

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего образования**

**«Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет»**

(ФГБОУ ВО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»)

**РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ И РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

Методические указания по выполнению контрольной работы на тему «Обоснование требований к основным эксплуатационным и техническим характеристикам судовых РЛС» для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» заочной формы обучения

Владивосток

2017

УДК 629.12.053-83(07)

ББК 39.471.5

Б907

Рецензент:

Бакланов Е.Н., доцент кафедры «Судовождение», Дальрыбвтуз

Булах Е.Г. Методические указания по выполнению контрольной работы на тему «Обоснование требований к основным эксплуатационным и техническим характеристикам судовых РЛС» для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» заочной формы обучения. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2017, 34 с.

УДК 629.12.053-83(07)

ББК 39.471.5

Б907

© Булах Е.Г. 2017

© Дальневосточный государственный

технический рыбохозяйственный

университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.1 Обоснованные требования к основным эксплуатационным и техническим характеристикам.....	11
1.2 Обоснование частоты излучаемых колебаний (длины волны).....	1
2	
1.3 Обоснование длительности излучаемых импульсов.....	1
5	
1.4 Обоснование частоты следования импульсов и скорости вращения антенны.....	17
1.5 Обоснование необходимой мощности излучения.....	19
1.6 Расчет полосы пропускания и чувствительности приемника.....	22
1.7 Расчет максимальной дальности действия РЛС.....	23
1.8 Расчет минимальной дальности действия, разрешающей способности и точности измерения координат.....	26
Библиографический список.....	19
Приложение 1.....	31
Приложение 2.....	32
Приложение 3.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Судовые радиолокационные станции предназначены для обеспечения безопасности мореплавания при пониженной или ограниченной видимости, а также для определения места судна по известным береговым или плавучим ориентирам или с помощью специально установленных радиолокационных маяков-ответчиков.

Количественно способность РЛС обеспечивать выполнение тех или иных задач судовождения характеризуется эксплуатационными параметрами. Основными эксплуатационными параметрами являются:

- максимальная дальность действия;
- минимальная дальность действия или мертвая зона;
- зона и время обзора;
- разрешающие способности по дальности и направлению;
- точность измерения расстояний и направлений (погрешности измерений);
- эксплуатационная надежность;
- помехозащитность и др.

Эксплуатационные параметры в свою очередь определяются техническими характеристиками РЛС:

- длиной волны (частотой запоминания импульсов);
- частотой следования импульсов;
- мощностью передатчика;

- чувствительностью и полосой пропускания приемника;
- формой диаграммы направленности антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- длительностью и формой зондирующих импульсов;
- скоростью обзора пространства;
- типом оконечного устройства (индикатора);
- габаритными размерами и др.

Для обоснования требований к основным эксплуатационным и техническим характеристикам судовой РЛС необходим анализ задач, возлагаемых на РЛС, условий ее применения, учета отражающих свойств целей и кинематических характеристик их движения. Следует также учитывать возможные ограничения в выборе технических показателей РЛС, например, максимально допустимых размеров антенны, допустимого значения средней или импульсной мощности.

На основании перечисленных данных можно выполнить расчет основных эксплуатационных и технических показателей РЛС. Расчет ведется, как правило, методом последовательного приближения с неоднократным уточнением и согласованием значений величины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

профессиональных (ПК):

ПК-6 - способность нести навигационную ходовую и стояночную вахту на судне;

ПК-11 - владеть теоретическими основами и практическими навыками определения места судна с оценкой точности обсерваций; осознанным применением навигационных карт и средств их отображения;

ПК-21 - владеть навыками действий в аварийных ситуациях и сохранения человеческой жизни на море.

Данные компетенции формируются в соответствии с требованиями МК ПДНВ (Таблица А-П/1 и Таблица А-П/2):

КОМПЕТЕНТНОСТЬ: Определение местоположения и точность определения местоположения различными способами

ЗНАНИЕ, ПОНИМАНИЕ И ПРОФЕССИОНАЛИЗМ:

Способность определять местоположение судна с использованием радионавигационных средств.

Знание принципов радиолокации и средств автоматической радиолокационной прокладки (САРП).

Умение пользоваться радиолокатором и расшифровывать и анализировать полученную информацию.

