

## Программный комплекс для сопровождения и планирования морских работ ГСК-море

■ Фролов А.С., ЗАО НПЦ «Геосейсконтроль»

**Аннотация.** В статье описывается комплекс программ для сопровождения и планирования морских работ ГСК-Море. Основным его предназначением является формирование базы данных с информацией о ходе морских сейсморазведочных работ с целью облегчения процесса формирования ежедневной отчетности. Дополнительно описывается модуль и алгоритмы комплекса планирования и оценки времени производства морских работ.

При производстве морских сейсморазведочных работ одним из обязательных требований является подготовка и отправка ежедневной и ежемесячной отчетности. Данные сводки могут включать крайне большое количество информации, такой как:

- Основные параметры работ;
- Хронология работ за день;
- Списки отработанных профилей;
- Отчетность по контролю качества отработанных объемов;
- Показатели ПБОТОС;
- Запасы топлива и воды на судне;
- Встреченные морские млекопитающие.

Ввиду всего вышеперечисленного ручное составление отчетов может отнимать достаточно большое количество времени у супервайзера. Отдельной трудностью при этом может стать хранение и актуализация подобного массива информации.

Именно с этой целью был разработан комплекс программ ГСК-море, состоящий из модуля сопровождения полевых работ и модуля планирования.

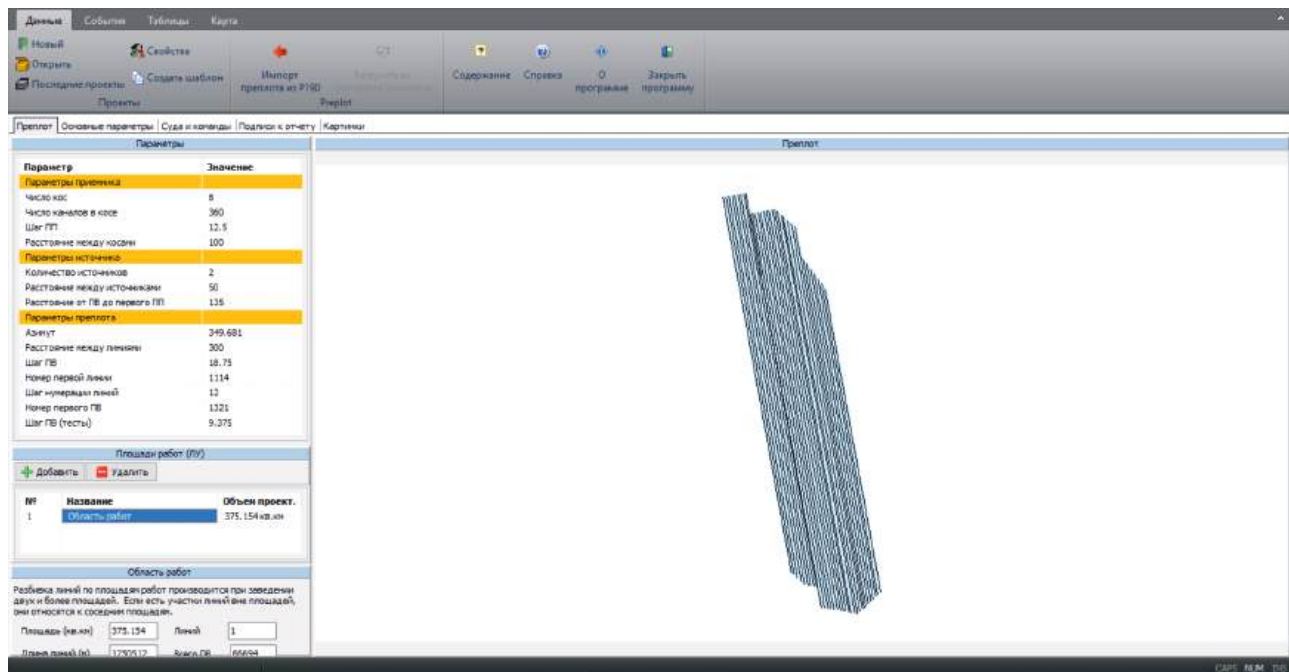
Модуль сопровождения полевых работ представляет из себя программную оболочку для работы с базой данных, в которой хранится вся информация о ходе полевых работ, которая может быть необходима для формирования отчета. Сама база данных состоит из нескольких подбаз:

- Проектная схема работ;
- Параметры работ;
- Временные затраты за каждый день;
- Судовая команда;
- ПБОТОС;
- СТОП-карты;
- Встреченные морские млекопитающие;
- Отработанные объемы.
- 

