

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1027-1039

THE CONCEPT OF A UNIFIED GOAL DIRECTED MANAGEMENT OF MARINE POWER PLANT

A.V. Soloviev

The Federal Autonomous Institute Russian River Register Upper Volga Branch-Office,
Nizhniy Novgorod, Russian Federation

In this article we propose the development of control systems elements of ship power plants (SPP) on the basis of the concept of a unified digital solution that is an integral part (or base) of a single management system. Discusses the objectives of each hierarchical level. It is shown that the introduction of such a system is particularly effective where under control is a significant number of interrelated parameters and depending on the state coordinate specifying and revolting influences, there is a need to switch between various modes. The article shows that the modern development of computer hardware, information networks and digital technologies allows us to implement complex hierarchical control algorithms, including algorithms for retrieval and processing of information, identification of control objects, adaptation to change object parameters and external disturbances. These algorithms ensure dynamic sustainable development system and improving the quality of control processes with application of elements of artificial intelligence that is the hallmark of the control systems of tomorrow. This approach allows us to create a single clear interval automatic control system of ship power plants, providing for the eight management scenarios, based on which the developed range of settings. The description of management scenarios, operating modes of objects of SPP in the implementation of all management scenarios. The analysis of the possible actions of the system with a particular "scenario" management.

Keywords: automatic control system, ship power plant, a single digital solution, the control algorithms, the control scenario.

For citation:

Soloviev, Alexey V. "The concept of a unified goal directed management of marine power plant." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.5 (2017): 1027–1039. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1027-1039.

УДК 629.5.064-52

КОНЦЕПЦИЯ ЕДИНОГО ЦЕЛЕОРИЕНТИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ

А. В. СОЛОВЬЕВ

ФАУ «Российский Речной Регистр» Верхне-Волжский филиал
Российского Речного Регистра, Нижний Новгород, Российская Федерация

В настоящей статье предлагается разработка систем управления элементами судовых энергетических установок (СЭУ) на основе концепции единого цифрового решения, являющегося неотъемлемой частью (или даже основой) единой системы управления СЭУ. Рассматриваются задачи каждого иерархического уровня. Показано, что внедрение такой системы является особенно эффективным там, где под контролем находится значительное количество взаимосвязанных параметров, и что в зависимости от координат состояния, задающих и возмущающих воздействий появляется необходимость переключения на различные режимы работы. В статье продемонстрировано, что современное развитие компьютерных аппаратных средств, информационных сетей и цифровых технологий позволяет реализовывать сложные иерархические алгоритмы управления, включающие алгоритмы получения и обработки информации, идентификации объектов управления, адаптации к изменению параметров объекта и внешних возмущающих воздействий. Эти алгоритмы обеспечивают устойчивое динамическое развитие системы и качественное улучшение процессов управления с применением элементов искусственного интеллекта, что является отличительной чертой систем управления завтрашнего дня. Такой подход позволяет создать единую целеориентированную систему автоматического управления СЭУ, предусматривающую во семь «сценариев» управления, на основе которых разрабатывается линейка настроек. Приведены описание

«сценариев» управления и режимы работы объектов СЭУ при их реализации. Выполнен анализ возможных действий системы с тем или иным «сценарием» управления.

Ключевые слова: система автоматического управления, судовая энергетическая установка, единое цифровое решение, алгоритмы управления, сценарий управления.

Для цитирования:

Соловьев А. В. Концепция единого целеориентированного управления судовой энергетической установкой / А. В. Соловьев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 5. — С. 1027–1039. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1027-1039.

Введение

Современное развитие компьютерных аппаратных средств, информационных сетей и цифровых технологий позволяет реализовывать сложные иерархические алгоритмы управления, включающие алгоритмы обработки информации, идентификации объектов управления, адаптации к изменению параметров объекта и внешних возмущающих воздействий, обеспечивающие устойчивое динамическое развитие системы и качественное улучшение процессов управления с применением элементов искусственного интеллекта [1] – [3], что является отличительной чертой систем управления завтрашнего дня.

Повсеместное внедрение цифровых технологий управления в ближайшем будущем распространится и на судостроение [4] – [6], несмотря на то, что эта отрасль считается одной из наиболее консервативных. Сама жизнь заставит применять указанные технологии, ибо, как полагают специалисты, очень скоро образуется цифровое неравенство и преимущества будут иметь те отрасли, которые полностью вошли в сферу цифрового управления и пользуются всеми преимуществами цифровых технологий. Те отрасли, которые не успели перестроиться, останутся на «обочине» процесса развития и потеряют свои позиции на рынке, в том числе и на рынке перевозок. Элементы искусственного интеллекта, являющиеся частью автоматизированных информационных технологий, на основе которых должны строиться системы управления завтрашнего дня [7], открывают новые возможности управления, в том числе судами и СЭУ.

