

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

DOI: 10.24143/2073-1574-2019-2-7-15

УДК 303.05; 656.62

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ОСНОВНЫХ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ФЛОТОМ

В. В. Каретников, С. В. Рудых, А. А. Буцанец

*Государственный университет морского и речного флота
им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Внедрение системы дистанционного управления беспилотными транспортными средствами на внутренних водных путях (ВВП) является комплексной актуальной задачей, решение которой следует начать с определения концептуальных положений, которые позволят обозначить рациональный способ взаимодействия данной системы с известными. Системе дистанционного управления техническим флотом следует обеспечивать необходимый уровень безопасности судоходства, и внедрение данной системы не должно влиять на работу метасистемы в целом. В настоящее время на водном транспорте не существует универсальной схемы поэтапного синтеза систем, подобных системе управления и мониторинга беспилотным техническим флотом (СУМ БПТФ), однако применение инженерно-кибернетического подхода в данном случае позволяет решить такую задачу. В этом случае представляется возможным сформулировать перечень положений, способствующих успешной организации исследований концептуального и операционного характера. Предлагаемые концептуальные положения синтеза структуры и факторов, определяющих эффективность функционирования СУМ БПТФ в работе инфокоммуникационной триады (корпоративная речная информационная система, речная информационная служба, автоматизированная система управления движением судов), позволят разработать рациональный вариант структуры системы так, чтобы получить наибольшую эффективность. Все уровни системы (элементарный, агрегативный, системный, метасистемный) тесно взаимосвязаны между собой и должны функционировать как одно целое. Для корректной работы системы рекомендовано проводить её предварительную оценку по четырём основным критериям: устойчивость, управляемость, способность, самоорганизация функций и структуры. Сделан вывод: практическое применение результатов исследования позволит специалистам водного транспорта, вовлечённым в процесс разработки системы, использовать единообразный подход на этапе подготовки рабочей и конструкторской документации, что обеспечит возможность интеграции СУМ БПТФ в метасистему на всей акватории ВВП Российской Федерации.

Ключевые слова: система дистанционного управления техническим флотом, беспилотные транспортные средства, внутренний водный транспорт, безопасность судоходства, инфокоммуникационная триада.

Для цитирования: *Каретников В. В., Рудых С. В., Буцанец А. А.* К вопросу разработки основных концептуальных положений системы дистанционного управления техническим флотом // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 2. С. 7–15. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-2-7-15.

Введение

Высокий уровень безопасности работы флота как на морских, так и на внутренних водных путях (ВВП) приводит к необходимости внедрения современных инфокоммуникационных технологий, формирующих предпосылки для создания комплексной речной инфокоммуникационной триады, строящейся по иерархическому принципу: верхний уровень – корпоративная речная информационная система (КРИС), далее – речная информационная служба (РИС), ниже – автоматизированная система управления движением судов (АСУ ДС) [1–3]. Внедрение такого решения на ВВП РФ позволит сформировать единую систему обеспечения безопасности судоходства

и управления транспортным процессом. Необходимо отметить, что одним из обязательных условий, предшествующих крупномасштабному внедрению безэкипажных судов и систем на ВВП, представляется создание полноценной инфокоммуникационной иерархической триады «КРИС – РИС – АСУ ДС».

В настоящее время в администрациях бассейнов используется большое количество судов технического флота на ВВП РФ для путевых работ, направленных на обеспечение заданных габаритов судового хода и улучшение судоходных условий. В состав путевых работ входят содержание навигационного оборудования, изыскательские работы, землечерпание, руслоочистание, скалоуборочные работы, траление, а также выправительные и берегоукрепительные работы.

Опираясь на исследования методик и процедур выполнения путевых работ на ВВП, можно сделать следующий, важный с практической точки зрения, вывод, что вовлечение в выполнение путевых работ беспилотных судов и систем является достаточно конструктивным решением, позволяющим повысить эффективность и безопасность проведения работ [4]. В таком случае беспилотные суда и системы, используемые в производственной деятельности администрациями бассейнов, должны строиться с учётом унификации основных систем, обеспечивающих их функционирование (например, системы управления, системы мониторинга, системы энергоснабжения и т. д.).