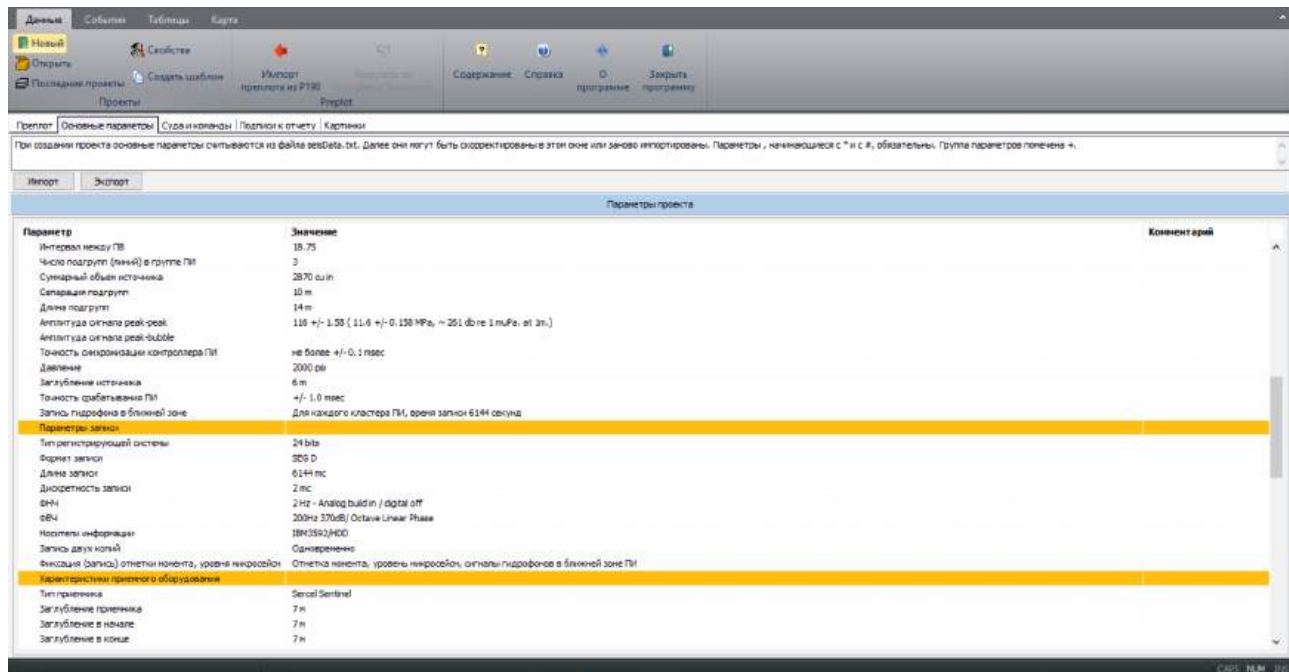
Имея всю вышеперечисленную информацию, программа уже сама формирует отчет за нужный день или период, автоматически рассчитывая статистику и строя необходимые карты и графики.

В первую очередь в программу вводятся параметры расстановки и подгружается преплот. По этим данным в дальнейшем будет отслеживаться ход отработки, рассчитываться выполненный объем и т.д. (Рис. 1).

Следующим шагом является ввод всей дополнительной информации о работах, которая должна включаться в ежедневную сводку по требованию заказчика. К такой информации могут относиться список ответственных исполнителей, название судна, марки используемого оборудования и параметры его работы. При необходимости, данные таблицы могут быть настроены оператором. Для удобства реализован импорт из текстового файла (Рис. 2).



▲ Рис. 1. Окно подгрузки преплота.

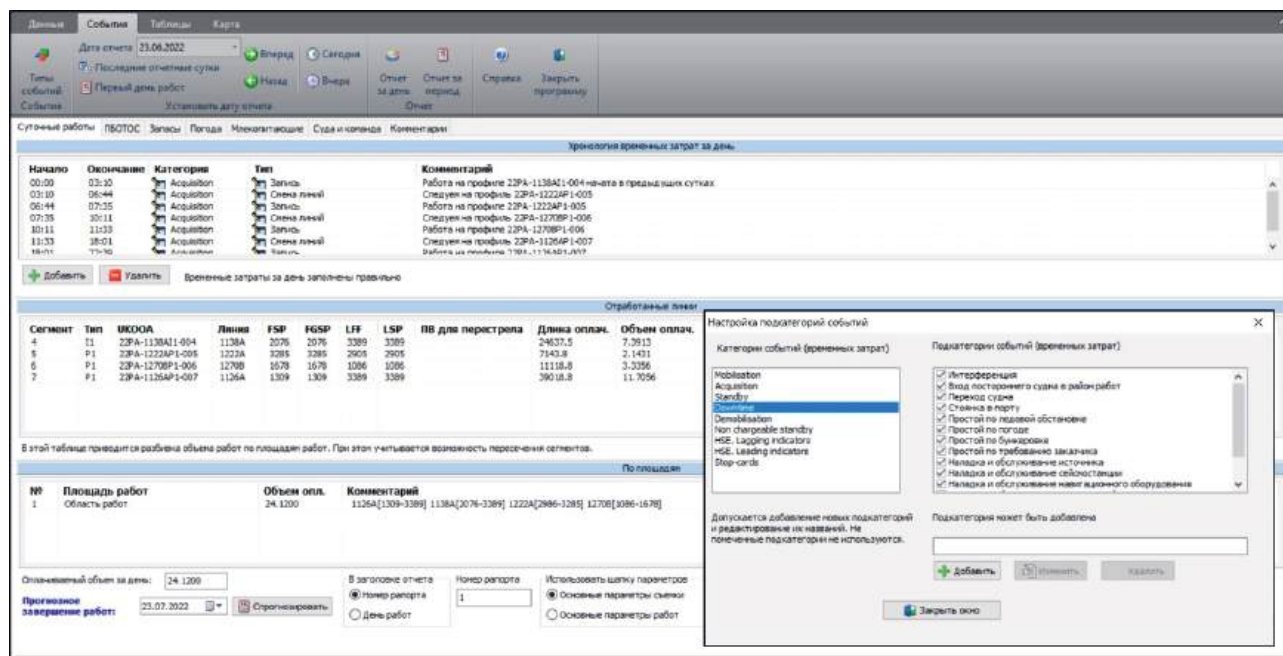


▲ Рис. 2. Таблица параметров работ.

