

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 042428

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.14

(21) Номер заявки
202292040

(22) Дата подачи заявки
2022.08.03

(51) Int. Cl. *B63B 35/08* (2006.01)
G05B 13/00 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01)

(54) СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ СУДНА В ТЯЖЕЛЫХ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

(43) 2023.02.09

(96) 2022000071 (RU) 2022.08.03

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
"НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА" (НГТУ) (RU)

(56) RU-U1-16875
RU-U1-13093
KR-B1-102321942
WO-A1-2020180818

(72) Изобретатель:
Грамузов Евгений Михайлович,
Калинина Надежда Викторовна,
Двойченко Юрий Александрович,
Куркин Андрей Александрович (RU)

(74) Представитель:
Куркин А.А. (RU)

(57) Изобретение относится к области судостроения, в частности к эксплуатации ледоколов и судов ледового плавания в тяжелых ледовых условиях, когда толщина ледяного покрова превышает предельную толщину, преодолеваемую непрерывным ходом, и движение приходится осуществлять набегами. Решаемые задачи изобретения - обеспечение оптимальной тактики движения ледоколов набегами в тяжелых льдах и автоматизация труда судоводителей. Технический результат - определение параметров ледовой обстановки для оптимизации движения ледокола в тяжелых льдах, которые приводят к экономии топлива и снижению затрат на него. Изобретение представляет собой систему (устройство), позволяющую автоматизировать труд судоводителя и одновременно снизить эксплуатационные затраты. В процессе эксплуатации точность и достоверность маневрирования ледокола повышается, обеспечивая максимальное значение скорости поступательного продвижения ледокола набегами в тяжелых льдах.

B1

042428

042428

B1

Изобретение относится к области судостроения, в частности к эксплуатации ледоколов и судов ледового плавания в тяжелых ледовых условиях, когда толщина ледяного покрова превышает предельную толщину преодолеваемую непрерывным ходом и движение приходится осуществлять набегами.

Известно из литературных источников [1, 2], что движение ледоколов во льдах, толщиной больше предельной, осуществляется набегами. (Под предельной толщиной ледяного покрова понимается такая толщина, которую судно преодолевает непрерывным ходом с минимально устойчивой скоростью).

Длина продвижения в сплошном льду l_n зависит от скорости разбега, следовательно от длины разгонного участка, а суммарное время цикла набега $\Sigma t(t_{от}+t_{зп}+t_p+t_n+t_{пз}+t_{оз})$ от времени всех этапов маневрирования: отхода назад $t_{от}$, реверса с заднего хода на передний $t_{зп}$, разбега в канале битого льда t_p , продвижения в сплошном льду t_n , освобождения от заклинивания $t_{оз}$, реверса с переднего на задний ход $t_{пз}$). Поэтому вопрос определения оптимальной длины разбега ледокола в зависимости от толщины ледяного покрова актуален. Основным показателем эффективности работы ледокола является средняя скорость поступательного продвижения v при работе ледокола набегами

$$v = \frac{l_n}{\Sigma t} = \frac{l_n}{t_{от}+t_{зп}+t_p+t_n+t_{пз}+t_{оз}}, \quad (1)$$

Для достижения максимально возможной средней скорости поступательного движения набегами у конкретного ледокола необходимо выбрать оптимальную последовательность маневрирования, которая обусловлена следующим. После остановки ледокола в сплошном льду из-за невозможности продолжить движение, так как сопротивление превышает тягу, необходимо отойти задним ходом в канале битого льда с целью набора кинетической энергии для очередного продвижения l_n в сплошном ледяном покрове. Если отойти в канале разрушенного льда на небольшое расстояние, то время движения в нем будет малым, но из-за малой величины накопленной кинетической энергии ледокол пройдет в сплошном льду также небольшое расстояние l_n . Если ледокол отойдет от сплошного льда на большое расстояние, он затратит значительное время на разгон, а энергия окажется не настолько значительной для существенного увеличения l_n . При циклическом движении формируется значение средней скорости ледокола в заданном направлении. Таким образом, параметры набора и передачи кинетической энергии должны регулироваться так, чтобы обеспечивать главный показатель - максимальное значение средней скорости поступательного движения. Это требует оценки ледовых условий - толщины льда, заснеженности, сплоченности битого льда в канале за ледоколом, фиксации времени, длины разрушенного ледяного поля при набеге, оценки скорости переднего и заднего хода и т.д. Для выбора оптимальных длин отхода обычно используют специальные диаграммы [1]. Обработку такого количества данных невозможно производить оперативно вручную судоводителю или его помощнику на ходовом мостике. Поэтому необходимо применять автоматизированные системы обработки данных.

