

Проблемы применения систем поддержки принятия решений на речном транспорте

ТЕМА:

РАССМАТРИВАЮТСЯ ПРИЧИНЫ НЕАКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ФЛОТА

АВТОРЫ:

А.Ю. ПЛАТОВ, д.т.н., профессор; Ю.И. ПЛАТОВ, д.т.н., профессор кафедры «Управление транспортом»; ВГУВТ

ФОТО:

Из архива редакции

В XXI веке информационные технологии (ИТ) определяют современный статус государства, объективно влияя на развитие его научно-технической, экономической и социальной сфер, а также на принципы управления. Однако, несмотря на значительный прогресс ИТ, их использование в России, в частности на речном транспорте, носит ограниченный характер. Получили распространение лишь системы, связанные с автоматизацией функций учета и контроля, а также коммуникационные и навигационные. Инструментарий для анализа и планирования, вообще системы поддержки принятия решений (СППР) практически не задействованы.

Следует отметить, что разрабатывать и внедрять такие системы гораздо сложнее, чем учетные и коммуникационные методы, в любой отрасли, не только в речной. Это обусловлено малой долей повторяющихся, типовых задач и высокой неопределенностью данных в процессе управления. Между тем, преимущества СППР актуальны для областей производства, логистики, водного транспорта. В качестве наглядного примера подобной системы, эксплуатируемой уже более 10 лет, стоит привести морскую Turbo Router, оптимизирующую последовательность трамповых рейсов.

В связи с фактическим отсутствием аналитических ИТ на речном транспорте логично сформулировать вопрос: необходима ли отрасли СППР, а если нужна, то почему еще не создана. В поисках ответа проанализируем отечественный и зарубежный опыт по разработке соответствующей СППР.

В 1972 году в СССР была начата деятельность по проектированию АСУ «Речфлот», которая продолжалась примерно до середины 1980-х годов. Спустя 12 лет инженерам удалось создать в основном учетные подсистемы с разной степенью внедрения, в том числе одну условно класса СППР – «График движения» (подготовлена в 1976 году коллективом специалистов под руководством одного из авторов настоящей статьи и применялась в паромстве «Волготанкер» до 1998 года). Остальные попытки автоматизации процедуры планирования были доведены максимум до уровня опытной эксплуатации и на практике не использовались.

В середине 1980-х годов на вычислительной базе Горьковского института инженеров водного транспорта (ГИИВТ, ныне – ВГУВТ) для двух навигаций на ЕС ЭВМ были выполнены экспериментальные расчеты параметров графика движения флота по паромствам Центрального и Северо-Западного бассейнов. Однако этот опыт оказался неудачным в силу сложности задачи и неадекватности линейной модели; в дальнейшем от подобных вычислений отказались.

В ряде статей в 1980-х годах различными участниками разработки АСУ «Речфлот» были описаны причины, препятствовавшие внедрению подсистем планирования, среди которых наиболее значимые такие:

1) Применение системы не сопровождалось изменением процессов управления, а его методы сохраняли прежние особенности, то есть АСУ оказывалась чем-то вроде приложения к действовавшему подходу. Из-за такого во многом формального и даже фиктивного внедрения отдачу от использования управленческих ИТ получить было просто нельзя.

2) Обеспечивающие подсистемы не были подготовлены должным образом, и возникла необходимость сбора данных для расчета вручную.

3) Отдельные проектные организации функционировали несогласованно с другими, что приводило к появлению несовместимых систем, в частности «Диспетчер» и «Порт».

Авторский анализ ситуации дает основания добавить еще две проблемы:

1) Сложность структуры АСУ «Речфлот», не соответствовавшая ни уровню тогдашней вычислительной техники, ни принципам программирования, ни количеству квалифицированных специалистов, имевшихся на тот момент в распоряжении отраслевых предприятий [1]. В 1982 г. коллектив проектировщиков алгоритмов и программ АСУ составлял 488 человек, а штаб в частности фирмы SAP AG, разрабатывавшей «идеологически» похожую корпоративную информационную систему R/3, располагал более чем 1000 программистов.

Примечательно, что производительность труда нынешних специалистов на порядок выше и по объему исходного кода приложения, и по времени создания

КСТАТИ

Получили распространение лишь системы, связанные с автоматизацией функций учета и контроля, а также коммуникационные и навигационные. Инструментарий для анализа и планирования, вообще СППР практически не задействованы.

рабочих программных прототипов. При этом относительно сложной по структуре АСУ все равно было недостаточно для решения практических задач. Объем кода нынешней системы оперативного планирования достигает порядка 40 тыс. строк кода на высокоуровневом языке C++. Для сравнения: первая очередь АСУ «Речфлот» в сопоставимом выражении – примерно 7 тыс. строк, то есть плотность кода системы планирования оказывается минимум в 6 раз больше кода первой очереди [2].

2) Уровень развития вычислительной и коммуникационной техники до 1990-х годов не позволял решать многие насущные задачи. В частности систему автоматического сбора дислокации судов практически невозможно было реализовать в гражданском варианте.

В конце 1990-х годов операция по определению времени следования и расхода топлива для рейса по маршруту г.Самара–г.С.Петербург на ПЭВМ с процессором Intel 80286 занимала около 20 мин. Самый массовый отечественный компьютер ЕС-1022 выполнял бы подобные вычисления минимум в 10-20 раз медленнее, что с учетом потребности в оперативных расчетах для сотен судов (типичный объем флота для многих советских пароходств) продлилось бы от 5-10 сут. Очевидно, что автоматизация оперативного планирования при таких показателях исключалась.

Неудачи порождали недоверие производственников, их нежелание заниматься двойной работой, что делало процесс внедрения АСУ еще более формальным.

Важно отметить, что похожие результаты имели место при автоматизации и в других областях хозяйствования в СССР. Так, по данным ЦСУ СССР, с 1966 по 1984 год было спроектировано более 3 тыс. отраслевых АСУ, однако, по словам Глушкова ..., многие из этих систем оперировали с простейшими функциями управления (бухгалтерский учет, начисление зарплаты и т.д.). В значительной степени к внедрению АСУ не проявлялся должный интерес, а видимость активной деятельности создавалась специалистами преимущественно для получения денежных премий, наград и ученых степеней [3].

Существует распространенное мнение: именно недостаточное стимулирование повышения эффективности труда являлось одной из главных причин слабого использования АСУ в условиях плановой экономики [3]. Но оно легко опровергается фактами:

Во-первых, внедрение АСУ на водном транспорте за границей не сопровождалось большими достижениями ни в прошлом, ни в наши дни [4-6].

Во-вторых, от 37 до 75% реализуемых в настоящее время проектов с ИТ в любых отраслях заканчиваются неудачей, и причины отрицательного результата не связаны с экономикой.

В-третьих, сегодня ситуацию с автоматизацией процессов управления на речном транспорте в России сложно охарактеризовать как оптимистичную.

Кроме того, следует понимать, что 1970-80-е годы были периодом становления автоматизированного управления, с сопутствующими техническими и организационными недостатками.

Теперь прежние проблемы потеряли актуальность. Например, для автоматического сбора дислокации применяется уже далеко не один метод, вычислительные комплексы имеют несоизмеримо больший потенциал, к тому же накоплен огромный опыт по внедрению различных крупных автоматизированных систем планирования производства.



Танкер на Волго-Балте

Тем не менее уровень разработки и использования ИТ, по мнению авторов статьи, давно занимающихся исследованием данной темы, не соответствует потребностям времени, а следовательно, снижает эффективность и конкурентоспособность речных перевозок грузов.

Сейчас на речном транспорте распространены системы оперативной обработки данных (от англ. Online Transaction Processing – OLTP). Они используются либо из-за необходимости законодательного обеспечения безопасности судоходства, навигации, либо для сопровождения стандартизированной бухгалтерской и учетной деятельности (в программах семейства 1С). Как правило, такой инструментарий является обеспечивающим, его эффективность не определяется и не анализируется, а соответствующие расходы относят на эксплуатационную статью.

Факторы, обуславливающие слабое внедрение СППР в практику управления речным транспортом, логично разделить на две группы:

– объективные – общее неудовлетворительное состояние отрасли, которая в условиях неравноценной конкуренции с железнодорожным и автомобильным транспортом при общем спаде объемов перевозок, вынуждена бороться за свое существование; лишь в последние 5-6 лет намечились небольшие признаки развития.

– субъективные – все остальные причины.

Рассмотрим выводы, к которым пришли авторы статьи в результате анализа их собственных наработок по созданию и внедрению СППР в некоторых крупных судоходных компаниях (КСК).

Первым ограничением, возникающим на пути предложения по автоматизации управления, является элементарное недоверие со стороны практиков к аналитическим методам планирования работы флота и нежелание их применять. Предпосылками для сомнений выступают и не очень позитивный опыт использования таких ИТ, и нерациональный подход лиц, ответственных за принятие решения о необходимости автоматизации.

К сожалению, нередко ситуация, когда эксплуатационные расходы в КСК планируются лишь приблизительно, на «уровне бухгалтера». Отказ от любых попыток усовершенствовать процедуру представляется неальтернативным.

Второе препятствие – опасение некоторых руководителей, занятых в процессе планирования работы флота, потерять свою значимость. Поэтому уже на этапе обсуждения целесообразности задействования автоматизированного подхода они указывают на множество причин, закрывающих проект еще на ранней стадии.

Третий важный аспект – стремление не разглашать сведения. Регламентированное законом № 98-ФЗ от 29.07.2004 «О коммерческой тайне» право скрывать коммерческую информацию исключает государственное вмешательство в вопросы координации работы флота частных организаций. Однако на практике эта норма часто применяется даже в отношении собственных сотрудников, которым подобные сведения нужны для выполнения должностных обязанностей.

В частности в 1996-2001 годах авторы настоящей статьи по заказу ОАО «Пароходство «Волготанкер» разрабатывали ряд СППР, предназначенных для рейсового нормирования расхода топлива, оптимизации рейсового планирования работы судов, навигационного планирования эксплуатационных расходов. Все системы успешно использовались до момента, когда сменились владельцы компании, и произошла реструктуризация эксплуатационных служб. В результате изменений подготовка данных стала осуществляться по подразделениям, то есть каждый специалист в отделе занимался только узким кругом вопросов и не имел представления обо всем комплексе расчетов. Политика нового руководства заключалась в том, чтобы ценными сведениями располагали только топ-менеджеры, передававшие их на нижний уровень в форме бюджета. Так, по сути СППР перестали применяться.

Неожиданной причиной, препятствующей использованию СППР для оптимизации расхода топлива, с которой столкнулись авторы настоящей статьи, явилась политика отнесения убытков за счет воровства внутри организации на затраты для занижения прибыли, а следовательно, и отчислений в бюджет.

Проблемы применения аналитических технологий ставились в более общем виде – в частности авторы доклада на конференции ИММОД-2007 отмечали снижение в нашей стране «интеллектуальности принимаемых решений» [7]. Как следует из приведенных тезисов, по прошествии 10 лет, несмотря на значительные изменения, связанные с использованием в России ИТ, интеллектуальность решений на речном транспорте осталась на прежнем уровне.

Все перечисленные факторы в совокупности тормозят применение СППР в отрасли, что приводит к недоиспользованию имеющегося потенциала, всех резервов и ресурсов, и соответственно, к снижению конкурентоспособности речных перевозок грузов. Отрицательный опыт многих попыток внедрения СППР не может и не должен отменять положительные результаты успешных проектов. Эффективность речных перевозок может быть значительно повышена за счет применения аналитических ИТ, реализованных в виде СППР и включающих в себя экономико-математические методы, оптимизирующие производственные процессы.

Так, успешное внедрение оптимальных норм времени следования в компании «Волготанкер» в 2004 году позволило сократить расход топлива в эту навигацию в среднем по всем перевозкам на 16% [15]. СППР рей-

сового планирования для Волжского пароходства, созданная в 2001 году специалистами под руководством авторов статьи, эксплуатируется до сих пор.

Важно понимать, что в условиях цифровой экономики иного пути, кроме разработки и внедрения аналитических технологий, просто не существует. Игнорирование этого факта, нежелание заниматься внедрением СППР обрекает отрасль на вырождение.

