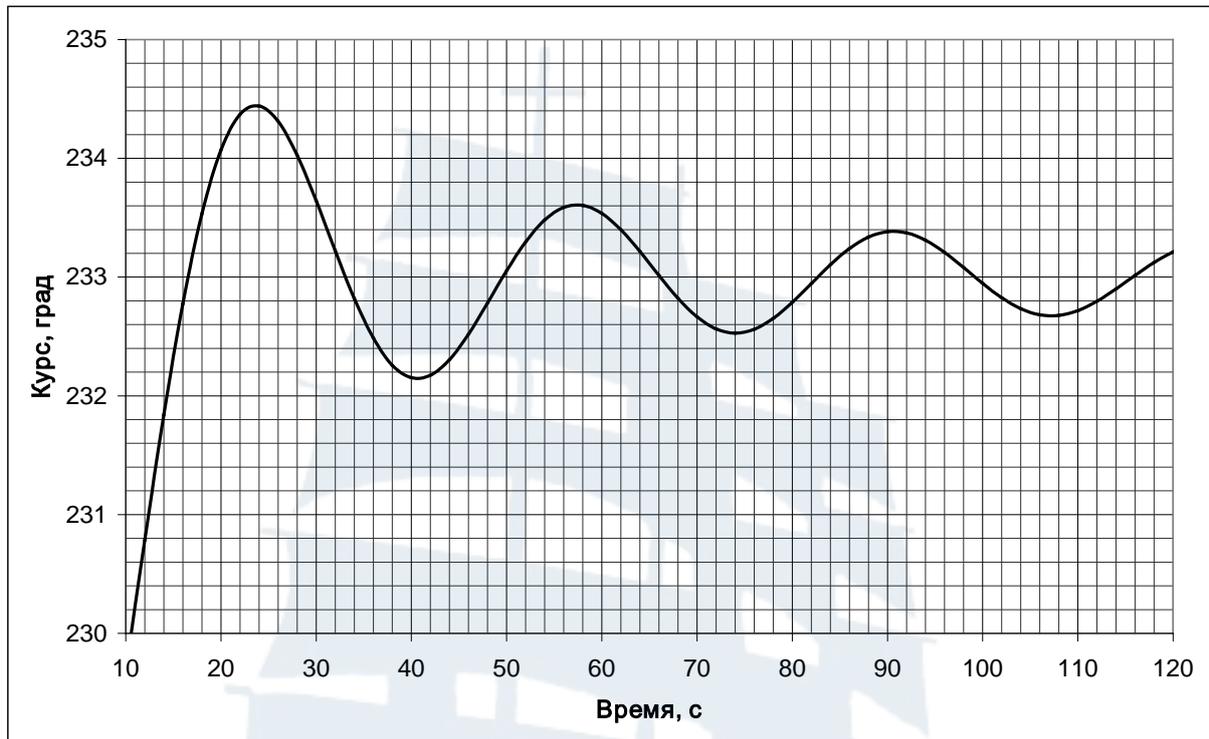
Задача 136. $K = 100^\circ$, $\varepsilon = 0,7^\circ$.



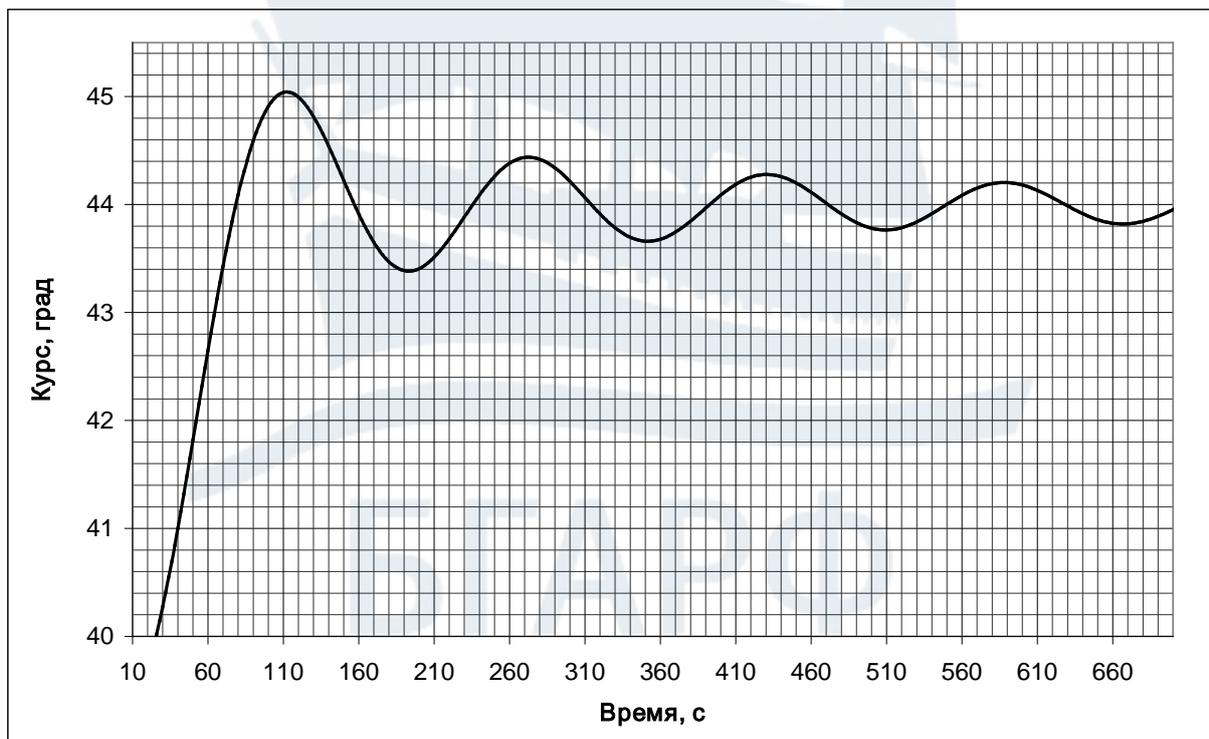
Задача 137. $K = 177^\circ$, $\varepsilon = 0,6^\circ$.



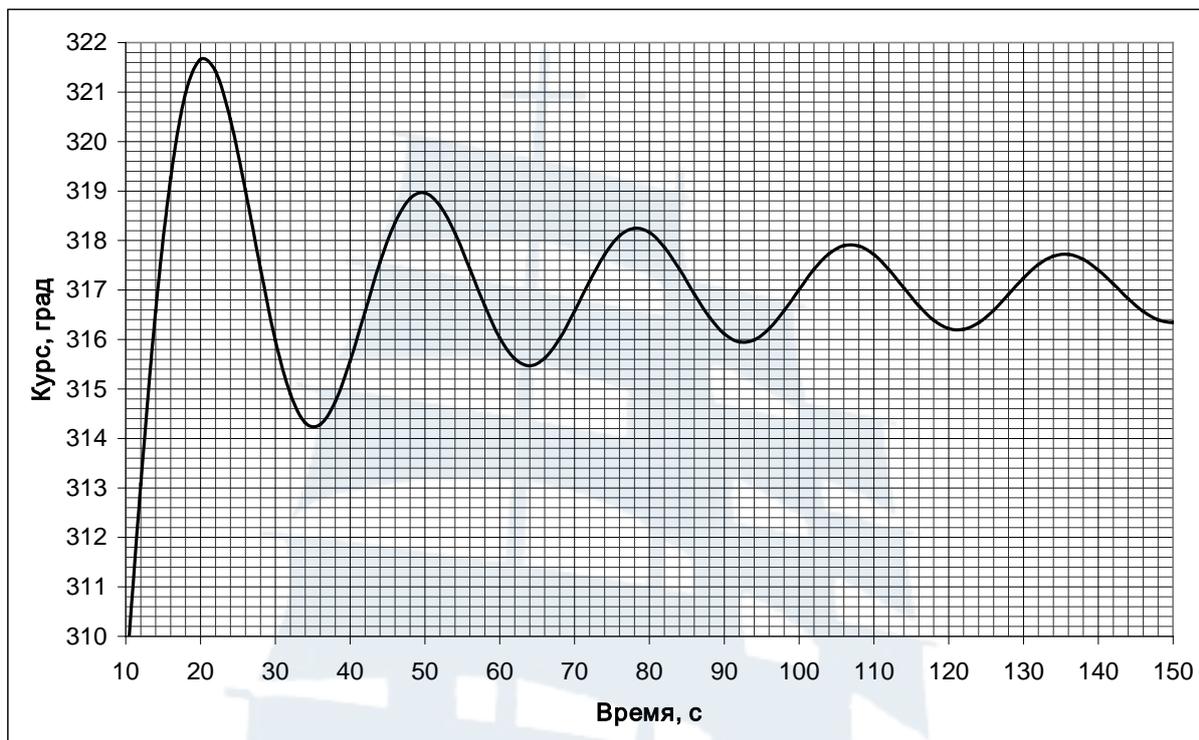
Задача 138. $K = 233^\circ$, $\varepsilon = 0,5^\circ$.