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Контрольная работа выполняется каждым студентом индивидуально в соответствии с заданным вариантом исходных данных при консультации руководителя. Закрепленная контрольная работа, состоящая из расчетно-пояснительной записки, должна быть представлена к проверке руководителю в указанный в задании срок. После проверки руководитель осуществляет допуск студента к защите контрольной работы или возвращает на доработку и устранение замечаний. Защита контрольной работы осуществляется в соответствии с графиком, разрабатываемым на курсе и согласованным с кафедрой Судовождения.

Контрольная работа печатается в соответствии со стандартом: через полтора машинописных интервала 14 шрифта «Times New Roman». Размер левого поля – 30 мм, правого – 10 мм, верхнего и нижнего – по 20 мм. Страницы нумеруются последовательно в нарастающем порядке. Оформление работы начинается первой страницей, но она не нумеруется (см. приложение №1).

Оглавление располагается на второй странице и также соответствует стандарту.

На третьей странице указывается номер варианта и исходные данные согласно выданному заданию.

При оформлении основной части работы (которая начинается с третьей страницы) следует учитывать, что каждый структурный

элемент содержания работы: введение, главы, параграфы, список литературы, приложения – нужно начинать с новой страницы. Причем, необходимо соблюдать установленное расстояние между заголовком и следующим за ним текстом. Оно должно быть равно трем одинарным интервалам. Расстояние между буквами и строками заголовка являются такими же, как и в самом тексте. Точка в конце заголовка не ставится. Переносы в словах заголовка и подчеркивание самого заголовка не допускаются, но он выделяется жирным шрифтом.

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТами в алфавитном порядке от начальной буквы фамилии автора публикации, или названия источника информации. Кроме того, при оформлении важно учитывать тип источника: монография, публикация в периодическом издании, сборник трудов.

После списка литературы помещаются приложения. Все приложения выполняются на отдельных листах и должны иметь порядковый номер.

В тексте должны быть необходимые графические построения и демонстрационные рисунки, ссылки на используемую литературу. Используемые формулы должны иметь сквозную нумерацию.

Для избегания одной из наиболее часто встречающихся ошибок в расчетах, связанной с неправильным использованием единиц измерений, расчеты рекомендуется проводить в единой международной системе единиц СИ, хотя в некоторых случаях могут быть

оправданы исключения. Например, вычисления по формулам 1, 2 будут более удобными в морских единицах измерений.

Рекомендуется следующая последовательность работы. В первую очередь необходимо четко уяснить задание и исходные данные на выполнение контрольной работы, представленные в Приложении 2.

Оценка за контрольную работу является основанием для сдачи экзамена по дисциплине «Радионавигационные и радиолокационные приборы и системы».

Студент, получивший неудовлетворительную оценку, не допускается к экзамену до устранения задолженности. Защищенные контрольные работы не возвращаются и хранятся в архиве кафедры в течение одного года.

Выбор исходных данных

Исходными данными для выполнения курсовой работы являются:

Скорость судна-носителя РЛС V_c , уз.

2. Высота установки антенны РЛС на судне h_a , м.

3. Длина волнового тракта РЛС l_b , м.

4. Предельные горизонтальные размеры антенны d_a , м.

5. Скорость судна - цели V_c , уз.

6. Водоизмещение судна - цели P , тыс. тонн.

7. Дистанция начала маневра расхождения $D_{н.м.}$, миль.

8. Минимальное расстояние между целями, при котором они должны наблюдаться раздельно с заданной вероятностью, d_p , м.

Заданная вероятность раздельного наблюдения целей $P_{p.н.}$.

10. Минимальная дистанция до групповой цели, при которой должно быть заданное разрешение, D_p , км

Вариант условий наблюдения в соответствии со следующим обозначением цифрами:

очень слабый дождь	0
слабый дождь	1
средний дождь	2
сильный дождь	3
туман при видимости 30 м	4
туман при видимости 50 м	5
туман при видимости 100м	6
туман при видимости 200 м	7
туман при видимости 500 м	8
туман при видимости 1000 м	9

Исходные данные задаются индивидуально каждому студенту руководителем в виде 11-значной цифры, каждый знак которой последовательно позволяет найти необходимые данные в соответствии с таблицей, приведенной в Приложении.