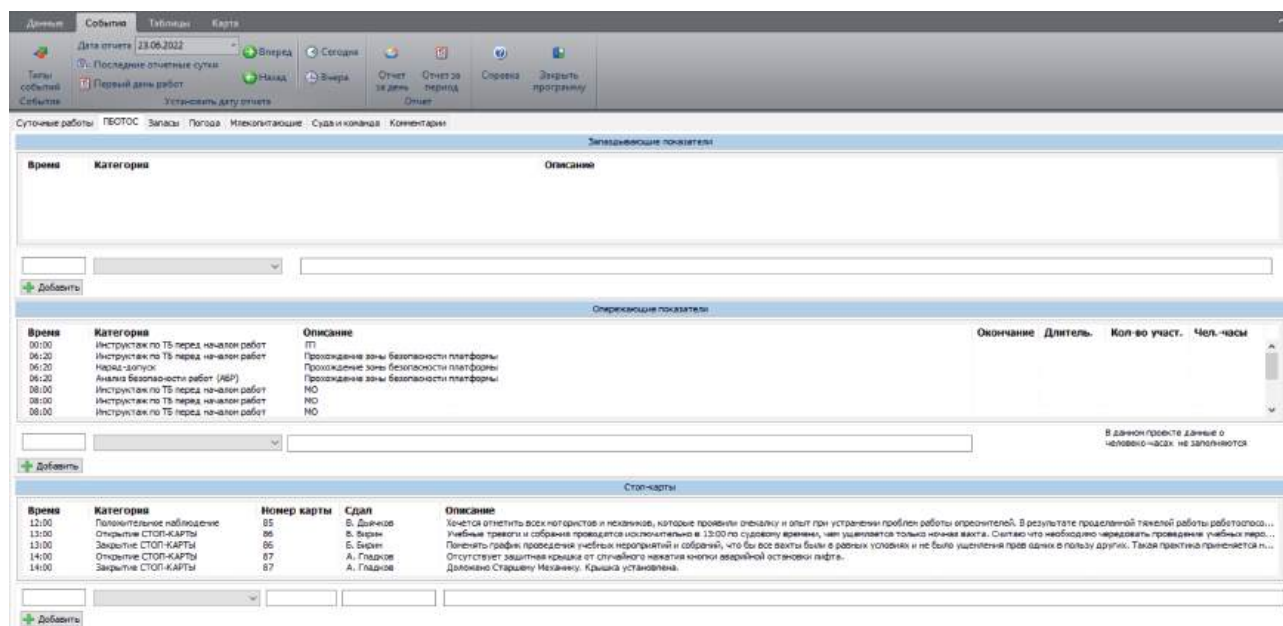
После ввода всех необходимых данных основным окном работы пользователя является вкладка «События». В нее заносится полная хронология работ за сутки. Все события поделены на отдельные категории, по которым в дальнейшем будет рассчитываться статистика по хронологии работ. С учетом того, что список возможных событий сложно предусмотреть заранее – в программе

предусмотрена возможность гибкой настройки категорий и подкатегорий временных затрат (Рис. 3).

Так же в данной вкладке заносятся все события по ПБОТОС с разделением на опережающие и запаздывающие показатели. К опережающим показателям относятся инструктажи по ТБ, учения и тренировки. К запаздывающим – возникновение потенциально опасных ситуа-



▲ Рис. 3. Журнал суточных событий.



▲ Рис. 4. Вкладка ПБОТОС.

ций, оказание медицинской помощи, нанесение вреда окружающей среде и тд. Впоследствии данная информация будет использоваться для сбора статистики по ПБОТОС.

Отдельно заносится информация по открытию и закрытию СТОП-карт, которая также должна включаться в отчет (Рис. 4).

Дополнительно может быть занесена информация по текущим запасам топлива и воды, погоде, морским млекопитающим

и развернутый комментарий (Рис. 5).

Отдельной вкладкой реализована таблица со списком всех проектных линий. На ней можно внести информацию по отработанным линиям, добавить информацию по Infill и ввести информацию по результатам приемки данных. Информация отсюда используется для подсчета отработанных и принятых объемов. Для удобства оператора информацию об отработанных объемах можно импортировать из P190 (Рис. 6).



Сутренние работы: ПВОТОС Запасы Погода Метеопрогнозы Суды и команда Комментарий

Остатки топлива и воды

| Остатки топлива | Топлива вчера | Истрасходовано | Достав. топлива | Остатки воды | Воды вчера | Истрасходовано | Достав. воды | Комментарий |
|-----------------|---------------|----------------|-----------------|--------------|------------|----------------|--------------|-------------|
| 674.5           | 700.8         | 26.30          | 0.0             | 132.0        | 125.0      | 6.00           | 13.0         |             |

Обязательные поля заполнены. Можно заполнить поле Комментарий.

Минимальный остаток топлива: 200 ☒ Игнорировать

Сутренние работы: ПВОТОС Запасы Погода Метеопрогнозы Суды и команда Комментарий

Погода

| Время | Температура воздуха | Температура воды | Высота волны | Скорость ветра | Направление ветра | Комментарий       |
|-------|---------------------|------------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 0:00  | 5.0                 | 4.0              | 0.5          | 8.0            | S                 | Туман             |
| 8:00  | 4.0                 | 3.3              | 1.2          | 10.0           | S                 | Видимость хорошая |
| 16:00 | 7.0                 | 5.0              | 1.5          | 8.0            | SSE               | Видимость хорошая |

☐ Отчет без информации о погоде

Сутренние работы: ПВОТОС Запасы Погода Метеопрогнозы Суды и команда Комментарий

Разделы комментариев: Производственные работы ПВОТОС Бухгалтерские книги и регистрационная система Источники Обработка Навигация **Общая информация** АТАС (информация о командировании)

Текст комментариев: Работа на профилях 229А-1138А1-004, 229А-1222АР1-005, 229А-12708Р1-006, 229А-1126АР1-007.

Итог для отчета

ПВОТОС:  
Продолжений нет.  
06:23 - 06:43 & 09:45 - 10:05 & 17:33 - 17:53 Процедура планового увеличения источника.  
13:00 - 14:00 Ежедневное собрание.  
Присутствуют представители Заказчика, начальник геофизической партии, ведущий геофизик.  
Обсуждается 2 варианта отработки профилей на ближайшие 48 часов. Первый вариант с учетом работы при условии хорошей видимости с заходом оборудования в 500 метровую зону безопасности платформ. Второй вариант рассматривает альтернативные варианты отработки профилей в условиях нулевой видимости.  
14:00-14:30 Совещание.  
Присутствуют представители Заказчика, начальник геофизической партии, капитан, ведущий геофизик, главный геофизик оператор сейсмостанции.  
Составление детального плана отработки профилей на ближайшие 48 часов.