Оснащение судов современными системами управления, использующими достижения кибернетики, информатики и элементы искусственного интеллекта позволяет реализовать принципиально новые как схемные, так и алгоритмические решения при разработке систем управления совокупностями объектов [8], [9].

Актуальность исследований

Актуальность исследований подтверждается документом «Стратегия развития внутреннего водного транспорта РФ на период до 2030 г.» [10], согласно которому приоритетными задачами является повышение безопасности, экологичности и энергоэффективности перевозок на внутреннем водном транспорте (ВВП). Решение этих задач невозможно без кардинального изменения решений в области автоматизации технологических процессов на судах, создания алгоритмов управления с использованием некоторых элементов интеллекта для управления автоматизированным судовым комплексом в целом.

Внедрение такой системы особенно эффективно там, где под контролем находится значительное количество взаимосвязанных параметров и существует необходимость переключения объектов управления на различные режимы работы в зависимости от желаемого их состояния, задающих и возмущающих воздействий. Поскольку объектов СЭУ имеется большое количество, а контролируемых параметров на порядок больше, то очевидно, что для обеспечения заданного режима работы СЭУ необходимо перенастраивать режимы работы отдельных ее элементов и систем в соответствии с установленными критериями. Целеориентированное автоматическое управление СЭУ позволит решить данную задачу, а кроме того, повысит техническую безопасность плавания, экологическую и энергетическую эффективность. Особенно данная система будет эффективна там, где управление судном осуществляется одним человеком.

Управление работой СЭУ и ее элементами, в том числе судовыми техническими средствами с помощью целеориентированного управления, является одной из перспективных задач, техническая реализация которой возможна уже в настоящее время.

Методы и материалы

В настоящей работе предлагается разрабатывать системы управления элементами СЭУ на основе концепции единого цифрового решения, являющегося неотъемлемой частью или даже основой единой системы управления СЭУ (рис. 1). Представленная система управления является модульной. При модульном построении весь комплекс подразделяется на ряд самостоятельных подсистем, решающих определенные подзадачи из входящих в главную задачу системы (например, целеориентированное управление СЭУ). Таким образом, модульные системы состоят из блоков (модулей), каждый из которых может функционировать как самостоятельно, так и в рамках всей системы, подчиняясь командам подсистем более высокого уровня.

В представленной на рис. 1 блок-схеме система управления разделена на три различных иерархических уровня. Центральный компьютер управления (ЦКУ) I (высшего) уровня связан с компьютерами II уровня. Периодически ЦКУ осуществляет связь с компьютерами II уровня, а именно: осуществляет сбор и обработку информации об объектах управления, передачу команд управления, хранение и отображение информации о заданных переменных, отображает на экране монитора ход процесса управления в удобном для судоводителя виде.

Компьютеры II уровня формируют запросы к контроллерам III уровня, получая от них оперативную информацию о ходе управления конкретным объектом, осуществляют хранение информации, производят коррекцию необходимых параметров алгоритмов управления и уставок регуляторов в контроллерах III уровня, осуществляют передачу и прием информации от компьютера I уровня.

Контроллеры III уровня (рис. 2) выполняют:

- сбор сигналов от датчиков, установленных на объектах управления;
- предварительную обработку сигналов (фильтрацию и масштабирование);
- реализацию алгоритмов управления и формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы объектов управления;
- передачу и прием информации от компьютеров II уровня.

Связь между компьютерами различного уровня осуществляется обычно по однопроводной или иногда двухпроводной (в случае реализации интерфейса токовой петли) линии дискретным последовательным кодом. Для осуществления этой связи компьютеры должны иметь последовательные порты типа COM-порт или USB-порт.

Контроллеры III уровня осуществляют связь с внешней средой: датчиками объекта, исполнительными устройствами, сигнализацией. Связь осуществляется через порты — дискретные (последовательный, параллельный) или аналоговые. В представленной концепции единого цифрового решения системы управления все обмены информацией между компьютерами, между контроллерами и датчиками или исполнительными устройствами осуществляются по командам программы. Программное обеспечение работы всего автоматизированного комплекса достаточно сложное и является основополагающим для надежного функционирования системы.

Программы III уровня управляют непосредственно конкретным объектом и удовлетворяют установленным жестким требованиям. Программы II уровня должны передавать приказы на объекты управления, хранить информацию и передавать её на верхний уровень по требованию. Программа I уровня выдает приказы и может потребовать информацию за конкретный период времени.

Выполненные автором предварительные исследования и его опыт эксплуатации электроэнергетических установок на судах речного флота позволили предложить концепцию модели единой целеориентированной системы автоматического управления (ЕЦСУ) СЭУ, предусматривающей восемь «сценариев» управления, на основе которых разрабатывается линейка настроек.