1.1 Обоснованные требования к основным эксплуатационным и техническим характеристикам

Дальность действия РЛС является основным эксплуатационным параметром РЛС. Обнаружение встречного судна должно быть своевременным, чтобы был обеспечен необходимый запас рабочего времени на анализ обстановки, выполнение расчетов, принятие решения и его реализацию для выполнения безопасного маневра на расхождение в соответствии с МППСС-72. Исходя из анализа ситуации сближения двух судов можно записать, что необходимая дальность действия должна быть равна

$$D_n \geq D_{н.м.} + (V_c \cos q_c + V_{ц} \cos q_{ц}) \sum_{i=1}^n t_i,$$

где $D_{н.м.}$ - дистанция начала маневра на расхождение;

$V_c, V_{ц}$ - скорость своего судна и встречной цели соответственно;

$q_c, q_{ц}$ - курсовые углы с судна цель и с цели на судно.

$$\sum_{i=1}^n t_i = t_{обн} + t_{изм_1} + \Delta t + t_{изм_2} + t_{п.д.ц.} + t_{расч} + t_{ком} + t_M,$$

где $t_{обн}$ - время, затрачиваемое на принятие решения об обнаружении цели;

$t_{\text{изм1}}, t_{\text{изм2}}$ - время, затрачиваемое на изменение координат цели первый второй и т.д. раз;

$t_{\text{п.д.ц}}$ - время, затрачиваемое на определение условий расхождения и параметров движения цели;

$t_{\text{расч}}$ - время выполнения расчетов необходимого для расхождения;

$t_{\text{ком}}$ - время прохождения необходимых команд;

$t_{\text{м}}$ - время исполнения команды на маневрирование для расхождения.

Полагаем, что суммарное работное время составляет около 10 мин.

Так как значения q_c и $q_{\text{ц}}$ априорно неизвестны, будем исходить из наиболее жестких условий, когда суда сближаются встречными курсами: $q_c = q_{\text{ц}} = 0$. Таким образом, необходимая дальность действия РЛС должна быть не менее

$$D_n \geq D_{\text{н.м.}} + \sum_{i=1}^n t_i (V_c + V_{\text{ц}}) =$$

м. МИЛЬ

1.2 Обоснование частоты излучаемых колебаний (длины волны)

Частота измеряемых колебаний влияет одновременно на несколько эксплуатационных параметров, поэтому необходимо учи-

тывать связь длины волны с этими параметрами для поиска оптимального значения рабочей частоты.

При заданных геометрических размерах антенны длины волны определяет ширину диаграммы направленности антенны. Для зеркальных антенн справедливо соотношение:

$$\theta_{0,5} \approx 60^\circ \lambda / d_a =$$

где $\theta_{0,5}$ - ширина диаграммы направленности на уровне половинной мощности, град.;

d_a - размер раскрыва антенны в соответствующей плоскости;

λ - длина волны, связана с рабочей частотой f отношением

$$\lambda = c / f =$$

м

где c - скорость распространения радиоволн.

Для волноводно-щелевых антенн горизонтальные размеры определяют количество щелевых элементов антенны N , располагаемых на расстоянии $\lambda_b / 2$ друг от друга: $N = \frac{d_a}{\lambda_b / 2}$, от которого в свою очередь зависит ширина диаграммы направленности:

$$N = \frac{d_a}{\lambda_b / 2} =$$

$$\theta_r \approx 101,8 / N =$$

Необходимо учитывать, что длина волны в волноводе $\lambda_{\text{в}}$ отличается от длины волны в свободном пространстве и для волны типа $H_{1,0}$ может быть определена по формуле

$$\lambda_{\text{в}} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2d}\right)^2}} = \quad \text{м}$$

где d - размер широкой стенки волновода прямоугольного сечения (2,8 см для трехсантиметрового диапазона и 8,7см для десятисантиметрового диапазона).

Ширина диаграммы направленности влияет на потенциальную разрешающую способность по направлению и точность измерения угловых координат

$$r_q = 1,3 \cdot \theta_{\Gamma} =$$

где r_q - потенциальная разрешающая способность по направлению, град.