Общая информация  
Работа на профилях 229А-1138А1-004, 229А-1222АР1-005, 229А-12708Р1-006, 229А-1126АР1-007.

АТАС  
Сопроводитель БТ: 16:15 - 14:45 Учебная тревога "Оставление судна".

Список принятых линий  
229А-1378АР1-001  
229А-1162АР1-002  
229А-1342АР1-003  
229А-1138А1-004

▲ Рис. 5. Дополнительная информация.

| Проектные данные |          |          |                     | Seq | Линия | Азимут | Тип | FSP  | FGSP | LFF  | LSP  | Оплат. км2 | Опл. длина (ПВ) | Нач. отстрела    | Конец отстрела   | P190 (Крат.) | Статус                |
|------------------|----------|----------|---------------------|-----|-------|--------|-----|------|------|------|------|------------|-----------------|------------------|------------------|--------------|-----------------------|
| Линия            | Перв. ПВ | Посл. ПВ | Состояние работ     | 1   | 1378А | 169.68 | P1  | 1994 | 1994 | 1073 | 1073 | 5.1863     | 17.288 (922)    | 20.06.2022 15:35 | 20.06.2022 18:09 |              | Принят 20.06.2022     |
| 1126А            | 1309     | 3389     | Завершена и принята | 2   | 1162А | 349.68 | P1  | 1243 | 1243 | 3389 | 3389 | 12.0769    | 40.256 (2147)   | 22.06.2022 04:40 | 22.06.2022 10:18 |              | Принят 22.06.2022     |
| 1138А            | 1287     | 3389     | Завершена и принята | 3   | 1342А | 169.68 | P1  | 3251 | 3251 | 1054 | 1054 | 12.3637    | 41.212 (2198)   | 22.06.2022 13:17 | 22.06.2022 18:31 |              | Принят 22.06.2022     |
| 1150А            | 1261     | 3389     | Завершена и принята | 4   | 1138А | 349.68 | I1  | 1287 | 1287 | 3389 | 3389 | 11.8254    | 35.431 (2103)   | 22.06.2022 22:23 | 23.06.2022 03:10 |              | Принят 23.06.2022     |
| 1162А            | 1243     | 3389     | Завершена и принята | 5   | 1222А | 169.68 | P1  | 3285 | 3285 | 2905 | 2905 | 2.1431     | 7.144 (381)     | 23.06.2022 06:44 | 23.06.2022 07:35 |              | Принят 23.06.2022     |
| 1174А            | 1237     | 3389     | Завершена и принята | 6   | 12708 | 169.68 | P1  | 1678 | 1678 | 1086 | 1086 | 3.3356     | 11.119 (393)    | 23.06.2022 10:11 | 23.06.2022 11:33 |              | Принят 23.06.2022     |
| 1186А            | 1233     | 3389     | Завершена и принята | 7   | 1126А | 349.68 | P1  | 1309 | 1309 | 3389 | 3389 | 11.7056    | 39.019 (2081)   | 23.06.2022 18:01 | 23.06.2022 22:39 |              | Принят 23.06.2022     |
| 1198А            | 1227     | 3389     | Завершена и принята | 8   | 1222  | 169.68 | P1  | 3285 | 3285 | 3144 | 3144 | 0          | 0               | 24.06.2022 03:31 | 24.06.2022 03:50 |              | Отбракован 24.06.2022 |
| 12108            | 2924     | 3389     | Завершена и принята | 9   | 1114А | 349.68 | P1  | 1321 | 1321 | 3389 | 3389 | 11.6381    | 38.794 (2069)   | 24.06.2022 11:59 | 24.06.2022 16:35 |              | Принят 24.06.2022     |
| 1210А            | 1221     | 2923     | Завершена и принята | 10  | 1222  | 169.68 | P1  | 1114 | 1114 | 2451 | 2451 | 7.5263     | 25.087 (1338)   | 24.06.2022 21:27 | 25.06.2022 00:44 |              | Принят 25.06.2022     |
| 1222             | 1114     | 2945     | Завершена и принята | 11  | 1162А | 349.68 | R1  | 1243 | 1243 | 2000 | 2000 | 4.2637     | 14.213 (758)    | 25.06.2022 05:59 | 25.06.2022 07:47 |              | Принят 25.06.2022     |
| 1222             | 2986     | 3285     | Завершена и принята | 12  | 12108 | 349.68 | P1  | 2924 | 2924 | 3389 | 3389 | 2.6212     | 8.738 (466)     | 25.06.2022 10:01 | 25.06.2022 11:08 |              | Принят 25.06.2022     |
| 12228            | 1108     | 2945     | Завершена и принята | 13  | 1354А | 169.68 | P1  | 3215 | 3215 | 1057 | 1057 | 12.1444    | 40.481 (2159)   | 25.06.2022 16:32 | 25.06.2022 21:31 |              | Принят 25.06.2022     |
| 1222А            | 2986     | 3285     | Завершена и принята | 14  | 1210А | 349.68 | P1  | 1221 | 1221 | 2700 | 2700 | 8.3250     | 27.750 (1400)   | 26.06.2022 00:47 | 26.06.2022 04:51 |              | Принят 26.06.2022     |
| 1234В            | 1102     | 2945     | Завершена и принята | 15  | 1360А | 169.68 | P1  | 2963 | 2963 | 1078 | 1078 | 10.7775    | 35.925 (1916)   | 26.06.2022 08:21 | 26.06.2022 13:12 |              | Принят 26.06.2022     |
| 1234А            | 2986     | 3285     | Завершена и принята | 16  | 1138А | 349.68 | P1  | 1287 | 1287 | 3389 | 3389 | 11.8294    | 39.431 (2103)   | 26.06.2022 17:26 | 26.06.2022 22:44 |              | Принят 26.06.2022     |
| 12468            | 1090     | 2945     | Завершена и принята | 17  | 1318А | 169.68 | P1  | 3285 | 3285 | 2655 | 2655 | 0          | 0               | 27.06.2022 07:25 | 27.06.2022 08:58 |              | Отбракован 27.06.2022 |
| 1246А            | 2986     | 3285     | Завершена и принята | 18  | 1198А | 349.68 | P1  | 1227 | 1227 | 2722 | 2722 | 8.4150     | 28.050 (1486)   | 28.06.2022 00:58 | 28.06.2022 04:55 |              | Принят 28.06.2022     |
| 12598            | 1092     | 1678     | Завершена и принята | 19  | 1426А | 169.68 | P1  | 2903 | 2903 | 1109 | 1109 | 10.0969    | 33.656 (1795)   | 28.06.2022 10:47 | 28.06.2022 15:28 |              | Принят 28.06.2022     |
| 1258А            | 1679     | 3285     | Завершена и принята | 20  | 1150А | 349.68 | I1  | 1261 | 1261 | 1792 | 1792 | 2.9925     | 9.975 (512)     | 28.06.2022 22:33 | 29.06.2022 00:09 |              | Принят 29.06.2022     |
| 12706            | 1086     | 1678     | Завершена и принята | 21  | 1150А | 349.68 | I2  | 2100 | 2100 | 3389 | 3389 | 7.2562     | 24.188 (1290)   | 29.06.2022 01:11 | 29.06.2022 04:43 |              | Принят 29.06.2022     |
| 1270А            | 1679     | 3285     | Завершена и принята | 22  | 1354В | 169.68 | P1  | 3237 | 3237 | 1048 | 1048 | 12.3187    | 41.063 (2191)   | 29.06.2022 10:12 | 29.06.2022 15:47 |              | Принят 29.06.2022     |
| 1282В            | 1080     | 1678     | Завершена и принята | 23  | 1126А | 349.68 | I1  | 1309 | 1309 | 3389 | 3389 | 11.7056    | 39.019 (2081)   | 29.06.2022 19:57 | 30.06.2022 02:06 |              | Принят 30.06.2022     |
| 1282А            | 1679     | 3285     | Завершена и принята | 24  | 1318А | 169.68 | P2  | 3285 | 3285 | 1064 | 1064 | 12.4887    | 41.663 (2222)   | 30.06.2022 07:02 | 30.06.2022 12:37 |              | Принят 30.06.2022     |

