**Формирование графика движения судов**

На основе исходного массива Заявок на ледокольную проводку необходимо сформировать график движения судов и ледоколов на горизонте планирования 1 месяц.

**Исходные данные**

1. Набор ледоколов (таблица 1)

Ледокол:

* + IMO - уникальный 7-ми значный идентификатор судна.
  + Наименование ледокола.

1. Набор Заявок на ледокольную проводку на один месяц (таблица 2), каждая из которых содержит следующие сведения:

* Номер Заявки
* Судно:
  + IMO - уникальный 7-ми значный идентификатор судна.
  + Наименование судна.
  + Ледовый класс судна (значение из предопределенного списка: No ice class, Ice1, Ice2, Ice3, Аrс4, Аrс5, Аrс6, Аrс7, Аrс8, Аrс9).
  + Скорость движения по чистой воде в узлах.
* Пункт начала плавания (выбирается из списка: начальная точка в Баренцевом море, Сабетта-1, Сабетта-2, Сабетта-3).
* Пункт окончания плавания (выбирается из списка: начальная точка в Баренцевом море, Сабетта-1, Сабетта-2, Сабетта-3).
* Дата и время начала плавания.
* Дата и время окончания плавания (ЕТА).

1. Маршруты движения задаются графом рекомендованных маршрутов движения судов в формате geoJSON.

<http://geojson.io/#id=gist:gormax/e43db84921f97681ed71fafc0f92360d&map=5/71.476/61.414>

1. Погодные условия задаются на каждом отрезке рекомендованного маршрута (ребре графа) на каждую дату месяца (таблица 3):

* Номер ребра (свойство id у каждого элемента коллекции в geoJSON)
* Дата
* Сплоченность льда в баллах от 0 (чистая вода) до 10 (сплошной лёд).

*\*В модельной задаче задается как интегральная величина для всего отрезка*

1. Ограничения на движение судов. В зависимости от ледового класса судна и сплоченности льда судно может двигаться на отрезке маршрута **самостоятельно** или **под проводкой ледокола** или **движение судна запрещено**.

Если судно может двигаться самостоятельно, то допускается его включение в караван под проводку ледокола. Если судну задан режим движения под проводкой, то самостоятельное движение не допускается. Если движение судну запрещено, то не допускается ни самостоятельное движение, ни движение под проводкой ледокола.

Режимы движения на отрезках маршрута определяются следующей таблицей:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ледовый класс** | **Баллы сплоченности льда** | | |
| 0-3 | 4-6 | 7-10 |
| No ice class, Ice1-Ice3 | самостоятельно | проводка | запрещено |
| Arc4-Arc6 | самостоятельно | самостоятельно | проводка |
| Arc7-Arc9 | самостоятельно | самостоятельно | самостоятельно |

1. Погодные условия замедляют скорость движения судна, относительно скорости движения судна чистой воде (задана в Заявке) на 7% с каждым баллом сплоченности.
2. Ограничение на плавание ледоколов. Для каждого ледокола задаются доступные ему для плавания отрезки маршрутов. В таблице 4 отмечена доступность для каждого ледокола.
3. Под проводкой ледоколов суда двигаются со скоростью 9 узлов вне зависимости от сплоченности льда.

**Задание**

Необходимо сформировать график движения судов и ледоколов на 1 месяц в виде следующей таблицы:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Судно | Номер Заявки | Ледокол  (пусто, если судно идет самостоятельно) | Дата и время начала  (проводки или самостоятельного плавания) | Дата и время окончания (проводки или самостоятельного плавания) | Отрезок начала (проводки или самостоятельного плавания) | Отрезок окончания (проводки или самостоятельного плавания) |

*\*по одной Заявке в таблице может быть несколько строк, в случае если судно часть маршрута шло самостоятельно, а часть под проводками.*

* При формировании графика допускается сдвиг Даты окончания плавания (ЕТА) относительного того, что указано в Заявке. Максимально допустимый сдвиг ЕТА не более 2-х суток.
* В Заявке указывается Пункт начала плавания и Пункт окончания плавания – эти пункты могут не совпадать с началом проводки или окончанием проводки, если часть маршрута судно может пройти самостоятельно. Одна Заявка может исполняться несколькими ледоколами (часть маршрута в составе одного каравана, часть в составе другого).
* Ледокол может брать под проводку до 3-ех судов (формировать караван).
* Начало и окончание проводки, изменение состава караван осуществляется в начальных или конечных точках ребер графа.

Критериями оптимизации являются:

* минимизация суммарного отклонения от ЕТА (сумма отклонений ЕТА по каждой Заявке);
* минимизация суммарного пройденного всеми ледоколами расстояния.

