



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ОКЕАНСКИХ ПЕРЕХОДОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ТОПЛИВА

*Бень А.П., Паламарчук И.В.*

*Херсонская государственная морская академия*

*В данной статье предложены структурная и функциональная модели системы поддержки принятия решений для планирования трансокеанских переходов судна. Определен набор факторов, влияющих на расход топлива судна и предложены пути его сокращения. Обосновано, что обеспечение эффективной работы системы поддержки принятия решений судоводителя по планированию трансокеанских переходов возможно только в случае наличия в ней модулей управления курсом судна и режимами работы судовой энергетической установки. Представлен рекомендуемый набор исходных данных и управляемых параметров системы поддержки принятия решений судоводителя, а также набор базовых функций такой системы.*

*Ключевые слова: система поддержки принятия решений, океанский переход, управление судном, затраты топлива.*

**Введение.** В настоящее время в судовождении существует необходимость создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР) судоводителя. В сложившейся на настоящее время сложной экономической ситуации для всех участников морских перевозок необходимо принимать меры по уменьшению денежных затрат на эксплуатацию судна. Судовладельцы идут на уступки чартеру и разрешают эксплуатировать суда на сверх малых оборотах (манёвренный режим главного двигателя (ГД)), что приводит к уменьшению расхода топлива, но одновременно ведет к повышенному износу механизмов, участвующих в работе ГД.

Так же ощущается потребность снижения затрат на эксплуатацию судна в условиях океанского перехода. Решение этой проблемы имеет комплексный характер и лежит не только в плоскости совершенствования судовых энергетических установок (СЭУ) или улучшения гидродинамических показателей корпуса судна.

На коротких дистанциях в морских перевозках тяжело добиться существенного экономического эффекта за счёт планирования рейса, что обусловлено следующими факторами:

- малая дистанция морского перехода;
- прибрежное плавание (в большинстве случаев);
- при значительном снижении скорости или уходе от курса для расхождения с встречными опасностями следует большая потеря во времени (до 50% от общего времени на переход);
- отсутствие возможности совершить необходимый и достаточный манёвр, с целью снижения влияния с неблагоприятных погодных условий.

**Актуальность проблемы.** Актуальной задачей в настоящее время является создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР) судоводителя для планирования океанских морских переходов, учитывающих влияние как внешних факторов (погодные условия на маршруте), так параметров собственного судна, в частности особенностей режимов эксплуатации СЭУ.

**Целью статьи** является разработка базовых принципов построения системы поддержки принятия решений для планирования океанских переходов.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Различными учёными выдвинуты несколько подходов для предварительной прокладки трансокеанских путей, доказывающие, что выгоднейшим морским переходом в большинстве случаев является не кратчайший путь, а путь, на всём протяжении которого учитываются возможные неблагоприятные условия такие, как тайфуны, циклоны, ветер, течения, участки суши, пиратские районы и другие факторы, способные задержать судно. Принимая во внимание



воздействие многих факторов влияющих на скорость судна в пути, можно при увеличении дальности морского перехода поддерживать постоянную скорость со стабильной и наиболее экономичной нагрузкой на СЭУ, что в конечном результате позволит сэкономить временные затраты и приведёт к экономии денежных средств.

Созданию интеллектуальных систем планирования океанских маршрутов морских судов посвящён ряд работ зарубежных авторов. Так, авторами в работе [1] была предложена прокладка трансокеанского перехода не по классическому расчёту Дуги Большого Круга (ДБК), а с использованием адаптированного изохронного способа. Главной особенностью предложенного подхода является то, что в алгоритме адаптированного способа введено условие непересечения маршрута с береговыми участками и широкое использование растровых карт. Адаптированный изохронный способ позволяет достичь результатов, близких к расчётам перехода ДБК, но при этом позволяет не менять постоянно курс в зависимости от погодных условий или встретившейся на пути штиле, а заблаговременно оптимально адаптировать морской переход с учётом предполагаемого воздействия внешних факторов. Среди недостатков метода, можно отметить сложность расчётов и большие временные затраты при прокладке пути таким способом.

В следующей работе тем же авторам удалось усовершенствовать свой метод [2]. Основываясь на многокритериальном эволюционном алгоритме, была предложена оптимизация проработки морского перехода с учётом погодных факторов. Система собирает множество параметров и помогает пользователю выбрать наиболее рациональное решение при проработке трансокеанского перехода. Характеристики оптимального перехода в данном случае являются оптимальными по Парето и определяются с помощью многокритериального эволюционного алгоритма.