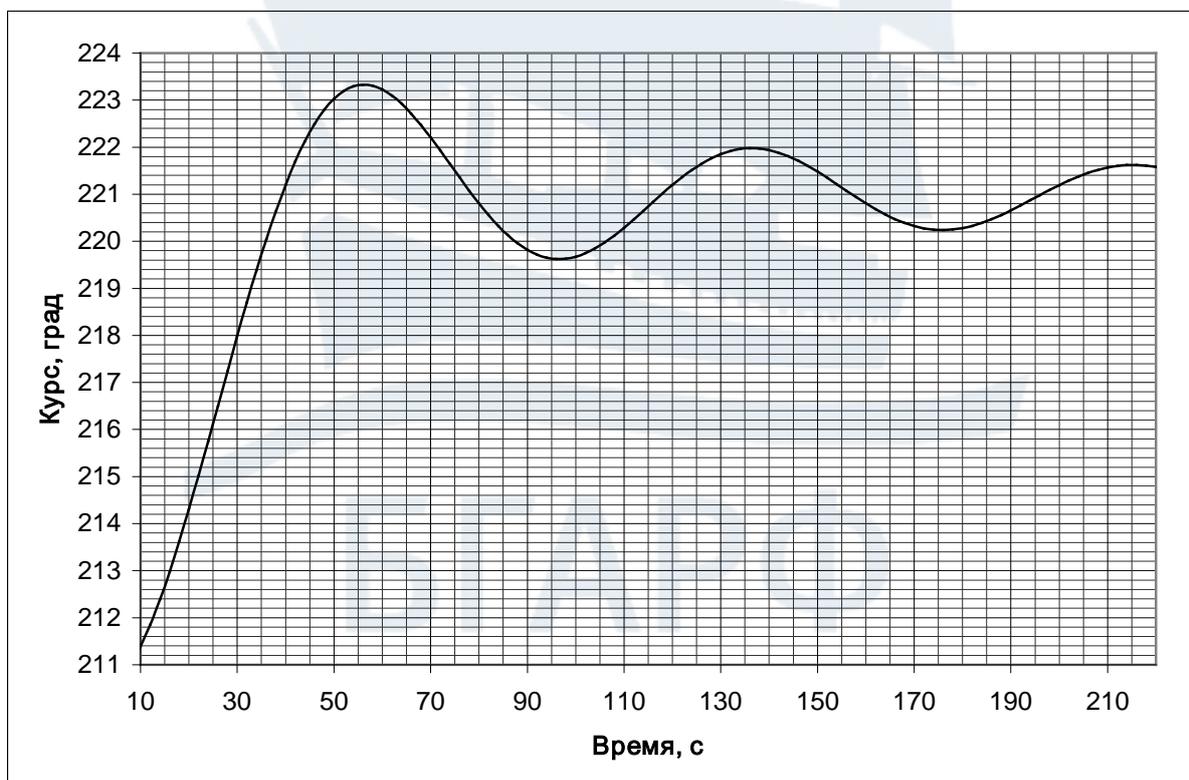
Задача 139. $K = 44^\circ$, $\varepsilon = 0,3^\circ$.



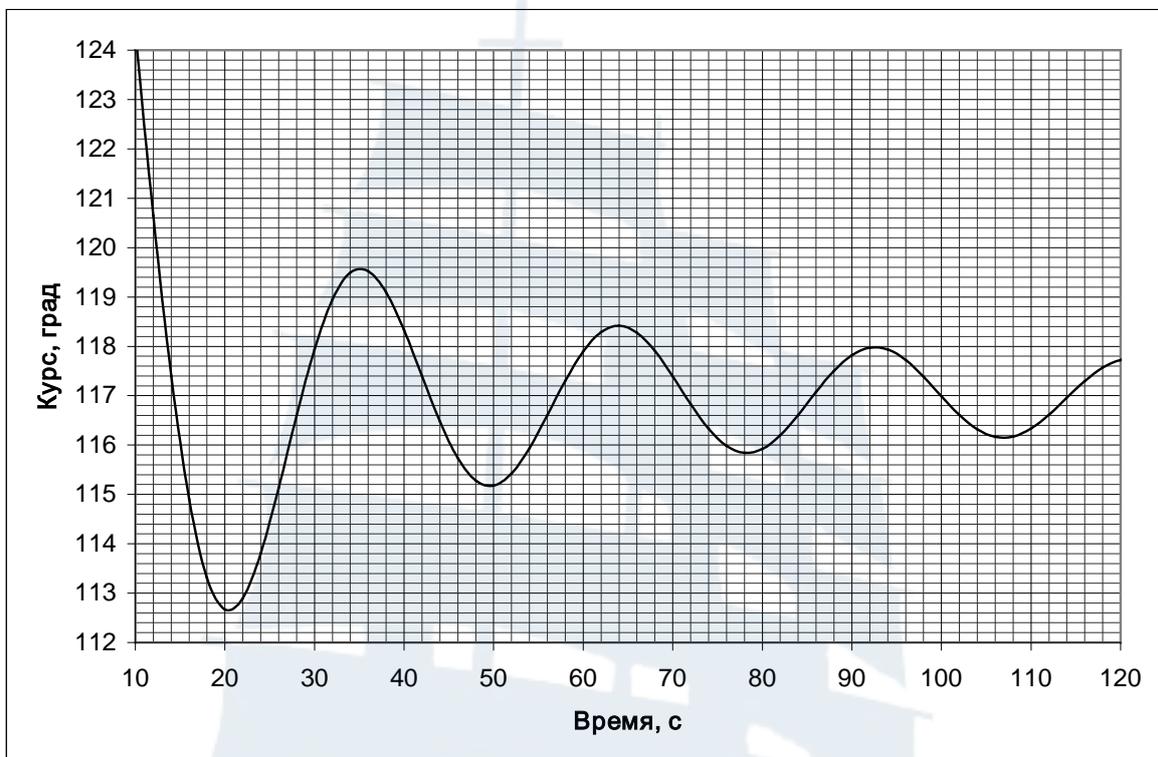
Задача 140. $K = 317^\circ$, $\varepsilon = 1,0^\circ$.



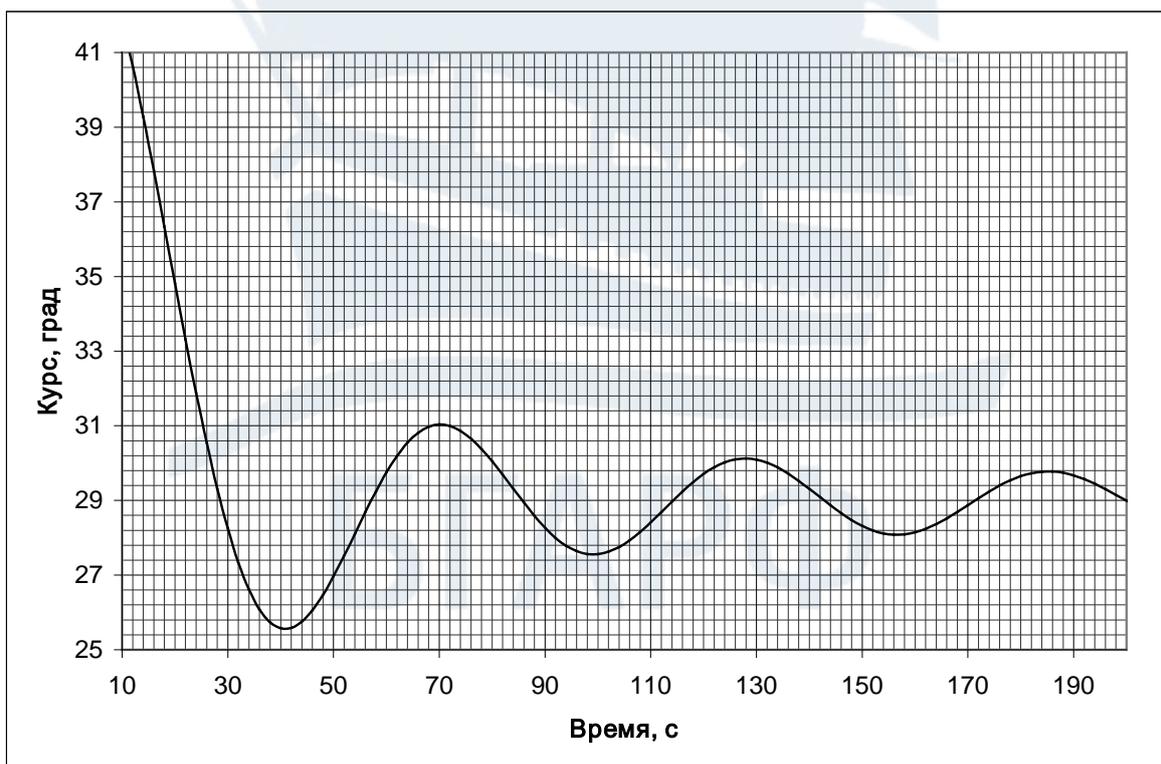
Задача 141. $K = 221^\circ$, $\varepsilon = 0,9^\circ$.