Поскольку государство не имеет законодательной базы для стимулирования развития СППР на речном транспорте, то рассчитывать приходится, к сожалению, только на инициативу собственников судоходных компаний.

Тем не менее, по мнению авторов статьи, можно сделать некоторые предложения, пересекающиеся с идеями авторов доклада [7].

Во-первых, необходимо развертывание специальной государственной программы для речной отрасли, преследующей цель развития цифровой экономики. Одной из главных задач такого документа должна стать разработка и обязательное внедрение универсальной отраслевой системы сбора информации с судов. Она должна будет удовлетворять потребности администраций внутренних водных путей и судоходных компаний в информации (требуемых частоты, состава и структуры), выполнять функцию непрерывного планирования и регулирования работы флота, учета и контроля, регулирования судопропуска через каналы и шлюзы.

Во-вторых, требуется подготовка кадров в области интеллектуальной поддержки принятия решений. Приход в отрасль людей, имеющих квалификацию в сфере цифровой аналитики, поможет переломить инерцию нынешних менеджеров.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Проблемы внедрения аналитических информационных технологий на речном транспорте / Платов А.Ю., Платов Ю.И. // Наука и техника транспорта. 2010. – № 3. – с. 42-45.
2. Платов А.Ю. Методы оперативного планирования работы речного грузового флота в современных условиях. – Н.Новгород: ВГАВТ, 2009. – 155 с.
3. Кутейников А.В. Проект Общегосударственной автоматизированной системы управления советской экономикой и проблемы его реализации в 1960-1980-х годах (дисс. канд. истор. наук., спец. 07.00.02), 2011. – 152 с.
4. Cargo ships routing and scheduling: survey of models and problems / D. Ronen // European Journal of Operational Research, 1983. – № 12. – p.119-126.
5. Ship scheduling: the last decade / D.Ronen // European Journal of Operational Research. – 1993. – № 71. – p.325-333.
6. Maritime transport optimization: an ocean of opportunities / M.Christiansen, K.Fagerholt, G.Hasle, A.Minsaas, B.Nygreen // OR/MS Today. – April, 2009. – p. 26-31.
7. Имитационное моделирование как основной способ поддержки принятия решений в современном мире. Об организации имитационных исследований в России / Девятков В.В., Кобелев Н.Б., Емельянов А.А., Половников В.А., Плотников А.М. // Материалы конференции ИММОД-2007. – СПб, 2007. – с. 37-46.
8. О целесообразности использования на речном транспорте отраслевой методики нормирования энергоэффективности / Платов А.Ю., Платов Ю.И., Молькин В.Н // Речной транспорт (XXI век). 2015. – № 5(76). – с. 47-50.

КСТАТИ

Необходимо развертывание специальной государственной программы для речной отрасли, преследующей цель развития цифровой экономики. Одной из главных задач такого документа должна стать разработка и обязательное внедрение универсальной отраслевой системы сбора информации с судов.

Особенности создания эффективной системы учета и контроля безэкипажных роботизированных объектов и судов на ВВП

ТЕМА:

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА УЧЕТА И ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ «ЭРА-ГЛОНАСС» БЕЗЭКИПАЖНЫХ СУДОВ (БС) И ОБЪЕКТОВ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ (ВВП)

АВТОРЫ:

В.В. КАРЕТНИКОВ, д.т.н., академик РАТ, НОЦ «Беспилотных технологий водного транспорта», ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова; В.А. БЕКРЯШЕВ, начальник картографической Службы ФБУ «Администрация «Волго-Балт», Г.Б. ЧИСТЯКОВ, к.т.н., зам. начальника Службы

ФОТО:

Предоставлено авторами

В настоящее время в отрасли отмечается повышенный интерес специалистов к проектам, связанным с разработкой, воплощением и внедрением в производственную деятельность объектов и судов, использующих беспилотные технологии (БТ).

Между тем и в иностранных, и в российских правилах отсутствуют положения, предусматривающие возможность эксплуатации и страховки подобного флота, а также перечень мер на случай аварии с ним. В работе [1] приведены главные недостатки международной нормативной базы, препятствующие распространению этих транспортных средств на море. Важно отметить, что существуют значительные различия в решении практических задач с применением БС и объектов на ВВП России, на прибрежных морских участках, и в районах Мирового океана.

Национальные ВВП представляются наиболее перспективным полигоном для отработки разнообразных

БТ с целью развития водного транспорта, поскольку обладают уникальными характеристиками, в том числе двумя видами путей огромной протяженности: естественными, к которым относятся внутренние моря, озера и реки (пригодны для судоходства 101600 км), и в том числе, искусственными – шлюзованные реки, судоходные каналы, водохранилища (суммарной длиной 16700 км). Важно, что их значительная часть покрыта полем, формируемым операторами сотовой связи; для примера на рис. 1 показана зона охвата компании «МегаФон» на отрезке основной трассы ФБУ «Администрация «Волго-Балт»». Следовательно, во многих районах ВВП при апробации или реализации БТ возможно использование широкополосного канала связи.

При внедрении на ВВП судов или объектов особенно с БТ необходимо принимать во внимание тот факт, что операторы таких транспортных средств, а также лица, ответственные за их безаварийную работу,

должны в обязательном порядке проходить надлежащую подготовку в специализированных учебных заведениях с последующим дипломированием в квалификационной комиссии при администрации бассейна, как это регламентирует постановление правительства РФ от 31.05.2005 г. № 349. Эксплуатация маломерного флота тоже допустима лишь после прохождения обучения и последующей аттестации, согласно приказу МЧС России от 27.05.2014 г. № 262. Кроме того, необходимо учитывать положения ст. Гражданского кодекса №1079 «Ответственность за вред, причиненный деятельностью, создающей повышенную опасность для окружающих». То есть только при обеспечении на ВВП достаточно высокого уровня безопасности возможно использование судов или объектов с БТ.

Алгоритм подготовки операторов для БС или объектов, а также лиц, ответственных за их безаварийную эксплуатацию, показан на рис. 2.

Реализовывать данный принцип предполагается следующим образом.

Потенциальный оператор (или лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию) судна или объекта на основе БТ (1) обращается в профильную организацию высшего профессионального образования, выполняющую соответствующий вид подготовки по программе, согласованной с Росморречфлотом (2). После прохождения обучения производится аттестация (3). Ее результаты передаются в отраслевое учреждение, являющееся системным интегратором транспортной и информационной безопасности (СИТИБ, 4). Эта структура формирует и ведет базу данных таких специалистов (5). Затем планируется

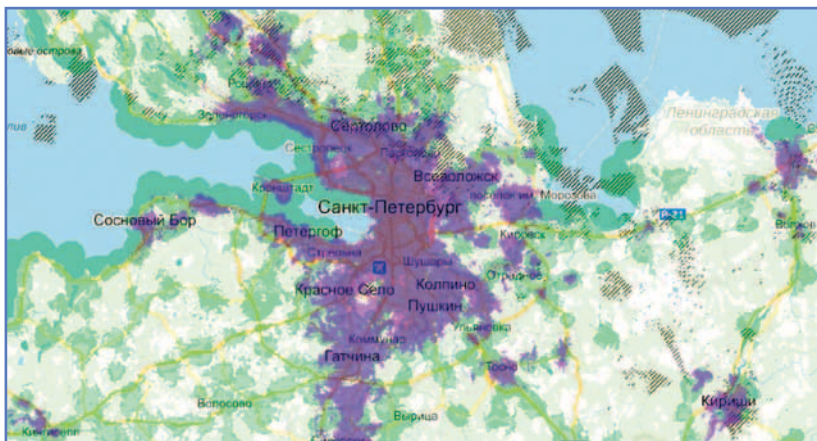


Рис. 1. Зона покрытия оператора сотовой связи (на примере компании «МегаФон») [2]

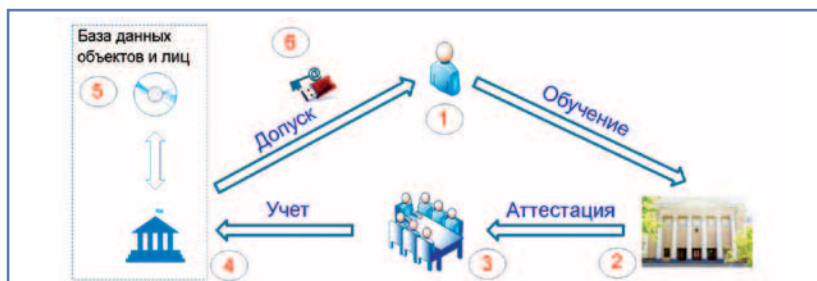


Рис. 2. Алгоритм подготовки операторов для безэкипажных судов или объектов, а также лиц, ответственных за их безаварийную эксплуатацию

создание уникального электронного ключа (УЭК, 6), призванного выполнять процедуру контроля и учета БС и роботизированных объектов на ВВП, основанную на алгоритме, представленном на рис. 3.

Здесь оператор или лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию судов или объектов с БТ (1), подключает свой УЭК к устройству мониторинга, размещенному на борту транспортного средства (2). Прибор по каналу связи «ЭРА-ГЛОНАСС» начинает транслировать сведения о УЭК; они поступают на сервер, расположенный в отраслевой организации – СИТИБ (3), где выполняется идентификация оператора (1). Если проверка успешно пройдена, то об этом направляется сообщение в систему управления движением судов (СУДС, 4).

В рассматриваемом алгоритме одна из значимых ролей отведена каналу передачи данных между устройством мониторинга на борту контролируемого объекта и сервером отраслевой организации – СИТИБ. С учетом зоны покрытия и удобства трансляции сведений рациональным вариантом является канал связи, предоставляемый государственной автоматизированной информационной системой (ГАИС) «ЭРА-ГЛОНАСС».

Поскольку разрабатываемая система является информацион-

ной и предполагает непосредственное использование навигационной информации, то она подпадает под действие закона от 28 декабря 2013 г. № 395-ФЗ. Так, согласно п. 5.1 документа, создание в сфере транспорта и в иных отраслях, определенных правительством РФ, государственных информационных систем и входящих в состав объектов концессионных соглашений, при функционировании которых предполагается использование навигационной информации, осуществляется в соответствии с национальным законодательством и на основе обязательного использования информационного ресурса, и/или программно-технических средств, и/или технологической инфраструктуры в формируемой информационной системе (при наличии технической возможности такого применения).

При этом важно отметить, что задействование ресурса ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» оправдано не только технически – подразумевается трансляция сведений по каналу связи сотового оператора, чей сигнал (технология MVNO) обладает лучшими характеристиками приема в указанном районе, но и организационно – при таком подходе исключается зависимость от частного лица, которым является оператор сотовой связи (АО «ГЛОНАСС»,

управляющее ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» и предоставляющее услугу передачи данных, является компанией, контрольный пакет акций которого принадлежит правительству РФ).

Конструктивно устройство мониторинга будет блоком, совмещенным с модулем «ЭРА-ГЛОНАСС», то есть совместно с данными УЭК будут отправляться сообщения, содержащие информацию о положении прибора, вырабатываемые по сигналам ГНСС «ГЛОНАСС/GPS».

Отраслевая организация – СИТИБ на основании полученных сведений о позиционировании и УЭК будет принимать решения о регионе использования безэкипажного роботизированного объекта или судна.

Если будет установлено, что рассматриваемое транспортное средство эксплуатируется в зоне ответственности СУДС, то данные мониторинга и информация об операторе сразу же перенаправятся в подсистему. Тогда СУДС окажется извещенной о факте применения новой техники в зоне ее ответственности. При выявлении нарушений оператор СУДС сможет связаться с оператором безэкипажного роботизированного объекта или судна, ведь контакты будут содержаться в сообщении от СИТИБ (3).

Кроме того, оператор СУДС должен получить возможность фиксации несоблюдения правил оператором транспортного средства с последующей регистрацией инцидента в базе данных СИТИБ. При накоплении большого количества выявленных нарушений у оператора безэкипажного роботизированного объекта или судна будет приостановлено действие его УЭК до момента внеочередного обучения и аттестации.