Сегодня известно более 20 коммерческих и научных организаций, которые предлагают готовые решения в области надводных беспилотных автономных транспортных средств. Каждый производитель представляет свой уникальный способ управления судном, но не учитывает его интеграцию и взаимодействие с сегментами иерархической триады «КРИС – РИС – АСУ ДС». Таким образом, внедрение на ВВП РФ «беспилотников», обладающих функциональной дивергенцией в отношении «КРИС – РИС – АСУ ДС», неминуемо будет приводить к снижению уровня безопасности судоходства, что представляется недопустимым.

Принимая во внимание сказанное выше, мы считаем, что первым, по всей видимости, должен быть рассмотрен вопрос синтеза унифицированной системы управления беспилотным судном или объектом с учётом концепции внедрения на ВВП РФ инфокоммуникационной иерархической триады «КРИС – РИС – АСУ ДС». Как известно [5], основным этапом, предшествующим разработке системы управления, является синтез основных концептуальных положений. Кроме того, следует учитывать, что новые системы управления должны обеспечивать полноценную гармонию и интеграцию в уже эксплуатируемые в отрасли системы связи, навигации, управления, мониторинга и контроля.

В рамках комплексного подхода предполагается, что первым этапом разработки системы дистанционного управления станет концептуальное исследование для описания основных свойств проектируемой подсистемы. При этом возникает необходимость в выделении проектируемой системы управления и мониторинга беспилотным техническим флотом (СУМ БПТФ) в структуру АСУ ДС, которая в свою очередь является сегментом «КРИС – РИС – АСУ ДС».

Разрабатываемая СУМ БПТФ на ВВП должна функционировать в качестве подсистемы локальной системы управления движением судов (СУДС) или АСУ ДС. Поэтому её синтез на концептуальном уровне должен производиться с учётом целеполагания системы верхнего уровня, какими по отношению к СУМ БПТФ являются локальная СУДС или АСУ ДС. Таким образом, исследуемая в данной работе СУМ БПТФ, включенная в структуру АСУ ДС, также будет являться составной частью комплексной иерархической системы внутреннего водного транспорта. Поэтому её эффективный синтез возможен только при комплексном рассмотрении всей иерархической системы в целом и внутренних связей между её различными подсистемами.

В настоящее время не существует универсальной схемы поэтапного синтеза вышеуказанных систем, однако системный инженерно-кибернетический подход [5] позволяет сформулировать перечень положений, способствующих успешной организации исследований концептуального и операционного характера.

Методы и материалы исследования

Для решения поставленной задачи необходимо установить общие тенденции формирования изучаемого процесса и принципов использования сложных технических систем. Общий подход решения аналогичных задач нашёл применение в работах известных российских учёных А. А. Сикарева, С. Ф. Шахнова [3], В. И. Курносова [5], А. М. Лихачева, С. В. Рудых [6] и др. На рис. 1 представлена структура, позволяющая синтезировать СУМ БПТФ.

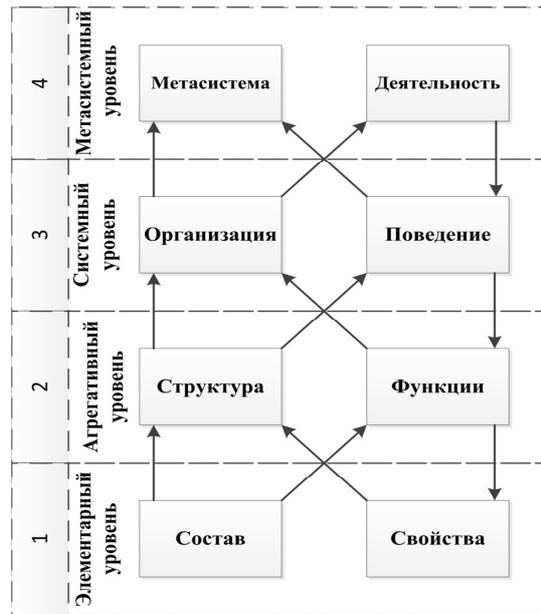


Рис. 1. Синтез структуры СУМ БПТФ

Предполагается выполнить последовательность действий для синтеза СУМ БПТФ [3, 6–8]:

- 1) описание метасистемы и анализ её деятельности, т. е. выявление той метасистемы, в которую будет синтезирована СУМ БПТФ;
- 2) идентифицирование процессов, подлежащих реализации посредством разрабатываемой СУМ БПТФ;
- 3) оценка информационной достаточности;
- 4) определение методологии обоснования эффективности системы;
- 5) определение состава и содержания внешнего дополнения, выбор основных ограничений, вытекающих из деятельности системы, в метасистеме;
- 6) описание результата операции, обоснование соответствия реального результата требуемому;
- 7) обоснование выбора концептуального решения и введение критерия эффективности;
- 8) концептуальное моделирование, инженерно-кибернетическое описание операций, факторизация задачи, установление направлений операциональных и детальных исследований.