Оптимальная частота излучения, при которой требуемая излучаемая энергия будет иметь минимум, может быть оценена с помощью эмпирической формулы, справедливой в области дальностей от 40 до 500 км:

$$f (\text{МГц}) \approx \frac{72753}{D_p^{0,5243}} = \quad \text{МГц}$$

где D_p - дальность до цели в км;

f - рабочая частота в МГц.

При $f \geq 5000$ МГц ($\lambda \leq 6$ см) целесообразно в основу проектируемой РЛС положить диапазон длины волны 3,2 см, в противном случае диапазон длины волны 10 см. Необходимо учитывать, что если длину волны брать больше оптимальной, то необходимая энергия увеличивается относительно медленно, а при уменьшении длины волны по давлению с оптимальной необходимая энергия излучения будет возрастать очень быстро, особенно в условиях сильного дождя и плотного тумана. Однако, с другой стороны, увеличение длины волны неблагоприятно скажется на точностных характеристиках РЛС.

1.3 Обоснование длительности излучаемых импульсов

Длительность излучаемых импульсов оказывает влияние на ряд эксплуатационных характеристик станции, особенно на разрешающую способность по дальности, погрешность измерения дальности и мертвую зону станции.

Будем исходить при обосновании длительности импульсов из требования необходимого разрешения двух целей, находящихся на расстоянии D_p от наблюдателя и расстоянии d_p друг от друга.

Разрешающая способность по дальности определяется как минимальное расстояние между двумя целями, находящимися на одном направлении, при котором они наблюдаются раздельно и зави-

сит главным образом от длительности импульсов и разрешающей способности электронно-лучевой трубки индикаторного устройства.

Необходимо иметь ввиду, что для отдельного наблюдения двух целей достаточно иметь их разрешение хотя бы по одной координате: по дальности или по направлению. Поэтому будем рассматривать модель ситуации, при которой имеет место предельное положение наблюдаемых целей по разрешению в обеих координатах (рис. 1).

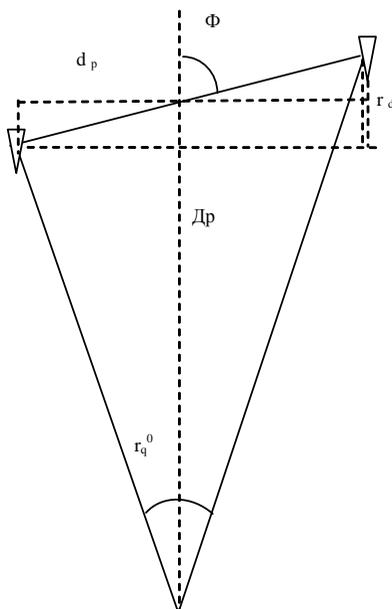


Рис. 1

Необходимая разрешающая способность по дальности

$$r_d = d_p \cdot \cos \Phi_0 = \quad \text{м}$$

Максимально допустимая длительность импульса

$$\tau_u = \frac{4 \cdot r_d}{3 \cdot c} = \quad \text{мкс}$$

1.4 Обоснование частоты следования импульсов и скорости вращения антенны

Частота следования импульсов $F_{\text{и}}$ выбирается исходя из требования однозначного определения дальности и эффективного обнаружения объектов при работе РЛС в режиме кругового обзора. При этом необходимо учитывать длительность прямого и обратного хода развертки ЭЛТ, скорость вращения антенны и ширину диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости.

Для однозначного определения дальности до объекта необходимо, чтобы период $T_{\text{и}} = 1/F_{\text{и}}$ повторения зондирующих импульсов превышал длительность $t_{\text{пр}}$ прямого и $t_{\text{обр}}$ обратного хода развертки:

$$T_{\text{и}} > (t_{\text{пр}} + t_{\text{обр}}).$$

Длительность $t_{\text{пр}}$ связана с дальностью действия РЛС зависимостью

$$t_{\text{пр}} = 2 \cdot D_{\text{max}} / c = \quad ; \quad t_{\text{обр}} \leq 0,25 \cdot t_{\text{пр}} =$$

Таким образом можно записать, что

$$T_u \geq \frac{2,5 \cdot D_{\text{max}}}{c} = \quad , \quad F_u \leq \frac{c}{2,5 \cdot D_{\text{max}}} =$$

где D_{max} - максимальная дальность по шкале индикатора.