В случае, когда СИТИБ на основании данных о позиционировании новой техники принимается решение о том, что эксплуатация осуществляется не в зоне ответственности СУДС, то сведения о мониторинге запоминаются и хранятся на сервере с привязкой к конкретному УЭК. При этом должна быть предусмотрена возможность извлечения и анализа контрольных сведений с целью оценки действий оператора безэкипажного роботизированного объекта или судна.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Методы обеспечения безопасности мореплавания при внедрении беспилотных технологий / Дмитриев В.И., Каретников В.В. // Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2017. – т. № 9, вып. 6 – с. 1149-1159.



Рис. 3. Алгоритм учета и контроля безэкипажных роботизированных объектов и судов на ВВП РФ

НАУЧНЫЕ РАБОТЫ / SCIENCE WORKS

34 сгувт

Ю.И. Бик, В.В. Дегтярева. Принцип определения оптимальной глубины погружения шпунтового ограждения для снижения фильтрационного противодействия на ГТС

36 сгувт

Д.В. Попкова. Предпосылки применения модели клиенто-центризма при формировании тарифов на перевозку грузов речным транспортом

38 сгувт

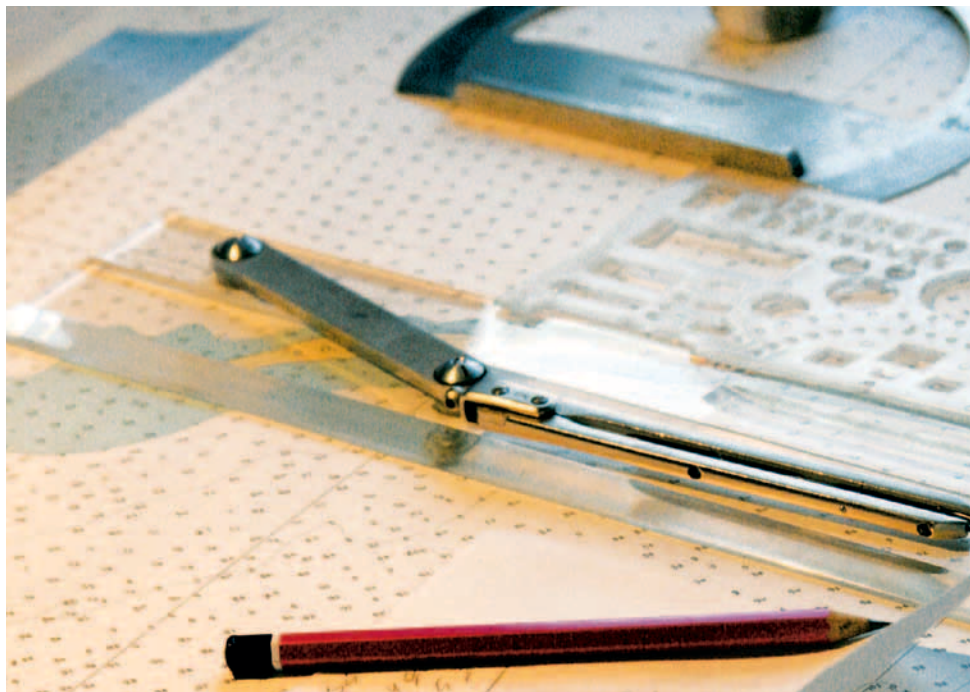
М.Г. Синицын. Принцип оптимизации схем доставки грузов на притоки магистральных рек в восточных бассейнах

40 сгувт

В.М. Бунеев, В.А. Виниченко, С.Н. Масленников. Грамотная государственная политика как эффективный способ решения транспортных проблем Крайнего Севера

43 МГАВТ – филиал ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова

А.В. Бойков, В.Г. Фомин, Д. Кулапат. Принцип работы транспортно-логистической системы с участием морской и речной коммуникации



45 вгувт

Л.С. Грошева, В.И. Плющаев. Алгоритмы управления судном с колесным движительно-рулевым комплексом и подруливающим устройством

50 вгувт

А.С. Яблоков. Оценка ресурса плавучего крана КПЛ-16-30 на основе анализа повреждений его металлоконструкций

55 ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова

А.В. Галин, А.Ю. Рюзин. Стратегическое планирование деятельности транспортно-экспедиционной компании на основе элементов теории игр

59 АННОТАЦИИ

60 ANNOTATIONS

УЧРЕЖДЕНИЕ: Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ)

ТЕМА: Принцип определения оптимальной глубины погружения шпунтового ограждения для снижения фильтрационного противодействия (ФП) на гидротехническое сооружение (ГТС)

АВТОРЫ: Ю.И. БИК, зав. кафедрой СПКиОВР, профессор, д.т.н., В.В. ДЕГТЯРЕВА, доцент, к.т.н.

При эксплуатации и реконструкции ГТС, функционирующих на внутренних водных путях РФ, специалисты часто сталкиваются с проблемой оценки фильтрационного потока, возникающего под сооружением. Ведь фильтрация воды ниже подземного контура, создающая ФП, которое негативно влияет на устойчивость конструкции, при больших скоростях фильтрации (СФ) способна привести к суффозии грунта из-под подошвы объекта.

Снизить отрицательное воздействие фильтрационного потока возможно за счет забивки шпунтовой оторочки с напорной стороны сооружения с целью увеличения пути фильтрации. Естественно предположить: с нарастанием глубины забивки шпунтового ряда величина противодействия будет сокращаться.

Истинная скорость течения грунтовой воды зависит от размера пор, их формы, шероховатости частиц грунта. Очевидно, что такую скорость вычислять достаточно сложно, поэтому в гидравлике вводится понятие СФ и рассматривается скорость движения воды через модель реального грунта в виде сплошной однородной проницаемой среды.

Согласно закону Дарси, СФ пропорциональна градиенту напора. В качестве коэффициента пропорциональности выступает коэффициент фильтрации k – важная характеристика грунта, изменяющаяся в достаточно широких пределах.

Если фильтрационный процесс происходит в слоистых отложениях, то для его описания можно использовать модель однородного изотропного грунта с обобщенным k .

В случае направленности фильтрационного потока вдоль слоев, этот коэффициент вычисляется по формуле:

$$k = \frac{\sum k_n d_n}{\sum d_n}, \quad (1)$$

где k_n – коэффициент фильтрации n -го слоя;

d_n – мощность n -го слоя. Если фильтрационный поток направлен поперек слоев, то обобщенный k определяют с помощью зависимости:

$$k = \frac{\sum d_n}{\sum \frac{d_n}{k_n}}. \quad (2)$$

В дальнейшем решается плоская задача о фильтрации в вертикальном сечении ГТС. В разных точках грунтового основания СФ значение v различно как по величине, так и по направлению; его проекции на оси координат имеют вид:

$$\begin{cases} v_x = -k_x \frac{\partial H}{\partial x} \\ v_y = -k_y \frac{\partial H}{\partial y} \end{cases}. \quad (3)$$

В случае с анизотропным грунтом коэффициенты фильтрации могут быть разными в различных направлениях, и для их расчета используют выражения (1) и (2).

С целью получения дифференциального уравнения, позволяющего вычислить напорную функцию $H(x,y)$, подставим зависимости (3) в уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0. \quad (4)$$

Чтобы оценить степень влияния глубины забивки шпунта на величину ФП, возникающего под ГТС, движение грунтовых вод представим ламинарным, установившимся, напорным, резко изменяющимся, а грунт основания конструкции – изотропным, с коэффициентом фильтрации, независящим от направления движения потока. Тогда подставляя формулы для составляющих скорости фильтрации (3) в уравнение неразрывности (4), получим

зависимость напора H в области грунта основания сооружения от координат x и y в дифференциальной форме (уравнение Лапласа):

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = 0. \quad (5)$$

Под действием напора на объект вода фильтруется через дно верхнего бьефа, движется под сооружением и выходит наружу через дно нижнего бьефа (рис. 1).

Ответ на вопрос, связанный с напорной резко изменяющейся фильтрацией, на основе методов теоретической гидромеханики был впервые дан Н.Н. Павловским; однако ввиду сложности предложенный подход не применяется.

Практическое решение поставленной задачи может быть получено методом конечных разностей [1], согласно которому напорная функция $H(x,y)$ непрерывных аргументов, характеризующая состояние потока, заменяется в пределах анализируемой области функциями, определяемыми в конечном числе точек сетки (в каждом узле), наложенной на область фильтрации (рис. 2).

Соответственно, производные уравнения (5) заменим конечными разностями:

$$\frac{H_{m+1,n} - 2H_{m,n} + H_{m-1,n}}{\Delta x^2} + \frac{H_{m,n+1} - 2H_{m,n} + H_{m,n-1}}{\Delta y^2} = 0, \quad (6)$$

где Δx , Δy – шаг сетки по осям x и y ;

m , n – порядковый номер узла сетки (принята двойная нумерация).

Зависимость (6) составляется для каждого узла сетки в зоне фильтрационного течения, где напорная функция неизвестна. Шаг сетки может быть и постоянным, и переменным. Чем он мельче, тем точнее результат.

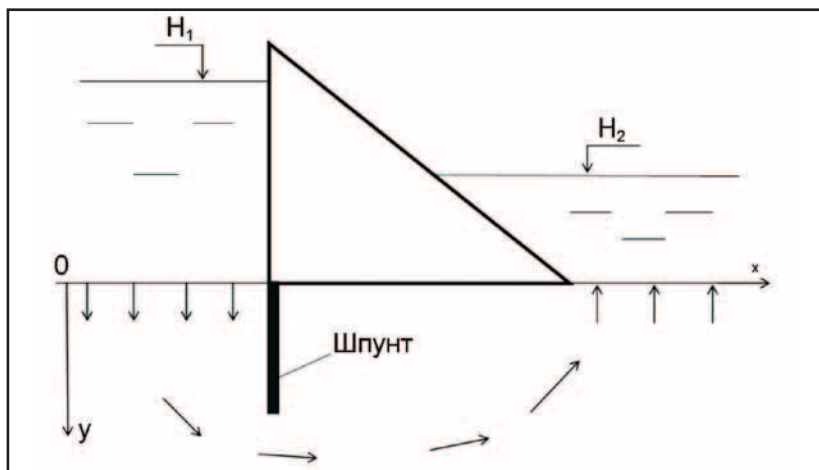


Рис. 1. Схема фильтрационного потока под напорным сооружением

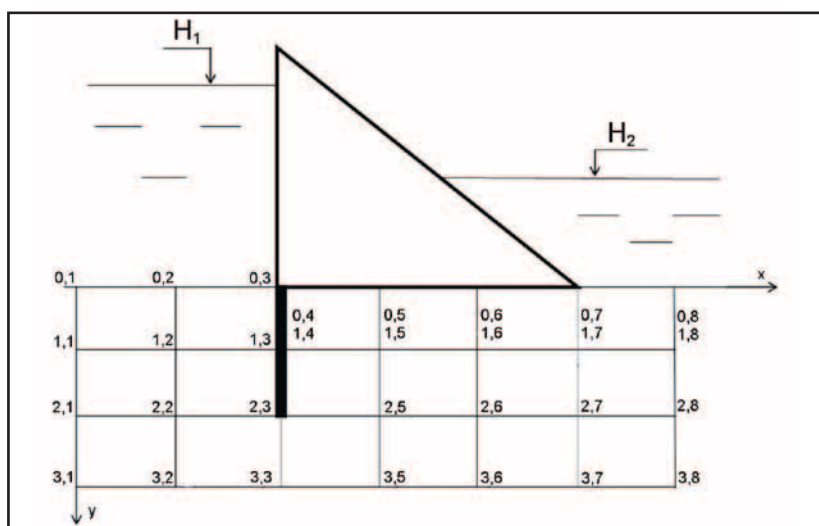


Рис. 2. Схема к расчету фильтрационного потока под напорным сооружением методом конечных разностей

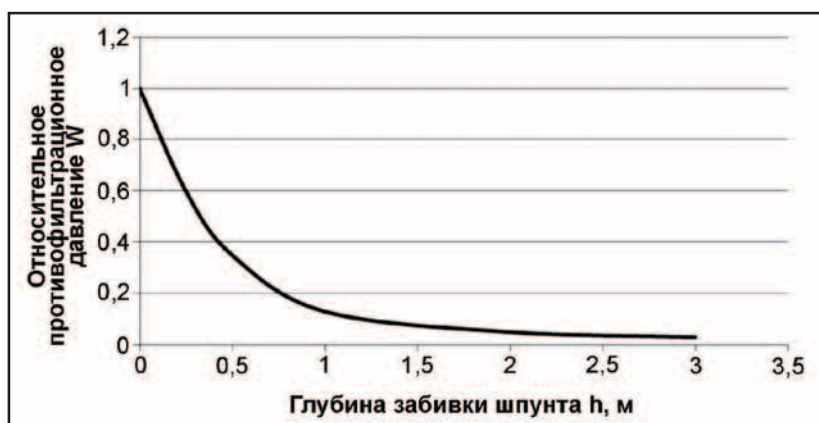


Рис. 3. График зависимости относительного фильтрационного противодавления от глубины забивки шпунта

При составлении формул (6) учитываются граничные условия двух видов:

– Дирихле, то есть задается напор в узлах сетки, лежащих на дне верхнего бьефа (в частности для рассматриваемого примера: $H_{01}=H_{02}=H_{03}=H_1$) и на дне нижнего бьефа ($H_{07}=H_{08}=H_2$);

– Неймана, когда непроницаемы границы выбранной области фильтрации.