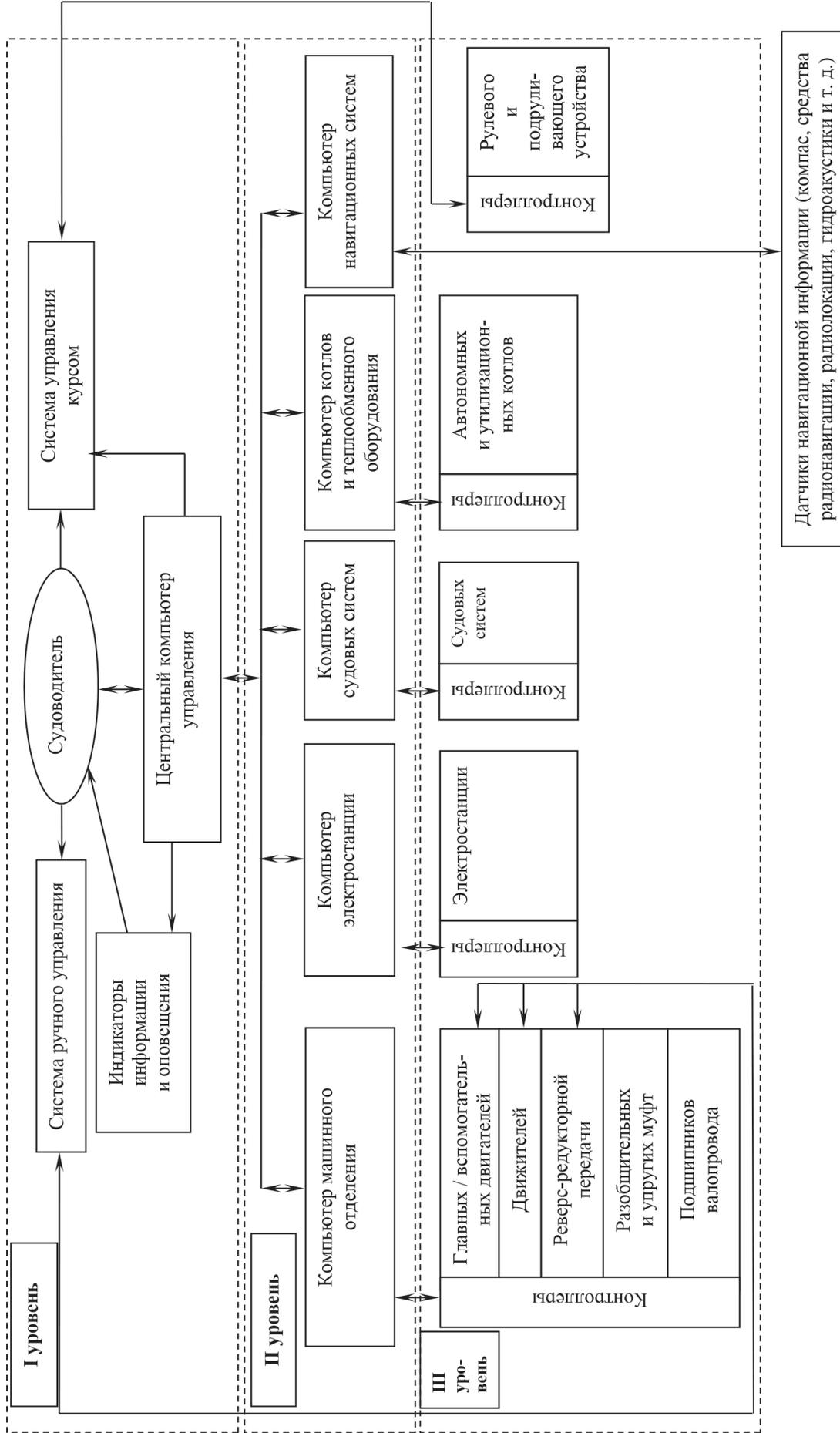


Рис. 1. Блок-схема концепции единого цифрового решения системы управления

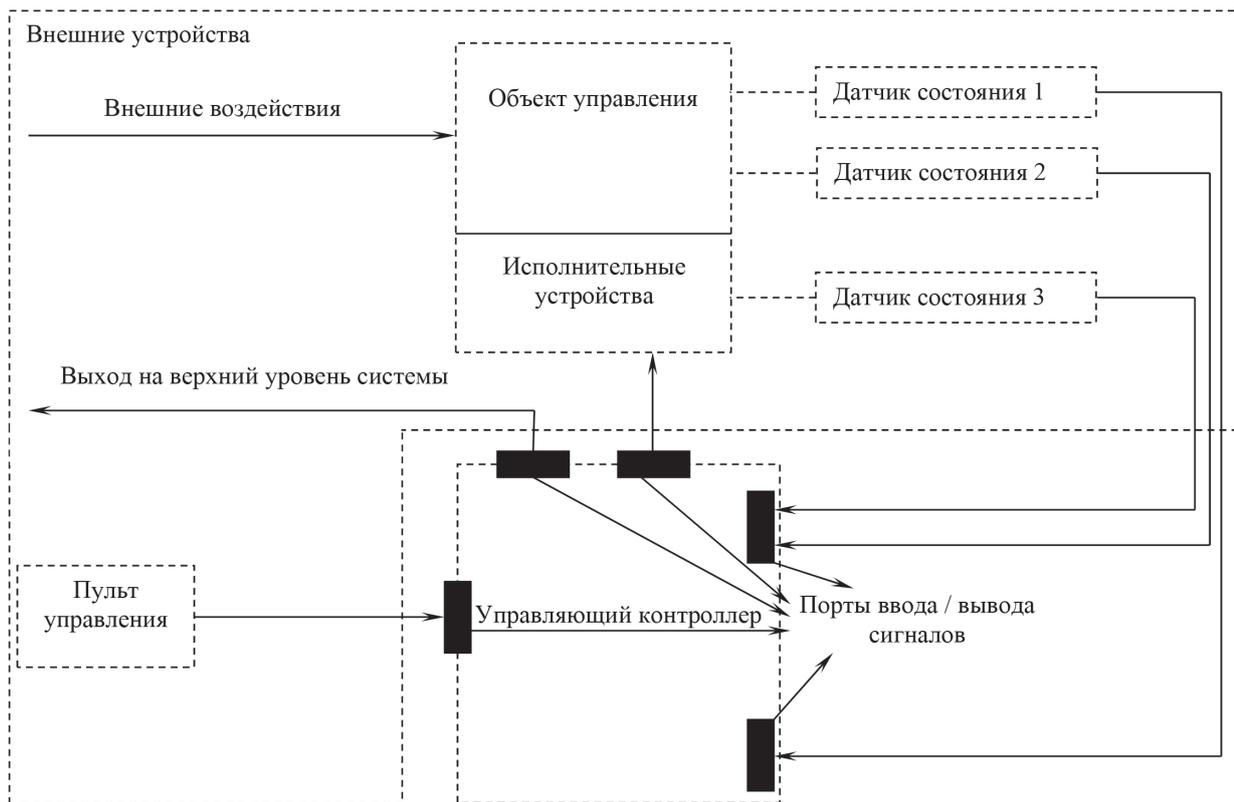


Рис. 2. Блок-схема модуля III уровня

Реализация «сценариев» управления возможна при использовании концепции единого цифрового решения системы управления (см. рис. 1). Для выполнения одного из восьми представленных далее «сценариев» ЕЦСУ СЭУ компьютер I уровня при соответствующем намерении судоводителя выдает команды на компьютеры II уровня о переводе объектов СЭУ в соответствующие «сценарию» режимы работы согласно принятому протоколу управления. Компьютеры II уровня передают необходимые настройки управления на контроллеры объектов СЭУ.

«Сценарий 1». Объекты СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя переключаются на обеспечение максимальной мощности главных двигателей. Необходимость такого режима работы СЭУ возникает крайне редко и может потребоваться при выведении судна на безопасный плес под угрозой столкновения с другими судами или плавучими объектами, намеренном выбрасывании судна на мель, снятии с мели и т. п. Главные двигатели (двигатель) при этом выходят на режим 100 или 110 %-й номинальной мощности, запускается резервный дизель-генератор для обеспечения работы подруливающих устройств, лопасти движителей и подруливающих устройств поворачиваются в положение максимального упора, утилизаторы теплоты выпускных газов отключаются, насосы систем охлаждения и смазывания переводятся в режим максимальной подачи. Общесудовые системы функционируют в режиме ручного управления. Система аварийно-предупредительной сигнализации (АПС) функционирует в штатном режиме. Система определения технического состояния объектов СЭУ функционирует в режиме генерирования предупреждающих световых и звуковых сигналов о недопустимой перегрузке ответственных объектов СЭУ.