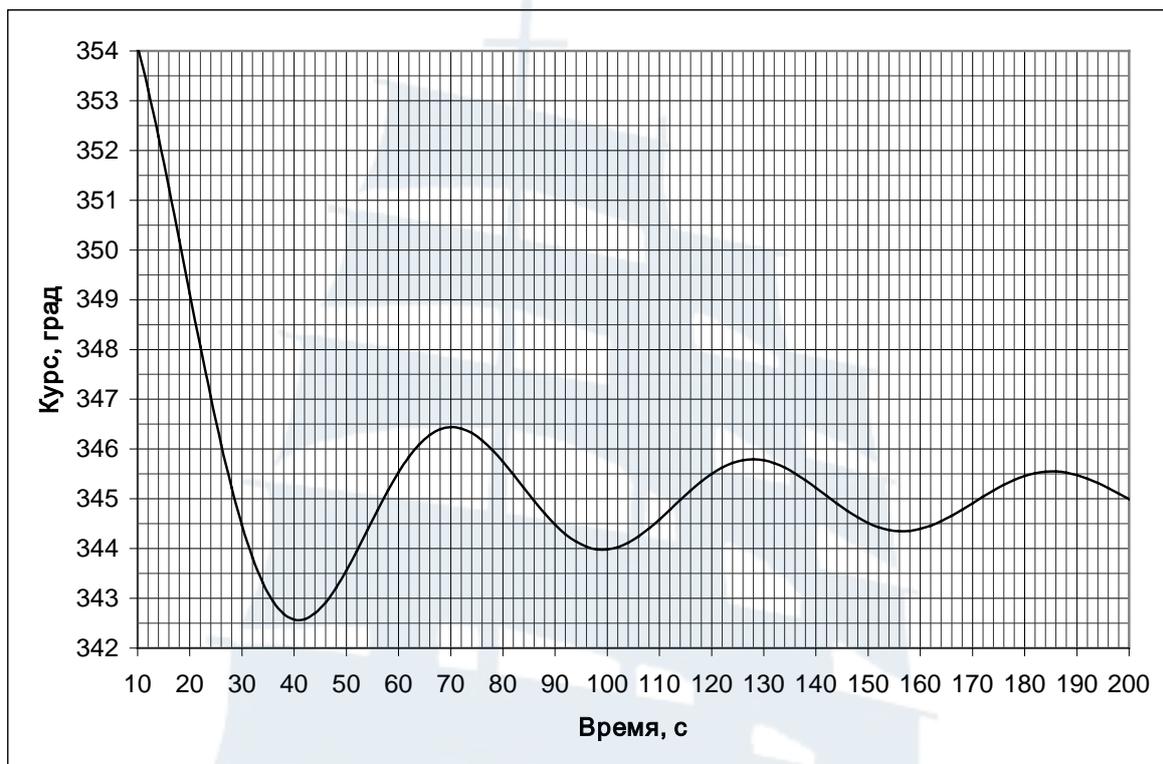
Задача 142. $K = 117^\circ$, $\varepsilon = 1,1^\circ$.



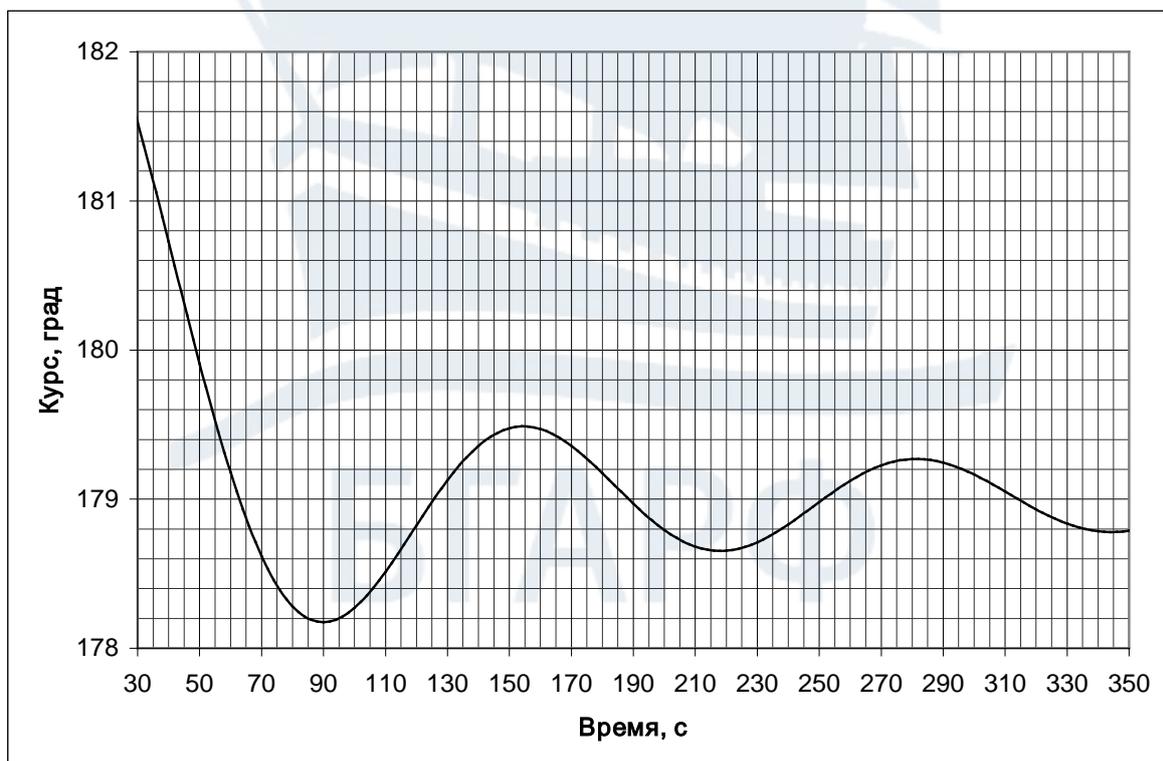
Задача 143. $K = 29^\circ$, $\varepsilon = 1,0^\circ$.



Задача 144. $K = 345^\circ$, $\varepsilon = 0,7^\circ$.



Задача 145. $K = 179^\circ$, $\varepsilon = 0,3^\circ$.



В задачах 146-155 заданы коэффициенты k , k_2 , k_7 , определяющие работу системы автоматического регулирования курса судна, постоянная T_c времени судна и постоянная T_p времени регулятора. Используя критерий Гурвица, определить устойчивость системы. В случае если система окажется неустойчивой, подобрать новые значения коэффициентов k_2 и k_7 , для которых система будет устойчива. Для проверки использовать тот же критерий. Принять $k_1 = 1,0$.

Задача 146. $k = 0,08$; $k_2 = 8,0$; $k_7 = 0,3$; $T_c = 40$ с; $T_p = 3$ с.

Задача 147. $k = 0,07$; $k_2 = 0,5$; $k_7 = 0,2$; $T_c = 24$ с; $T_p = 4$ с.

Задача 148. $k = 0,07$; $k_2 = 0,6$; $k_7 = 0,2$; $T_c = 31$ с; $T_p = 5$ с.

Задача 149. $k = 0,08$; $k_2 = 0,9$; $k_7 = 0,2$; $T_c = 80$ с; $T_p = 5$ с.

Задача 150. $k = 0,05$; $k_2 = 4,9$; $k_7 = 0,4$; $T_c = 63$ с; $T_p = 3$ с.

Задача 151. $k = 0,06$; $k_2 = 11,8$; $k_7 = 0,5$; $T_c = 54$ с; $T_p = 4$ с.

Задача 152. $k = 0,05$; $k_2 = 14,5$; $k_7 = 1,4$; $T_c = 71$ с; $T_p = 3$ с.

Задача 153. $k = 0,04$; $k_2 = 17,7$; $k_7 = 1,6$; $T_c = 67$ с; $T_p = 4$ с.

Задача 154. $k = 0,08$; $k_2 = 5,4$; $k_7 = 1,0$; $T_c = 33$ с; $T_p = 3$ с.

Задача 155. $k = 0,08$; $k_2 = 2,1$; $k_7 = 0,2$; $T_c = 70$ с; $T_p = 6$ с.

В задачах 156-165 по исходным данным задач 146-155 определить устойчивость системы автоматического регулирования курса судна, используя критерий Рауса. В случае если система окажется неустойчивой, подобрать новые значения коэффициентов k_2 и k_7 , при которых система будет устойчива. Для проверки использовать тот же критерий.

В задачах 166-175 по исходным данным задач 146-155, используя критерий Вышнеградского, определить:

- устойчивость системы автоматического регулирования курса судна;
- если система устойчива – характер движения судна;

- если система неустойчива – новые значения коэффициентов k_2 и k_7 , при которых система будет устойчива.

В задачах 176-185 по исходным данным задач 146-155 определить устойчивость системы автоматического регулирования курса судна, используя критерий Михайлова. В случае если система окажется неустойчивой, подобрать новые значения коэффициентов k_2 и k_7 , для которых система будет устойчива. Для проверки использовать тот же критерий.

В задачах 186-195 по исходным данным задач 146-155 определить устойчивость системы автоматического регулирования курса судна, используя критерий Найквиста. В случае если система окажется неустойчивой, подобрать новые значения коэффициентов k_2 и k_7 , для которых система будет устойчива. Для проверки использовать тот же критерий.

Задача 196. Уравнение линии положения, полученной по расстоянию до ориентира, имеет вид $-0,656\Delta\varphi + 0,755\omega - 1,42 = 0$. Определить счислимый пеленг на ориентир.

Задача 197. Уравнение линии положения, полученной по пеленгу на ориентир, имеет вид $2,33\Delta\varphi - 1,14\omega + 2,1 = 0$. Определить обсервованное значение пеленга на ориентир.