Полученная система линейных уравнений (решать ее рационально с помощью компьютерной программы) позволяет найти значения напорной функции $H(x,y)$ во всех узлах сетки в рассматриваемой области.

По итогам расчета (методом конечных разностей) определяется величина ФП, оказываемого на подземную часть ГТС, – как равнодействующая эпюры напорной функции.

На рис. 3 показан полученный авторами статьи график зависимости относительной величины ФП – $W=W_{ш}/W_0$ (отношение значений ФП при наличии и отсутствии шпунта с напорной стороны ГТС) от глубины забивки шпунта h . Как видно, исследуемая зависимость носит экспоненциальный характер, значение ФП резко снижается при увеличении глубины забивки шпунта более чем на 0,8 м. Дальнейшее заглубление шпунтового ряда существенно не влияет на величину противодавления, при этом усложняется технология и стоимость работ.

Вывод: полученные авторами статьи результаты позволяют определить оптимальную глубину забивки шпунта с учетом воздействия на сооружение противодинамического давления.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Коннор Дж. Метод конечных элементов в механике жидкости. – Л: Судостроение, 1979. – 235 с.
2. Частные задачи воздействия поверхностных потоков на основания гидротехнических сооружений / Дегтярева В.В. // Проектирование, строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений Сибири и на Крайнем Севере (сборник трудов). – НГАВТ, 2003. – С. 61-64.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ)

ТЕМА: Предпосылки применения модели клиенто-центризма при формировании тарифов на перевозку грузов речным транспортом

АВТОР: Д.В. ПОПКОВА, доцент, кафедра «Экономика предпринимательской деятельности»

В нашей стране с момента внедрения в 1920-х годах на речном транспорте системы грузовых тарифов (ГТ) до настоящего времени накопилось много информации о практических результатах их использования. Однако эти данные пока недостаточно серьезно исследованы, не проведена адаптация инструментария к нынешним экономическим условиям.

В отечественной и иностранной специализированной литературе подробно освещены история и теория формирования железнодорожных тарифов, в том числе в аспекте совершенствования, более рационального подхода.

Поскольку водный транспорт, в отличие от железнодорожного, в целом играет не главенствующую роль, то изучению положения дел, обоснованию необходимости экономических реформ в отрасли в настоящее время уделяется недостаточно внимания.

Аналогичная ситуация сложилась в период до Великой Отечественной войны. В рамках стратегии развития государства, в частности по освоению и продвижению научных и производственных мощностей на восток, для транспортировки грузов предполагалось задействовать именно железнодорожные мощности. В единственной тематической книге того времени – «Тарифы речного транспорта» [1] – затрагивались вопросы преимущественно практического характера.

Введение И.В. Сталиным в действие «закона стоимости» в преобразованном виде, нашедшее отражение в его труде «Экономические проблемы социализма в СССР», во многом определило политику ценообразования в стране. То есть подразумевалось использование ГТ в упрощенной форме, что соответствовало тогдашней экономической политике.

В 1953-1956 годах появился целый ряд трудов, обосновывавших необходимость корректировки ГТ на речном транспорте. В 1956 году была принята соответствующая система.

В дальнейшем в научной литературе обсуждались следующие основные мероприятия по улучшению инструментария:

1) Сокращение тарифных классификаций пароходств и уменьшение резких колебаний уровня ставок и по организациям, и по водным путям.

Способ реализации: за счет выполнения в определенной последовательности действий, постепенного перехода к единому уровню тарифов для всей сети водных путей, как на железнодорожном транспорте; при этом в качестве практического примера целесообразности такого преобразования рассматривался, как правило, период Новой экономической политики (НЭП), когда был введен децентрализованный порядок установления тарифов самими пароходствами;

2) Введение нового порядка расчета провозных плат.
Способ реализации: установление единой системы

вычислений, основанной на методе расчета стоимости перевозки нефтегрузов наливом, то есть с помощью двухставочного принципа формирования тарифа;

3) Изменение номеров тарифных классов – как способ устранения колебания отношения речной ставки к железнодорожной при одинаковых пробегах (в зависимости от рода груза);

4) Упрощение системы исключительных тарифов – как следствие изменения основных тарифов.

Таким образом, ключевой принцип построения системы тарифов, включающей основные и исключительные части, оставался без изменений. Новая же система исключительных тарифов, с учетом перечисленных изменений, предусматривала уже 4 группы:

– для стимулирования прямых железнодорожно-водных перевозок;

– для устранения неблагоприятного влияния извилистости речных путей на направлениях, где пробег по реке значителен;

– для стимулирования привлечения грузов на обратные (порожные) рейсы;

– для стимулирования маршрутизации перевозок.

Важным моментом в процессе изучения вопроса о необходимости реформирования (поиска методов совершенствования) системы транспортных тарифов стали исследования соотношений тарифов речного и железнодорожного транспорта для обеспечения развития смешанных, железнодорожно-водных перевозок.

В тот период наибольшие усилия были сконцентрированы на создании единой транспортной системы, охватывавшей и органично объединявшей все особенности каждого из доступных на данной территории видов транспорта. Важным вопросом совершенствования тарифов для этой системы стало согласование тарифов железнодорожного и речного транспорта, осуществляющих перевозки в параллельных направлениях. Брался в расчет ряд факторов, в том числе наличие (или отсутствие) дефицита пропускных и провозных способностей взаимодействующих видов коммуникаций, неравномерность загрузки по сезонам года, сроки функционирования транспорта, род и пути следования перевозимого груза, количество перевалок. В условиях дефицита пропускной и провозной способности железнодорожного транспорта на отдельных направлениях система исключительных тарифов должна была способствовать разгрузке железных дорог за счет переключения грузопотоков на параллельные речные пути в прямом или смешанном железнодорожном сообщении.

Другой важной предпосылкой введения единой системы транспортных ГТ должна была стать процедура по составлению единого списка, унифицированного перечня доставляемых позиций, на каждом виде транспорта увязанного с номенклатурами – статистической и межотраслевого баланса производства и потребления продукции.

Такая территориальная дифференциация тарифов для всех видов коммуникаций была призвана стать кардинальным изменением в тарифной системе государства.

Согласно проводившимся реформам, тариф определялся двумя параметрами: размером текущих издержек (в значительной степени) и величиной включаемой прибыли.

Для вычисления последнего показателя некоторые ученые предлагали использовать формулу, разработанную институтом экономики АН СССР [2]:

$$Ц = c + v + P_v + E_{\Phi} k_{\Phi} \Phi + R ,$$

где P_v, E_{Φ} – нормы эффективности соответственно субъективного фактора производства (0,25) и производственных фондов (0,08), отражающие их роль в общественной производительности труда;

k_{Φ} – коэффициент дифференциации эффективности производственных фондов, характеризующий зависимость эффективности фондов от их состава и экономической эффективности отдельных элементов (0,5-1,5);

Φ – производственные фонды, используемые при изготовлении данной продукции;

R – дифференциальный доход, определяющий влияние природных условий на производительность труда в добывающих отраслях (при расчете ГТ может не учитываться).

Применительно к транспорту сумма первых двух элементов уравнения (материальных и трудовых затрат) означает эксплуатационные расходы по операциям, на которые устанавливается тариф.

Между тем, в нынешних условиях, по мнению автора статьи, целесообразнее включить в выражение и транспортные расходы, которые в настоящий момент покрываются из бюджета, – затраты на эксплуатацию водных путей, для чего потребуются возложить эти расходы на организацию отрасли.

В середине 1950-х годов была разработана теория дифференциации издержек по территориальному (региональному) принципу, она подразумевала следующие градации:

- по отрезкам сети, районам страны или пунктам, где выполняются транспортные операции, с различными уровнем технической оснащенности, мощностью грузопотока, а также с учетом природных, климатических, географических факторов;

- по направлениям перевозок, отличающимся количеством имеющегося подвижного состава и, следовательно, издержками;

- на параллельных маршрутах, когда ограничены провозные способности одного из взаимодействующих видов коммуникаций.

Как показали исследования, на речном транспорте издержки дифференцируются по водным бассейнам, магистральным и малым рекам, направлениям движения (вниз и вверх по течению). Поэтому было решено оперировать не реальным расстоянием перевозок, а виртуальным тарифным, характеризующим различия в условиях доставки по участкам сети. Кроме того было предложено учитывать следующие постоянные факторы: различия в глубинах и скоростях течения, наличие шлюзов, водохранилищ и т.д. А влияние на размер тарифа грузоподъемности судов, самоходных и толкаемых составов должно было отражаться в градации ставок в зависимости от расстояния перевозок и рода груза.

Результаты указанных научных изысканий в определенной степени были учтены при составлении тариф-

ного руководства 14-01, введенного в 1989 году и используемого многими транспортными компаниями в России по сей день.

Однако в современных условиях, когда политика отраслевой компании в сфере тарифов (практические принципы формирования) является базой для разработки стратегии ценообразования на перевозках и других транспортных услугах, целесообразно устанавливать свободные тарифы на конкретные виды работ.

Активной тарифной политикой отраслевой организации, занятой на доставке грузов, можно назвать подход к обоснованию транспортных цен (тарифов) на основе ряда факторов:

- возможность обеспечения платежеспособного спроса на данные транспортные услуги;
- возможность обеспечения объемов перевозок, которые могут быть реализованы;
- сокращение средних затрат, соответствующих конкретным объемам реализации транспортных услуг;
- обеспечение реальной нормы рентабельности.

В советский период на внутреннем водном транспорте, в качестве единственного конкурента которому рассматривался железнодорожный, использовалась более низкая ставка. Однако из-за активного перераспределения грузопотока за последние 20 лет преимущественно в пользу железнодорожного транспорта (рис.) на остальных видах коммуникаций, в частности речной, стали применять иные способы повышения конкурентоспособности.

Перевозчики вынуждены выполнять комплекс мер по анализу, планированию, организации, координации, регулированию, контролю и оценке позиции предприятия по следующим параметрам:

- количество и качество предоставляемых транспортных услуг;
- ценообразование (транспортные тарифы, реализация гибкой политики ценовой дискриминации);
- надежность и безопасность доставки грузов;
- экологичность транспортного процесса.

При этом, по мнению автора статьи, в основу процесса оценки конкурентоспособности субъектов транспортного рынка должна быть положена ориентация на потребителя их услуг, то есть использоваться модель клиенто-центризма, позволяющая учесть запросы заказчика и максимально реализовывать потенциал компании.

