



УДК 627.7

ВОПРОСЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ БУЕВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

К.А. Балакина, магистрант кафедры системного анализа и логистики ГУАП.

В данной статье были рассмотрена работа береговых станций для обеспечения бесперебойного слежения за судами в арктическом регионе России. Произведен расчет радиуса действия АИС станций, определено оптимальное количество береговых станций для бесперебойного отслеживания судов. Предложена схема размещения станций слежения на участке северного морского пути.

Ключевые слова: станции слежения, автоматизированные информационные системы, северный морской путь.

Северный морской путь (СМП) кратчайший морской путь между Европейской частью России и Дальним Востоком. Он позволяет сократить время доставки грузов на 30% по сравнению с южным путем. Но в СМП имеет ряд проблем, которые существенно осложняют задачу перевозки грузов:

1. Некруглогодичное сообщение,
2. Сложные условия для перемещения судов,
3. Низкий уровень безопасности из-за малого количества береговых навигационных систем.

В первую очередь необходимо создать сеть береговых станций для обеспечения бесперебойного отслеживания судов. Безопасность на СМП напрямую зависит от возможности отследить судно, так как в случае поломки или непредвиденных обстоятельств судно заледенеет, что может привести к гибели экипажа.

Для создания полного покрытия СМП можно использовать морские буи с установленными на них АИС (автоматическая идентификационная система) станциями. Для северных условий подойдут ледовые буи компании ООО «Навигатор-СПб», модель БМБЛ-89. БМБЛ-89 (буй морской большой ледовый) предназначены для ограждения навигационных опасностей, подводных трубопроводов и кабелей, систем разделения движения, мест якорных стоянок на открытой глубоководной морской акватории. Параметры БМБЛ-89 приведены ниже:

- Глубина постановки(рекомендуемая) – от 10 до 100 м;
- Габаритная длина буя – 10,4 м;
- Высота огня при осадке буя (максимальной) – 5 м;
- Диаметр корпуса буя – 1,8 м;
- Масса буя – 4350 кг;
- Допускаемая толщина льда – 1 м;
- Срок эксплуатации – 10 лет;
- Цена – 200 000 руб.

БМБЛ-89 поставляется компанией ООО «Навигатор-СПб» (Санкт-Петербург). При выходе из строя элементов буя необходимо организовать поставку от нескольких поставщиков, находящихся так же в Санкт-Петербурге:



- навигационный фонарь ФЭН-90МЛ - 780 Ремонтный завод технических средств кораблевождения;
- источник питания тритон - ООО "МашМарт" или ООО "СваркаМолл".

Согласно проанализированным данным логистическую цепочку движения можно представить следующим образом.



Рис. 1

Для целесообразной работы буев необходимо их оптимальное размещение. На рисунке 1 отображено размещение буев на участке СМП 2000 км от Канина полуострова до полуострова Таймыр.

Рассчитать радиус действия АИС станций, установленных в буюх можно по формуле:

$$r = \sqrt{2.18 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot G \cdot h1 \cdot h2}{\lambda \cdot E}}}$$

где r – радиус, км;

P – мощность излучателя, кВт;

G – чувствительность, дБ;

$h1$ – высота установки антенны АИС береговой, м;

$h2$ – высота установки антенны АИС судна (средняя), м;

λ – длина волны, м;

E – напряженность поля, мВ.



$$r = \sqrt{2.18 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot G \cdot h_1 \cdot h_2}{\lambda \cdot E}}} = \sqrt{2.18 \cdot \sqrt{\frac{12,5 \cdot 110 \cdot 5 \cdot 25}{1,8 \cdot 50}}} \approx 70 \text{ км}$$

$$D = 2 \cdot r = 140 \text{ км}$$

Из расчета ясно, что с учетом всех вышеперечисленных параметров 1 буй может охватить зону диаметром 140 км. Следовательно, на пути необходимо установить 18 буев.



Рис. 2. Расположение буйев с оборудованием на отрезке СМП

На основе расстановки буйев создан граф.

Длины ребер графов равны между собой и равны 140 км. Общая протяженность графа составляет 2380 км. Общая площадь покрытия составляет:

$$S = (\pi \cdot r^2) \cdot 18 = 277088.4 \text{ км}^2$$

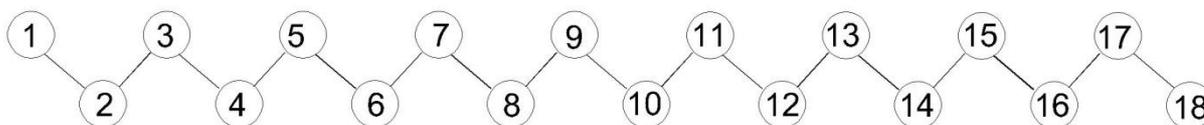


Рис. 3. Граф расстановки буйев



Математическая модель графа представляет собой матрицу смежности:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	140
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0

Решить граф можно несколькими способами, но наиболее оптимальным и удобным является алгоритм Дейкстры.

Для расчета скорости прохождения сигнала между буями на максимальном расстоянии используется формула:

$$t = \frac{S}{v}$$

где S – расстояние, м

V – скорость распространения радиоволн в свободном пространстве, м/с

Величина V является постоянной в данной формуле и равна $3 \cdot 10^8$ м/с.

$$t = \frac{140\,000}{3 \cdot 10^8} = 4.6 \cdot 10^{-4} \text{ с}$$

Т.к. расстояние между всеми 18 буями равно, то достаточно расчет произвести между 1 и 2. Время прохождения сигнала по всему графу составит:

$$t_{\text{общ}} = 17 \cdot 3 \cdot 10^8 = 7.9 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Для их обслуживания необходимо организовать сервисную службу. Для доставки персонала используются морские суда, которые будут выходить из порта Мурманск или из порта Нарьян-Мар.



Рис. 4. Расположение буев относительно городов базирования сервисных служб

Заключение.

В результате проведенного расчета была представлена приблизительная схема размещения 18 буев на участке северного морского пути. При представлении схемы размещения предполагалось, что после завершения судоходства буи будут убираться на базу снабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокушев Л. А. «Дискретная математика. основы теории графов и алгоритмизации задач», СПб ГУАП, 2000 - 82 с
2. Тимофеев А., Северо-восточная Азия на подступах к Северному морскому пути, 25.04.2016, [Режим доступа] - URL <http://www.iarex.ru/articles/52564.html> (дата обращения 29.09.2016)
3. Администрация северного морского пути, [Режим доступа] - URL <http://asmp.morflot.ru> (дата обращения 21.04.2016)