Задача 198. Уравнение линии положения, полученное по разности расстояний до ориентиров, имеет вид $0,421\Delta\varphi - 1,376\omega + 1,22 = 0$. Определить счислимый пеленг на первый ориентир, если счислимый пеленг на второй ориентир равен 243° .

Задача 199. Уравнение линии положения, полученной по пеленгу на ориентир, имеет вид $0,353\Delta\varphi + 1,814\omega - 2,70 = 0$. Определить счислимое расстояние до ориентира, если обсервованный пеленг на ориентир равен $13,4^\circ$.

Задача 200. В некоторый момент времени были измерены пеленг и расстояние до ориентира. Определить счислимое расстояние до ориентира, если абсолютное значение коэффициента

a первой линии положения в два раза больше абсолютного значения коэффициента b второй линии положения.

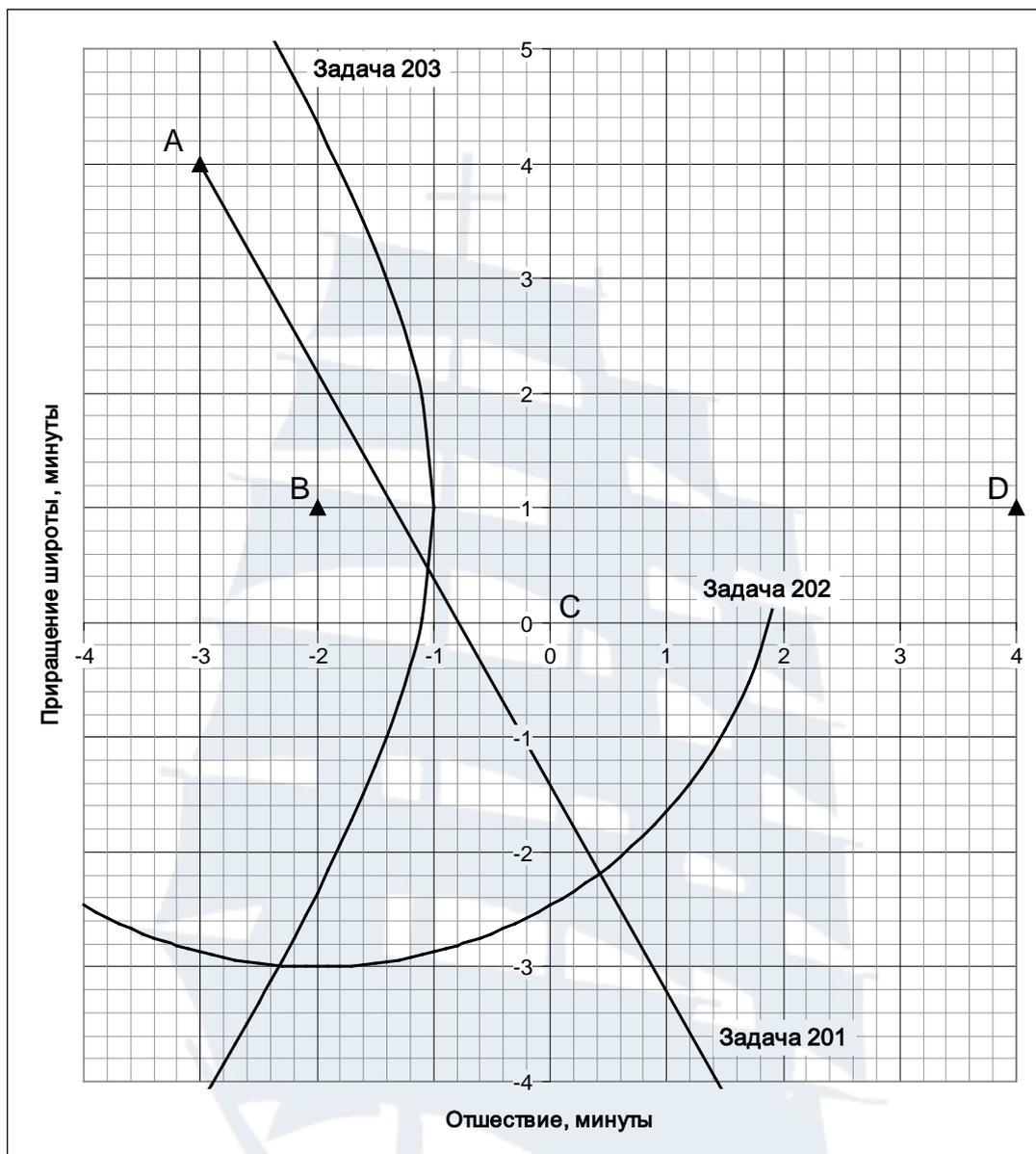
Задачи 201-203. На рисунке в системе координат с центром в счислимом месте судна C изображены три ориентира A , B , D и три изолинии различных навигационных параметров. Определить навигационный параметр, которому соответствует изолиния, построить линию положения и записать ее уравнение.

Задача 204. В некоторый момент времени были измерены счислимые пеленги до ориентиров A , B и C : $P_A = 11^\circ$, $P_B = 82^\circ$, $P_C = 147^\circ$. Место судна определялось по двум разностным линиям положения: первая из них составлена по разности расстояний между ориентирами A и B , вторая – по разности расстояний между ориентирами B и C . Определить, для какой линии положения коэффициент a будет больше.

Задача 205. В некоторый момент времени были измерены счислимые пеленги и расстояния до ориентиров A , B : $P_A = 224^\circ$, $d_A = 7,4$ мили, $P_B = 300^\circ$, $d_B = 4,2$ мили. Определить, для какой линии положения коэффициент b будет больше при определении места судна по двум пеленгам.

Задача 206. При определении места судна по двум линиям положения были получены следующие коэффициенты и поправки к счислимым координатам: $a_1 = +0,649$, $a_2 = -0,854$, $b_1 = +0,226$, $b_2 = +0,658$, $\Delta\varphi = +2,3'$, $\omega = -0,3'$. Определить свободные члены уравнений линий положения.

БГАРФ



Задача 207. При определении места судна по двум линиям положения были получены следующие коэффициенты, свободные члены и поправки к счислимым координатам: $a_1 = -0,985$, $b_2 = -0,778$, $l_1 = -0,9$, $l_2 = -1,9$, $\Delta\varphi = -3,5'$, $\omega = -4,1'$. Определить коэффициенты b_1 и a_2 уравнений линий положения.

Задача 208. При определении места судна по двум дистанциям были получены поправки к счислимым координатам, равные $\Delta\varphi = +2,4'$, $\omega = -1,3'$. Определить счислимые расстояния до ориентиров, если $P_{c1} = 236,2^\circ$, $P_{c2} = 149,4^\circ$, $d_{o1} = 34,2$ мили, $d_{o2} = 28,7$ мили.

Задача 209. При определении места судна по пеленгу и расстоянию до одного ориентира были получены поправки к счислимым координатам, равные $\Delta\varphi = -1,5'$, $\omega = -2,7'$. Определить наблюдаемые значения навигационных параметров, если $P_{c1} = 35,8^\circ$, $P_{c2} = 122,4^\circ$, $d_{c1} = 24,1$ мили, $d_{c2} = 30,6$ мили.

Задача 210. При определении места судна по двум пеленгам были получены поправки к счислимым координатам, при этом ω в два раза меньше $\Delta\varphi$. Определить наблюдаемое значение пеленга на второй ориентир и значения поправок, если $P_{c1} = 349,4^\circ$, $P_{c2} = 262,7^\circ$, $P_{o2} = 264,9^\circ$, $d_{c1} = 17,3$ мили, $d_{c2} = 22,4$ мили.

Задача 211. При определении места судна по двум дистанциям были получены равные поправки к счислимым координатам. Определить счислимое значение пеленга на первый ориентир и значения поправок, если $P_{c2} = 55,8^\circ$, $d_{o1} = 16,3$ мили, $d_{o2} = 18,4$ мили, $d_{c1} = 12,9$ мили, $d_{c2} = 20,0$ мили.

Задача 212. При определении места судна по двум линиям положения были получены поправки к счислимым координатам, равные $\Delta\varphi = +0,7'$, $\omega = -2,0'$. Определить приращения навигационных параметров, если $a_1 = 0,649$, $a_2 = -0,889$, $b_1 = 0,552$, $b_2 = 0,446$.

Задача 213. Результату измерения некоторого навигационного параметра относительно маяка Таран соответствует изолиния, уравнение которой в географической системе координат имеет вид $(\varphi - 54^\circ 57,4')^2 + (\lambda - 19^\circ 58,4')^2 \cos^2 54^\circ 57,4' = 26,01$. Записать уравнение линии положения, если счислимые координаты судна равны $\varphi_c = 55^\circ 00,1'N$, $\lambda_c = 19^\circ 55,6E$.

Задача 214. Результату измерения некоторого навигационного параметра относительно маяка Балтийск соответствует изолиния, уравнение которой в географической системе координат имеет вид $2,145(\varphi - 54^\circ 38,2') - (\lambda - 19^\circ 53,4) \cos 54^\circ 38,2' = 0$. Записать уравнение линии положения, если счислимые координаты судна равны $\varphi_c = 54^\circ 39,2'N$, $\lambda_c = 19^\circ 55,5'E$.