Неоспоримыми конкурентными преимуществами внутреннего водного транспорта являются невысокая цена перевозки наряду с высокой провозной способностью. Следовательно, именно ориентация на интересы

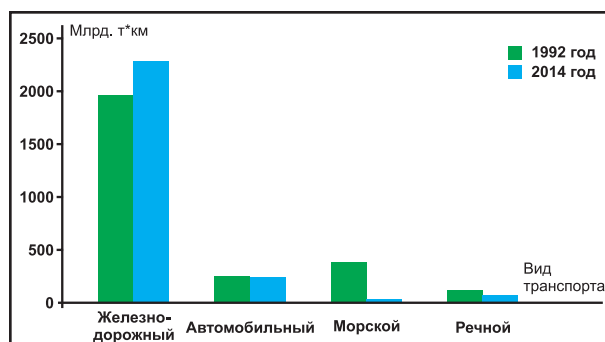


Рис. Динамика грузооборота в РФ по видам транспорта (по данным Росстата)

потребителей в области совершенствования ценовой (тарифной) политики призвана обеспечить конкурентные преимущества речному предприятию, задействованному на доставке грузов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Букин К.Т. Тарифы речного транспорта, 1938. 2. Бланк С.П. Пути улучшения системы грузовых тарифов речного транспорта. – М.: Издательство Минречфлота СССР, 1953.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ)

ТЕМА: Принцип оптимизации схем доставки грузов на притоки магистральных рек в восточных бассейнах

АВТОР: М.Г. СИНИЦЫН, старший преподаватель

Водные пути, причисляемые к малым рекам (МР), принято подразделять на два типа – эксплуатируемые в течение всей навигации и временно используемые для судоходства. Соответственно обоснование схем доставки грузов для каждой категории должно проводиться с учетом ее характеристик. Вместе с тем необходимо оперировать общими принципами организации перевозок для всех МР [2, 3].

Последовательность действий при решении этой комплексной задачи представляется следующей.

1. Определяются самые грузонапряженные МР, корреспонденция грузопотоков. На основе выполненных исследований подбираются реки-аналоги с отличительными особенностями организации перевозок и условиями судоходства.

Для МР, где фиксируются устойчивые грузопотоки и транспортировки возможны на протяжении всей навигации, важно рационально распределить общий объем грузов по периодам судоходного сезона.

В связи со снижением эффективности работы крупнотоннажного флота, отвлеченного с транзитных перевозок на МР, целесообразно увязывать распределение объема доставки на боковые реки с задействованием всех видов флота, имеющихся на балансе судоходной компании (таблица).

2. Рассматриваются путевые условия и на магистрали, и на МР, изучаются габариты судового хода и их изменения.

Сложная путевая обстановка, быстрый спад воды позволяют сделать вывод о том, что надежность системы в значительной степени зависит от времени безотказного функционирования звеньев тран-

спортной цепи или от гарантированного срока отправки грузов по МР.

Следовательно, требуется детальный анализ динамики уровней воды, фаз режима рек, которые непосредственно влияют на длительность срока эксплуатации флота, играющую важную роль при текущем планировании работы транспортных средств и организации перевозок грузов.

Расчетный рабочий период (РРП) пункта отправления можно вычислить так:

$$t_{рвч} = D_{п}^H - D_{пг}^M, \quad (1)$$

где $D_{п}^H$ – дата выхода из начального пункта на МР последнего груженого судна (состава);

$D_{пг}^M$ – дата постановки под погрузку в начальном пункте (на магистрали) первого судна (состава).

РРП пункта выгрузки на МР ограничивается временем, затрачиваемым на прибытие в данное место первого груженого судна, и необходимым временем на беспрепятственный выход из границ МР последней порожней единиц флота.

Аналитически РРП пункта выгрузки определяется по формуле:

$$t_p^B = t_n - t^{Y-B} - t^{B-Y}, \quad (2)$$

где t_n – продолжительность «стояния» судового хода n-го класса, сут.;

t^{Y-B} – затраты времени на движение груженого судна (состава) на МР (от устья до пункта выгрузки на МР), сут.;

t^{B-Y} – время выхода порожнего (груженого) судна (состава) с МР (из пункта выгрузки до устья МР), сут.

Для пароходств важно определить, во-первых, насколько может

отклоняться расчетное (плановое) время от средних ожидаемых значений, во-вторых, быстроту реакции на изменения во времени перевозок грузов, чтобы даже в самых неблагоприятных навигационных условиях имелась достаточно высокая гарантия доставки запланированных позиций во все пункты.

Таким образом, при оценке транспортных возможностей водных путей большое значение имеет анализ изменения гидрологических и ледовых процессов; иногда их различия по годам очень существенны.

Для вычисления длины расчетного периода доставки грузов на приток магистральной реки, с учетом условий водности, необходимо применять уравнение:

$$t_{рвч} = t_{ср} \cdot (1 - K_{бл}), \quad (3)$$

где $t_{ср}$ – возможный период отправления транспортных средств при средних условиях водности, сут.;

$K_{бл}$ – коэффициент благоприятности условий водности.

3. Предварительно выбирается тип флота, уточняются требования к транспортным средствам, режимы работы судов (по жесткому, ступенчатому, параллельному графику), решаются вопросы оптимального соотношения крупнотоннажного и малотоннажного флота.

При наличии достаточного количества оптимального флота потребность в крупнотоннажных судах определяется так:

$$\Phi_{крп} = \frac{G_{крп} \cdot l_2}{P_{г_{крп}} \cdot t_{крп} \cdot Q_p^{крп}}, \quad (4)$$

где $G_{крп}$ – масса груза, которая может быть освоена крупнотоннажным флотом, т;

Распределение объема перевозок грузов в характерные периоды навигации

Период навигации	Транспортный флот	Варианты закрепления флота		
		Весь грузопоток осваивается только МЛТ-флотом	Выделяется определенное количество МЛТ-флота, оставшаяся часть (G) осваивается КРП-флотом	В весенний период выделяется определенное количество КРП-флота, оставшаяся часть (G) осваивается МЛТ-флотом
Полноводный	МЛТ	$\frac{P_{\text{мф}}^{\text{мн}} \cdot \sum Q_p^{\text{мф}} \cdot t^{\text{мн}}}{l_z}$	$\frac{P_{\text{мф}}^{\text{мн}} \cdot \sum Q_p^{\text{мф}} \cdot t^{\text{мн}}}{l_z}$	$\frac{G_{\text{мф}}}{1 + \frac{P_{\text{мф}}^{\text{мн}} \cdot t^{\text{мн}}}{P_{\text{мф}}^{\text{нн}} \cdot t^{\text{нн}}}}$
	КРП	---	$G_{\text{рч}} - G_{\text{мф}}$	$\frac{P_{\text{кф}}^{\text{мн}} \cdot \sum Q_p^{\text{кф}} \cdot t^{\text{нн}}}{l_z}$
Меженный	МЛТ	$G_{\text{рч}} - G_{\text{мф}}^{\text{нн}}$	$G_{\text{мф}} - G_{\text{мф}}^{\text{нн}}$	$G_{\text{мф}} - G_{\text{мф}}^{\text{нн}}$

Примечание. МЛТ – малотоннажный; КРП – крупнотоннажный; $P_{\text{мф}}^{\text{мн}}$ – валовая производительность малотоннажного флота при работе на малой реке в меженный период, т*км/тнж.*сут.; $P_{\text{мф}}^{\text{нн}}$ – валовая производительность малотоннажного флота при работе на малой реке в полноводный период, т*км/тнж.*сут.; $P_{\text{кф}}^{\text{мн}}$ – валовая производительность крупнотоннажного флота при работе на малой реке в меженный период, т*км/тнж.*сут.; $t^{\text{нн(мн)}}$ – продолжительность полноводного (меженного) периода навигации, сут.; $Q^{\text{кф(мф)р}}$ – регистрационная грузоподъемность крупнотоннажного (малотоннажного) флота, т; $G_{\text{рч}}$ – общая масса подлежащего освоению груза, т; $G_{\text{мф}}^{\text{нн}}$ – общая масса груза, освоенная малотоннажным флотом в полноводный период навигации, т; $G_{\text{мф}}$ – общая масса груза освоенная малотоннажным флотом, т; l_r – дальность перевозки груза, км

$t_{\text{крп}}$ – РРП крупнотоннажного флота, сут.;

$P_{\text{вкрп}}$ – производительность крупнотоннажного флота в валовые сутки, т*км/тнж.*сут.;

l_r – дальность перевозки груза, км;

$Q_{\text{крпр}}$ – регистрационная грузоподъемность крупнотоннажного флота в малотоннажных судах:

$$\Phi_{\text{млт}} = \frac{G_{\text{млт}} \cdot l_z}{P_{\text{вмлт}} \cdot t_{\text{млт}} \cdot Q_p^{\text{млт}}}, \quad (5)$$

$G_{\text{млт}}$ – масса груза, которая может быть освоена малотоннажным флотом, т;

$P_{\text{вкрп}}$ – производительность малотоннажного флота в валовые сутки, т*км/тнж.*сут.;

$t_{\text{млт}}$ – РРП малотоннажного флота, сут.;

$Q_{\text{крпр}}$ – регистрационная грузоподъемность малотоннажного флота, т.

При наличии крупнотоннажного и малотоннажного флота следом за предыдущим этапом вычисляется потребность в малотоннажных судах с помощью формулы:

$$\Phi_{\text{млт}_i} = \frac{G_{\text{рч}_i} \cdot l_z - \Phi_{\text{крп}_i} \cdot P_{\text{вкрп}_i} \cdot t_{\text{крп}_i} \cdot Q_p^{\text{крп}_i}}{P_{\text{вмлт}_i} \cdot t_{\text{млт}_i} \cdot Q_p^{\text{млт}_i}}, \quad (6)$$

где $G_{\text{рч}_i}$ – масса груза, которая осваивается i-м типом флота, т.

4. Определяются тип причальной конструкции, оснащённость корреспондирующих пунктов и портов перевалки, применяемые механизмы, технологии и принципы организации перегрузочных работ: рассчитываются затраты по портам.

5. Выполняется обоснование оптимальных схем перевозок грузов. Определяются формы организации работы флота, устанавливается масса состава, уточняется соотношение крупнотоннажного и малотоннажного флота.

За критерий выбора лучшего по конкурентоспособности варианта доставки грузов в пункты немаршрутных рек рекомендуется брать следующий – минимум удельных интегральных затрат, связанных с экономическими издержками как непосредственно по n-му элементу транспортной системы, так и по сопутствующим для потребителей [1, 4].

В общем виде величина данного показателя по элементам транспортной системы вычисляется с помощью аналитической зависимости:

$$Z_n = S_n + E_1 \cdot K_n + E_2 \cdot O_n, \quad (7)$$

где S_n , K_n – удельные текущие издержки и капитальные вложения по n-му элементу системы доставки груза, руб./т;

E_1 – норма дисконта по инвестициям в физические активы (0, 10-0, 12);

E_2 – норма дисконта по инвестициям в текущие денежные активы, применяемые на основе ставки рефинансирования Центрального банка для конкретного периода;

O_n – потребность в пополнении оборотных средств для реализации n-го элемента транспортной системы, руб./т.

6. Осуществляется выбор оптимального варианта организации перевозок: определяется режим работы флота, обосновывается оптимальная схема доставки грузов и вида взаимодействия судов (расчетных единиц флота между собой и с парком компании в целом).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Быков Г.С., Болдырев В.М., Брюханов Ю.Г. Методика выбора транспортно-технологической системы доставки грузов в современных условиях. / Речной транспорт Сибири в условиях проведения экономических реформ (сб. научн. тр.) // Новосибирск: НГАВТ, 1998. – с. 19-25. 2. Бунеев В.М., Зачесов В.П., Скомаров М.Ф. Эксплуатационно-экономические обоснования организации перевозок и типов судов на речном транспорте – Новосибирск: НГАВТ, 1995. – 161 с. 3. Зачесов В.П., Панюкин А.П., Калинин А.А., Синецких Г.Я. Методика обоснования схем завоза грузов на малые (боковые) реки. – Новосибирск: НИИВТ, 1989. – 74 с. 4. Основные принципы снижения эксплуатационных расходов грузовых перевозок / Бунеев В.М., Васильев Р.В., Григорьев Е.А. // Речной транспорт (XXI век), 2012. – № 5(59). – с. 38.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ)

ТЕМА: Грамотная государственная политика как эффективный способ решения транспортных проблем Крайнего Севера

АВТОРЫ: В.М. БУНЕЕВ, д.э.н., профессор, кафедра «Управление работой флота» («УРФ»); В.А. ВИНИЧЕНКО, к.э.н., зав. кафедрой «Экономика транспорта и финансов»; С.Н. МАСЛЕННИКОВ, к.т.н., зав. кафедрой «УРФ»

На современном этапе российские экономисты при принятии решений все чаще учитывают исторический опыт, поскольку спиралевидные уровни развития закономерно чередуются периодами подъема и стагнации. В связи с этим логичной стоит признать деятельность правительства по переводу экономики в так называемый «цифровой» формат, ведь новое поколение людей выросло и существует в условиях электронных технологий и высоких цен на нефть (рис. 1).