В работе [3] были отмечены недостатки вышеперечисленных методов и предложен способ совершенствования существующих интеллектуальных СППР. Авторами предложены способы, позволяющие увеличить скорость обработки данных при поиске оптимального маршрута судна искусственной нейронной сетью прямого распространения. Поставлена задача поиска методов оптимизации трансокеанского маршрута с учетом неопределенности прогнозируемых погодных условий.

В работе [4] проведён сравнительный анализ существующих интеллектуальных систем планирования морских переходов. Было предложено замещение планирования морского перехода с учётом погодных условий на оптимизацию морских переходов с использованием интеллектуальных СППР судоводителя в которых учитывались бы не только погодные условия, но и характеристики каждого отдельного судна.

Из имеющихся практических разработок следует отметить системы «BonVoyageSystem», которые являются прогрессивным шагом вперёд, но ссылаясь на официальный сайт компании можно отметить, что услугами предоставляемого сервиса на данный момент пользуются лишь 3500 судов. Многие судовладельческие компании всё ещё оснащают свои суда лишь минимумом необходимого оборудования, в том числе и метеорологического. Прогнозы погоды на таких судах ограничиваются прогнозными характеристиками через INMARSAT-C, NAVTEX, факсимильными картами погоды и натурными наблюдениями.

Исходя из проведённого сравнительного анализа существующих интеллектуальных систем планирования трансокеанских переходов и основываясь на опыте работы с BVS (ver. 6) (BonVoyageSystem) можно сделать вывод, что перспективным направлением развития СППР судоводителя по планированию переходов является совершенствование в таких системах функций, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей эксплуатации судна при выполнении перехода, и, в первую очередь, такого важного показателя, как расход топлива.

**Изложение основного материала.** Исходя из сравнительного анализа существующих интеллектуальных систем планирования переходов, следует определить



факторы, которые необходимо учитывать для оптимизации планирования морских переходов и управлению морским судном с учётом погодных условий.

*Параметры судна:* длина и ширина; осадка носом и кормой; высота надводного борта; топливо на борту и суточный расход в различных условиях; стоимость топлива за тонну; скорость судна при различных режимах ГД и погодных условиях; количество груза на борту; количество балласта на борту; остойчивость судна и период качки; необходимая грузовая марка на следующий порт захода; ледовый класс судна и соответствующие ему скорости при разной толщине льда; сила действия винта; сопротивление пера руля.

*Внешние факторы:* участки суши на пути следования; направление и сила ветра; направление и высота волны; направление и высота зыби; направление и сила течения; участки мелей, банок, скал и других навигационных опасностей; встречные циклоны, торнадо, тайфуны, области низкого давления, цунами, аномальные волны и др.; пиратские районы на пути следования; ледовые участки на пути следования; каналы, узкости и системы разделения движения; зоны интенсивного судоходства и рыбного промысла; районы морской газо-нефтедобычи.

*Управляемые параметры:* варианты трансокеанского перехода с возможностью изменения в процессе следования; изменение курса и/или скорости; изменение режима ГД (для судов с ВФШ) и изменение положения лопастей винта (для судов с ВРШ); изменение настроек авторулевого; изменение осадок и посадки судна; изменение остойчивости судна; обеспечение требуемой осадки суда (зимней, летней, тропической); предположительный расход топлива; расчётная дальность пути следования.

СППР должна позволять судоводителю самостоятельно строить предполагаемый маршрут перехода. Для заданного маршрута СППР с требуемым интервалом предлагает графический (на карте маршрута) или табличный подробный анализ погодных явлений. Основываясь на имеющихся манёвренных характеристиках судна, программа прогнозирует ожидаемую скорость судна в зависимости от погодных условий. Предусматривается построение маршрута движения в зависимости от требований судоводителя, – какие погодные участки с определённой силой ветра и/или волнения следует избегать на маршруте. Программа должна предлагать разработанный маршрут, как в графическом, так и в табличном виде.