Задача 215. Вывести представленную в табл. 6.1 формулу для коэффициента a уравнения линии положения, заменяющей изолинию расстояния до ориентира.

Задача 216. Вывести представленную в табл. 6.1 формулу для коэффициента b уравнения линии положения, заменяющей изолинию расстояния до ориентира.

Задача 217. Вывести представленную в табл. 6.1 формулу для коэффициента a уравнения линии положения, заменяющей изолинию пеленга на ориентир.

Задача 218. Вывести представленную в табл. 6.1 формулу для коэффициента b уравнения линии положения, заменяющей изолинию пеленга на ориентир.

Задача 219. Вывести представленную в табл. 6.1 формулу для коэффициента a уравнения линии положения, заменяющей изолинию разности расстояний до двух ориентиров.

Задача 220. Вывести представленную в табл. 6.1 формулу для коэффициента b уравнения линии положения, заменяющей изолинию разности расстояний до двух ориентиров.

Задача 221. Отраженный от судна-цели сигнал представляет собой пачку из 17 импульсов, при этом период оборота антенны равен 3,5 с, а частота следования импульсов равна 1500 с^{-1} . Определить ширину диаграммы направленности.

Задача 222. Отраженный от судна-цели сигнал представляет собой пачку из 11 импульсов, при этом частота оборота антенны составляет $0,25 \text{ с}^{-1}$, а ширина диаграммы направленности равна $0,8^\circ$. Определить период следования импульсов.

Задача 223. Отраженный от судна-цели сигнал представляет собой пачку из 11 импульсов, при этом период следования импульсов составляет 0,7 мс, а ширина диаграммы направленности равна $0,7^\circ$. Определить период оборота антенны.

Задача 224. Интенсивность встреч с опасными целями в районе плавания составляет 3 ч^{-1} . Определить, через какое время плавания по этому району вероятность встречи составит 73 %.

Задача 225. Через 25 минут следования в районе с опасными целями вероятность встречи с ними составила 81 %. Определить интенсивность встреч.

Задача 226. На некоторый момент времени посредством РЛС измерены¹ прямоугольные относительные координаты судна-цели $x_M = -7411,7$, $y_M = -3891,2$, а с использованием предыдущих измерений в САРП вычислены относительные курс и скорость этого судна, которые соответственно равны $343,2^\circ$ и $21,1$ уз. Спустя 30 с измерены новые координаты: $x_M = -7491,9$; $y_M = -3480,1$. Вычислить сглаженные значения координат на второй момент времени, если коэффициент сглаживания равен 0,7.

Задача 227. На некоторый момент времени посредством РЛС измерены прямоугольные относительные координаты судна-цели $x_M = -729,6$, $y_M = -8339,2$, а с использованием предыдущих измерений в САРП вычислены относительные курс и скорость этого судна, которые соответственно равны $312,6^\circ$ и $8,9$ уз. Спустя 20 с измерены новые координаты: $x_M = -811,2$; $y_M = -8239,4$. Вычислить сглаженное значение относительной скорости судна-цели на второй момент времени, если коэффициент сглаживания равен 0,6.

Задача 228. С каждым оборотом антенны РЛС система автоматической радиолокационной прокладки по измеренным значениям пеленга и дистанции вычисляет прямоугольные координаты судна-цели. Результаты этих вычислений представлены в таблице. Определить сглаженные значения прямоугольных координат на последний момент времени, если коэффициент экспоненциального сглаживания равен 0,05.

i	x_i	y_i
1	8381,8	-5869,0
2	8364,0	-5878,3
3	8346,2	-5887,6
4	8328,3	-5896,9

Задача 229. С каждым оборотом антенны РЛС система автоматической радиолокационной прокладки по измеренным значениям пеленга и дистанции вычисляет прямоугольные координаты

¹ Точнее – вычислены по паре измеренных значений пеленг-дистанция.

судна-цели. Пусть в некоторый момент САРП приняла к расчету полярные координаты судна-цели, равные $P_1 = 215,2^\circ$, $D_{кбл} = 30,24$, которые спустя оборот антенны изменились до следующих значений: $P_2 = 215,0^\circ$, $D_{кбл} = 30,11$. Определить экспоненциально сглаженные прямоугольные координаты судна-цели на второй момент наблюдений, если коэффициент сглаживания равен 0,68.

Задача 230. С каждым оборотом антенны РЛС система автоматической радиолокационной прокладки по измеренным значениям пеленга и дистанции вычисляет прямоугольные координаты судна-цели. Пусть в некоторый момент САРП приняла к расчету прямоугольные координаты судна-цели, равные $x_M = -5251,3$, $y_M = 5288,0$, которые спустя оборот антенны изменились до следующих значений: $x_M = -5252,7$, $y_M = 5252,9$. Определить коэффициент (коэффициенты) сглаживания, если экспоненциально сглаженные прямоугольные координаты судна-цели, вычисленные на второй момент наблюдений, равны $x_{сг} = -5252,04$, $y_{сг} = 5268,22$.

Задача 231. В некоторый момент времени САРП рассчитала относительные скорость и курс судна-цели, которые оказались равны 16,3 уз и $14,6^\circ$ соответственно. Определить скорость и курс судна-цели в истинном движении, если аналогичные величины нашего судна (судна, где функционирует указанная САРП) составляют 12,0 уз и $144,0^\circ$.

Задача 232. В некоторый момент времени САРП рассчитала значения скорости и курса судна-цели как в относительном движении – 25,7 уз и $169,2^\circ$, так и в истинном – 13,9 уз и $194,2^\circ$. Определить скорость и курс нашего судна.

Задача 233. В некоторый момент времени САРП рассчитала значения: кратчайшее расстояние и время выхода на это расстояние – 0,6 мили и 11,9 мин., при том, что скорость и курс судна-цели в относительном движении равны 30,1 уз и $220,0^\circ$. Определить дистанцию до судна-цели в указанный момент времени, если пеленг на судно-цель в этот же момент составил $46,0^\circ$.

Задача 234. В некоторый момент времени САРП рассчитала кратчайшее расстояние и время выхода на это расстояние – 2,1

мили и 19,3 мин., при том, что скорость и курс судна-цели в относительном движении равны 20,8 уз и 76,4°. Определить пеленг на судно-цель в указанный момент времени, если расстояние до него в этот же момент составило 7 миль.

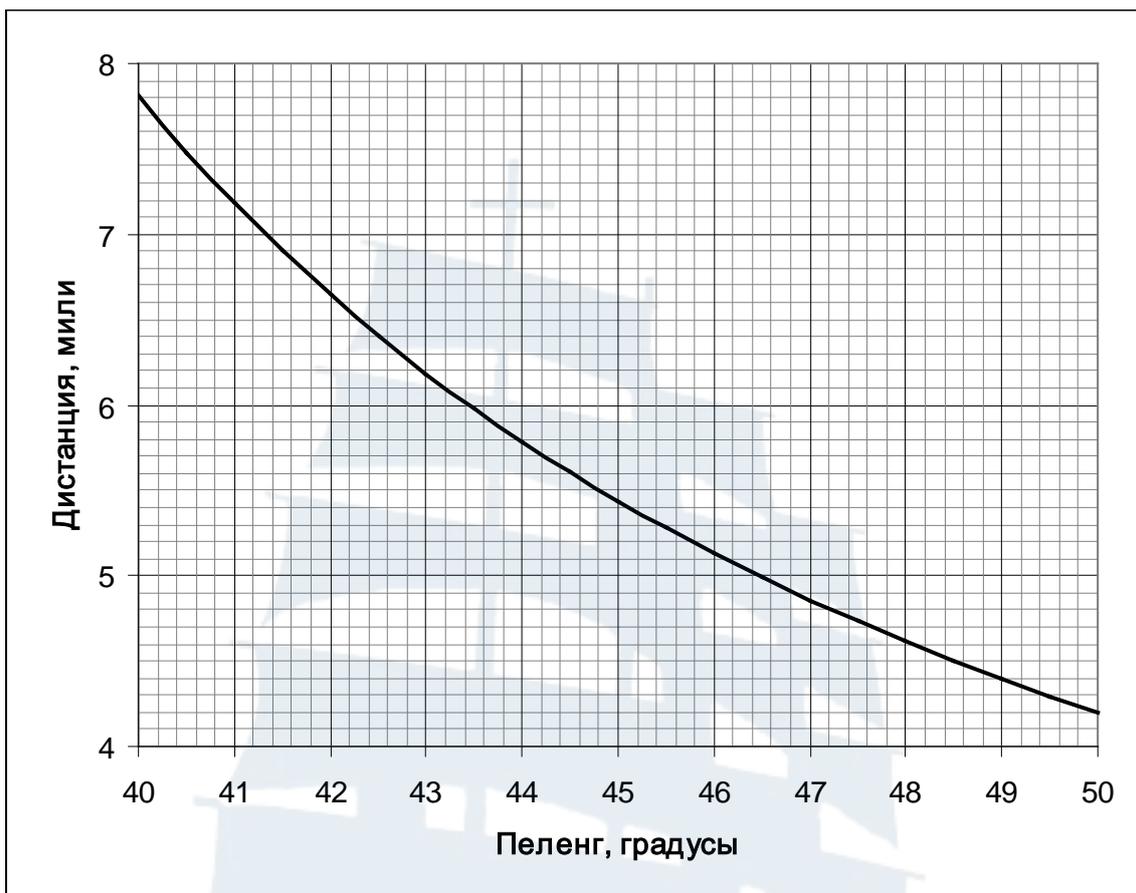
Задача 235. В некоторый момент времени САРП рассчитала кратчайшее расстояние и время выхода на это расстояние – 1,6 мили и 21,6 мин., при том, что пеленг и дистанция до судна-цели составили 5,0° и 4 мили. Определить скорость и курс судна в относительном движении.