«Сценарий 2». Объекты СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя переключаются на режим обеспечения номинальной мощности СЭУ. Необходимость такого режима работы СЭУ возникает при несоответствии графика движения судна временным ориентирам, задаваемым расписанием. Главные двигатели (двигатель) при этом выходят на режим 100 %-й номинальной мощности, резервный дизель-генератор

для обеспечения работы подруливающих устройств не запускается, так как работа подруливающих устройств не требуется, двигатели, насосы систем охлаждения и смазывания работают в штатном режиме, электроэнергетическая установка и комплексная система утилизации теплоты работают в соответствии с алгоритмом управления, обеспечивающим текущие потребности судна в электроэнергии и тепловых потоках соответственно. Общесудовые системы функционируют в режиме ручного управления. Система АПС функционирует в штатном режиме. Система определения технического состояния объектов СЭУ, в соответствии с протоколом (принятой схемой опроса датчиков и сохранения данных), заносит в базу диагностических параметров значения, на основе использования которых (шкалирование, группировка, сопоставление с нормами) компьютерная модель диагностирования делает заключение о годном или негодном состоянии объектов СЭУ.

«Сценарий 3». Объекты СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя переключаются на режим обеспечения максимальной экономичности СЭУ. Такой режим может быть назначен судоводителем, если имеется запас ходового времени по сравнению графиком движения, задаваемым расписанием. Система управления функционирует в режиме обеспечения максимально возможной степени энергосбережения в зависимости от путевых гидрометеорологических условий, потребности судна в электрической энергии, горячем водоснабжении, отоплении и кондиционировании воздуха. Режим работы главных двигателей, электроэнергетической установки, комплексной системы утилизации теплоты и автономного котла устанавливается системой управления по результатам анализа составляющих критерия энергосбережения. Общесудовые системы функционируют в режиме ручного управления. Система определения технического состояния объектов СЭУ функционирует в «спящем» режиме. Система АПС функционирует в штатном режиме.

«Сценарий 4». Объекты СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя переключаются на режим обеспечения минимальной или регламентированной скорости движения. Такой режим может быть назначен судоводителем при прохождении судном работающих и неработающих судов технического флота, пришвартованных к береговым причальным сооружениям судов в узостях, при движении судна в каналах и т. д. Системы двигателей, общесудовые системы и система АПС работают в штатном режиме, электроэнергетическая установка и комплексная система утилизации теплоты работают в соответствии с алгоритмом управления, обеспечивающим текущие потребности судна в электроэнергии и тепловых потоках соответственно. Система определения технического состояния объектов СЭУ функционирует в «спящем» режиме.

«Сценарий 5». Объекты СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя переключаются на режим обеспечения максимальной экологической безопасности СЭУ. Такой режим может быть назначен судоводителем при прохождении судном природоохранных зон, гидроузлов, городов и крупных сельских поселений. Система управления функционирует в режиме обеспечения максимально возможной степени природосбережения в зависимости от путевых, гидрометеорологических условий и ограничений, накладываемых местными правилами плавания. Режим работы объектов СЭУ и природоохранного оборудования устанавливается системой управления на основе результатов анализа составляющих критерия экологической безопасности, при этом накладываются ограничения, например, на работу инсинератора, а также на частоту смены режимов работы двигателей, характеризующихся повышенной дымностью. Общесудовые системы функционируют в режиме ручного управления. Система определения технического состояния объектов СЭУ отключается. Система АПС функционирует в штатном режиме.

«Сценарий 6». Объекты СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя переключаются на режим обеспечения максимальной долговечности элементов СЭУ. Этот режим во многом близок к режиму, соответствующему «сценарию 3», но отличается от него переходом на указанные в технической документации «щадящие» режимы работы главных двигателей, дизель-генераторов, насосов, сепараторов, компрессоров и других объек-

тов СЭУ, максимальная долговечность которых играет важную роль в обеспечении экономических показателей эксплуатации судна. Такой режим может быть назначен судоводителем, если имеется запас ходового времени по сравнению графиком движения, задаваемым расписанием. При этом с учетом путевых и гидрометеорологических условий и наиболее благоприятной с позиций долговечности нагрузки двигателей выбирается число работающих главных двигателей и дизель-генераторов, устанавливается режим их терморегулирования и смазывания. Электроэнергетическая установка, комплексная система утилизации теплоты работают в соответствии с алгоритмом управления, обеспечивающим текущие потребности судна в электроэнергии и тепловых потоках соответственно. Общесудовые системы функционируют в режиме ручного управления. Система определения технического состояния объектов СЭУ функционирует в «спящем» режиме, система АПС — в штатном режиме.

«Сценарий 7». Объекты СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя переключаются на режим обеспечения максимальной технической безопасности судна в рейсе, при погрузке и (или) на стоянке. Такой режим может быть назначен судоводителем, если он получит информацию о возможной угрозе безопасности судна. Источником опасности могут быть штормовые условия плавания, угроза транспортного происшествия, водотечность, пожароопасная ситуация в отдельных помещениях судна, требования Информации об остойчивости и непотопляемости, Информации о загрузке судна и т. п. В полную готовность приводятся системы осушения и балластная, противопожарные системы. Система АПС функционирует в штатном режиме. Пропульсивные установки (если применимо) и электроэнергетическая установка переводятся в режим ручного управления, утилизаторы теплоты выпускных газов отключаются. Система определения технического состояния объектов СЭУ отключается.