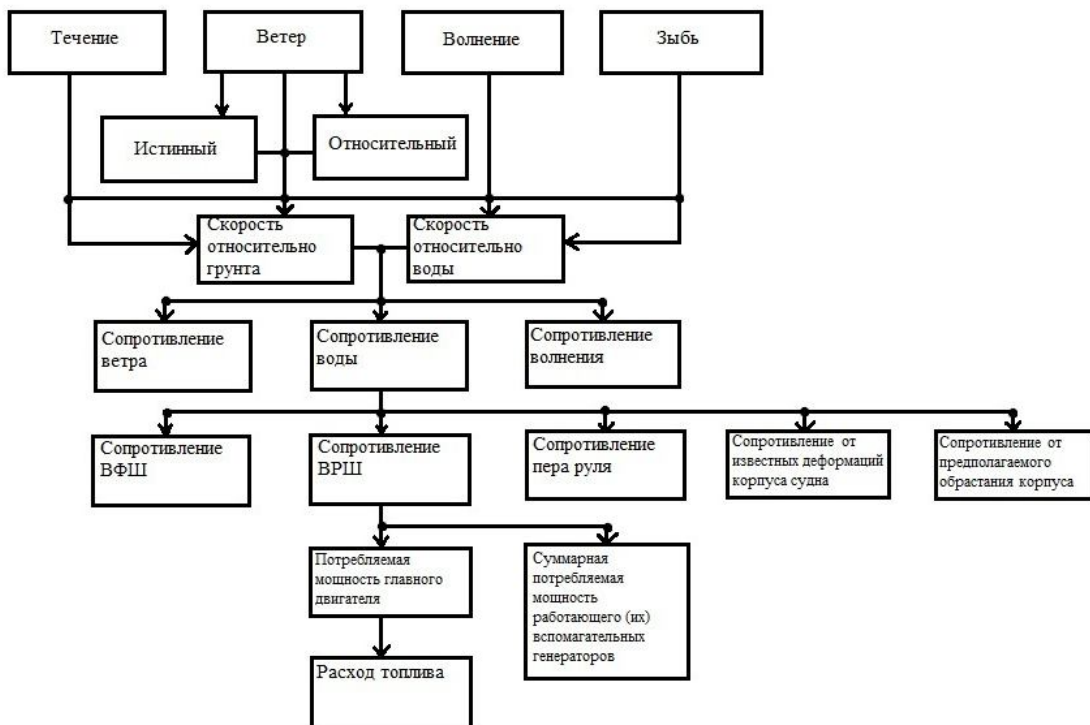


Рисунок 1 – Взаимосвязь факторов, влияющих на расход топлива судна



Принимая во внимание представленный набор данных, а также известные эксплуатационные характеристики судна, взаимосвязь факторов, влияющих на расход топлива при движении можно отобразить схематически (рис. 1).

Прокладка трансокеанского перехода, отклонения от первоначального курса в зависимости от встречающихся на пути опасностей (циклоны, тайфуны, участки суши, пиратские районы, ледовая обстановка и др.), управление авторулевым и режимами ГД – производится капитаном судна и его помощниками в ручном режиме, либо с немногочисленной автоматизированной поддержкой (расчёт ДБК, перекладки пера руля) на разрозненных навигационных модулях.

Основываясь на сравнительном анализе существующих систем и методов, можно сделать вывод, что интеллектуальная система планирования должна соответствовать следующим требованиям:

- независимая СППР, функционирующая на отдельном бортовом компьютере;
- возможность использования в системе электронных навигационных карт способных обновляться;
- возможность учета изменяющиеся факторов в ходе следования по маршруту (погодных условий), а также характеристик судна;
- планирование системой нескольких вариантов следования трансокеанским переходом и возможность внесения изменений в процессе следования;
- получение рекомендаций от системы на управление авторулевым и режимами работы ГД;

Предлагаемая нами структурная схема СППР для планирования переходов имеет вид, представленный на рис. 2.