Задача 236. С некоторой разницей по времени были получены следующие полярные координаты до судна-цели: $P_1 = 177^\circ$, $D_1 = 8,7$ мили, $P_2 = 179^\circ$, $D_2 = 7,0$ мили. Определить дискретность измерений, если рассчитанное САРП время выхода на кратчайшее расстояние составило 24,0 мин.

Задача 237. На рисунке представлен фрагмент кривой, определяющей зависимость дистанции и пеленга до судна-цели при сближении с ней. Определить дистанцию кратчайшего сближения и пеленг судна-цели, когда суда будут находиться на дистанции кратчайшего сближения.

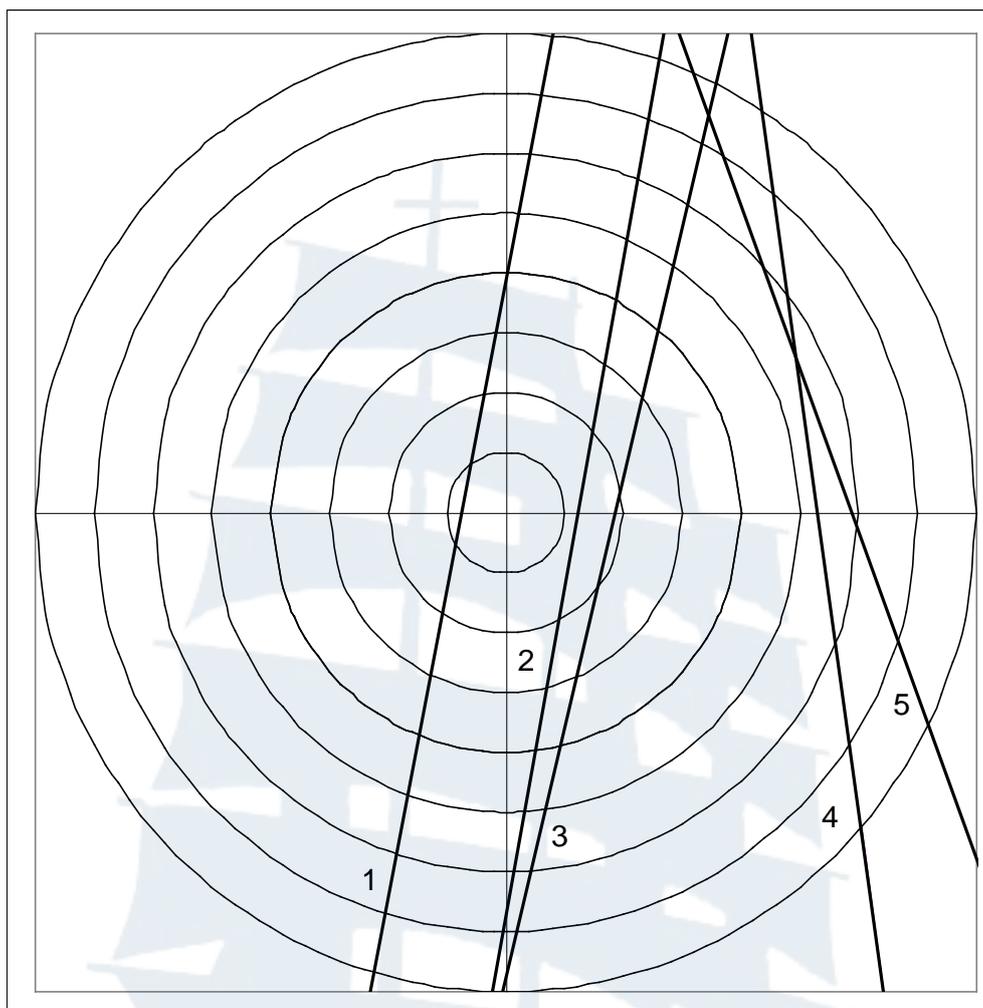
Задача 238. На экране РЛС наблюдается три цели – *A*, *B* и *C*. С разницей в 6 минут до каждой из них были определены полярные координаты: $P_{A.1} = 185^\circ$, $D_{A.1} = 8,5$ мили, $P_{B.1} = 236^\circ$, $D_{B.1} = 10,3$ мили, $P_{C.1} = 157^\circ$, $D_{C.1} = 9,0$ мили, $P_{A.2} = 189^\circ$, $D_{A.2} = 6,2$ мили, $P_{B.2} = 233^\circ$, $D_{B.2} = 9,1$ мили, $P_{C.2} = 151^\circ$, $D_{C.2} = 6,8$ мили. Определить, какие из указанных целей являются судами, стоящими на якоре, а какие – судами на ходу, если наше судно следует курсом 174,5° со скоростью 23,6 уз.

Задача 239. С разницей в 6 минут были получены следующие полярные координаты до судна-цели: $P_1 = 228^\circ$, $D_1 = 8,4$ мили, $P_2 = 225^\circ$, $D_2 = 6,9$ мили. Определить борт расхождения.



Задача 240. На экране РЛС наблюдается три цели – A , B и C . С разницей в 6 минут до каждой из них были определены полярные координаты: $P_{A.1} = 211^\circ$, $D_{A.1} = 8,0$ мили, $P_{B.1} = 245^\circ$, $D_{B.1} = 9,4$ мили, $P_{C.1} = 77^\circ$, $D_{C.1} = 8,2$ мили, $P_{A.2} = 180^\circ$, $D_{A.2} = 7,5$ мили, $P_{B.2} = 251^\circ$, $D_{B.2} = 8,1$ мили, $P_{C.2} = 78^\circ$, $D_{C.2} = 7,0$ мили. Определить, с какими из указанных целей наше судно уже разошлось. Оценить опасность столкновения в отношении целей, с которыми расхождение еще предстоит, если допустимая дистанция сближения судов составляет 1 милю.

В задачах 241-245 с разницей в 12 минут были определены две пары значений «пеленг-дистанция» до некоторой цели. Определить, какая из линий относительного движения (ЛОД), отрезки которых изображены на рисунке, соответствует заданной ситуации расхождения судов, и оценить опасность столкновения, если допустимая дистанция кратчайшего сближения равна 2 милям.



Задача 241. $\Pi_1 = 142^\circ$; $D_1 = 10,5$ мили; $\Pi_2 = 131^\circ$; $D_2 = 8$ мили.

Задача 242. $\Pi_1 = 5^\circ$; $D_1 = 13$ мили; $\Pi_2 = 10^\circ$; $D_2 = 11$ мили.

Задача 243. $\Pi_1 = 8^\circ$; $D_1 = 14$ мили; $\Pi_2 = 7,5^\circ$; $D_2 = 12$ мили.

Задача 244. $\Pi_1 = 187^\circ$; $D_1 = 16$ мили; $\Pi_2 = 185,5^\circ$; $D_2 = 13$ мили.

Задача 245. $\Pi_1 = 186^\circ$; $D_1 = 16$ мили; $\Pi_2 = 185^\circ$; $D_2 = 13$ мили.

Задача 246. На испытание поставлено 230 однотипных приемоиндикаторов ГНСС. За 4000 ч отказало 7 устройств. Определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа приемоиндикаторов в течение 4000 ч.

Задача 247. Производитель гироскопов провел длительный трехлетний мониторинг работы одного из своих изделий. Мониторингу подверглись 114 единиц изделия, из которых 33 единицы в процессе эксплуатации претерпели отказ по различ-

ным причинам. Определить среднее время безотказной работы исследованного гирокомпаса.

Задача 248. На испытание поставлено 1000 однотипных устройств. За первые 3000 ч отказало 85 устройств, а за интервал времени 3000-4000 ч отказало еще 53 устройства. Определить частоту и интенсивность отказов устройств в промежутке времени 3000-4000 ч.

Задача 249. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за работой радиолокационной станции. За весь период наблюдения было зарегистрировано 15 отказов. До начала наблюдения станция проработала 258 ч, к концу наблюдения наработка станции составила 1233 ч. Определить среднюю наработку на отказ радиолокационной станции.

Задача 250. Производилось наблюдение за работой трех образцов однотипной навигационной аппаратуры. За период наблюдения было зафиксировано по первому образцу 6 отказов, по второму и третьему – 11 и 26 отказов соответственно. Нарботка первого экземпляра составила 181 ч, второго – 329 ч и третьего – 245 ч. Определить наработку аппаратуры на отказ.

Задача 251. Навигационная система состоит из пяти элементов, причем отказ любого одного из них ведет к отказу системы. Известно, что первый прибор отказал 34 раза в течение 952 ч работы, второй – 24 раза в течение 960 ч работы, а остальные элементы в течение 210 ч работы отказали 4, 6 и 5 раз соответственно. Определить наработку на отказ системы в целом, если для каждого из пяти элементов справедлив экспоненциальный закон распределения.