Минимальная частота следования импульсов рассматривается совместно со скоростью вращения антенны и шириной диаграммы направленности антенна исходя из того, что для обнаружения цели с достаточно высокой вероятностью необходимо обеспечить облучение точечной цели определенным количеством импульсов N_u при каждом приходе антенны направления на цель.

Время облучения точечной цели $t_{\text{обл}}$ связано с шириной диаграммы направленности θ_z в горизонтальной плоскости и угловой скоростью вращения антенны Ω в зависимости

$$t_{\text{обл}} = \frac{\theta_z^0}{\Omega} = \quad c$$

Тогда минимальное количество импульсов N_u , облучающих объект за один проход диаграммой направленности антенны, будет

$$N_u \geq \frac{\theta_z \cdot F_u}{\Omega} =$$

Таким образом, угловая скорость вращения (в градусах в секунду) должна быть

$$\Omega \leq \frac{\theta_z \cdot F_u}{N_u} =$$

или, переходя к количеству оборотов антенны в минуту

$$n \leq \frac{\theta_r \cdot F_u}{6 \cdot N_{и}} =$$

Для достижения высокой вероятности обнаружения и обеспечения необходимой точности измерения координат количество импульсов в пачке должно быть $N_u = 10 \div 30$.

1.5 Обоснование необходимой мощности излучения

Для оценки необходимой средней мощности излучения $P_{ср}$ предполагаем, что принимается один сигнал длительностью $t_{обл.}$. При этом формула для определения дальности действия РЛС записывается следующим образом:

$$D_{макс.} = \left(\frac{P_{ср} \cdot t_{обл.} \cdot S_a^2 \cdot \bar{\sigma}}{4 \cdot \pi \cdot \lambda^2 \cdot N_{ш} \cdot k \cdot T_0 \cdot K_p} \right)^{0,25} \cdot 10^{-0,05 \cdot \beta \cdot D_{макс.п.} \cdot 10^{-3}}.$$

Разрешив это выражение относительно $P_{ср}$, находим формулу для обоснования необходимой средней мощности излучения:

$$P_{\text{ср}} \geq \frac{4 \cdot \pi \cdot \lambda^2 \cdot N_{\text{ш}} \cdot T_0 \cdot K_{\text{р}} \cdot k}{t_{\text{обл}} \cdot S_{\text{а}}^2 \cdot \bar{\sigma}} \cdot D_{\text{макс.п.}}^4 \cdot 10^{0,2 \cdot \beta \cdot D_{\text{макс.п.}}} \cdot 10^{-3} =$$

= Вт.

Так как третий множитель примерно равен 1, принимаем $P_{\text{ср}}$ больше или равно произведению первого и второго множителей. Коэффициент шума $N_{\text{ш}}$ для радиолокационных приемников, не имеющих усилителей высокой частоты, лежит в пределах от 30 до 150, коэффициент распознавания $K_{\text{р}}$ зависит от заданной вероятности правильного обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги и рекомендуется выбирать в пределах от 1 до 2.

Эффективная площадь антенны $S_{\text{а}}$ связана с коэффициентом усиления антенны по мощности G соотношением

$$S_{\text{а}} \approx \lambda^2 \cdot G / 4 \cdot \pi \approx 2800 \cdot \lambda^2 / \theta_z \cdot \theta_g =$$

где θ_z и θ_g - ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно. θ_g для судовых РЛС имеет значение около 20° , θ_z - рассчитано ранее в зависимости от горизонтального размера антенны.

Эффективную поверхность рассеяния $\bar{\sigma}$ в зависимости от водоизмещения наблюдаемого объекта P можно оценить по эмпирической формуле

$$\bar{\sigma} = 52\sqrt{f \cdot P^3} =$$

где f - рабочая частота в МГц;

P - водоизмещение судна в тыс. тонн.

Коэффициент пространственного затухания β зависит от рабочей частоты и наличия тумана и осадков.