«Сценарий 8». Объекты СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя переключаются на маневровый режим (режим ручного управления главными двигателями, подруливающими устройствами, движителями). Запускается резервный дизель-генератор. В полную готовность приводятся подруливающие устройства и палубные механизмы. При этом электроэнергетическая установка и комплексная система утилизации теплоты работают в соответствии с алгоритмами их управления, обеспечивающими текущие потребности судна в электроэнергии и тепловых потоках соответственно. Система АПС, общесудовые системы функционируют в штатном режиме. Система определения технического состояния объектов СЭУ отключается.

Режимы работы объектов СЭУ, охваченных ЕЦСУ при реализации всех «сценариев» управления, представлены в сводной табл. 1. При этом режимы работы объектов СЭУ обеспечиваются соответствующими настройками управления.

Результаты

Анализ возможных действий системы с тем или иным «сценарием» управления показывает, что для «сценариев» 1, 2, 4, 6 – 8 дополнительной разработки критериев результативности, на которые должна быть ориентирована система управления, не требуется. Такими критериями являются:

- для «сценария 1» — максимальная мощность главных двигателей;
- для «сценария 2» — номинальная мощность главных двигателей;
- для «сценария 4» — скорость движения судна;
- для «сценария 6» — режимы работы объектов СЭУ, обеспечивающие их наибольшую долговечность;
- для «сценария 7» — предупреждение угроз безопасности судна или ликвидация таких угроз;
- для «сценария 8» — автоматическое управление и критерий результативности такого управления не требуется.

Однако для «сценариев» 3 и 5 критерии результативности автоматического управления требуются и таковыми, по мнению автора, могут быть для «сценария 3» энергетическая эффективность [11], а для «сценария 5» — экологическая эффективность судна [12].

Таблица 1
 (Окончание)

Обеспечивающие системы	Масляная	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим
	Сжатого воздуха	Готовность к пуску	Штатный режим	Готовность к пуску					
	Водопотребления	Готовность к пуску	Штатный режим	Штатный режим					
	Газового пожаротушения	Готовность к пуску	Штатный режим	Штатный режим					
	Аэрозольного пожаротушения	Готовность к пуску	Штатный режим	Штатный режим					
	Пенотушения	Готовность к пуску	Штатный режим	Штатный режим					
	Иная система пожаротушения	Готовность к пуску	Штатный режим	Штатный режим					
	Система кондиционирования воздуха и отопления	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим
	Автономные котлы	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим	Штатный режим
	Утилизаторы теплоты выпускных газов	Отключены	Штатный режим	Штатный режим					
Подруливающее устройство	Готовность к пуску	Отключено	Отключено	Отключено	Включено	Штатный режим	Отключено	Готовность к пуску	Включено

В качестве примера работы ЕЦСУ СЭУ в табл. 2 представлен фрагмент протокола управления объектами СЭУ для реализации «сценариев» 1 и 3. В этом фрагменте указаны только те объекты СЭУ, для которых изменяются режимы работы и настройки управления при переходе между указанными «сценариями».

Таблица 2

Фрагмент протокола управления объектами СЭУ для реализации «сценариев» 1 и 3

«Сценарий 1» — максимальная мощность главных двигателей			
Объекты СЭУ	Режим работы	Настройки управления	
Главный двигатель	Максимальная мощность	Максимальная цикловая подача топлива и воздуха, обеспечивающая полное сгорание топлива	
		Фазы газораспределения на режим максимальной мощности	
		Турбоагнетатель на максимум наддува	
		Система нейтрализации (очистки) выпускных газов главного двигателя отключена	
		Система охлаждения и смазывания переводится на режим обеспечения максимальной мощности	
		Отключение программы соответствия частоты вращения главного двигателя глубине судового хода	
		Отключение программы поиска экономичного сочетания количества работающих главных двигателей и их мощности для обеспечения выполнения графика движения	
Вспомогательные двигатели	Штатный режим	Команда на запуск резерва	
«Сценарий 1» — максимальная мощность главных двигателей			
Объекты СЭУ	Режим работы	Настройки управления	
Электростанция	С обеспечением резерва мощности	Отключение валогенератора	
		Запуск резервного дизель-генератора	
Движители	Максимальный упор	ВРК на максимальный упор	
		ВРШ на максимальный упор	
Общесудовые системы	Осушительная	Готовность к пуску	Штатные
	Балластная	Готовность к пуску	Штатные
	Газовыпускная	Максимальная мощность	Утилизационные котлы на отключение
	Сжатого воздуха	Готовность к пуску	Проверка к повторному запуску главного двигателя
	Водотушения	Готовность к пуску	Штатные
	Газового пожаротушения	Готовность к пуску	Штатные
	Аэрозольного пожаротушения	Готовность к пуску	Штатные
	Пенотушения	Готовность к пуску	Штатные
	Иная система пожаротушения	Готовность к пуску	Штатные