Линия 1126А

Сегменты:  
7 P1me(2022-06-23: 1309-3389)Принят  
Завершен.  
23 P1m(2022-06-30: 1309-3389)Принят  
Завершен.  
Линия завершена.

Сегмент 23

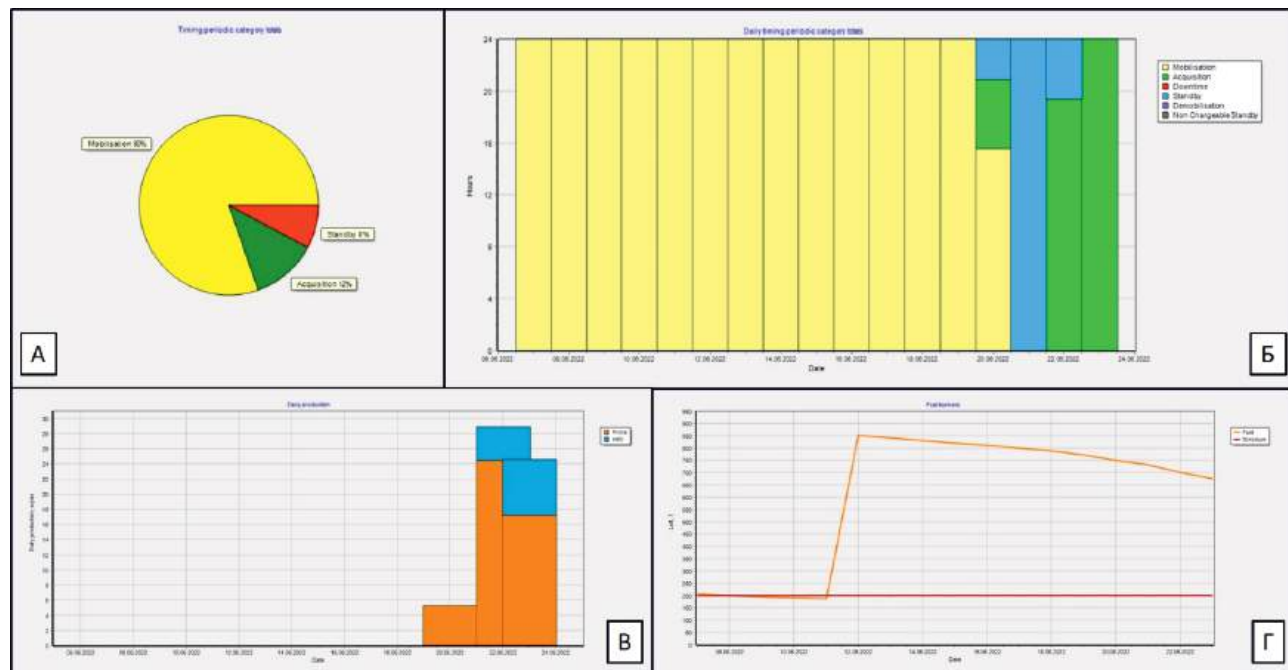
11 (29.06.2022: 19:57-24:00: FGSP LFF = 1309-2715). Комментарий отсутствует.  
Сегмент завершён (нет ПВ для перестрела)  
11 (30.06.2022: 00:00-02:06: FGSP LFF = 2716-3389). Комментарий: Работа на профиле 229А-1126А1-023/ SRT нечёт в предыдущий сутках.  
Сегмент завершён (нет ПВ для перестрела)

Работа на линии Пункты взрыва

Информация о сегменте Информация из P190

Линей прогнана - 40 Отработано сегментов - 57. Загружено файлов P190 - 0 CAPS NUM: 06

▲ Рис. 6. Информация по отработанным профилям.



