

УДК 004.75

Г.И. Шепелин

Академия водного транспорта, Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)),
Москва, email: Line75@yandex.ru

ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Ключевые слова: умный внутренний водный транспорт, цифровизация, искусственный интеллект, автономное судно, умный порт, умная инфраструктура, транспортно-логистические коммуникации.

Рассматривается развитие информационно-интеллектуальных систем внутреннего водного транспорта (ВВТ) и основные принципы их внедрения. Предлагаются основные составляющие представления «Умный внутренний водный транспорт», на основании которого предложен прогноз по информационному и интеллектуальному развитию ВВТ. Рассмотрены ведущие зарубежные разработки в этой области. Исследованы основные проблемы внедрения активных информационно-интеллектуальных систем на базе новейших технологий и разработок. Исследуемые в работе предложения и рекомендации будут способствовать более активному и эффективному развитию внутреннего водного транспорта.

G.I. Shepelin

Academy of Water Transport, Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Moscow,
email: Line75@yandex.ru

INFORMATION-INTELLIGENT MAINTENANCE OF INLAND WATER TRANSPORT

Keywords: smart inland waterway transport, digitalization, artificial intelligence, autonomous vessel, smart port, smart infrastructure, transport and logistics communications.

The development of information and intelligent systems of inland waterway transport (IWT) and the basic principles of their implementation are considered. The main components of the "Smart Inland Water Transport" presentation are proposed, on the basis of which a forecast for the information and intellectual development of the IWT is proposed. The leading foreign developments in this field are considered. The main problems of the introduction of active information and intelligent systems based on the latest technologies and developments are investigated. The proposals and recommendations studied in the work will contribute to a more active and efficient development of inland waterway transport.

На современном этапе эволюционирования внутреннего водного транспорта (ВВТ) важнейшим направлением деятельности транспортного комплекса является совершенствование цифровой трансформации деятельности хозяйствующих субъектов. При этом модернизация транспортной и логистической сферы является сердцевинной интеллектуализации производственных отношений.

Именно выживаемость в современных конкурентных условиях обеспечивается суммой развивающихся взаимовыгодных отношений с учетом интересов всех заинтересованных сторон. Несмотря на высокую конкуренцию в этой области актуальным остается целеполагание и устойчивость исследуемого

пространства, основывающегося на процедурах электронного обмена данными (EDI), технологиях цифровой навигации и картографии, комплексной идентификации и мониторинга продукции и услуг.

Эффективность и надежность взаимодействия продвинутых высокотехнологичных транспортных и логистических контрагентов на транспорте обусловливается цифровой платформой, синтезирующей все сервисы и информационные ресурсы (ИР), которые по сути являются посредниками к упомянутым возможностям в рамках «единого окна». Такая информационная совокупность должна поддерживать электронный обмен данными (EDI), вместе с документационным обеспечением перевозок,

включая юридическую поддержку. Такого рода платформа транспортных данных одновременно должна обеспечивать открытый доступ пользователей транспортного комплекса. Эту функцию обеспечивает национальный мониторинг всей совокупности информационных потоков в транспортных системах страны.

Исследование сущностных проблем и целеполагания транспортного комплекса способствует выявлению ключевых факторов, воздействующих на цифровизацию ВВТ и его внешнюю среду.

Важнейшими направлениями могут быть:

- слияние национальных, региональных хабов и глобальных транспортно-логистических компаний;
- повышение транспортно-логистической мощи страны с учетом усиления всей совокупности транспортных коридоров;
- совершенствование мультимодальных технологий;
- организация комплексных транспортных систем хозяйствующих субъектов, обеспечивающих весь спектр транспортно-логистических услуг;

Принципы целеполагания внутреннего водного транспорта должны основываться на следующих базисных основах:

- стабилизация условий, обеспечивающих глубокую переработку грузопотоков разнообразных видов транспорта, оптимизирующих транспортную систему страны;
- формирование условий для активного роста конкурентоспособности внутреннего водного транспорта:
- повышение открытости и усиления качества услуг на речном транспорте для грузоотправителей;
- расширение объема и качества услуг при перевозке пассажиров на ВВТ;
- усиление уровня безопасности и экологичности как на внутреннем водном транспорте, так и на транспортном комплексе РФ.