Таблица 1. Перечень ледоколов

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование** | **IMO** |
| 50 лет Победы | 9152959 |
| Ямал | 9077549 |
| Таймыр | 8417481 |
| Вайгач | 8417493 |

Таблица 2. Перечень Заявок

| **Наименование** | **IMO** | **Ледовый класс** | **Скорость, уз** | **Пункт начала плавания** | **Пункт окончания плавания** | **Дата и время начала плавания** | **Дата и время окончания плавания** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Штурман Альбанов | 9752084 | Arc7 | 15 | точка в Баренцевом море | Саббета 3 | 01.01.21 23:30 | 05.01.21 5:00 |
| Штурман Альбанов | 9752084 | Arc7 | 15 | Саббета 3 | точка в Баренцевом море | 06.01.21 11:00 | 10.01.21 18:00 |
| Штурман Альбанов | 9752084 | Arc7 | 15 | точка в Баренцевом море | Саббета 3 | 12.01.21 18:00 | 16.01.21 22:00 |
| Штурман Альбанов | 9752084 | Arc7 | 15 | Саббета 3 | точка в Баренцевом море | 17.01.21 6:00 | 21.01.21 20:45 |
| Штурман Альбанов | 9752084 | Arc7 | 15 | точка в Баренцевом море | Саббета 3 | 21.01.21 9:00 | 26.01.21 22:00 |
| Штурман Альбанов | 9752084 | Arc7 | 15 | Саббета 3 | точка в Баренцевом море | 28.01.21 1:00 | 02.02.21 19:00 |
| Штурман Кошелев | 9759939 | Arc7 | 15 | Саббета 3 | точка в Баренцевом море | 02.01.21 20:30 | 06.01.21 7:00 |
| Штурман Кошелев | 9759939 | Arc7 | 15 | точка в Баренцевом море | Саббета 3 | 07.01.21 19:00 | 11.01.21 3:20 |
| Штурман Кошелев | 9759939 | Arc7 | 15 | Саббета 3 | точка в Баренцевом море | 13.01.21 16:00 | 17.01.21 14:00 |
| Штурман Кошелев | 9759939 | Arc7 | 15 | точка в Баренцевом море | Саббета 3 | 17.01.21 13:00 | 21.01.21 16:20 |
| Штурман Кошелев | 9759939 | Arc7 | 15 | Саббета 3 | точка в Баренцевом море | 22.01.21 7:30 | 26.01.21 19:00 |
| Штурман Кошелев | 9759939 | Arc7 | 15 | точка в Баренцевом море | Саббета 3 | 28.01.21 2:00 | 03.02.21 19:00 |
| Лагорта | 9194012 | Arc5 | 15 | точка в Баренцевом море | Саббета 3 | 27.12.20 23:00 | 07.01.21 17:00 |
| Лагорта | 9194012 | Arc5 | 15 | Саббета 3 | точка в Баренцевом море | 20.01.21 15:00 | 30.01.21 22:00 |
| Михаил Лазарев | 9837547 | Arc7 | 15 | Саббета 2 | точка в Баренцевом море | 14.01.21 22:00 | 18.01.21 10:00 |
| Михаил Лазарев | 9837547 | Arc7 | 15 | точка в Баренцевом море | Саббета 2 | 19.01.21 12:00 | 23.01.21 12:00 |
| Юрий Кучиев | 9804033 | Arc7 | 14 | Саббета 1 | точка в Баренцевом море | 07.01.21 0:00 | 10.01.21 14:00 |
| Юрий Кучиев | 9804033 | Arc7 | 14 | точка в Баренцевом море | Саббета 1 | 26.01.21 22:00 | 31.01.21 20:00 |
| Эдуард Толль | 9750696 | Arc7 | 19 | точка в Баренцевом море | Саббета 1 | 01.01.21 17:30 | 04.01.21 5:00 |
| Эдуард Толль | 9750696 | Arc7 | 19 | Саббета 1 | точка в Баренцевом море | 07.01.21 17:00 | 11.01.21 12:30 |
| Борис Давыдов | 9768394 | Arc7 | 19 | точка в Баренцевом море | Саббета 1 | 08.01.21 22:00 | 10.01.21 14:15 |
| Владимир Воронин | 9750737 | Arc7 | 19 | точка в Баренцевом море | Саббета 1 | 16.01.21 18:00 | 18.01.21 19:00 |
| Владимир Воронин | 9750737 | Arc7 | 19 | Саббета 1 | точка в Баренцевом море | 26.01.21 10:00 | 29.01.21 22:30 |
| Владимир Русанов | 9750701 | Arc7 | 19 | Саббета 1 | точка в Баренцевом море | 01.01.21 0:00 | 03.01.21 12:45 |
| Арктика-2 | 9243801 | Arc5 | 14 | точка в Баренцевом море | Саббета 2 | 13.01.21 1:30 | 16.01.21 9:30 |
| Арктика-2 | 9243801 | Arc5 | 14 | Саббета 2 | точка в Баренцевом море | 24.01.21 21:00 | 28.01.21 21:00 |
| РЗК Константа | 8711289 | Arc5 | 15 | Сабетта 2 | точка в Баренцевом море | 29.12.20 15:00 | 02.01.21 19:30 |
| РЗК Константа | 8711289 | Arc5 | 15 | точка в Баренцевом море | Сабетта 1 | 09.01.21 3:00 | 13.01.21 21:30 |
| РЗК Константа | 8711289 | Arc5 | 15 | Сабетта 1 | точка в Баренцевом море | 19.01.21 4:00 | 22.01.21 18:00 |
| Беринг | 9267297 | Arc4 | 14 | Сабетта 2 | точка в Баренцевом море | 05.01.21 21:00 | 08.01.21 10:00 |
| Беринг | 9267297 | Arc4 | 14 | точка в Баренцевом море | Сабетта 2 | 24.01.21 10:00 | 28.01.21 22:00 |
| Северный проект | 9202053 | Arc4 | 12 | точка в Баренцевом море | Сабетта 2 | 23.01.21 0:30 | 30.01.21 21:00 |