▲ Рис. 7. Графики со статистикой по работам.

А – суммарные временные затраты. Б – суточные временные затраты.

В – суточная статистика по отработанным объемам. Г – запасы топлива.

Вся занесенная информация сохраняется в базе данных и перед формированием отчета может быть визуализирована в виде графиков (Рис. 7).

Сам отчет может быть сформирован за сутки, месяц или выбранный период времени. Программа формирует все необходимые таблицы, рассчитывает статистические показатели, строит графики и карту отработанных объемов, после чего формирует отчет в формате PDF.

Отдельно стоит отметить, что программа позволяет гибко настраивать и конфигурировать структуру отчета под требования конкретного заказчика (Рис. 8).

Модуль планирования работ представляет из себя удобный инструмент построения преплота и расчета минимального времени отработки. Сам преплот задается либо вручную многоугольником, либо импортом в виде угловых координат. Далее, на основании указанных параметров работ (азимут линий прохода судна, параметры приемной

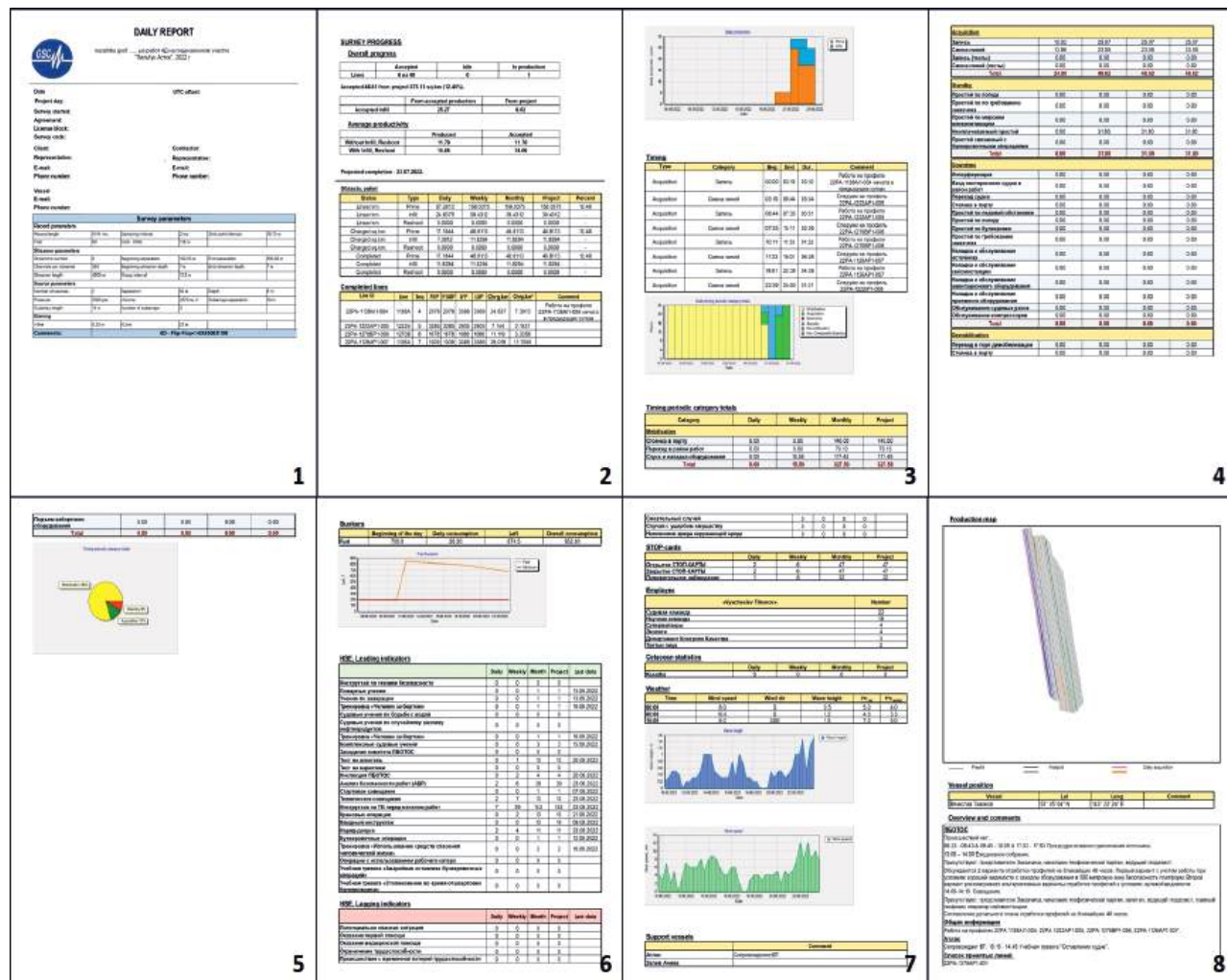
расстановки и т.д.) программа заполняет контур необходимым количеством линий (Рис. 9).

Полученный преплот может быть автоматически выгружен в формате P190 для дальнейшей работы.