Информатика и искусственный интеллект на ВВТ

Активное применение существующих цифровых сервисов ВВТ с использованием мероприятий, охватывающих развитие инфраструктуры ВТ, государ-

ственных мер поддержки, способствует гармонии в национальной транспортной системе, оптимизации транспортно-логистических схем доставки, роста транзитного потенциала и др.

Цифровизация речного транспорта обуславливает необходимость соответствующего моделирования ВВТ с достаточной степенью детализации.

На сегодняшний день каких-то общепризнанных моделей цифровизации ВВТ, как единой системы, не существует. Имеются отдельные разработки, касающиеся моделирования грузопотоков, производственных процессов на водном транспорте, общей стратегии ВВТ, комплексной стратегии управления транспортными предприятиями, регулирования транспортного обслуживания населения, моделирования потребностей водного транспорта в квалифицированных кадрах и др. В первом приближении можно рассмотреть вариант модели «черный ящик».

Цифровизационные процессы входных и выходных потоков с применением модели «черный ящик» перерабатывают многовариантные информационные ресурсы источников информации, включая их синтез. При анализе ВВТ с помощью открытых источников информации, выявляется видоизменение целевой функции системы в дерево целей, где изначально происходит их первоначальная дифференциация, как в подцели хозяйствующих субъектов, так и в подцели технологий цифровизации водного транспорта. Многозначность в формировании дерева целей определяется различными потребностями систем мониторинга, т.е. заказчика или пользователя исследуемой модели. Детерминация целеполагания обеспечивает формирование продвинутых «деревьев проблем» и соответствующих задач.

Цифровизация, по сути практически является составной частью водного транспорта и включает портовые структуры, инфраструктуру, параметры внутренних водных путей, судоходные компании, нормативно-правовую базу, документооборот, подготовку кадров.

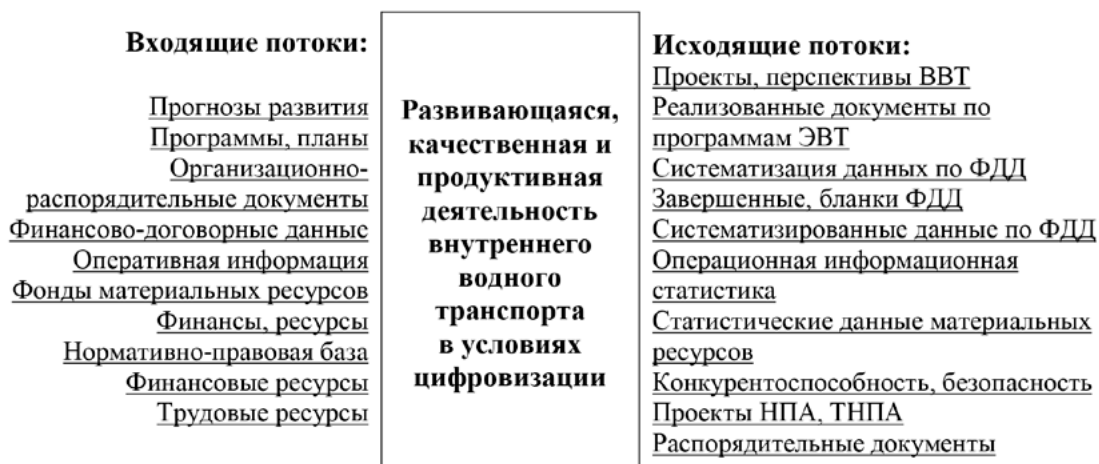


Рис. 1. Вариант цифровизации внутреннего водного транспорта с учетом использования модели «черный ящик»

Внедрение высокотехнологичных информационных процедур на ВВТ

Активный рост конкурентоспособности ВВТ немислим без имплантации интеллектуальных систем в рамках представления «умное судоходство». Информационная составляющая по сути является сердцевинной формирования «новейших технологий и разработок» и важнейшим источником совершенствования сервисов и услуг.

Интегративное представление «умный внутренний водный транспорт» включает следующие составляющие:

«Умный порт» – комплексное образование, состоящее из «умных судов», «умной инфраструктуры» (береговые объекты – причалы, складское хозяйство, портовая механизация и др.), включая сохранность грузов, безопасность акватории порта и др.