Задача 252. Функция простоя системы имеет вид $g(t) = (t^2 + 5) / (9t^2 - 7)$. Определить коэффициент готовности этой системы.

Задача 253. Функция готовности системы имеет вид $G(t) = (7t^3 + 2) / (8t^3 + 1)$. Определить среднее время безотказной работы системы, если время ремонта составляет 20 ч.

Задача 254. Коэффициент готовности системы равен 0,94. Определить интенсивность отказов системы, если время ремонта составляет 10 ч.

Задача 255. Среднее время безотказной работы навигационной системы составляет 7 лет. Определить время после начала эксплуатации системы, когда вероятность отказа уменьшится втрое.

Задача 256. Интенсивность отказов гироскопа составляет $1,6 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Построить график зависимости вероятности безотказной работы от времени и определить, во сколько раз уменьшится эта вероятность по окончании второго года эксплуатации по сравнению с окончанием первого года эксплуатации.

Задача 257. Среднее время безотказной работы лага составляет 8,5 лет. Построить график зависимости эксплуатационной надежности от времени и сравнить эксплуатационную надежность по окончании первого, третьего и пятого года эксплуатации. Принять $K_2 = 0,95$.

Задача 258. Четыре последовательно соединенных элемента навигационной системы имеют следующие значения интенсивности отказов: $\lambda_1 = 2,0 \times 10^{-5} \text{ ч}$; $\lambda_2 = 2,5 \times 10^{-5} \text{ ч}$; $\lambda_3 = 4,0 \times 10^{-5} \text{ ч}$; $\lambda_4 = 1,5 \times 10^{-5} \text{ ч}$. Определить среднее время безотказной работы системы.

Задача 259. В некоторый момент времени вероятность безотказной работы навигационной системы, состоящей из пяти последовательно соединенных элементов, равна 0,95. Определить значения вероятности безотказной работы каждого из элементов, если они соотносятся следующим образом: 17:22:17:21:19.

Задача 260. Навигационная система представляет собой параллельное нагруженное соединение четырех элементов со следующими интенсивностями отказов: $\lambda_1 = 2,5 \times 10^{-5} \text{ ч}$; $\lambda_2 = 3,5 \times 10^{-5} \text{ ч}$; $\lambda_3 = 5,0 \times 10^{-5} \text{ ч}$; $\lambda_4 = 2,0 \times 10^{-5} \text{ ч}$. Определить интенсивность отказов системы через 3000 ч после начала работы.

Задача 261. Навигационная система представляет собой параллельное нагруженное соединение трех элементов со следующими интенсивностями отказов: $\lambda_1 = 7,2 \times 10^{-5} \text{ ч}$; $\lambda_2 = 8,1 \times 10^{-5} \text{ ч}$; $\lambda_3 = 6,3 \times 10^{-5} \text{ ч}$. Определить, как будет отличаться вероятность безотказной работы системы после 3500 ч работы по отношению к 1000 ч работы.

Задача 262. Среднее время безотказной работы навигационной системы, представляющей собой параллельное нагруженное соединение шести равнонадежных элементов, равно 8 лет. Определить интенсивность отказов одного элемента.

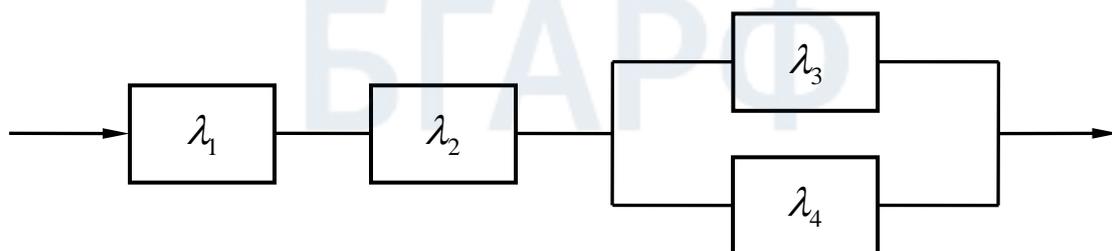
Задача 263. Исследуется две навигационных системы, каждая из которых представляет собой параллельное ненагруженное соединение четырех и шести элементов соответственно. Интенсивности отказов этих элементов равны: $\lambda_{11} = 1,5 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_{12} = 6,5 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_{13} = 2,0 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_{14} = 3,5 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_{21} = 4,0 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_{22} = 6,5 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_{23} = 3,0 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_{24} = 2,5 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_{25} = 1,0 \times 10^{-4}$ ч, $\lambda_{26} = 8,5 \times 10^{-5}$ ч. Определить, какая система будет иметь большую вероятность безотказной работы через 5500 ч после ее начала.

Задача 264. Навигационная система представляет собой параллельное ненагруженное соединение трех элементов с одинаковыми интенсивностями отказов $\lambda = 7,1 \times 10^{-5}$ ч. Определить среднее время безотказной работы системы и интенсивность отказов через 4000 ч работы. Как изменятся эти характеристики, если в систему добавить еще один такой элемент?

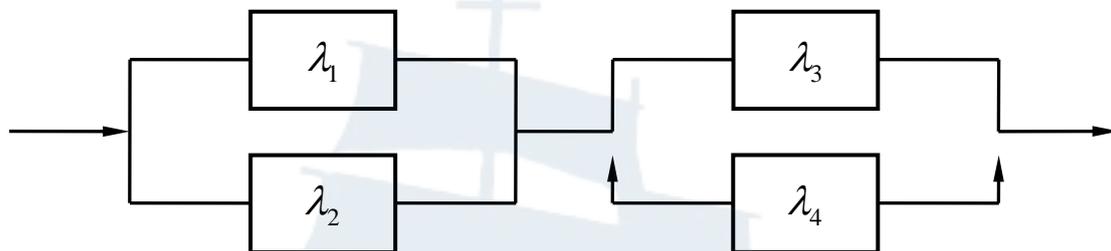
Задача 265. Построить график зависимости вероятности безотказной работы и интенсивности отказов от времени навигационной системы, представляющей собой параллельное ненагруженное соединение трех элементов со следующими интенсивностями отказов: $\lambda_1 = 6,4 \times 10^{-5}$ ч; $\lambda_2 = 5,9 \times 10^{-5}$ ч; $\lambda_3 = 4,9 \times 10^{-5}$ ч.

В задачах 266-270 по заданным интенсивностям отказов элементов определить вероятность безотказной работы изображенной на рисунке навигационной системы на момент времени $t_{зад}$.

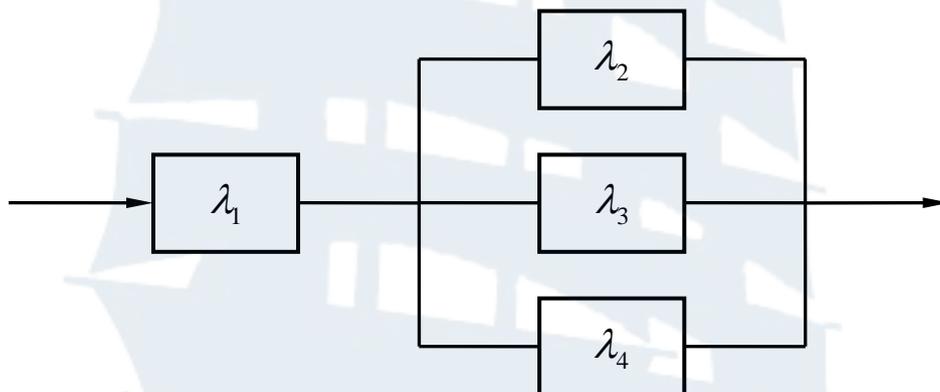
Задача 266. $\lambda_1 = 5,5 \times 10^{-5}$ ч; $\lambda_2 = 3,9 \times 10^{-5}$ ч; $\lambda_3 = 9,8 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_4 = 8,1 \times 10^{-5}$ ч, $t_{зад} = 5750$ ч.



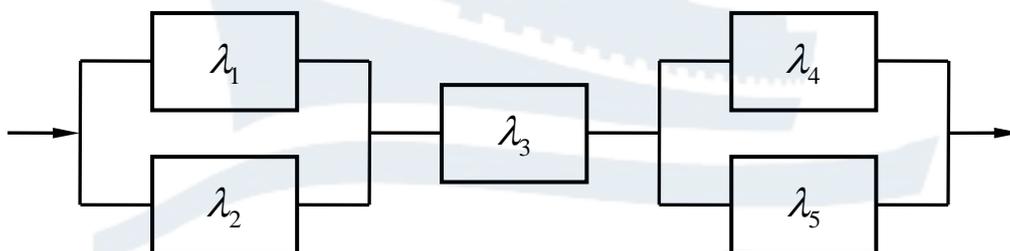
Задача 267. $\lambda_1 = 2,9 \times 10^{-4}$ ч; $\lambda_2 = 7,7 \times 10^{-4}$ ч; $\lambda_3 = 6,5 \times 10^{-4}$ ч,
 $\lambda_4 = 6,8 \times 10^{-4}$ ч, $t_{зад} = 1250$ ч.