Необходимо отметить, что в процессе синтеза СУМ БПТФ важно учесть факторы, определяющие эффективность функционирования системы с целью дальнейшего решения прикладных задач (рис. 2).

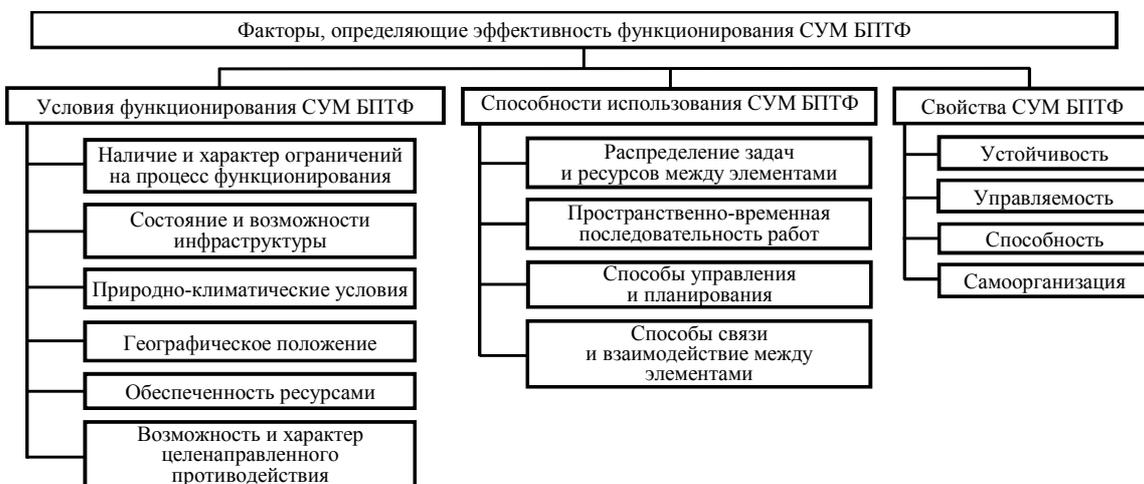


Рис. 2. Факторы, определяющие эффективность функционирования СУМ БПТФ

Среди факторов, представленных на рис. 2 и определяющих условия функционирования системы, при проектировании СУМ БПТФ наибольшее значение могут иметь ограничения, связанные с безопасностью судоходства в акваториях ВВП, проходящих в черте крупных городов, промышленных и технических объектов и т. п., ограничения по использованию частотного ресурса, электромагнитной совместимости.

Вторая группа факторов характеризует структуру и способы применения системы для реализации целевых процессов. Среди них наиболее важными являются пропускная способность каналов управления и способы взаимодействия между основными элементами СУМ БПТФ.

Наконец, к третьей группе относятся факторы, определяющие качество системы. Важнейшим из них является её устойчивость. Применительно к СУМ БПТФ это станет устойчивостью алгоритма управления, а также помехоустойчивость её радиоканалов. При оценке управляемости необходимо рассмотреть понятие комплексной управляемости, другими словами – управляемости системы в целом совместно с объектом управления. Тогда, применительно в рамках данной работы, можно ввести следующие определения: управляемость системы – это способность системы оперативно реагировать на команды управления, которая характеризуется наличием устойчивых прямых и обратных связей; способность – это свойство, которое иллюстрирует возможности системы решать те или иные задачи, оно определяет потенциальную эффективность системы в целом; самоорганизация отражает возможности системы изменять свою структуру, параметры, ориентацию поведения в целях повышения эффективности своих функций; количество выбираемых для оценки факторов исследователь определяет исходя из наличия информации о свойствах системы, её целевом назначении и условиях применения.

Таким образом, требуется разработать рациональный вариант структуры системы так, чтобы получить наибольшую эффективность этой системы в работе метасистем «КРИС – РИС – АСУ ДС», направленных на обеспечение безопасности судоходства.

Результаты исследования

В рамках данной работы Корпоративные речные информационные системы, региональные информационные службы и АСУ ДС «КРИС – РИС – АСУ ДС» будут являться метасистемами, в которые предполагается интеграция СУМ БПТФ. В то же время последняя может рассматриваться как отдельная метасистема.