«Умные суда» – суда с высокой степенью автономности, оборудованные информационно-автоматизированными датчиками с применением IoT технологий и интеллектуально-управляющих комплексов, обеспечивающих функционирование жизненно важных функций судна. При этом сюда включается интеллектуальный мониторинг навигационных функций, обеспеченность топливом, функции планирования, процессов загрузки, ремонта и др.

«Умная инфраструктура» – способствует обеспечению и снабжению «умных судов» информационными потоками о береговых объектах, научному управлению на водных акваториях и транспортных коридорах.

«Умная связь» – система комплексных потоков информации, обеспечивающих имплантацию в цифровой формат и документирование взаимосвязей между судами, береговой инфраструктурой и государственными субъектами водного транспорта. «Умная связь» обеспечивает постоянный высокоинтеллектуальный и оптимизационный процесс коммуникаций в соответствии с узаконенными нормами.

«Умные водные пути» – комплекс транспортных коммуникаций, функционирующих на базе интеллектуального мониторинга и эффективного управления водными путями.

«Умный ремонт» – цифровая трансформация обеспечивает IoT– профилактику, мониторинг запасной комплектации, планирование всех разновидностей ремонта.

«Умный транспортно-технологический комплекс» – система погрузочно-разгрузочных машин и механизмов, функционирующих на базе информационного обеспечения, цифровой трансформации с применением Internet off Things (IoT).

«Умные технологии» – обеспечивающие пространственно-временные перемещения продукции с использованием интеллектуальных автоматизированных систем IoT.

«Умные правила» – систематизированная совокупность принципов, правил, обеспечивающих функционирование внутреннего водного транспорта, с использованием разработок в сфере искусственного интеллекта.

Активный прогресс на ВВТ в ближайшем будущем предполагает разработку и «имплантацию» на водном транспорте «беспилотных судов», соответствующих интеллектуально-технологических решений.

Внедрение новейших технологий и разработок способствует расширению задач, решаемых ВВТ. Высокоинтеллектуальное или «умное судоходство» способствует кардинальному решению сложных производственных вопросов судоходства, научного административного управления хозяйствующими субъектами водного транспорта и кадровым составом.

Исходя из этого необходимо усилить широту и интеллектуализацию разработок и применение законодательной базы на основе пересмотра отдельных нормативно-правовых документов, глубокой цифровизации и применения новейших технологий и разработок в сфере ВТ.

Внедрение новейших технологий и интеллектуальных систем ВВТ зиждется на следующих постулатах:

- максимальная безопасность на ВВТ,
- эффективная поддержка цифровой экономики за счет развития транспортных коммуникаций и роста грузооборота,
- «интеллектуальные умные суда» должны способствовать росту грузооборота в различных транспортно-логистических процессах,
- внедрение систем мониторинга грузопотоков, использующих «теорию очередей» в транспортно-логистических комплексах,
- расширение широкого доступа субъектов водного транспорта к цифровой картографии,
- постоянный контроль и управление за прохождением речных судов с использованием действующих активных иден-

тификационных меток и информационных систем,

– передача потоков информации с помощью систем Glonass, GPS на бортовые информационные приемники,

– поддержка в рабочем состоянии запасных каналов информации для функционирующих судов.

Цифровизационное моделирование основывается на статическом позиционировании (стандарты IDEFO и IDEF-3).

Моделирование в динамике используют стандарты BPNM или новейшие сценарные технологии.

Активные интеллектуально-информационные системы для ВВТ

В рамках ВВТ новейшие технологии и разработки информационной составляющей получают развитие путем интеллектуализации.

Разработка и использование продвинутого автономного надводного и подводного средств водного транспорта, а также интеллектуализация водных путей и портовых комплексов ориентирует информационные системы ВВТ на активную и более эффективную работу.

Сердцевиной и отправной точкой для исследования интеллектуальных процессов является «автономное судно», функционирующее с использованием цифрового мониторинга и управления всем спектром технических элементов и процессом судна на основе принципов IoT и искусственного интеллекта.