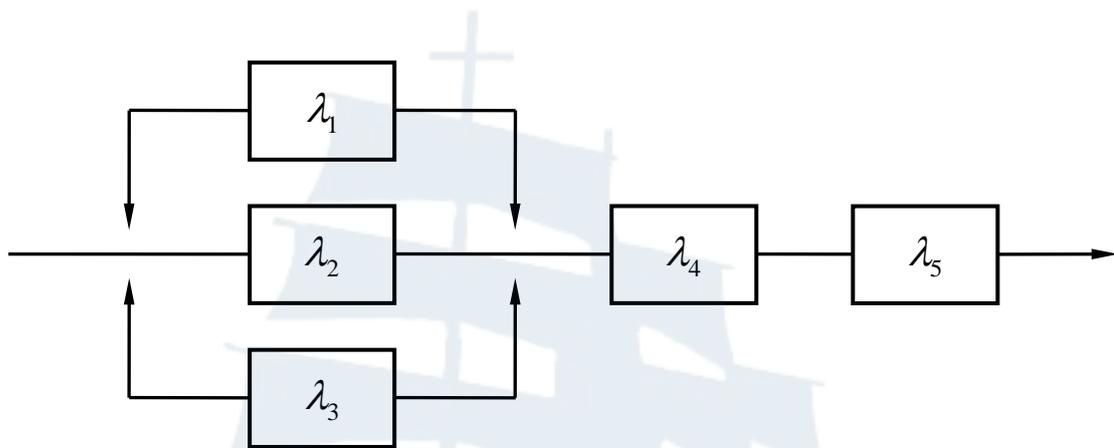
Задача 268. $\lambda_1 = 7,7 \times 10^{-5}$ ч; $\lambda_2 = 9,1 \times 10^{-5}$ ч; $\lambda_3 = 1,1 \times 10^{-4}$ ч,
 $\lambda_4 = 1,4 \times 10^{-4}$ ч, $t_{зад} = 6330$ ч.



Задача 269. $\lambda_1 = 1,7 \times 10^{-4}$ ч; $\lambda_2 = 3,2 \times 10^{-5}$ ч; $\lambda_3 = 3,3 \times 10^{-5}$ ч,
 $\lambda_4 = 9,2 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_5 = 9,4 \times 10^{-5}$ ч, $t_{зад} = 8100$ ч.



Задача 270. $\lambda_1 = 3,2 \times 10^{-4}$ ч; $\lambda_2 = 6,1 \times 10^{-4}$ ч; $\lambda_3 = 3,7 \times 10^{-4}$ ч,
 $\lambda_4 = 2,2 \times 10^{-5}$ ч, $\lambda_5 = 7,0 \times 10^{-5}$ ч, $t_{зад} = 7400$ ч.



БГАРФ

Пример решения и оформления задачи

Задача 1

Судно курсом 196° и скоростью 14 уз следует из точки с координатами $\varphi_1 = 55^\circ 30,018' N$, $\lambda_1 = 18^\circ 11,823' E$. В районе плавания действует течение направлением 100° и скоростью 3 узла, а угол дрейфа от ветра NW составляет 3° . Определить координаты места судна через 42 мин.

Теоретические положения

Задача автоматизации счисления пути судна сводится к непрерывному вычислению составляющих скорости судна V_N и V_E и текущих географических координат места судна.

В случае использования относительного лага, исходными данными для решения задачи вычисления счисляемых координат места судна являются: курс судна K , скорость по лагу V_l , снятые с датчиков и исправленные поправками, направление K_m течения и его скорость V_m и угол дрейфа α . Тогда:

$$V_N = V \cos(K + \alpha) + V_m \cos K_m + \Delta V_N, \quad (1)$$

$$V_E = V \sin(K + \alpha) + V_t \sin K_t + \Delta V_E, \quad (2)$$

где $\Delta V_N, \Delta V_E$ – поправки к составляющим скорости судна, которые определяются с помощью позиционных навигационных систем.

В случае если какие-либо из этих поправок неизвестны, следует принимать их равными нулю.

Текущие счисляемые координаты рассчитываются с учетом сфероидичности земли по следующим формулам:

$$\varphi_{c1} = \varphi_{c0} + V_N \Delta t (0,995 + 0,01 \cdot \cos^2 \varphi_{c0}), \quad (3)$$

$$\lambda_{c1} = \lambda_{c0} + V_E \Delta t (0,995 + 0,0033 \cdot \cos^2 \varphi_{c0}) \cdot \sec \varphi_{cp}, \quad (4)$$

где Δt – задаваемый интервал времени для вычисления счисляемых координат судна.

Решение

1. По формулам (1) и (2), учитывая направление ветра и принимая, что $\Delta V_N = \Delta V_E = 0$, вычисляем составляющие северную и восточную составляющие скорости судна:

$$V_N = 14 \cdot \cos(196^\circ - 3^\circ) + 3 \cdot \cos 100^\circ = -14,16 \text{ уз};$$

$$V_E = 14 \sin(196^\circ - 3^\circ) + 3 \cdot \sin 100^\circ = -0,19 \text{ уз}.$$

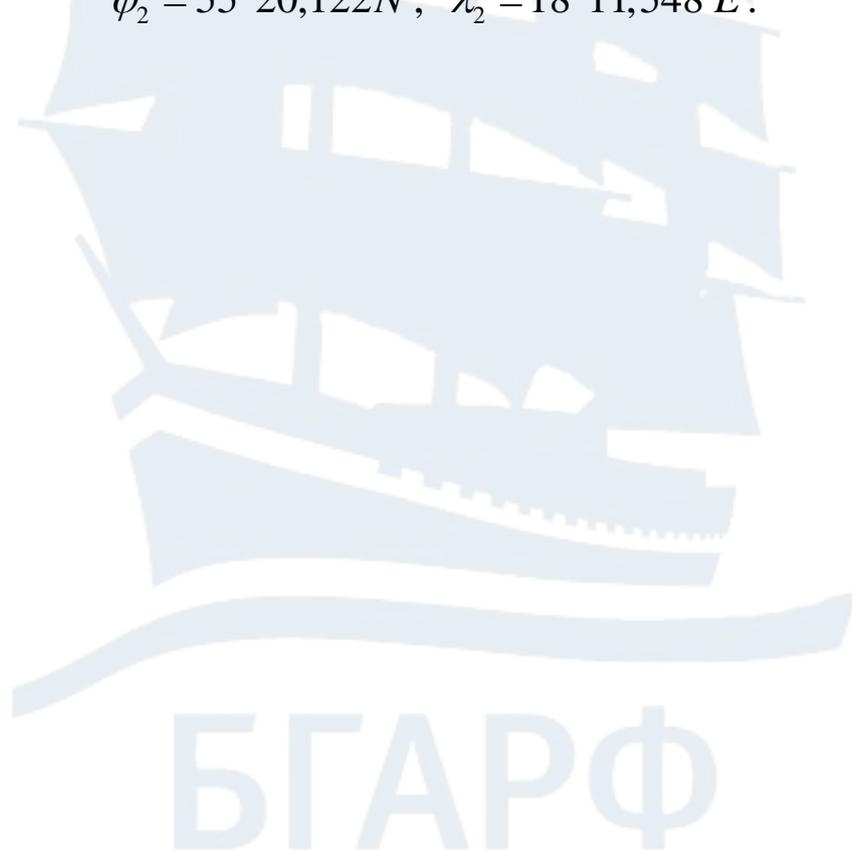
2. По формулам (3) и (4), учитывая соотношение наименований координат и их алгебраических знаков (N и E – «плюс», S и W – «минус»), соотношение единиц измерения, определяем счисляемые координаты места судна на искомый момент времени:

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= 55^\circ 30,018' + (-14,16) \cdot (42/60) \cdot (0,995 + 0,01 \cdot \cos^2 55^\circ 30,018') = \\ &= 55^\circ 30,018' - 9,896' = 55^\circ 20,122N, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= 18^\circ 11,823' + (-0,19) \cdot (42/60) \cdot (0,995 + 0,0033 \cdot \cos^2 55^\circ 30,018') \times \\ &\times \sec 55^\circ 25,070' = 18^\circ 11,823' - 0,275' = 18^\circ 11,548'E. \end{aligned}$$

Окончательно:

$$\varphi_2 = 55^\circ 20,122N, \quad \lambda_2 = 18^\circ 11,548'E.$$



Образец оформления титульного листа контрольной работы

Федеральное агентство по рыболовству
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
Кафедра судовождения

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по курсу «Автоматизация судовождения»

Вариант 25

Выполнил студент

Ефремов В.В.

Шифр Сз-1025

Проверил профессор

Иванов М.Т.

БГАРФ

Калининград

2019

**Виталий Александрович Бондарев
Сергей Владимирович Ермаков**

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ. АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОВОЖДЕНИЯ

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение»
заочной формы обучения
(2-е издание, переработанное и дополненное)

*Ведущий редактор О.В. Напалкова
Младший редактор Г.В. Деркач*

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

*Компьютерное редактирование
И.В. Леонова*

Печать офсетная.

*Подписано в печать 20.06.2019 г.
Усл. печ. л.5,1. Уч.-изд. л. 4,7.*

Формат 60 x 90 1/16.

Заказ № 1509. Тираж 10 экз.

Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:
<http://bgarf.ru/academy/biblioteka/elektronnyj-katalog/>

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

*Издательство БГАРФ,
член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.*