В качестве аналога такой системы можно рассмотреть навигационную гидрографическую систему для проведения морских гидрографических съемок и эхотраления (свидетельство на полезную модель № 13093, G01C 23/00, 14.10.1999), содержащую компьютер, оборудование определения местоположения, гирокомпас, инклинометр, эхолот, эхотрал, выходы которых соединены с входом компьютера, авторулевой, мониторы рулевого и оператора, входы подключены к выходам вышеупомянутого компьютера, который снабжен интерфейсной платой для подключения датчиков, цифровой платой для подключения датчиков, платой управления судном.

Однако эта система не может быть использована для управления движением судна набегами, поскольку ее структура не отражает совокупность условий движения во льдах.

Более близкой по назначению и структуре является полезная модель "Система выбора оптимальной тактики судна" (свидетельство № 16875 U1, G05B 13/00 G01C 23/00; 24.08.2000), рассматривающая движение ледокола. Эта модель снабжена датчиками кинематических характеристик: линейного ускорения и угловой скорости, соединенными с аналого-цифровым преобразователем, встроенным в бортовой компьютер, и набором программ, позволяющих определять характеристики ледовых условий непосредственно с борта ледокола и выбирать оптимальную тактику движения во льдах, толщина которых превышает толщину, преодолеваемую непрерывным ходом.

Работа этой системы основана на данных по ледовым условиям, которые получают от датчиков параметров движения путем решения дифференциальных уравнений. Это решение позволяет выполнить только косвенное определение толщины сплошного льда и оценить наличие и влияние снежного покрова. На основании этих данных рассчитываются параметры тактики, главным из которых является длина отхода от ненарушенного сплошного ледяного покрова для очередного разбега. Эта длина должна обеспечивать максимальную среднюю скорость поступательного движения ледокола в ледяном поле.

Рекомендации по величине этой длины предлагаются судоводителю путем вывода на дисплей, после чего судоводитель выполняет или не выполняет эти рекомендации.

Как показано авторами изобретения в работе [1] выбор длины отхода (длины разбега) осложнен тем, что теоретическая зависимость средней скорости от длины разбега (фиг. 1) имеет экстремум, но в условиях исходных данных, полученных косвенным путем положение оптимальной длины разбега не может надежно определяться. Если эта зависимость непосредственно выводится на дисплей, то сущест-

вует опасность субъективной ошибки при оценке длины разбега, что является существенным недостатком полезной модели, рассматриваемой в качестве прототипа.

Этот недостаток устранен в предлагаемом изобретении следующим образом. С целью исключения субъективного фактора при смене направления движения с переднего хода на задний и с заднего на передний система, используя программный модуль путем автоматизированной обработки поступающих с датчиков сигналов определяет оптимальный момент времени смены направления движения, после чего подается сигнал в систему управления (СЭУ) судна. Это позволяет ледоколу отойти для разбега на оптимальную длину для достижения максимальной средней скорости движения набегами.

Другой существенный недостаток прототипа состоит в определении характеристик ледовых условий (толщины льда и снега) по данным бортовых датчиков скоростей и ускорений.

Для устранения этого недостатка на ледоколе дополнительно устанавливаются системы дистанционного измерения толщины ледяного покрова: телевизионная система на основе лазерного измерения и система измерения способом радиолокации, сведения о которых приведены в источниках [3, 4, 5]. Телевизионная система устанавливается на левом и правом борту в носовой части за бортом на уровне палубы и измеряет толщину выворачиваемых льдин. Система измерения способом радиолокации устанавливается на уровне палубы впереди форштевня и измеряет толщину неразрушенного льда. У первой системы возможна погрешность из-за разламывания льда по трещинам, которые не сохраняют вертикальное расположение, а вторая система может давать погрешность из-за слоистой структуры льда. Поскольку толщина льда является важнейшим фактором для расчета длины разбега, дублирование в определении толщины следует признать целесообразным.

Также при движении задним ходом для оценки длины разгона, необходимо оценивать сплоченность битого льда в канале за ледоколом. Поэтому в кормовой оконечности на специальной мачте установлена телевизионная камера и передает изображение канала на специальный блок системы, в котором по изображению вычисляется сплоченность битого льда в канале за ледоколом и включается в расчет достижимой скорости движения задним ходом в битом льду.

Так как предлагаемая система представляет собой электронное изделие сложной структуры, требующей наладки и квалифицированного обслуживания в процессе эксплуатации, предлагается снабдить ее дополнительным блоком, осуществляющем "самообучение" в автоматическом режиме в процессе эксплуатации.