Таблица 2
 (Продолжение)

«Сценарий 1» — максимальная мощность главных двигателей			
Утилизаторы теплоты выпускных газов	Отключены	Утилизационные котлы на отключение	
Подруливающее устройство	Готовность к пуску	Штатные	
«Сценарий 3» — максимальная экономичность			
Объекты СЭУ	Режим работы	Настройки управления	
Главный двигатель	Максимальная экономичность	Обеднение топливной смеси до минимума, обеспечивающего устойчивую работу, что достигается: – уменьшением цикловой подачи топлива – регулированием давления надува	
		Фазы газораспределения на режим максимальной экономичности	
		Система нейтрализации (очистки) выпускных газов главного двигателя отключена	
		Включение программы соответствия частоты вращения главного двигателя глубине судового хода	
		Включение программы поиска экономичного сочетания количества работающих главных двигателей при обеспечении выполнения графика движения	
«Сценарий 3» — максимальная экономичность			
Объекты СЭУ	Режим работы	Настройки управления	
Вспомогательные двигатели	Максимальная экономичность	Включение программы обеспечения максимальной экономичности дизель-генератора в зависимости от нагрузки электростанции (выбор количества работающих дизель-генераторов и их нагрузки, обеспечивающих минимум удельного эффективного расхода топлива)	
Электростанция		Подключение валогенератора, если это обоснованно	
Движители	Штатный режим	ВРК в штатный режим	
		ВРШ в штатный режим	
Общесудовые системы	Осушительная	Штатный режим	Штатные
	Балластная	Штатный режим	Штатные
	Газовыпускная	Штатный режим	Штатные
	Сжатого воздуха	Штатный режим	Штатные
	Водотушения	Штатный режим	Штатные
	Газового пожаротушения	Штатный режим	Штатные
	Аэрозольного пожаротушения	Штатный режим	Штатные
	Пенотушения	Штатный режим	Штатные
Иная система пожаротушения	Штатный режим	Штатные	

«Сценарий 1» — максимальная мощность главных двигателей		
Утилизаторы теплоты выпускных газов	Штатный режим	Включение программы управления утилизацией вторичной теплоты
Подруливающее устройство	Отключено	Штатные

Согласно представленному фрагменту протокола управления, ЕЦСУ СЭУ с момента прохождения сигнала о соответствующем действии (намерении) судоводителя задать тот или иной «сценарий», анализирует текущие режимы работы объектов СЭУ и в случае необходимости перенастраивает их режимы работы за счет изменения настроек управления.

Заключение

Предложенная в работе ЕЦСУ СЭУ позволяет повысить техническую безопасность плавания, экологическую и энергетическую эффективность, так как при любых условиях эксплуатации судна задаются наиболее оптимальные режимы работы объектов СЭУ, заранее определенные «сценарием» управления. Также ЕЦСУ СЭУ дает возможность реализации информационной поддержки принятия решений судоводителем при любом из выполняемых «сценариев» или ручном управлении объектами СЭУ в следующих случаях:

- несоответствие частоты вращения ГД глубине судового хода;
- несоблюдение ограничений на режим движения на данном участке плеса, накладываемых местными правилами плавания и «защитных» в память компьютера системы отображения электронных навигационных карт и информации;
- неэкономичное сочетание количества работающих ГД и их мощности;
- необеспечение энергетической эффективности и экологической безопасности при прохождении судном природоохранных зон, гидроузлов, городов и крупных сельских поселений.

Судоводитель, используя данную информацию, в зависимости от окружающей обстановки может задать наиболее подходящий для текущего момента времени «сценарий» или перейти на ручное управление и изменить режимы работы объектов СЭУ в соответствии с рекомендациями ЕЦСУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев С. Н. From classical control problems to intelligent control / С. Н. Васильев // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2001. — № 1. — С. 5–22.
2. Васильев С. Н. От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению / С. Н. Васильев // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2001. — № 2. — С. 5–21.
3. Васильев С. Н. Интеллектуальное управление динамическими системами / С. Н. Васильев, А. К. Жерлов, Е. А. Федосов, Б. Е. Федун. — М.: Физико-математическая литература, 2000. — 352 с.
4. Золотов В. В. Управляющие комплексы сложных корабельных систем / В. В. Золотов, И. Р. Фрейдзон. — Л.: Судостроение, 1986. — 232 с.
5. Вагущенко Л. Л. Интегрированные системы ходового мостика / Л. Л. Вагущенко. — Одесса: Латстар, 2003. — 169 с.
6. Елизаров И. А. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: учеб. пособие / И. А. Елизаров, Ю. Ф. Мартемьянов, А. Г. Схиртладзе, С. В. Фролов. — М.: Машиностроение, 2004. — 180 с.
7. Васильев С. А. Автоматизированный комплекс оптимизации работы судовых двигателей / С. А. Васильев, С. Н. Зеленов, М. Р. Рёбрушкин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2013. — № 1. — С. 95–102.