Все эти процедуры реализуются после осуществления цифровой трансформации корабельного оборудования, а также возможностей подключения к цифровой среде судна и береговой инфраструктуре. Поскольку зарубежные исследования также активно развиваются, то считаем необходимым остановиться на некоторых вариантах западных разработок.

Сложные миссии водного транспорта, как надводные, так и подводные, традиционно выполнялись пилотируемыми надводными кораблями и подводными лодками, оснащенными передовыми сенсорными системами. Беспилотные средства водного транспорта (БСВТ) все чаще демонстрируют свой потенциал при улучшении существующих у них технических возможностей.

Практика управления беспилотными средствами водного транспорта показывает резкое снижение затрат и рисков при наличии человеческого мониторинга. Но работа БСВТ может значительно затрудняться из-за усложнения интерфейса систем управления и взаимодействия. В настоящее время широко развита система интеллектуальных инфокоммуникаций беспилотных систем водного транспорта в военно-морской сфере. В последние годы активные испытания таких систем проводятся на водном транспорте.

Современные исследования в области акустических сетей интенсивно ведутся для транспортных средств, взаимодействие которых зависит от правильного приема сигнала с низкой пропускной способностью. Разработки в сфере таких информационных технологий пока еще недостаточны. Данные, собранные системой БСВТ, обрабатываются автономно с одной платформой и одним доменом. Но для их качественного функционирования требуются распределенные сервис-ориентированные агенты, работающие с централизованными системами искусственного интеллекта.

Разработки в этой сфере – это пример онлайн-адаптации водных миссий, применявших целевое планирование с использованием семантического представления. В анализируемой семантической структуре применялась центральная архитектура для представления информации во встроенных автономных агентах. Если информация агенту представляется недоступной из-за сбоев связи, архитектура запрашивает ее через других действующих агентов.

Исследовательская группа Массачусетского Технологического института (МТИ) сформировала системный подход (общий массив гидролокации – 2021) к формулированию всех активов через иерархическую структуру, способную обеспечить распространение данных по всей сети для поддержки автономных совместных задач – C2S. Этот вопрос поднял и Европейский союз в проекте «Современное когнитивное управление автономными подводными аппаратами» (Co3AUVs).

Европейские проекты (GREX) анализируют системы гидрографического картирования в условиях подводного исследования морского дна с совместным

информационным обменом гидролокаторов и множества других датчиков. Работа проекта основана на синхронизированном и скоординированном движении строя транспортных средств для увеличения рабочего диапазона датчиков. Из-за отсутствия развитой автономии проблема решается с участием людей-операторов.

Проект ЕС MORPH показывает, как группа самоходных датчиков или разнородных транспортных средств проводит мультимодальное обследование подводных сооружений. Здесь неравенство форм и размеров разных транспортных средств позволяет добиться лучшего сочетания навигации и локализации за счет разнообразия углов обзора и разрешения съемочной аппаратуры.

Лаборатория подводных систем и технологий (LSTS) Университета Порту инициировала систему взаимодействия разнородных команд БСВТ, взаимодействующих с морскими, воздушными, наземными средствами транспорта и отдельными лиц. Инструменты Нептун с унифицированным C2S интегрирующим системы ТС с беспроводной и подводной совместимой связью, устойчивой к задержкам, поддерживают миссии по взаимодействию между БСВТ и летательными аппаратами.

Недавно разработанный проект Мобильной подводной гидролокаторной технологии (WiMust) мониторит на водной поверхности систему БСВТ для геотехнических измерений и геофизического картирования. Новизна WiMust заключается в применении совместных автономных подводных роботов, организованных как интеллектуальная сенсорная и коммуникационная мобильная акустическая сеть. Научная разработка WiMust является качественным ноу-хау по научному направлению «Роботизированная распределенная гидроакустическая система с автономными мобильными узлами» при том, что физическая связь между кораблем и технологическим оборудованием отсутствует.

Проблемы устойчивости, совместности крупных морских соединений и беспилотных систем решает фирма CMRE в своем проекте «Постоянный автономный реконфигурируемый потенциал» (PARC). В работе обеспечивается связь между моделируемыми активами и автономной системой с применением про-

межуточного программного обеспечения операционной системы робота (ROS).