В качестве главной гипотезы исследования примем, что на системном и нижних уровнях рассматривается только СУМ БПТФ, которая будет решать задачи по управлению, мониторингу и контролю беспилотного судна или объекта на ВВП РФ, а её поведение обусловлено взаимодействием между человеком и машиной. Ниже, на агрегативном уровне, оператор выполняет функции по управлению, мониторингу и контролю, затем технические и аппаратные средства передают команды оператора, а беспилотное судно или объект выполняет поставленные задачи.

В литературе достаточно полно описаны основные способы управления беспилотными транспортными средствами. В обобщенном виде судно дистанционно управляется оператором с помощью пульта управления [9–10]. Известны также практические работы по удалённому управлению судами [11].

Согласно синтезу структуры СУМ БПТФ (см. рис. 1) все уровни данной системы тесно взаимосвязаны друг с другом и должны функционировать как единое целое. Верхним уровнем системы, в который предполагается интегрировать СУМ БПТФ, является АСУ ДС, а деятельность обеих направлена на обеспечение безопасности судоходства. Далее, на системном уровне, определена организация системы и её поведение. Здесь стоит отметить, что поведение может быть во всех состояниях, оператор (человек) выполняет функции (ниже) как с машиной (судном), так и с другим человеком, а два беспилотных судна (машины) могут выполнять совместную работу без вмешательства человека. Агрегативный уровень определяет структуру как централизованную, т. к. управление предполагается из единого центра берегового управления, а функции очевидны из их названий.

На элементарном уровне необходимо определить состав СУМ БПТФ; состоит из берегового управления и судна. В состав первого входит человек (оператор), автоматизированное рабочее место (АРМ), средства связи и система аутентификации, а в состав второго – судно, внутри которого находятся средства связи, комплекс управления, навигационный комплекс, датчики информации и система аутентификации, которые обладают определёнными свойствами системы. В табл. 1 представлены уровни анализа разрабатываемой СУМ БПТФ.

Уровни проанализированной системы СУМ БПТФ

Метасистемный уровень	Метасистема		Деятельность
	АСУ ДС → СУМ БПТФ		Обеспечение безопасности судоходства и управление транспортным процессом
Системный уровень	Организация		Поведение
	Организация управления, мониторинга и контроля судоходства с использованием беспилотных судов и систем		Взаимодействие: человек – машина, человек – человек, машина – машина
Агрегативный уровень	Структура		Функции
	Централизованная		Управление, мониторинг, контроль
Элементарный уровень	Состав		Свойства
	Береговое управление (береговой сегмент)	Человек (оператор)	Целостность, упорядоченность, взаимосвязь структуры и среды, эмерджентность, гомеостазис
		АРМ	Целостность, иерархичность, упорядоченность, множественность, эмерджентность
		Средства связи	Целостность, иерархичность, множественность
		Система аутентификации	Множественность
	Судно (судовой сегмент)	Средства связи	Целостность, иерархичность, множественность
		Комплекс управления	Иерархичность, множественность, взаимосвязь структуры и среды, гомеостазис
		Навигационный комплекс	Иерархичность, множественность
		Датчики информации	Множественность, взаимосвязь структуры и среды
		Система аутентификации	Множественность

Следующим этапом разработки концептуальных положений является формирование факторов, характеризующих эффективность функционирования СУМ БПТФ, которая определяется через оценку состава элементарного уровня метасистемы. Здесь не учитываются агрегативный, системный и метасистемный уровни. Каждому из этих элементов присвоены определённые способности использования, которые могут быть комплексно оценены по условиям функционирования системы через их свойства (устойчивость, управляемость, способность, самоорганизация) (табл. 2).

Таблица 2

Факторы, определяющие эффективность функционирования СУМ БПТФ

Состав СУМ БПТФ		Способности использования системы	Условия функционирования системы	Свойства системы
1. Береговой сегмент	Человек (оператор)	Распределение задач и ресурсов между элементами	1. Наличие и характер ограничений на процесс функционирования; 2. Состояние и возможности инфраструктуры; 3. Природно-климатические условия; 4. Географическое положение; 5. Обеспеченность ресурсами; 6. Возможность и характер целенаправленного противодействия	Устойчивость, управляемость, способность, самоорганизация как функций, так и структуры
	АРМ	Пространственно-временная последовательность работ, способы управления и планирования		
	Средства связи Система аутентификации	Способы связи и взаимодействие между элементами		
2. Судовой сегмент	Средства связи	Способы связи и взаимодействие между элементами		
	Комплекс управления Навигационный комплекс	Способы управления и планирования		
	Датчики информации Система аутентификации	Способы связи и взаимодействие между элементами		

Для определения эффективности функционирования системы предполагается привлекать профильных специалистов и определять вес каждого элемента методом экспертных оценок.