Общая тенденция старения населения в нашей стране и, как следствие, кардинальное изменение возрастных групп, по мнению экспертов, чревата серьезными переменами в структуре потребительского спроса. И ориентированную на сырьевые источники пополнения бюджета национальную экономику необходимо приспособлять к быстрой адаптации и функционированию в «безуглеводородном» режиме.

Данная тенденция связана как с упомянутой сменой поколений, так и со всемирным экологическим императивом в системе «человек–природа–общество». Масштаб

предстоящих реформ обуславливает серьезную корректировку государственной политики.

Известно, что центром ресурсного богатства России является ее северная часть, соответственно именно она является самой уязвимой в процессе перестроения рынка потребления. По прогнозам ученых, уже к 2050 году более половины электроэнергии будет производиться с использованием возобновляемых источников [6].

В условиях действующих санкций, ограничивающих свободный доступ нашей страны к технологиям геологоразведки и разработки труднодоступной нефти на шельфе, особую актуальность приобретает вопрос ускоренного развития транспортной логистики на севере Сибири, направленной прежде всего на обеспечение экономической и национальной безопасности региона.

Усугубляют ситуацию давние и пока не решенные насущные проблемы: износ транспортной инфраструктуры; неясная перспектива инвестиционного развития; разнонаправленные действия заказчиков

транспортных услуг и жестко конкурирующих между собой компаний, их оказывающих; реализация схем транспортного освоения территорий без надлежащего обоснования, учитывающего интересы транспортного комплекса в целом, а не одного вида коммуникации.

Очевидно, что транспортная освоенность Крайнего Севера остается крайне низкой, объемы перевозок в его районы по маршруту Севморпути до сих пор не достигли показателей конца прошлого столетия [2]. Между тем, интеграция этой уникальной водной трассы в международное транспортное пространство, сопровождающаяся восстановлением и развитием инфраструктуры соответствующих портов, призвана стать востребованным временем гарантом национальной безопасности и одним из катализаторов процесса развития не только транспортной, но и смежных отраслей.

Поскольку главную роль в стратегическом обеспечении труднодоступных пунктов жизненно необходимой продукцией по-прежнему играет водный транспорт, целесообразно именно ему уделять особое внимание.

В таблице 1 представлены объемы доставленных транспортом грузов в целом по стране и морским и речным флотом в районы Крайнего Севера (с приравненными к ним местностями – КСПМ).

Как видно, за период 2000-2016 годов суммарный количественный показатель снизился на 3%. Отрицательная динамика перевозок сохранялась и на морском транспорте – уменьшение составило 28,5%. При этом объемы доставки в местности, круглогодично покрытые льдами, увеличивались: на морском транспорте – почти на 42%, на речном – на 31%. Данные факты служат подтверждением приоритетности и безальтернативности водных коммуникаций при реализации транспортно-логистических операций на

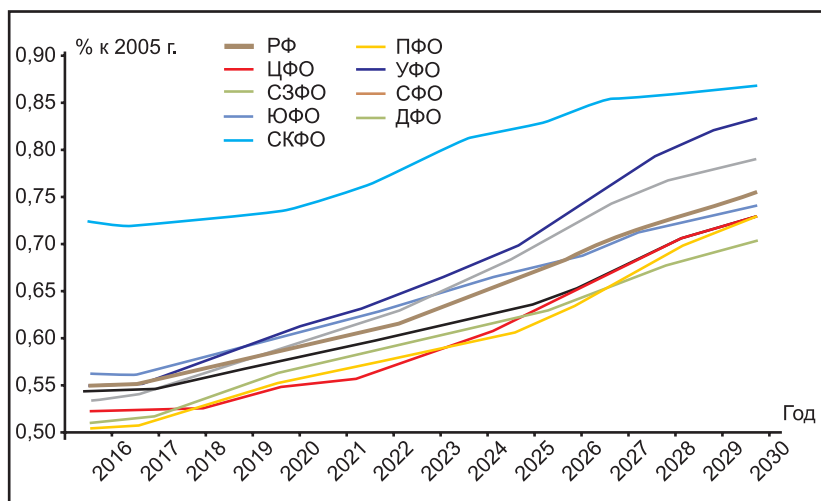


Рис. 1. Прогноз изменения численности молодежи в возрасте 15-19 лет в 2016-2030 годах по федеральным округам России (% к 2005 г.) [10]

Перевозки грузов по видам транспорта, млн. т [4, 7]

Таблица 1

Показатель	Годы							
	2000		2010		2015		2016	
	млн. т	%	млн. т	%	млн. т	%	млн. т	%
Транспорт, всего	7907	100	7750	100	7582	100	7695	100
в том числе								
а) морской	35	0,44	37	0,48	19	0,25	25	0,32
из них в районы КСПМ	2,38	6,8	4,37	11,81	3,33	17,53	3,37	13,48
б) внутренний водный	117	1,48	102	1,32	121	1,6	118	1,53
из них в районы КСПМ	14,15	12,09	18,06	17,71	17,05	14,09	18,51	15,69

Основные показатели транспортной деятельности [7, с. 436]

Таблица 2

Регион	Показатели			
	Перевозки грузов автотранспортом организаций, млн. т	Грузооборот автотранспорта, млн. т*км	Отправление пассажиров ж/д-транспортом общего пользования, тыс. человек	Перевозки пассажиров автобусами общего пользования, млн. человек
Россия в целом	5138,2	234469	1039993	11295,8
Ненецкий АО	0,9	27	-	2,8
Ямало-Ненецкий АО	148,3	5119	2296	82,8
Ханты-Мансийский АО	26,4	1751	945	20,4

Крайнем Севере, а также необходимости государственной поддержки бесперебойного функционирования системы «северного завоза» материально и организационно.

Вместе с тем объем перевезенной в труднодоступные районы номенклатуры (таблица 2) в масштабах государства очень мал: речным транспортом – менее 0,5% показателя по стране, морским – ниже 5%.

На рис. 2 показана структура перевозок по водным коммуникациям, среди которых преобладают грузы для освоения новых месторождений и обеспечения жизнедеятельности населенных пунктов.

Однако ориентироваться лишь на численное значение объема не совсем правильно в условиях транспортной дискриминации и слабой обеспеченности магистральными путями. Не менее важной является величина грузооборота. Согласно официальной статистике, в районах Крайнего Севера, занимающих более 70% территории России, проживает почти 10% населения страны и формируется около 40% валового внутреннего продукта [8].

Некоторые показатели транспортной деятельности в отдельных северных регионах представлены в таблице 2.

Средняя дальность перевозок автомобильным транспортом соста-

вила: в целом по России – 45 км, в Ненецком автономном округе (АО) – 30 км, в Ханты-Мансийском АО – 34,5 км, в Ямало-Ненецком АО – 66 км. Эти данные дополняют общеизвестный тезис о неразвитости транспортной инфраструктуры в Арктике и в частности в ЯНАО, где функционирует разветвленная сеть водных путей, но активно используются автомобили с низкой энергоэффективностью и высокой экологической нагрузкой.

Примечательно, что результаты транспортной деятельности, декларируемые Росстатом, не отражают особенностей доставки разными видами коммуникаций и по отдельным территориям. Так, на автомобильном транспорте показатель «перевозки» учитывается «по прибытию», в то время как на автомобильном и водном – «по отправлению». Грузооборот автотранспорта рассчитывается экспедиторами по месту их нахождения. Таким образом, суммарный объем транспортных услуг, оказанных в конкретном регионе, вычисляется приближенно.

В арктических районах имеют-

ся местные автомобильные (преимущественно зимники) и железные дороги (принадлежат АО «ЯЖД» и ПАО «Газпром»). Поскольку финансирование их содержания осуществляется из разных источников – ведомственных и государственных, не представляется возможным корректно оценить эффективность регионального транспортного обслуживания как результат принятия конкретных экономических и политических решений.

Стоит отметить, что из-за транспортной неразвитости эти территории, по мнению некоторых прогнозистов – Д.И. Менделеева, В.П. Семенова-Тян-Шанского, П.Н. Савицкого, естественно, не смогут в перспективе быть ориентированными на мировой рынок, и, как следствие, промышленные центры в них будут вынуждены развиваться

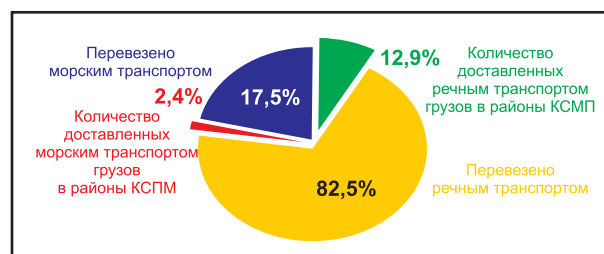


Рис. 2. Распределение объемов грузов, перевезенных водным транспортом в 2016 году на основе таблицы 1)



Рис. 3. Перевозка грузов в контейнерах железнодорожным и морским транспортом, млн. т [7, с. 438]

замкнуто [1, с. 127].

Очень важно негативный аспект «бремени континентальности» нашей страны обратить в позитивный. В докладе (от октября 2017 г.) членов Валдайского клуба отмечалось, что географическую особенность государства нужно рассматривать как предпосылку развития, в том числе транспортных межконтинентальных связей. А они, кстати, в последние годы активно используются для осуществления контейнерных перевозок. Но, согласно статистике, в данной сфере превалирует железнодорожный транспорт, несмотря на значительную экономическую выгоду при задействовании морского флота (рис. 3).

И хотя, в соответствии с Транспортной стратегией России, предусмотрено повышение доли доставки грузов в контейнерах к 2021 году до 5,5 %, наша страна не сможет достигнуть таких показателей как в США – 18%, в Евросоюзе – 14%, в Индии – 16%.

При этом на речном транспорте контейнерные перевозки составляют лишь 0,2 % общего количества доставляемой номенклатуры. Согласно Стратегии развития внутреннего водного транспорта, подразумевается наращивание доли контейнерных перевозок более чем в 2 раза к 2020 году, с повышением показателя к 2030 году до 1,6%.

Анализ тенденций мирового товаро- и грузооборота, а также транспортно-экономических преимуществ доставки унифицированных укрупненных грузовых единиц в ком-

плексном, координированном и интегрированном взаимодействии разных видов коммуникаций позволяет обоснованно прогнозировать дальнейшее развитие контейнерных перевозок практически на всех основных направлениях, где имеются потоки генеральных, рефрижераторных и ряда других грузов.

В арктических районах для ускоренного роста контейнерных перевозок

потребуется реализация комплекса мер: повышение степени механизации транспортного процесса, исключение тяжелого физического труда в пунктах перевалки грузов, снижение эксплуатационных расходов, обеспечение сохранности грузов на пути от отправителя до грузополучателя, а также создание возможностей применения информационных технологий по управлению товаропотоком [9].

В настоящее время для доставки контейнеров из восточной части страны в западную хозяйствующие субъекты используют Транссибирскую магистраль. Но Китай как один из ключевых грузоотправителей рассматривает варианты создания Экономического пояса Шелкового пути.

Один из проектов его пролегания подразумевает задействование трассы Севморпути в качестве безопасной и короткой альтернативы, по сравнению с Южным маршрутом, через Суэцкий канал.

Встраивание Севморпути в структуру международных транспортных коридоров полностью совпадает с целями стратегий развития транспорта и морской портовой инфраструктуры России до 2030 года. Акцент на контейнеризации будет свидетельствовать о соответствии мировым тенденциям.

Вероятную проблему с малым притоком грузопотока контейнеров по морю можно будет решить путем совершенствования работы стивидорных компаний. Пока их деятельность как естественных монополий

со свободным ценообразованием на услуги только провоцирует недовольство со стороны и отправителей, и получателей грузов. Из-за негативных последствий действующей системы (рис. 3), в частности Д.В. Валовой [5] считает необходимым и обязательным государственное регулирование рыночной экономики.