В области нормативно-правового регулирования протокол подводной связи STANAG 4748 – это первый общепринятый в мире открытый и доступный стандарт связи. Стандартизированный подход позволяет повысить уровень осведомленности о обстановке на водном транспорте, повысить безопасность эксплуатации БСВТ.

Промежуточные программы для БСВТ, позволяющие повысить качество их взаимодействия, включают ROS и MOOS. MOOS – это реальное промежуточное программное обеспечение для подводной робототехники. Одновременно MOOS – это сложная многослойная структура, созданная для формирования многовекторных моделей поведения.

Перспективы развития интеллектуальных инфокоммуникаций беспилотных систем базируются на развитии модульных систем и их взаимодействии по следующим направлениям:

- многофакторная переработка комплексных данных – это синергетическое использование значительных объемов информации, управления и организации различных форматов данных;

- федеративные распределенные вычисления. Синтез информационно-вычислительных систем до уровня больших чисел позволяет быстро совершенствовать интеграцию новых технологий;

- применение стандартов на каждом уровне синтезирует взаимодействие разнородных транспортных средств на единых принципах по всей цепочке жизненного цикла функционирования платформ.

- гибкие и адаптивные многоканальные сети, работающие в сложной среде. Сложные характеристики среды (например, подводного акустического канала) формируют низкую пропускную способность, что вызывает повышение затруднения (препятствия по использованию алгоритмов совместной работы) при обмене информацией.

При всей важности таких разработок, они не учитывают концепции по моделированию единой системой управления ВВТ на основе информационно-интеллектуальных принципов.

Важнейшим аспектом российских исследований является цифровизация

операционной деятельности речных судов. Безусловно, это усиливает возможности судна за счет использования его модели в виде «цифрового клона» и представления его как в виртуальном, так и в дополнительном пространстве. Это все позволит мониторить оперативное состояние всех его параметров дистанционно в форме цифровой модели, реагировать на отклонения и принимать оптимальные управленческие решения. Глубокая цифровизация ВВТ способствует информационному насыщению внешней среды для судов и хозяйствующих субъектов. Таким образом искусственный интеллект, обследуя информационные потоки и проводя свою «аналитику» вырабатывает действенные управленческие решения (такие как выбор и построение маршрута движения, оптимизация грузопотоков и др.), а также активно систематизирует данные, их обработку, распространение вырабатываемой информации. Эти интеллектуальные технологии являются составной частью информационных массивов ВВТ.

Сценарии проблемных ситуаций в отрасли ВВТ основываются на сканировании пространства, состоянии хозяйствующих субъектов и глубокой аналитике параметров систем речной отрасли. Другими словами, здесь требуется постоянное автоматизированное сканирование и мониторинг связанных информационных хранилищ данных, а также выработка данных, подпадающих под конкретные модели проблемных ситуаций. Для этого необходима постоянная действенная связь с информационными системами, глубокое взаимодействие с электронными услугами, «облачными» массивами, сервисом, связанным с практической деятельностью ВВТ.

Вся совокупность информационных данных, касающихся проблемных ситуаций на ВВТ, синтезируется в основном с использованием разнообразных информационных ресурсов, оперирующих средствами мониторинга информации и получения сведений.

Следует рассматривать следующие виды программ:

- распознавание образов;
- видеомониторинг, включая сравнение получаемых изображений с банком данных;

– анализ информационного пространства, выявление и сопоставление ИР с исходными данными, получение смыслового фрагмента текста в понятной терминологии;

– информационно-поисковые языки (систематизация особенностей нетрадиционных поисковых задач):

– исследование информационных массивов с учетом ресурсных метаданных, регламентов.

Регулирование в информационных потоках должно синтезировать существенное разнообразие вариантов управления (когда ответ системы генерирует вариативность из кардинально разнообразных информационных массивов). Такого рода информационные системы с программами искусственного интеллекта, исследователи называют активными. Это программные системы, работающие со значительными массивами данных (Big Data), имеют возможность продуцировать свое индивидуальное пространство в зависимости от состояния внешней окружающей среды. Операционное и технологическое пространство таких «Активных систем» основывается на внешнем ассоциативно-понятийном информационном массиве данных. Отличительная черта такого рода активных систем в том, что они самоорганизуются и затем генерируют свои метаданные. Эти активные системы впоследствии самостоятельно вырабатывают интеллектуальные решения в зависимости от существующего аппарата моделирования, контроля или мониторинга. Конечно такие активные системы должны своевременно реагировать на весь перечень чрезвычайных ситуаций, включая экономику, технологичные проблемы, экологию и др. На внутреннем водном транспорте использование активных систем способствует эффективности функционирования водных путей, береговых субъектов, инфраструктуры. Активное развитие воднотранспортных систем с учетом усложненных внешних условий подчеркивают острую необходимость интеллектуальной активизации управленческих решений и своевременного воздействия в реальном времени.