Обсуждение

На основе применения инженерно-кибернетического подхода в работе определено, что инфокоммуникационная иерархическая триада «КРИС – РИС – АСУ ДС» является метасистемой по отношению к СУМ БПТФ. Данный вывод сделан с учётом свойств, функций, деятельности, организации и др. Кроме того, в работе сформулированы основные положения по организации и поведению на системном уровне, а также положения по структуре и функциям – на агрегативном уровне. Самый нижний уровень раскрывает состав СУМ БПТФ, который условно разделён и представляет собой два основных сегмента – береговой и судовой.

Отметим, что для корректной работы любой системы необходимо провести её предварительную оценку. Эту оценку предлагается проводить по четырём основным критериям (устойчивость, управляемость, способность, самоорганизация функций и структуры). Таким образом, каждое из шести условий функционирования системы оценивается по четырём критериям, и далее каждый элемент состава СУМ БПТФ может быть комплексно оценен по определённым способностям использования системы.

В результате можно сделать важный для практического использования вывод, что основные концептуальные положения системы дистанционного управления техническим флотом разработаны с учётом основополагающих условий эксплуатации и специфики ВВП, оценок эффективности функционирования как системы в целом, так и её сегментов в отдельности. Однако необходимо отметить, что специфические условия эксплуатации и перечня решаемых задач носителя системы могут оказывать влияние на требования, предъявляемые к элементам системы, такое влияние в обязательном порядке должно быть учтено на стадии проектирования. Данные положения позволяют повысить безопасность судоходства и являются одним из этапов для решения задач, поставленных в ранее опубликованных работах [12, 13].

Заключение

Основные концептуальные положения для системы дистанционного управления техническим флотом на ВВП представляются в качестве необходимого базиса, который играет роль важного условия в реализации процесса создания сложных радиотехнических систем подобного класса. Внедрение результатов, представленных в работе, позволит специалистам водного транспорта, вовлечённого в процесс такой разработки, использовать единообразный подход на этапе подготовки рабочей и конструкторской документации системы, что обеспечит возможность интеграции таких систем в метасистему «КРИС – РИС – АСУ ДС» на всей акватории ВВП РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каретников В. В., Сикарев А. А. Современные инфокоммуникационные технологии внутреннего водного транспорта // Реч. транспорт (XXI в.). 2009. № 7. С. 65–68.
2. Каретников В. В., Бекряшев В. А. Перспективы комплексирования речных инфокоммуникационных технологий для повышения безопасности судоходства на внутренних водных путях // Реч. транспорт (XXI в.). 2014. № 2. С. 49–53.
3. Шахнов С. Ф. Методологические основы построения помехоустойчивой речной дифференциальной подсистемы ГНСС ГЛОНАСС/GPS: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2015. 287 с.
4. Wróbel K., Montewka J., Kujala P. System-theoretic approach to safety of remotely-controlled merchant vessel // Ocean Engineering. 2018. Vol. 152. P. 334–345. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2018.01.020.
5. Курносое В. И., Лихачев А. М. Методология проектных исследований и управление качеством сложных технических систем электросвязи: моногр. СПб.: Тирекс, 1999. 496 с.
6. Рудых С. В. Системы мониторинга и управления судами технического и вспомогательного флота на внутреннем водном транспорте России: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2014. 308 с.
7. Фролов С. В., Фролова Т. А. Методы решения глобальной задачи управления для распределённых иерархических систем с интервальной неопределённостью // Изв. Южн. федерал. ун-та. Техн. науки. 2017. № 4 (189). С. 232–245.
8. Подвальный С. Л., Леденева Т. М. Многоальтернативность как основа обеспечения интеллектуальности систем управления // Вестн. Воронеж. гос. техн. ун-та. 2012. Т. 8. № 11. С. 17–23.
9. Metcalfé B., Thomas B., Treloar A., Rymansaib Z., Hunter A., Wilson P. A compact, low-cost unmanned surface vehicle for shallow inshore applications // Intelligent Systems Conference (IntelliSys) (London, 07–08 September 2017). London: IEEE, 2017. P. 961–968.