Важно отметить, что в 2015 году не были достигнуты (даже по энергосырьевому варианту) многие целевые индикаторы Стратегии развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года. Так, объем перевалки генеральных грузов составил лишь 40% намеченной величины, на основании чего можно сделать вывод о фактической невозможности получения желаемого результата к концу срока реализации документа без изменения управленческого подхода.

Проблема эффективности транспортно-логистического комплекса актуальна для северных регионов страны, богатых ресурсами, но изолированных в транспортном отношении. Это обуславливает почти 20%-ю долю транспорта общего пользования (в том числе почти 60% технологического транспорта) в структуре издержек по добыче нефти.

Специфическая особенность любой коммуникации заключается в ее тесной связи с обслуживаемым производством [3, с. 128]. Законодательное закрепление необходимости формирования транспортной инфраструктуры в зоне ответственности предприятия, по мнению авторов статьи, призвано гарантировать экономическую безопасность региона.

С целью преодоления системного кризиса отечественной экономики, а также для увеличения объемов необходимо создавать (тем более в новых экономических районах) промышленно-логистические центры. Такие структуры способны не только осуществлять хранение и перегрузку, но и логистические операции по формированию партий грузов, координацию с другими видами транспорта, отправителями и получателями.

Основу такого центра могут составить учредители – компании, занимающиеся упаковкой, сортировкой, переработкой, складированием продукции, перенаправлением транспортных потоков, а также промышленные предприятия (или их подразделения), тяготеющие к логистике. Подобный подход дол-

жен обеспечить надежную интеграцию участников рынка в транспортную систему конкретного региона, повысить его инвестиционную привлекательность.

В транспортном комплексе России остается множество нерешенных проблем, и появляются новые, связанные с общим ухудшением ситуации в стране, с изменением структуры и объема грузооборота как по причине неоднозначной внешнеэкономической политики, так и мирового экономического кризиса.

Значимую роль в таком развитии событий играет курс «на Восток», обозначенный в 2014 году, целью которого является желание руководства нашего государства «поймать китайский ветер в паруса российской экономики», поскольку грузопотоки перераспределились с учетом интересов восточных стран. Откуда, что примечательно, инвестиции пока идут медленно. Соответственно России сейчас требуется надежная транспортная

политика с достойным финансированием.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Ламин В.А., Малов В.Ю.. Азиатская часть России: моделирование экономического развития в контексте опыта истории. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 464 с.
2. Анфалов А.А. Актуальные проблемы логистики воздушного транспорта Сибири и Крайнего Севера в современных условиях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sitebs.ru/blogs/23155.html> (дата обращения: 10.02.2018 г.).
3. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность железнодорожного транспорта в условиях Сибири и Севера. – М: МГОФ «Знание», 2014. – 856 с.
4. Бюллетень «Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_22/Main.htm (дата обращения: 10.02.2018 г.).
5. Валовой Д.В. О

чем не думают экономисты. Научная повесть. – М: Алгоритм, 2017. – 240 с.

6. Декарбонизация экономики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eg-online.ru/article/287725/> (дата обращения: 10.02.2018).
7. Российский статистический ежегодник. – М: Росстат, 2017 – 686 с.
8. Роль речной отрасли Сибирского региона в системе международных транспортных связей / Зачесов А.В. // Речной транспорт (XXI век), 2016. – № 4. – с.19-22.
9. Определение условий эффективности перевозок грузовых модулей и транспортных средств судходными компаниями на внутренних водных путях/ Масленников С.Н. // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», 2017. – №3-4. – с. 52-55.
10. Сергеев М. Поколение Z перевернет рынки потребления и образования [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ng.ru/economics/2017-07-27/1_7038_generatonz.html

УЧРЕЖДЕНИЕ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ) – филиал Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова)

ТЕМА: Принцип работы транспортно-логистической системы (ТЛС) с участием морской и речной коммуникации

АВТОРЫ: А.В. БОЙКОВ, декан факультета «Судовождение», к.т.н., доцент; В.Г. ФОМИН, к.т.н., доцент; Д. КУЛАПАТ, аспирант, кафедра «Управление судном»

После вхождения полуострова Крым в состав нашей страны национальные водные пути дополнились морскими районами, которые вместе с существующими акваториями Азово-Донского, Волго-Донского и Волжского бассейнов целесообразно использовать в качестве магистралей для перевозки грузов.

В актуальных работах [1-4] рассмотрены аспекты организации паромно-транспортных логистических систем, где задействованы только водные пути (ВВП) Волжского, Камского и смежных бассейнов.

Задача исследования, проводимого авторами статьи, заключается в поиске оригинального решения, призванного максимально реализовать достоинства автомобильного, морского и речного видов транспорта при минимизации их недостатков, за счет рационального объединения очевидных преимуществ коммуникаций в рамках ТЛС. Она будет выполнять доставку автопоездов по морским путям полуострова Крым и российским ВВП на паромках типа РО-РО с применением мультимодальных транспортных технологий.

Предполагается, что грузовые линии (ГЛ) смогут пролегать через морские и речные бассейны, следуя через совмещенные с ними водные участки, для повышения

эффективности перевозок наряду с грузопотоком по мосту через Керченский пролив. Соответственно потребуются проектирование и строительство судов нового типа, в том числе для реализации специализированных и мультимодальных маршрутов: смешанного река– море плавания, большегрузных скоростных накатных (с горизонтальной обработкой); контейнеровозов и т.п.

Одновременно необходимо восстанавливать инфраструктуру ВВП, создавать современный флот, возвращать на морской и речной транспорт их традиционную номенклатуру; однако для этого нужны значительные временные и финансовые ресурсы.

Как показал анализ, основная доля федеральных автодорог проходит параллельно ВВП Азово-Донского, Волго-Донского и Волжского бассейнов. Предлагаемая ТЛС позволит встроить водную коммуникацию в существующие и новые схемы (после сдачи Крымского моста) доставки грузов, чтобы сократить сухопутную часть маршрута, проходящего по загруженным наземным трассам.

В случае успешной реализации принципа мультимодальности отечественная транспортная сеть серьезно увеличит пропускную способность и сократит сроки доставки.

Авторский подход подразумевает три варианта организации перевозок:

- 1) грузовыми автомобилями по федеральным трассам и паромными по морским путям полуострова Крым;
- 2) грузовыми автомобилями по федеральным трассам, паромными по морским путям полуострова Крым и ВВП (Азово-Донской, Волго-Донской, Волжский и другие бассейны);
- 3) грузовыми автомобилями по федеральным трассам и паромными по ВВП.

ГЛ, входящие в состав ТЛС, являются технологической системой совокупности подсистем (автомобильная, морская и речная) из ряда элементов: паромов, грузовых автомобилей, мультимодальных грузовых терминальных комплексов, причальных гидросооружений и т.д. [2, 4].

Для оценки работы ТЛС необходимо сформировать математическое описание ее экономико-математической модели для конкретного бассейна, чтобы иметь возможность по показателю прибыли определять оптимальный тип флота и количество паромов для каждой ГЛ в рамках ТЛС бассейна при некоторых ограничениях:

- издержки при использовании ТЛС должны быть меньше, чем при доставке груза автомобилями;
- автоперевозчик должен иметь гарантированную плановую прибыль как при использовании ТЛС, так и при автомобильной перевозке по дорогам, проходящим параллельно водным участкам пути;
- отсутствие превышения действующих нормативных сроков доставки грузов с использованием ТЛС (или без таковой) при автомобильной перевозке.

ГЛ может включать любые участки водных путей (морские и ВВП), расположенные в границах маршрута.

Для оценки эффективности j -й ГЛ в математическое описание вводится ограничение по эффективности автомобильной перевозки с помощью коэффициента α_j .

Если $\alpha_j=1$, то для перевозки грузового автомобиля применяется j -я ГЛ.

Если $\alpha_j=0$, то перевозка ТЛС по j -й ГЛ признается неэффективной, используется альтернативная доставка грузовым автомобилем по дорогам.

Представим j -ю ГЛ ($I_{j}^{ГЛ}$) в виде [5]:

$$I_{j}^{ГЛ} = \begin{cases} (l_j^M u_j + l_j^P v_j) \alpha_j & \text{при } u_j = \{0, 1\}, v_j = \{0, 1\} \\ (l_j^M + l_j^P) \alpha_j & \text{при } u_j = 1, v_j = 1 \\ l_j^M \alpha_j & \text{при } u_j = 1, v_j = 0 \\ l_j^P \alpha_j & \text{при } u_j = 0, v_j = 1 \end{cases},$$

где l_j^M и l_j^P – длины морского и внутреннего водного участков соответственно j -й ГЛ;

u_j и v_j переменные, характеризующие наличие морского и внутреннего водного участков соответственно j -й ГЛ.

При $\alpha_j=1$, $u_j=1$ и $v_j=1$ используется j -я ГЛ с морскими и внутренними водными участками.

При $\alpha_j=1$, $u_j=1$ и $v_j=0$ применяется j -я ГЛ с морскими участками.

При $\alpha_j=1$, $u_j=0$ и $v_j=1$ используется j -я ГЛ с внутренними водными участками.

Для оценки эффективности автомобильной перевозки вводится ограничение с помощью коэффициента β_j .

Если $\beta_j=1$, то автомобильная перевозка на i -м маршруте более эффективная, чем альтернативная мультимодальная доставка с помощью j -й ГЛ.

Если $\beta_j=0$, то автомобильная перевозка на i -м маршруте менее эффективная, чем альтернативная мультимодальная доставка с помощью j -й ГЛ.

В результате описания способов перевозки при ТЛС с учетом условий (ограничений), экономико-математическая модель функционирования системы будет выглядеть так [6]:

– в качестве функции цели выбирается прибыль ТЛС по всем ГЛ бассейна:

$$\left(\sum_{j=1}^n \Pi_{A_j}^{ГЛ(M)} u_j + \sum_{j=1}^n \Pi_{A_j}^{ГЛ(P)} v_j \right) \alpha_j \Rightarrow \max,$$

– ограничение в виде плановой прибыли автотранспорта при любом способе перевозки (с использованием ТЛС или без таковой):

$$\left(\sum_{j=1}^n \Pi_{A_j}^{ГЛ(M)} u_j + \sum_{j=1}^n \Pi_{A_j}^{ГЛ(P)} v_j \right) \alpha_j + \sum_{i=1}^m P_i^A \beta_i \geq \Pi_A^{ПЛ},$$

– снижение издержек в случае доставки при ТЛС, по сравнению с автомобильной перевозкой:

$$\left(\sum_{j=1}^n P_{A_j}^{ГЛ(M)} u_j + \sum_{j=1}^n P_{A_j}^{ГЛ(P)} v_j \right) \alpha_j \leq \sum_{i=1}^m P_i^A \beta_i,$$

– соблюдение автотранспортом нормативного времени доставки, регламентирующегося действующим законодательством:

$$T_{Дij}^{ГЛ} \alpha_j \leq T_{Дi}^H, \quad T_{Дi}^A \beta_j \leq T_{Дi}^H,$$

– коэффициент эффективности ТЛС по j -й ГЛ: $\alpha_j = \{0, 1\}$;

– коэффициент эффективности автомобильной перевозки по i -му маршруту, альтернативной комбинированной доставке по j -й ГЛ: $\beta_j = \{0, 1\}$;

– переменные, характеризующие наличие морского и внутреннего водного участков соответственно j -й ГЛ:

$$u_j = \{0, 1\}, \quad v_j = \{0, 1\},$$

где $\Pi_{A_j}^{ГЛ(M)}$ – прибыль судоходной компании, эксплуатирующей j -ю ГЛ, состоящую из морских путей; $\Pi_{A_j}^{ГЛ(P)}$ – прибыль судоходной компании, эксплуатирующей j -ю ГЛ, включающую ВВП;

$\Pi_{A_j}^{ПЛ}$ – плановая прибыль автопредприятия; $P_{A_j}^{ГЛ(M)}$ и $P_{A_j}^{ГЛ(P)}$ – расходы судоходной компании соответственно по морскому пути и ВВП j -й ГЛ,

$P_{A_j}^A$ – расходы автотранспорта на i -м маршруте; $T_{Дij}^{ГЛ}$ – время доставки груза по i -му маршруту альтернативной мультимодальной перевозкой j -й ГЛ;

$T_{Дi}^H$ – нормативный период доставки груза по i -му маршруту автотранспортным предприятием,

$T_{Дi}^A$ – время доставки груза по i -му маршруту автотранспортным предприятием.