Для трехсантиметрового диапазона при отсутствии или наличии осадков в виде дождя

$$\beta = 0,012 + 0,02S_{\text{д}},$$

а для десятисантиметрового диапазона

$$\beta = 0,007 + 0,0006S_{\text{д}},$$

где β - коэффициент затухания, дБ/км;

$S_{\text{д}}$ - интенсивность дождя, мм/ч.

В условиях тумана для оценки β можно пользоваться эмпирическими формулами:

$$\beta = 0,012 + \frac{2}{B} = \quad \text{- для трехсантиметрового диапазона}$$

$$\beta = 0,007 + \frac{0,1}{B} \quad \text{- для десятисантиметрового диапазона,}$$

где B – дальность видимости в тумане, м.

Рассчитав необходимую среднюю мощность P_{cp} и учитывая, что $P_{cp} \cdot T_u = P_u \cdot \tau_u$, можно определить необходимую импульсную мощность излучения

$$P_u = P_{cp} \cdot \frac{T_u}{\tau_u} = \frac{P_{cp}}{F_u \cdot \tau_u} = \quad \text{кВт}$$

В целях недопущения значительного вредного влияния излучения на окружающую среду нежелательно, чтобы импульсная мощность излучения превышала 30-50 кВт.

1.6 Расчет полосы пропускания и чувствительности приемника

За чувствительность приемника в радиолокации принимается пороговая мощность сигнала на входе приемника, превышение которой дает необходимый для обнаружения выходной эффект. Она определяется в основном мощностью внутренних импульсов приемника

$$P_{пр \min} = k \cdot T \cdot \Delta f \cdot N_{ш} \cdot K_p = \quad \text{Вт}$$

k - постоянная Больцмана, характеризующая приращение энергии шумов на единицу полосы пропускания при повышении температуры на 1^0 и равная $1,37 \cdot 10^{-23}$ Дж/к;

T - температура приемника в градусах Кельвина (273^0);

Δf - полоса пропускания приемника, Гц;

$N_{ш}$ - коэффициент шума приемника;

K_p - коэффициент распознавания.

Оптимальная полоса пропускания приемника для выбранной длительности импульса τ_u определяется из соотношения:

$$\Delta f = \frac{1,37}{\tau_u} = \text{МГц}$$

Коэффициент шума $N_{ш}$, как было уже сказано выше, выбирается для приемников без усилителей высокой частоты в пределах от 30 до 150 и зависит от качества приемника.

1.7 Расчет максимальной дальности действия РЛС

Для расчета максимальной дальности действия РЛС обратимся к уравнению:

$$D_{\text{макс.}} = 4 \sqrt{\frac{P_u}{P_{np \text{ min}}} \cdot \eta^2 \cdot \frac{G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \bar{\sigma}}{(4\pi)^3} \cdot 10^{-0,05 \cdot \beta \cdot D_{\text{макс.п.}} \cdot 10^{-3}}},$$

где η - коэффициент полезного действия антенно-волноводного тракта, учитывающий потери в волноводе и зависящий от его длины ℓ_e и коэффициента затухания в волноводе β_e :

$$\eta = 10^{-0,1 \cdot \ell_e \cdot \beta_e} =$$

Для латунных волноводов 10-сантиметрового диапазона коэффициент затухания составляет 0,062 дБ/м, для волноводов 3-сантиметрового диапазона - 0,23 дБ/м.

При расчете коэффициента направленности антенны воспользуемся соотношением

$$G = \frac{41253}{\theta_2^0 \cdot \theta_6^0} =$$

где ширина диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях выражены в градусах.

Для расчета коэффициента пространственного затухания β в зависимости от условий используются формулы (18, 19, 20, 21).