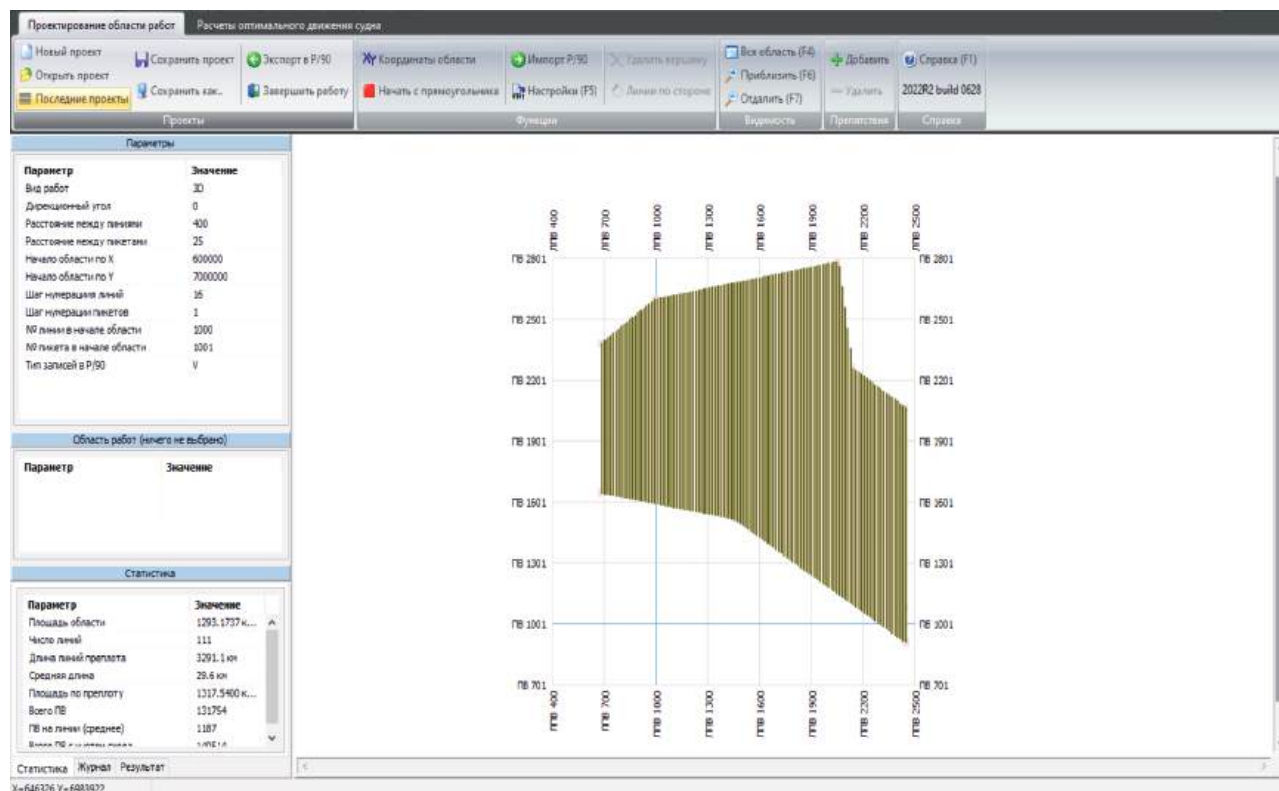
Для расчета оптимального времени отработки программа рассчитывает суммарную длину прохода судна. Для этого программой используется математическое описание движения машины на плоскости с ограничением на поворот руля (машина Дубинса).

В рамках данной математической модели кратчайший путь между двумя точками на плоскости заданными направлениями может быть построен путем соединения дуг окружностей максимальной кривизны и прямых линий.

В случае судового маневра радиусом окружности поворота будет являться задаваемый пользователем радиус разворота судна (как правило – половина длины косы).