| Мыс Желания | 9366110 | Arc4 | 16 | точка в Баренцевом море | Сабетта 2 | 31.12.20 12:00 | 02.01.21 12:00 |
| Мыс Желания | 9366110 | Arc4 | 16 | Сабетта 2 | точка в Баренцевом море | 16.01.021 12:30 | 19.01.21 22:00 |
| Мыс Желания | 9366110 | Arc4 | 16 | точка в Баренцевом море | Сабетта 2 | 29.01.21 10:00 | 01.02.2021 23:30:00:00 |
| Никифор Бегичев | 9014896 | Arc4 | 14 | точка в Баренцевом море | Сабетта 2 | 16.01.21 3:00 | 20.01.21 3:00 |
| Никифор Бегичев | 9014896 | Arc4 | 14 | Сабетта 2 | точка в Баренцевом море | 22.01.21 3:00 | 26.01.21 22:00 |
| LNG PHECDA | 9834313 | No ice class | 18 | точка в Баренцевом море | Сабетта 1 | 02.01.21 12:30 | 04.01.21 12:00 |
| LNG PHECDA | 9834313 | No ice class | 18 | Сабетта 1 | точка в Баренцевом море | 04.01.21 11:00 | 06.01.21 14:00 |
| LNG PHECDA | 9834313 | No ice class | 18 | точка в Баренцевом море | Сабетта 1 | 16.01.21 9:00 | 18.01.21 16:30 |
| LNG PHECDA | 9834313 | No ice class | 18 | Сабетта 1 | точка в Баренцевом море | 20.01.21 9:00 | 22.01.21 22:00 |
| LNG DUBHE | 9834296 | No ice class | 16 | точка в Баренцевом море | Сабетта 1 | 02.01.21 0:30 | 03.01.21 23:30 |
| LNG DUBHE | 9834296 | No ice class | 16 | Сабетта 1 | точка в Баренцевом море | 06.01.21 15:00 | 08.01.21 16:00 |
| LNG DUBHE | 9834296 | No ice class | 16 | точка в Баренцевом море | Сабетта 1 | 12.01.21 10:00 | 14.01.21 16:30 |
| LNG DUBHE | 9834296 | No ice class | 16 | Сабетта 1 | точка в Баренцевом море | 13.01.21 19:30 | 15.01.21 10:00 |
| LNG DUBHE | 9834296 | No ice class | 16 | точка в Баренцевом море | Сабетта 1 | 22.01.21 7:00 | 24.01.21 18:30 |
| LNG DUBHE | 9834296 | No ice class | 16 | Сабетта 1 | точка в Баренцевом море | 23.01.21 0:30 | 25.01.21 23:30 |

Таблица 3. Сплоченность в баллах на отрезках маршрута на даты ближайшего месяца

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер ребра** | **Числа месяца** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** | ***5*** | ***6*** | ***7*** | ***8*** | ***9*** | ***10*** | ***11*** | ***12*** | ***13*** | ***14*** | ***15*** | ***16*** | ***17*** | ***18*** | ***19*** | ***20*** | ***21*** | ***22*** | ***23*** | ***24*** | ***25*** | ***26*** | ***27*** | ***28*** | ***29*** | ***30*** |
| ***1*** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| ***2*** | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| ***3*** | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| ***4*** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| ***5*** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| ***6*** | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| ***7*** | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| ***8*** | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| ***9*** | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| ***10*** | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| ***11*** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| ***12*** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| ***13*** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| ***14*** | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 |

Таблица 3. Доступность ребра для ледокола (1-доступно, 0 – не доступно)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер ребра** | **50 лет Победы** | **Ямал** | **Таймыр** | **Вайгач** |
| ***1*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***2*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***3*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***4*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***5*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***6*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***7*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***8*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***9*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***10*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***11*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***12*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***13*** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ***14*** | 0 | 0 | 1 | 1 |