Уравнение для расчета дальности действия с учетом потерь можно представить в следующем виде:

$$D_{\text{макс.п.}} = D_{\text{макс}} \cdot 10^{-0,05 \cdot \beta \cdot D_{\text{макс.п.}} \cdot 10^{-3}}.$$

Так как это уравнение трансцендентное, будем решать его графоаналитическим путем. Введем замену переменных

$$D_{\text{макс.п.}} / D_{\text{макс}} = x; \quad 0,05 \cdot \beta \cdot D_{\text{макс}} = a,$$

и прологарифмируем, в результате получим новое уравнение

$$\log x = -a \cdot x.$$

$$a = 0,05 \cdot \beta \cdot D_{\text{макс}} =$$

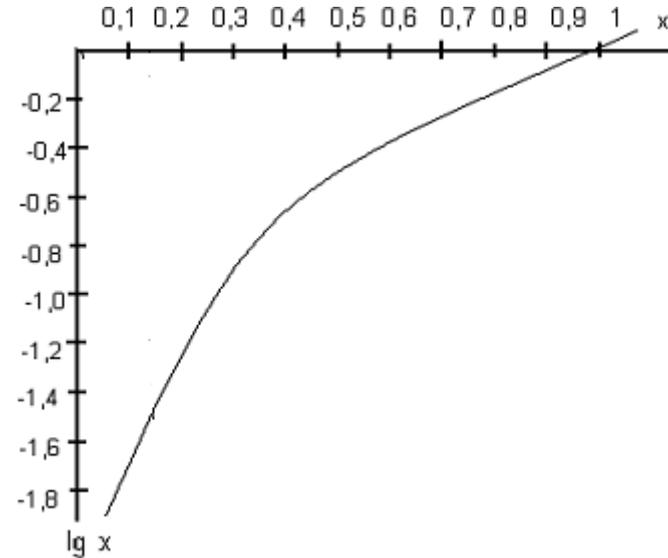


Рис.2

Так как $x < 1$, задаемся значениями x от 0,01 до 1, вычисляем кривую $y_1 = \log x$ и прямую $y_2 = -ax$ и наносим по точкам их на график, как показано на рис. 2. По точке пересечения графиков находим искомое значение x и определяем

$$D_{\text{макс.п.}} = x \cdot D_{\text{макс}} =$$

Полученное значение максимальной дальности действия не должно существенно отличаться от ранее обоснованной необходимой дальности действия, в противном случае необходим анализ выбранных ранее параметров и их уточнение.

1.8 Расчет минимальной дальности действия, разрешающей способности и точности измерения координат

При расчете минимальной дальности действия (мертвой зоны) станции необходимо учитывать не только тактические характеристики станции, но и высоту установки антенны.

Мертвая зона не может быть менее дистанции, проходимой излученным импульсом за время работы антенны на его передачу. Это время складывается из дальности излучаемого импульса τ и времени срабатывания антенного переключателя при переключении на прием τ_n :

$$r'_{\text{МЗ}} \geq \frac{c \cdot (\tau + \tau_n)}{2}.$$

С другой стороны, в зависимости от высоты h_a установки антенны и ширины диаграммы направленности в вертикальной плоскости θ_v , в непосредственной близости от антенны под диаграммой направленности образуется не просматриваемая зона протяженностью

$$r''_{\text{МЗ}} \geq \frac{h_a}{\text{tg} \frac{\theta_v}{2}} = \quad \text{М}$$

За «мертвую» зону следует считать большее значение

$$r_{\text{МЗ}} = \max(r'_{\text{МЗ}}, r''_{\text{МЗ}}).$$

Потенциальная среднеквадратическая погрешность измерения дальности σ_d и направления σ_q в зависимости от отношения сигнал/шум a рассчитывается по формулам:

$$\sigma_d = \frac{c \cdot \tau_u}{\sqrt{\pi \cdot a}} = \quad \text{м}$$

$$\sigma_q = \frac{\theta_z}{\sqrt{\pi \cdot a}} =$$

На максимальной дальности (в момент обнаружения) $a \approx 1$.

Сводная таблица расчетов

Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости	θ_z , град.	
Ширина диаграммы направленности в вертикальной плоскости	θ_v , град.	20
Длина волны	λ , м	
Длина волны в волноводе	λ_v , м	
Максимальная дальность действия РЛС	D_{\max} , м.миль	96
Длительность импульса	τ_u , мкс	
Рабочая частота	f , МГц	
Разрешающая способность по направлению	r_q , град	
Разрешающая способность по дальности	r_d , м	
Частота следования импульсов	F_u , с ⁻¹	