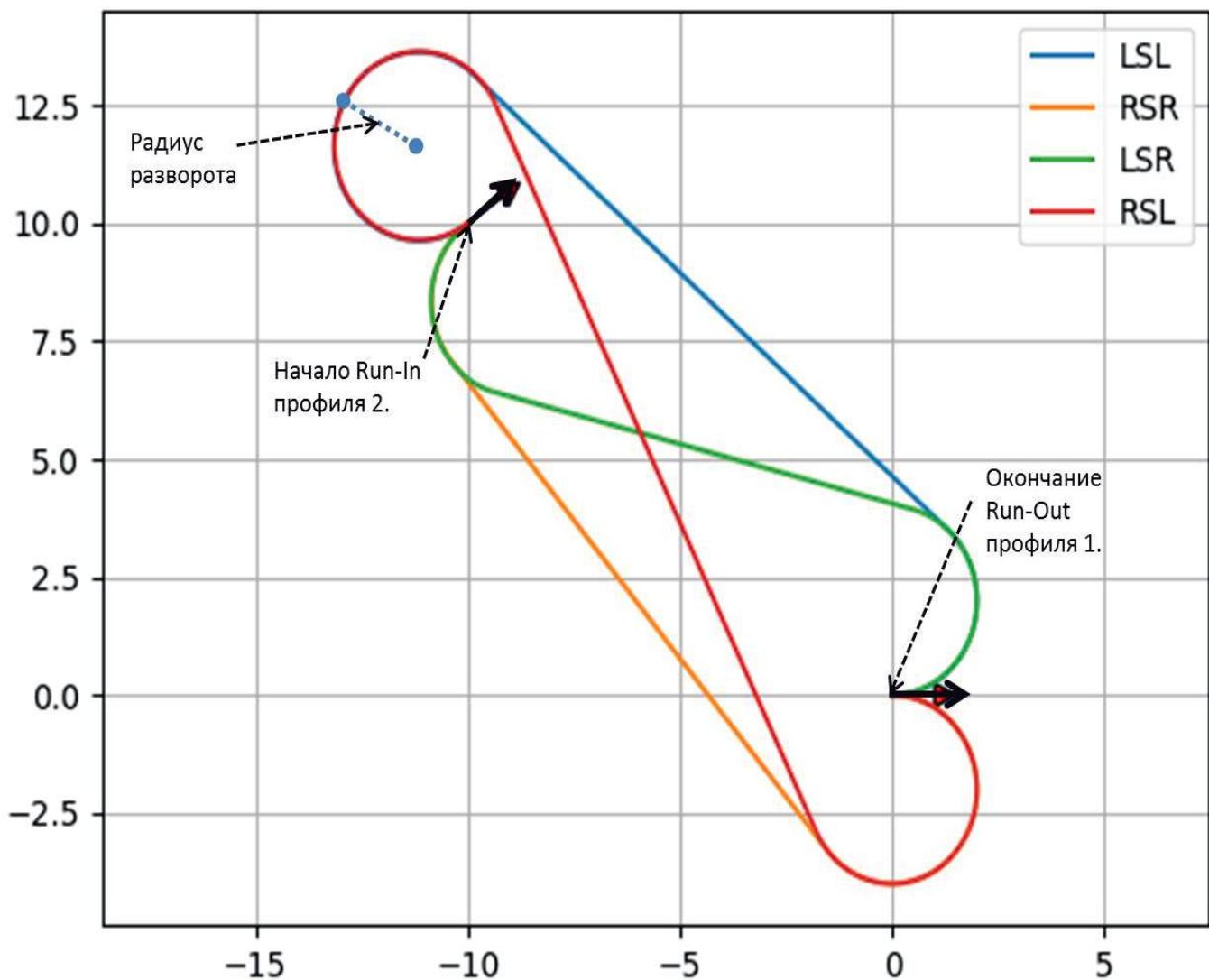


▲ Рис. 8. Пример сформированного суточного отчета.



▲ Рис. 9. Формирование препплота.





▲ Рис. 10. Пример модели судового маневра. Кодировка названий – R-правый поворот, S- прямолинейное движение, L левый поворот.

Пример вариантов судового маневра представлен на (Рис. 10).

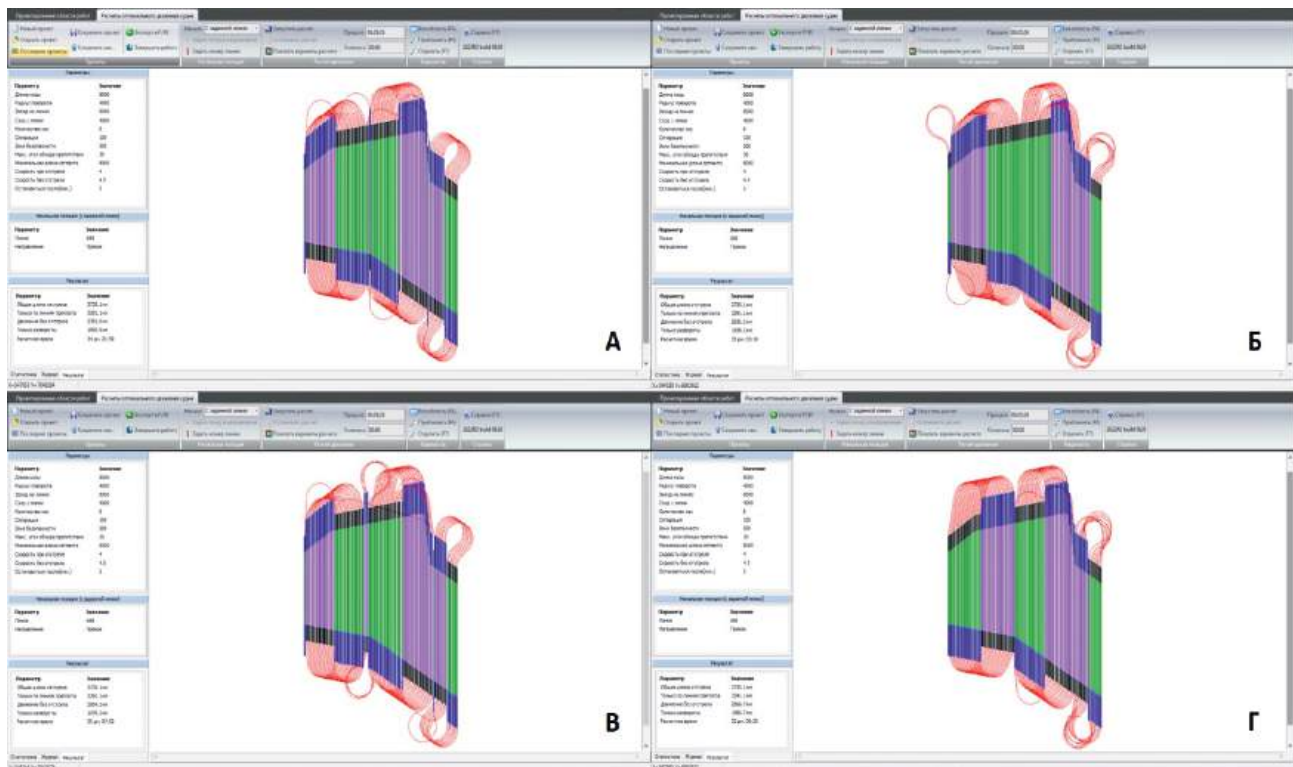
Таким образом программа строит множество траекторий движения судна с учетом прямого и траверсного направления отработки профилей. Дальнейшее определение кратчайшего из них сводится к решению так называемой задачи коммивояжера.

Из-за большого количества возможных вариантов движения судна решение данной задачи прямым перебором может потребовать чрезвычайно большого количества времени, поэтому используется один из алгоритмов поиска квазиоптимального решения (так назы-

ваемый муравьиный алгоритм). Преплот представляется в виде графа, где точки соответствуют началам и концам профилей, а рёбра – переходам между ними.

Каждое ребро характеризуется длительностью перехода и количеством совершенных по нему переходов (рассчитывается в ходе работы алгоритма). В каждую из точек графа помещается по одному судну. Далее запускается цикл, одна итерация которого равна одному переходу каждого судна между двух точек.

Выбор маршрута перехода определяется его длиной и количеством ранее совершенных по нему переходов други-



▲ Рис. 11. Варианты порядка обработки. А – наиболее оптимальный.

ми судами. Если каждое из судов побывало на каждом из профилей, цикл сбрасывается с сохранением количества переходов для каждого маневра и процесс начинается заново. Таким образом неоптимальные переходы постепенно отсеиваются. Когда сработает условие выхода (отсутствие уменьшения суммарного времени обработки на протяжении заданного пользователем количества времени), цикл завершится, а программа сохранит оптимальный маршрут (Рис. 11).