Работа этого блока позволяет уточнять или настраивать математические модели, заложенные в программное обеспечение, на любой ледокол. Для этого в нее включены специальные программы, позволяющие производить накопление экспериментальных данных и определять эмпирические коэффициенты моделей. При достаточном накоплении экспериментальных данных подтверждается желание о перестройке математических моделей. Это произойдет в результате решения системы уравнений для различных этапов движения, где в качестве неизвестных будут выступать эмпирические коэффициенты.

Решаемые задачи изобретения - обеспечение оптимальной тактики движения ледоколов набегами в тяжелых льдах и автоматизация труда судоводителей.

Технический результат - определение параметров ледовой обстановки для оптимизации движения ледокола в тяжелых льдах, которые приводят к экономии топлива и снижению затрат на него.

Технический результат достигается тем, что система управления силовой энергетической установкой (СЭУ) ледокола для обеспечения оптимальной тактики движения в тяжелых льдах, включающая бортовой компьютер, в системный блок которого вмонтирован аналого-цифровой преобразователь (АЦП), присоединены датчики кинематических параметров движения - линейного перемещения, скорости, ускорения, датчик угловых скоростей и ускорений, подключенные к интерфейсной плате АЦП, специализированное программное обеспечение, позволяющее определять характеристики ледовых условий и выбирать оптимальную тактику циклического движения набегами, с целью исключения субъективного фактора и неточности исходных данных при смене направления движения с переднего хода на задний и с заднего на передний система, используя программное обеспечение путем обработки поступающих с датчиков сигналов определяет оптимальный момент времени для реверса, после чего подается сигнал в систему управления СЭУ судна на смену направления движения; для повышения надежности прогнозирования ледовой ходкости и расчетного времени движения в носовой части судна за бортом установлены датчики, определяющие толщину разрушаемого льда; за кормой помещена телевизионная система, позволяющая определить сплоченность разрушенного ледяного покрова, также подключенная к интерфейсной плате АЦП, сигналы которой также обрабатываются программным модулем и входят в автоматизированную систему управления СЭУ; к интерфейсной плате АЦП подключен датчик измерения расстояний, проходимых ледоколом при маневрах во льду на основе GPS; для быстрой настройки математических моделей в условиях меняющихся ледовых условий в систему входит самообучающийся модуль, позволяющий производить изменения в системе для коррекции управляющего воздействия на работу СЭУ.

Схема системы управления силовой энергетической установкой ледокола показана на фиг. 2.

Работа системы происходит следующим образом.

Судоводитель включает бортовой компьютер, осуществляет запуск центрального блока программ-

ного обеспечения 1, в который заложены математические модели, настроенные на экспериментальные данные по движению данного ледокола. Вводятся ориентировочные данные о толщине льда, другие ледовые условия, полученные по метеосводкам, данным авиационной и спутниковой разведки. Проверяется готовность к работе радиолокационного измерителя толщины льда А, телевизионной камеры для измерения толщины льда по вывернутым у борта льдинам Б.

Производится включение блоков 2, 3, 4, 5, 6, 7 и связанных с ними датчиков линейного ускорения Д, угловых скоростей Е, видеокамера заднего вида В, GPS Г.

После включения блока регистрации и определения кинематических характеристик движения 4 и проверки датчиков ледоколу вручную задается передний ход, во время которого осуществляется запуск расчетного модуля в блоке 1 и осуществляется запись с датчиков. Поступившие сигналы с видеокамеры заднего вида В в блок регистрации и обработки телевизионного сигнала 6, с измерителя А в блок регистрации и обработки радиолокационного измерителя толщины льда 8, с видеокамеры Б в блок регистрации и обработки сигнала от измерения толщины льда 7, с датчиков Д и Е в блок 4 обрабатываются и подаются в блок анализа и определения параметров ледовых условий 5, где сравниваются показания датчиков А и Б. После работы упомянутых блоков и остановки ледокола в сплошном льду, вычисляется длина разгона в блоке 1, управление передается блоку анализа состояния СЭУ и управления изменением направления движения 2. Вычисленная длина отхода для разгона контролируется GPS Г как на бортовом компьютере, так и на ходовом мостике, позволяя исключать ошибки системы управления СЭУ. После отхода на длину разгона, которая вычислена системой как оптимальная, блок 2 переключает СЭУ на передний ход и начинается разбег в собственном канале, набор кинетической энергии и завершается продвижением в сплошном льду до полной остановки. Затем процедура повторяется.