Период повторения зондирующих импульсов	$T_u, \text{с}$	
Угловая скорость вращения антенны	$\Omega, \text{град/с}$	
Средняя мощность излучения	$P_{cp}, \text{Вт}$	
Полоса пропускания приемника	$\Delta f, \text{МГц}$	
Количество импульсов в пакете	N_u	10
Коэффициент различимости	K_p	1,0
Чувствительность приемника	$P_{np \text{ min}}$	
Коэффициент полезного действия	η	
«Мертвая зона»	$r_{MЗ}, \text{м}$	
Максимальная дальность действия с потерями	$D_{\text{макс.}}$	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байрашевский А.М., Ничипоренко Н.Т. Судовые радиолокационные системы. - М.: Транспорт, 1982. - 320 с.
2. Бездольный В.П. Судовые радиолокационные станции. - Владивосток: Дальрыбвтуз, 1988.-108 с.
3. Василенко В.А., Розен Б.С., Серегин В.В. Радионавигационные приборы и системы. - М.: Агропромиздат, 1986.-320 с.
4. Васин В.В., Степанов Б.М. Справочник-задачник по радиолокации. М.: Советское радио, 1977.-320 с.
5. Морская радиолокация/ [В.И. Винокуров, В.А. Генкин, С.П. Колесниченко, А.З. Киселев, В.И. Щербак]. - Л.: Судостроение, 1986.-256 с.
6. Судовая радиоэлектроника и радионавигационные приборы/ [А.М. Байрашевский, А.В. Жерлаков, А.А. Ильин, Н.Т. Ничипоренко, В.В. Серегин]. - М.: Транспорт, 1988.-271 с.
7. Теория и практика эксплуатации радиолокационных систем [С.М. Латинский, В.Н. Шарапов, С.П. Ксендз, С.С. Афанасьев]. - М: Советское радио, 1970.-432 с.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Федеральное государственное бюджетное образова-
тельное учреждение
высшего образования

«Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет»
(ФГБОУ ВО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»)

Кафедра «Судовождение»

РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ И
РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Контрольная работа на тему
«Обоснование требований к основным эксплуатационным и
техническим характеристикам судовых РЛС»

Выполнил:

студент гр. СВс-214

Иванов В.В.

Проверил:

Петров В.В.

Владивосток

2017

Приложение 2

Значение варианта Номер цифры		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	V_c , уз	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
2	h_a , м	11	10	20	19	8	17	16	15	14	12
3	l_6 , м	10	11	18	16	15	14	9	13	12	8
4	d_a , м	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,5	2,6	2,9
5	V_u , уз	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10
6	P , тыс. т	3	5	8	10	12	15	16	18	20	30
7	D _{н.м.} , миль	50	55	60	65	70	75	80	45	40	35
8	d_p , м	80	85	90	100	110	120	125	130	140	150
9	$P_{p.н.}$, %	50	60	65	70	75	80	85	90	95	55
10	D_p , км	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15
11	Вариант условий	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Номер вариант соответствует порядковому номеру студента в зачетной (экзаменационной) ведомости.

Пример: Задан вариант 25.341.608.907

Исходные данные $V_c = 10$ уз; $h_a = 17$ м; $l_a = 16$ м; $d_a = 1,9$ м;
 $V_u = 18$ уз; $P = 16$ тыс. т; $D_{н.м.} = 50$ миль; $d_p = 140$ м; $P_{р.н.} = 55\%$;
 $D_p = 5$ км; вариант условий наблюдения №7 - туман при видимости 200 м (варианты условий наблюдений представлены на странице 6).

Приложение 3

Порядковый номер студента	Номер варианта
1	888.888.888.88
2	666.666.666.66
3	555.555.555.55
4	123.456.789.14
5	444.444.444.44
6	333.333.333.38
7	232.345.678.27
8	311.234.567.36
9	777.777.777.77
10	222.222.222.26
11	400.123.456.09
12	544.002.345.47
13	111.111.111.18
14	000.000.000.08

15	010.101.010.19
16	101.202.303.47
17	655.561.234.55
18	404.333.265.26
19	987.654.321.95
20	896.765.213.89
21	775.543.002.88
22	653.891.528.37
23	529.420.846.28
24	798.429.752.39
25	442.856.293.46
26	196.704.173.19
27	196.409.113.59
28	188.807.107.17
29	256.231.430.05
30	468.690.202.28