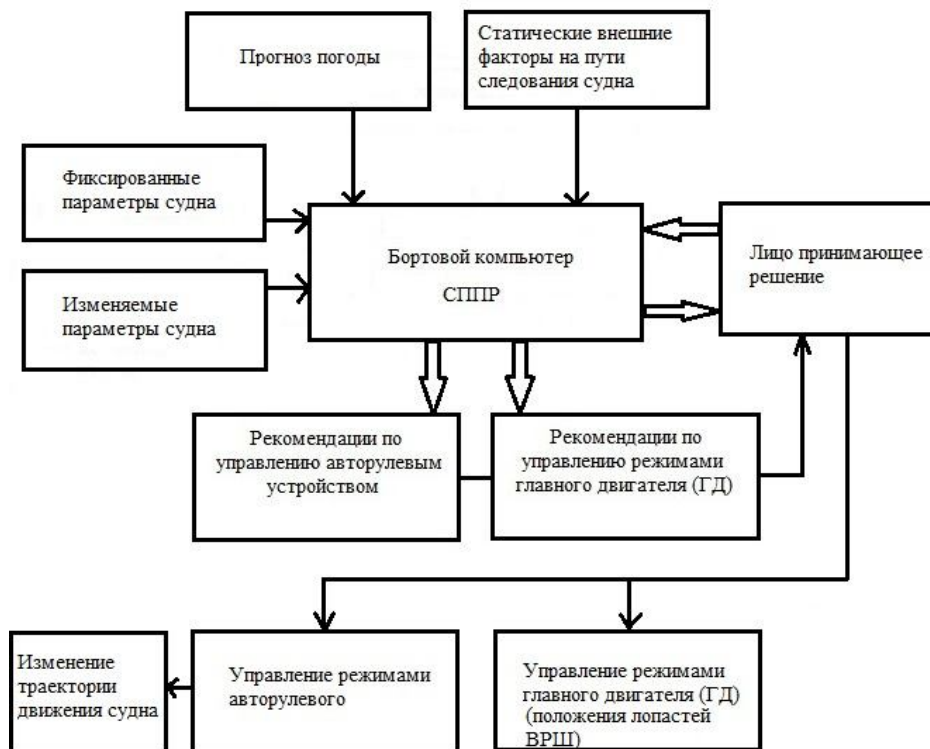


Рисунок 2 – Структурная схема СППР планирования переходов

Использование представленных данных и параметров позволит обеспечить наиболее полную реализацию функциональных возможностей СППР при планировании трансокеанского перехода, а так же при управлении судном на протяжении следования в порт назначения с обеспечением достаточного уровня безопасности и уменьшением расхода топлива при движении судна. Экономическая эффективность, достигнутая в результате использования системы состоит не в сокращении дистанции перехода, а в



уменьшении расхода топлива в рейсе и выдерживании требования чартера о приходе судна в порт назначения согласно расписанию.

**Выводы.** Важной задачей настоящего времени является снижение фактора субъективности при принятии решений по прокладке океанских переходов и при управлении режимами ГД и рулевой машиной на таких переходах. Решение этой задачи может быть обеспечено путем создания интеллектуальной СППР судоводителя, позволяющей принимать объективные решения по управлению судном не только в плоскости изменения курса для избежания опасностей, но так же правильно и эффективно использовать СЭУ с целью понижения расхода топлива.

Разработанные модели позволяют определить приоритетные направления создания и совершенствования СППР судоводителя и выполнить дальнейшее исследование отдельных её компонентов. Практическая реализация системы с учётом предложенных моделей позволяет решить задачу повышения эффективности трансокеанских морских перевозок, обеспечивает повышение их экономических показателей и уровня безопасности.

Перспективным направлением дальнейших исследований является оптимизация работы СЭУ и управления режимами ГД для снижения расхода топлива во время рейса.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Szlarczyńska Joanna. Adopted isochrones method improving ship safety in weather routing with evolutionary approach / Joanna Szlarczyńska, Roman Śmierchalski // Maritime University, Gdynia, Poland, 2008.
2. Szlarczyńska J. Multicriteria Evolutionary Weather Routing Algorithm in Practice / J. Szlarczyńska // TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2013. – Volume 7, Number 1. – P. 61-65.
3. Пипченко А. Д. Проблема выбора трансокеанского маршрута и пути ее дальнейшего исследования / А. Д. Пипченко, В. Г. Алексишин, Д. В. Астайкин // Судовождение : сб. научн. тр. ОНМА, 2011. – С. 143-149.
4. Henry Chen. Voyage Optimization Supersedes Weather Routing / Chen Henry // Boeing Associate Tech Fellow Jeppesen Marine Inc.

#### **Бень А.П., Паламарчук І.В. ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ОКЕАНСЬКИХ ПЕРЕХОДІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА**

*У статті запропоновані структурна і функціональна моделі системи підтримки прийняття рішень для планування трансокеанських переходів судна. Визначено набір факторів, що впливають на витрати палива судна та запропоновано шляхи її скорочення. Обґрунтовано, що забезпечення ефективної роботи системи підтримки прийняття рішень судоводія з планування трансокеанських переходів можливо тільки за наявності в ній модулів управління курсом судна і режимами роботи суднової енергетичної установки. Представлений рекомендований набір вихідних даних і керованих параметрів системи підтримки прийняття рішень судоводія, а також набір базових функцій такої системи.*

*Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, океанський перехід, управління судном, витрати палива.*

#### **Ben A.P. Palamarchuk I.V. USING SMART PLANNING OCEAN CROSSINGS TO REDUCE FUEL COSTS**

*In this article the structural and functional model of decision support system for planning transitions transoceanic vessel. Defined set of factors affecting the fuel consumption of the vessel and the ways to reduce it. Substantiated that effective operation decision support system for planning skipper transoceanic crossings possible only if there is in her control modules ship's course and modes of ship power plant. A recommended set of input data and control parameters of the system to support decision-making of the master and also a set of basic functions of the system.*

*Keywords: decision support system, ocean transport, ship control, fuel costs .*