Система позволяет уточнять или настраивать математические модели, заложенные в программный блок 1, на любой ледокол. Для этого блок 3 позволяет производить накопление экспериментальных данных и определять эмпирические коэффициенты расчетных моделей. Это можно сделать следующим образом. Записывать измерения толщин льда, снега и параметры движения в отведенных массивах. При достаточном накоплении экспериментальных данных подтверждается желание о перенастройке математических моделей. Эмпирические коэффициенты будут определены в результате решения системы уравнений движения.

Получив сообщение о завершении настройки математических моделей, система может работать описанным выше образом. Соответственно в процессе эксплуатации точность и достоверность маневрирования ледокола повышается, обеспечивая максимальное значение скорости поступательного продвижения ледокола набегами в тяжелых льдах.

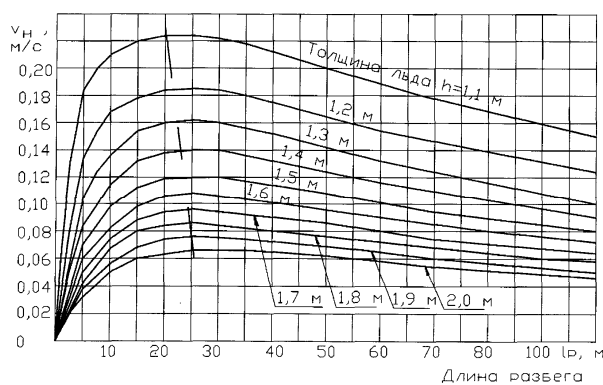
Список литературы

- 1) Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. СПб.: Судостроение, 2001. 512 с.
- 2) Ионов Б.П., Калинина Н.В. Выбор тактики движения судов в тяжелых льдах//Морской вестник. 2013. № 1 (45). С. 106-108.
- 3) Сероветников С.С., Фролов С.В., Клейн А.Э. Судовой телевизионный комплекс - реализация автоматизированной системы натуральных измерений толщины морского льда//Российская Арктика. № 2, 2018. С. 41.
- 4) Белянский В.Б., Ткаченко О.Е., Ханин Л.Б. Определение толщины льда при помощи радиолокатора с широкополосным сигналом//Морские информационно-управляющие системы, № 1, 2012. С. 34-39.
- 5) Алексеева Т.А., Фролов С.В., Сероветников С.С. Обзор методов и основных результатов измерения толщины морского льда в Арктике//Российская Арктика. 2021. № 12. С. 33-49. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-1-33-49.

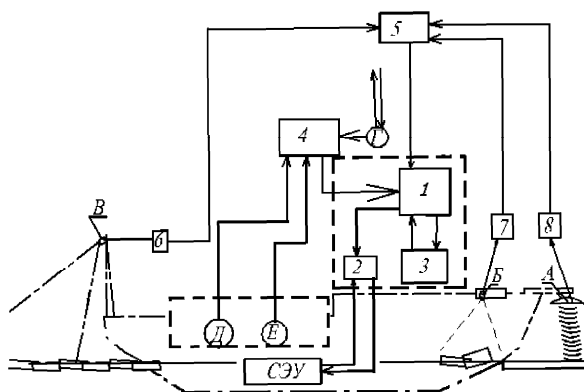
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Система управления силовой энергетической установкой (СЭУ) ледокола для обеспечения оптимальной тактики движения в тяжелых льдах, включающая бортовой компьютер, в системный блок которого вмонтирован аналого-цифровой преобразователь (АЦП), присоединены датчики кинематических параметров движения - линейного перемещения, скорости, ускорения, датчик угловых скоростей и ускорений, подключенные к интерфейсной плате АЦП, специализированное программное обеспечение, позволяющее определять характеристики ледовых условий и выбирать оптимальную тактику циклического движения набегами, отличающаяся тем, что, с целью исключения субъективного фактора и неточности исходных данных при смене направления движения с переднего хода на задний и с заднего на передний, система, используя программное обеспечение путем обработки поступающих с датчиков сигналов, определяет оптимальный момент времени для реверса, после чего подается сигнал в систему управления СЭУ судна на смену направления движения; для повышения надежности прогнозирования ледовой ходкости и расчетного времени движения в носовой части судна за бортом установлены датчики, определяющие толщину разрушаемого льда; за кормой помещена телевизионная система, позволяющая определить сплоченность разрушенного ледяного покрова, также подключенная к интерфейсной плате АЦП, сигналы которой также обрабатываются программным модулем и входят в автоматизированную систему

управления СЭУ; к интерфейсной плате АЦП подключен датчик измерения расстояний, проходимых ледоколом при маневрах во льду на основе GPS; для быстрой настройки математических моделей в условиях меняющихся ледовых условий в систему входит самообучающийся модуль, позволяющий производить изменения в системе для коррекции управляющего воздействия на работу СЭУ.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2