Выводы

Информационные субъекты транспорта, инновационные системы управления,

использующие наработки в сфере искусственного интеллекта, являются сегодня научным ядром, обеспечивающим повышение конкурентоспособности страны. Поэтому главной целью активного развития транспортного комплекса в современном информационном обществе является его интеллектуальное совершенство, надежное и устойчивое развитие, организация внешних конкурентных отношений с другими субъектами транспортного комплекса. Также происходит укрепление цифрового доверенного пространства на основе технологий электронного обмена данными, программами цифровой навигации, универсальной технологии идентификации и контроля за движением продукции и услуг.

Важнейшими перспективами в развивающихся информационно-коммуникационных сервисах на ВВТ сегодня являются:

– формирование систем мониторинга за транспортировкой грузов с использованием «теории очередей» в транспортно-логистических комплексах, на внутренних водных путях, на пограничных пунктах.

– обеспечение владельцам судоходных компаний и другим хозяйственным субъектам постоянного доступа к цифровому картографическому обеспечению на ВВТ в режиме круглосуточного мгновенного доступа.

– усиление контроля и управления за движением судов по водным маршрутам с применением активных идентификационных RFID – меток.

– постоянная взаимосвязь бортовых устройств судов и других транспортных средств с космическими системами GLONAS, GPS, системами управления движением, системами единого времени.

– поддержание запасных каналов связи для повышения стабильности и надежности движения судов внутреннего водного транспорта.

В целом цифровизация с использованием подсистем искусственного интеллекта обеспечивает качество и конкурентоспособность всех транспортно-логистических систем, с учетом комплексного синтеза всего информационного пространства, разработку и организационное функционирование «расширенных» хозяйствующих субъектов водного транспорта и связанных с ВВТ отраслей.

Библиографический список

- 1 Рынок транспортных услуг и его дальнейшее развитие по мере интеграционных процессов в республике Беларусь и мировой экономике. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-transportnyh-uslug-i-ego-dalneyshee-razvitie-po-mere-integratsionnyh-protssessov-v-respublike-belarus-i-mirovoy-ekonomike> (дата обращения: 17.03.2023).
- 2 Некоторые подходы к формированию эффективного транспортно-логистического менеджмента. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-podhody-k-formirovaniyu-effektivnogo-transportno-logisticheskogo-menedzhmenta> (дата обращения: 19.02.2023).
- 3 Перспективы развития транспортной логистики. [Электронный ресурс]. URL: <http://na-journal.ru/2-2017-gumanitarnye-nauki/896-perspektivy-razvitija-transportnoj-logistiki> (дата обращения 19.02.2023).
- 4 Шепелина П.В. Особенности механизма взаимодействия различных видов транспорта в логистической системе // Строительные и дорожные машины. 2020. № 1. С. 32-34.
- 5 Агеев М.Д., Киселев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др. Автономные подводные роботы. Системы и технологии / Под ред. М.Д. Агеева. М.: Наука, 2005. 398 с.
- 6 Artificial Intelligence: a modern approach, 2nd edition, Russel S, Norvig P., Cambridge, Pirson, 2021.
- 7 Шепелина П.В. Возможности цифровизации и автоматизации транспортно-технологических комплексов // Строительные и дорожные машины. 2020. № 2. С. 45-49.
- 8 Кормел Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 3-е издание, М., 2013.
- 9 Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание, Университет Мс Мастер Темилтон, Онтарио, 2019.
- 10 Маннинг К.Д., Рагхаван П. и др. Введение в информационный поиск / Пер. с англ., М., С-Петербург, Издат. Дом Вильямс, 2011. 300 с.