8. Соловьев А. В. Способ управления электроприводом, использующий его «матричную» математическую модель / А. В. Соловьев, М. М. Чиркова // Идентификация систем и задачи управления: труды международной конференции SICPRO'2000. — М.: ИПУ РАН, 2000. — С. 1150–1154.

9. Жадобин Н. Е. Нечеткие регуляторы в системах управления судовыми энергетическими установками / Н. Е. Жадобин, А. И. Лебедев, О. Г. Данилов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 3 (25). — С. 62–68.

10. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года / Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. № 327-Р. — М., 2013. — 137 с.

11. Соловьев А. В. Методика оценки экологической эффективности судов внутреннего плавания / А. В. Соловьев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 2. — С. 306–322. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-306-322.

12. Соловьев А. В. Энергетическая эффективность судов / А. В. Соловьев, П. И. Бажан, И. В. Голубев // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — 2017. — № 50. — С. 260–267.

REFERENCES

1. Vasil'ev, S. N. "From classical control problems to intelligent control." *Journal of Computer and Systems Sciences International*. — 2001. — Т. 40. — № 1. — С. 1–18.

2. Vasil'ev, S. N. "Ot klassicheskikh zadach regulirovaniya k intellektnomu upravleniyu." *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya* 2 (2001): 5–21.

3. Vasil'ev, S. N., A. K. Zherlov, E. A. Fedosov, and B. E. Fedunov. *Intellektual'noe upravlenie dinamicheskimi sistemami*. М.: Fiziko-matematicheskaya literatura, 2000.

4. Zolotov, V. V., and I. R. Freidzon. *Upravlyayushchie komplekсы slozhnykh korabel'nykh sistem*. L.: Sudostroenie, 1986.

5. Vagushchenko, L. L. *Integrirovannye sistemy khodovogo mostika*. Odessa: Latstar, 2003.

6. Elizarov, I. A., Yu. F. Martem'yanov, A. G. Skhirtladze, and S. V. Frolov. *Tekhnicheskie sredstva avtomatizatsii. Programmno-tekhnicheskie komplekсы i kontrolyery: ucheb. posobie*. М.: Mashinostroenie, 2004.

7. Vasiliev, Sergei Aleksandrovich, Sergei Nickolaevich Zelenov, and Maxim Nickolaevich Rebrushkin. "Automated complex of optimization of ship engines." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 1 (2013): 95–102.

8. Solov'ev, A. V., and M. M. Chirkova. "Sposob upravleniya elektroprivodom, ispol'zuyushchii ego «matrichnyu» matematicheskuyu model'." *Identifikatsiya sistem i zadachi upravleniya: trudy mezhdunarodnoi konferentsii SICPRO'2000*. М.: IPU РАН, 2000: 1150–1154.

9. Zhadobin, N. E., A. I. Lebedev, and O. G. Danilov. "Fuzzy control of dynamic systems." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(25) (2014): 62–68.

10. Strategiya razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda / Utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi federatsii ot 29 fevralya 2016 g. № 327-R. М., 2013.

11. Soloviev, Alexey V. "Environmental performance of inland navigation vessels." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.2 (2017): 306–322. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-306-322.

12. Soloviev, A. V., P. I. Bazhan, and I. V. Golubev. "Energy efficiency of ships." *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta* 50 (2017): 260–267.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Соловьёв Алексей Валерьевич —
 кандидат технических наук, заместитель
 директора
 ФАУ «Российский Речной Регистр» Верхне-
 Волжский филиал Российского Речного Регистра
 603001, Российская Федерация,
 г. Нижний Новгород, ул. Рождественская 38в
 e-mail: solovev@rivregnn.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Soloviev, Alexey V. —
 PhD, deputy director
 The Federal Autonomous Institute
 Russian River Register Upper Volga Branch-Office
 38v Rozhdestvenskaya Str., Nizhniy Novgorod,
 603001, Russian Federation
 e-mail: solovev@rivregnn.ru

Статья поступила в редакцию 15 сентября 2017 г.
 Received: September 15, 2017.