10. *Kitts C., Mahacek P., Adamek T., Rasal K., Howard V., Li S.* Field operation of a robotic small water-plane area twin hull boat for shallow-water bathymetric characterization // *Journal of Field Robotics*. 2012. Vol. 29. N. 6. P. 924–938. DOI: 10.1002/rob.21427.
11. *Zereik E., Miskovic N., Bibuli M., Ridao P., Pascoal A.* Challenges and future trends in marine robotics // *Annual Reviews in Control*. 2018. Vol. 46. P. 350–368. DOI: 10.1016/j.arcontrol.2018.10.002.
12. *Андрюшечкин Ю. Н., Каретников В. В., Яснов А. П.* К вопросу использования современных информационных технологий для обеспечения безопасности судоходства на внутренних водных путях России // *Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова*. 2015. № 2 (30). С. 208–213. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-2-208-213.
13. *Каретников В. В., Пащенко И. В., Зайцев А. И.* Основные аспекты использования современных инфокоммуникационных технологий для обеспечения беспилотного судовождения на водном транспорте // *Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова*. 2016. № 1 (35). С. 170–179. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-1-170-179.

Статья поступила в редакцию 11.03.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Каретников Владимир Владимирович – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; г-р техн. наук, доцент; зав. кафедрой судоходства на внутренних водных путях; karetnikovvv@gumrf.ru.

Рудых Сергей Витальевич – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; г-р техн. наук; профессор кафедры судоходства на внутренних водных путях; kaf_svvr@gumrf.ru.

Буцанец Артем Александрович – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; аспирант кафедры судоходства на внутренних водных путях; butsanetsaa@gumrf.ru.



ON THE ISSUE OF DEVELOPING CONCEPTUAL STATEMENTS OF TECHNICAL FLEET REMOTE CONTROL SYSTEM

V. V. Karetnikov, S. V. Rudykh, A. A. Butsanets

*Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
Saint-Petersburg, Russian Federation*

Abstract. The introduction of a remote control system for unmanned vehicles on inland waterways is a complex and topical task, the solution of which should begin with the definition of conceptual states that will determine the rational way of interaction of this system with the known ones. The technical fleet remote control system should provide the required level of navigation safety, and implementation of the system should not affect the metasystem operation as a whole. Currently, on water transport there is no universal scheme for step-by-step synthesis of systems like the system of monitoring the unmanned technical fleet. However, application of the engineering-cybernetic approach in this case allows to solve this problem. In this case, it is possible to formulate a list of statements that contribute to the successful organization of conceptual and operational research. The proposed conceptual states for the synthesis of the structure and factors that determine the efficiency of functioning of the technical fleet remote control system at the infocommunication triad operation (corporative river information system, river information service, automated navigation control system) help to develop a rational option of the system structure in order to obtain the greatest efficiency. All levels of the system (elementary, aggregative, systemic, metasystemic) are closely interrelated and must function as a single unit. For proper functioning of the system it has been recommended to carry out the preliminary assessment by four main criteria: stability, control-

lability, capability, self-organization of functions and structure. It has been referred that practical application of the results will allow water transport specialists involved in the system development process to use a uniform approach at the stage of working and design documentation development, which will make it possible to integrate the technical fleet remote control system into metasystems in the inland waterways of the Russian Federation.

Key words: technical fleet remote control system, unmanned vehicles, inland water transport, navigation safety, infocommunication triad.

For citation: Karetnikov V. V., Rudykh S. V., Butsanets A. A. On the issue of developing conceptual statements of technical fleet remote control system. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;2:7-15. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-2-7-15.

REFERENCES

1. Karetnikov V. V., Sikarev A. A. Sovremennyye infokommunikatsionnyye tekhnologii vnutrennego vodnogo transporta [Modern infocommunication technologies on inland water transport]. *Rechnoi transport (XXI vek)*, 2009, no. 7, pp. 65-68.
2. Karetnikov V. V., Bekriashev V. A. Perspektivy kompleksirovaniia rechnykh infokommunikatsionnykh tekhnologii dlia povysheniia bezopasnosti sudokhodstva na vnutrennikh vodnykh putiakh [Future of integrating the river infocommunication technologies to increase navigation safety on inland water ways]. *Rechnoi transport (XXI vek)*, 2014, no. 2, pp. 49-53.
3. Shakhnov S. F. *Metodologicheskie osnovy postroeniia pomekhoustoichivoi rechnoi differentsial'noi podsistemy GNSS GLONASS/GPS: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Methodological principles of building jamproof differential subsystem GNSS GLONASS/GPS: diss. Doc. tech. sci.]. Saint-Petersburg, 2015. 287 p.
4. Wróbel K., Montewka J., Kujala P. System-theoretic approach to safety of remotely-controlled merchant vessel. *Ocean Engineering*, 2018, vol. 152, pp. 334-345. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2018.01.020.
5. Kurnosov V. I., Likhachev A. M. *Metodologiya proektnykh issledovaniy i upravlenie kachestvom slozhnykh tekhnicheskikh sistem elektrosviazi: monografiya* [Methodology of project research and control of complex technical telecommunication systems: monograph]. Saint-Petersburg, Tireks Publ., 1999. 496 p.
6. Rudykh S. V. *Sistemy monitoringa i upravleniya sudami tekhnicheskogo i vspomogatel'nogo flota na vnutrennem vodnom transporte Rossii: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Systems of monitoring and control over technical and auxiliary fleet on inland water transport of Russia: diss. Doc. tech. sci.]. Saint-Petersburg, 2014. 308 p.
7. Frolov S. V., Frolova T. A. Metody resheniya global'noi zadachi upravleniya dlia raspredelennykh ierarkhicheskikh sistem s interval'noi neopredelennost'iu [Methods of solving a global task of control on distributed hierarchical systems with interval uncertainty]. *Izvestiya Iuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskije nauki*, 2017, no. 4 (189), pp. 232-245.
8. Podval'nyi S. L., Ledeneva T. M. Mnogoal'ternativnost' kak osnova obespecheniya intellektual'nosti sistem upravleniya [Multialternativeness as a basis of guaranteeing intellectuality of control software]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, vol. 8, no. 11, pp. 17-23.
9. Metcalfe B., Thomas B., Treloar A., Rymansaib Z., Hunter A., Wilson P. A compact, low-cost unmanned surface vehicle for shallow inshore applications. *Intelligent Systems Conference (IntelliSys) (London, 07–08 September 2017)*. London, IEEE Publ., 2017. Pp. 961-968.
10. Kitts C., Mahacek P., Adamek T., Rasal K., Howard V., Li S. Field operation of a robotic small water-plane area twin hull boat for shallow-water bathymetric characterization. *Journal of Field Robotics*, 2012, vol. 29, no. 6, pp. 924-938. DOI: 10.1002/rob.21427.
11. Zereik E., Miskovic N., Bibuli M., Ridaou P., Pascoal A. Challenges and future trends in marine robotics. *Annual Reviews in Control*, 2018, vol. 46, pp. 350-368. DOI: 10.1016/j.arcontrol.2018.10.002.
12. Andriushechkin Iu. N., Karetnikov V. V., Iasnov A. P. K voprosu ispol'zovaniia sovremennykh informatsionnykh tekhnologii dlia obespecheniya bezopasnosti sudokhodstva na vnutrennikh vodnykh putiakh Rossii [To the question of application of modern information technologies to provide safe navigation on the Russian inland water ways]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2015, no. 2 (30), pp. 208-213. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-2-208-213.
13. Karetnikov V. V., Pashchenko I. V., Zaitsev A. I. Osnovnye aspekty ispol'zovaniia sovremennykh infokommunikatsionnykh tekhnologii dlia obespecheniya bespilotnogo sudovozhdeniya na vodnom transporte [General aspects of using modern infocommunication technologies to ensure unmanned navigation on water transport]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2016, no. 1 (35), pp. 170-179. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-1-170-179.

The article submitted to the editors 11.03.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Karetnikov Vladimir Vladimirovich – Russia, 198035, Saint-Petersburg; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Navigation on Inland Waterways; karetnikovvv@gumrf.ru.

Rudykh Sergey Vitalievich – Russia, 198035, Saint-Petersburg; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; Doctor of Technical Sciences; Professor of the Department of Navigation on Inland Waterways; kaf_svp@gumrf.ru.

Butsanets Artem Aleksandrovich – Russia, 198035, Saint-Petersburg; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; Postgraduate Student of the Department of Navigation on Inland Waterways; butsanetsaa@gumrf.ru.