В качестве примера оценки способов мультимодальных перевозок (МП) по описанной экономико-математической модели были выбраны 6 маршрутов ($i=1 \div 6$) доставки из г. Севастополь и выполнены расчеты эффективности $\Theta_{A_j}^{ГЛ}$ ее выполнения автопоездами с грузами в 40-футовых контейнерах в города: Волгоград, Саратов, Ульяновск, Казань, Нижний Новгород, Москву.

При вычислении параметров для перевозки по морскому участку ГЛ использовались технические данные накатного морского парома типа РО-РО «Победа» [7], по внутреннему водному – проекта накатного катамаранного судна «Транзит» [1].

Первый способ МП на пароме типа РО-РО по морскому участку ГЛ (порт Севастополь – порт Ростов)

и далее по автотрассе автопоездом обеспечивает эффективность доставки $\Theta_{\text{ГЛ}(M)}^{A_i}$ для каждого маршрута: $\Theta_{\text{ГЛ}(M)}^{A_1}=17\%$, $\Theta_{\text{ГЛ}(M)}^{A_2}=13\%$, $\Theta_{\text{ГЛ}(M)}^{A_3}=9,5\%$, $\Theta_{\text{ГЛ}(M)}^{A_4}=8\%$, $\Theta_{\text{ГЛ}(M)}^{A_5}=10\%$ и $\Theta_{\text{ГЛ}(M)}^{A_6}=9\%$. То есть положительный результат достигается по всем вариантам, если сравнивать с перевозкой автопоездов автопредприятием без использования ТЛС.

Второй способ доставки по морскому участку ГЛ (порт Севастополь – порт Ростов) и далее по внутреннему водному получается эффективнее только для первых 4 маршрутов, по сравнению с перевозкой автопоездов автопредприятием без применения ТЛС: $\Theta_{\text{ГЛ}(M+P)}^{A_1}=30\%$, $\Theta_{\text{ГЛ}(M+P)}^{A_2}=28\%$, $\Theta_{\text{ГЛ}(M+P)}^{A_3}=23\%$ и $\Theta_{\text{ГЛ}(M+P)}^{A_4}=22\%$. Пятый и шестой маршруты являются неэффективными, что обуславливается значительным сокращением пути автотрассы и существенным увеличением внутреннего водного участка ГЛ.

Третий способ МП по автотрассе автопоездом из Севастополя до Ростова-на-Дону и далее на пароме типа РО-РО по внутреннему водному участку ГЛ эффективен лишь для первых 4 маршрутов, по сравнению с доставкой автопоездов автопредприятием без использования ТЛС: $\Theta_{\text{ГЛ}(P)}^{A_1}=13\%$, $\Theta_{\text{ГЛ}(P)}^{A_2}=17\%$, $\Theta_{\text{ГЛ}(P)}^{A_3}=13,5\%$ и $\Theta_{\text{ГЛ}(P)}^{A_4}=15\%$. Пятый и шестой маршруты являются неэффективными из-за более короткого расстояния автотрассы и роста протяженности внутреннего водного участка ГЛ.

Таким образом, первый способ МП на 9-17% эффективнее, чем доставка грузов автопоездами по автотрассе; его преимуществом является глубоководность морских путей, к тому же обеспечивающая:

- круглогодичную навигацию;
- использование крупнотоннажного флота с большой осадкой;
- снятие экологических ограничений;
- значительное увеличение скорости движения паромов типа РО-РО;
- рост доли высокотарифицированных грузов;
- снижение сроков окупаемости инвестиций.

Второй способ МП на 22-30% эффективнее, чем перевозка по автотрассе автопоездами, но лишь в период навигации.

Третий способ МП также только в период навигации на 13-17% эффективнее, по сравнению с доставкой автопоездами по автотрассе.

Отношение времени кругового рейса внутреннего водного и морского участков ГЛ обозначим коэффициентом $K_{кр}$:

$$K_{кр} = t_{кр}^P / t_{кр}^M .$$

Его величина определяет потребность во флоте для ГЛ по типам судов для морского и внутреннего водного участков ГЛ (при условии одинаковой загрузки автопоездами).

Проведенные в работах [1, 2] исследования показали, что значительный рост эффективности доставки автопоездов судами типа РО-РО по ВВП Волжского и Камского бассейнов наблюдается при задействовании 3 единиц флота, тогда как более 6 – нецелесообразно.

Разработанная экономико-математическая модель функционирования ТЛС для перевозки грузов позволяет выполнить эксплуатационно-экономическое сравнение способов транспортно-технологических схем организации МП и оценить возможность применения конкретного типа судна для доставки грузов по выбранному ГЛ на морских и внутренних водных участках.

Описанный мультимодальный принцип представляется востребованным, поскольку расширяет возможности ТЛС за счет новых транспортных магистралей и позволяет осуществлять перевозки круглогодично, используя незамерзающий морской путь от портов полуострова Крыма до порта Ростов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Паромно-транспортная логистическая система как рациональный способ перевозок грузов/ Зарецкая Е.В., Жаворонков В.А., Митрошин С.Г. //Речной транспорт (XXI век), 2016. – № 4. – с.23-26.
2. Митрошин С.Г. Организация паромно-транспортных логистических систем (на примере Волжско-Камского бассейна). Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Н.Новгород: ВГАВТ, 2010. – 159 с.
3. Использование паромно-транспортных логистических систем как элемента инновационного развития речного транспорта / С.Г. Митрошин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2009. – № 2. – с.3-6.
4. Инновационные технологии – основа развития речного транспорта в XXI веке / Минеев В.И., Ефремов Н.А., Костров В.Н., Энтин В.Л., Митрошин С.Г. // Речной транспорт (XXI век), 2009. – № 6(42). – с.34-39.
5. Организация логистических паромно-транспортных систем для перевозки грузов на морских и внутренних водных путях / Кулапат Д., Фомин В.Г. // Журнал МГТУ ГА. Иркутск, 2016. – с.90-93.
6. Экономико-математическая модель функционирования логистических паромно-транспортных систем с участием морского и внутреннего водного транспорта / Кулапат Д., Фомин В.Г. // Аспирант, 2016. – № 9. – с.119-123.
7. Керченская переправа – это стратегический объект / Мореходов М.И. // Морские вести, 2016. – № 2. – с.10-11.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Волжский государственный университет водного транспорта (ВГУВТ)

ТЕМА: Алгоритмы управления судном с колесным движительно-рулевым комплексом (КДРК) и подруливающим устройством (ПУ)

АВТОРЫ: Л.С. ГРОШЕВА, к.т.н., доцент; В.И. ПЛЮЩАЕВ, зав. кафедрой, д.т.н., профессор

В настоящее время на морском флоте широко распространены системы динамического позиционирования (СДП). Они выполня-

ют функцию удержания положения и курса транспортного средства за счет активного использования его движителей; применяются, пре-

имущественно на судах снабжения, трубо- и кабелеукладчиках, буксирах-якорезаводчиках, а также на буровых платформах и земснарядах.

При этом роль движительно-рулевых устройств играют винты с фиксированным и регулируемым шагом, крыльчатые движители, движительно-рулевые колонки и ПУ [1, 2].

К СДП причисляют и системы швартовки, призванные помогать при швартовых операциях, которые являются сложными и ответственными элементами рейса судна. В зависимости от погодных условий, течения, конфигурации причальной стенки, наличия возможностей для маневрирования подход к берегу осуществляется различными способами (самостоятельно, с использованием якоря или без него, с задействованием буксиров и др.) [3]. Такие СДП позволяют значительно уменьшить риски, сократить время швартовых операций. Эти системы разных типов и назначений выпускают много компаний, в том числе российских [4].

Задача обеспечения эффективной и безопасной швартовки возникла в процессе эксплуатации судов нового типа – с КДРК. Они оснащены 2 гребными колесами с независимыми частотно-регулируемыми приводами, расположенными по бортам в кормовой части, а традиционный руль отсутствует [5, 6]. Для улучшения управляемости при выполнении маневров на малых скоростях (в том числе швартовых операций) в новом проекте судна с КДРК планируется установка носового азимутального ПУ [7]. Подобное сочетание движительных устройств (гребных колес (ГК) и азимутального ПУ) на практике ранее не встречалось, поэтому СДП для подобных комплексов в настоящее время не существует.

Цель проводимого авторами статьи исследования – разработка алгоритмов управления КДРК и ПУ, позволяющих реализовать движение судна лагом по произвольной траектории, а также изучить динамику судна при их реализации.

Создавая методики, следует учитывать тот факт, что их применение не должно требовать большого количества манипуляций от судоводителя. Процесс управления рационально осуществлять одним 4-х позиционным джойстиком:

- его положение (по углу) указывает направление движения лагом;
- степень наклона регулирует скорость перемещения судна в заданном направлении;
- угол поворота головки задает положение диаметральной плоскости (ДП) судна.

Математическая модель судна с КДРК, оснащенного азимутальным носовым ПУ, предложена в [8]:

$$\begin{cases}
 \tau_p \cdot \frac{dn_1}{dt} + n_1 = f_{pr}(t, U_1) \cdot n_{max} \\
 \tau_p \cdot \frac{dn_2}{dt} + n_2 = f_{pr}(t, U_2) \cdot n_{max} \\
 \tau_{ny} \cdot \frac{dP_{ny}}{dt} + P_{ny} = P_{nycm}; \\
 \tau_{ny} \cdot \frac{d\gamma_{ny}}{dt} + \gamma_{ny} = \begin{cases} \gamma_{ny_c}, npu < t_{m} \\ \gamma_{ny_c} + \frac{t-t_m}{14} \cdot \text{sign}(\gamma_{ny_c} - \gamma_{ny_c}) 2\pi, npu t_m \leq t \leq t_{mk} \\ \gamma_{ny_c}, npu > t_{mk} \end{cases} \\
 m \frac{dV}{dt} = A \cdot [C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1) + C_p(n_2, V_0) \cdot n_2^2 \cdot \text{sign}(n_2)] \cos\alpha - P_{ny} \cos\gamma_{ny} - \zeta \frac{\rho V_0^2}{2} \Omega_{ni} \cdot \text{sign}(V) \\
 m \frac{dV_p}{dt} = A \cdot [C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1) - C_p(n_2, V_0) \cdot n_2^2 \cdot \text{sign}(n_2)] \sin\alpha - P_{ny} \sin\gamma_{ny} - \zeta_1 \frac{\rho V_p^2}{2} \Omega_{ni1} \cdot \text{sign}(V_p) \\
 J \frac{d\omega}{dt} = B \cdot [C_p(n_2, V_0) \cdot n_2^2 \cdot \text{sign}(n_2) - C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1)] - P_{ny} \sin\gamma_{ny} X_{ny} - M_R \cdot \text{sign}(\omega) \\
 \frac{d\psi}{dt} = \omega + k \sin(2 \cdot (\psi + \vartheta)) \\
 \frac{dy}{dt} = V_0 \cos(\psi + \psi_{V_0}) + v \sin\vartheta (|\cos\psi| + 3|\sin\psi|) \\
 \frac{dx}{dt} = V_0 \sin(\psi + \psi_{V_0}) + v \cos\vartheta (|\sin\psi| + 3|\cos\psi|)
 \end{cases} \quad (1)$$

где $V_0 = \sqrt{V^2 + V_p^2}$, $\psi_{V_0} = Z\pi + \text{sign}(V \cdot V_p) \arcsin \frac{|V_p|}{V_0}$, $Z = \begin{cases} 0 & npu V \geq 0 \\ 1 & npu V < 0 \end{cases}$,

$$P_{nycm} = \begin{cases} -917.3V_0 + 8200 f_{ny}(t, U_{ny}) npu & P_{nycm} \geq 0 \\ 0 & npu P_{nycm} < 0 \end{cases}$$

где n_1 и n_2 – частоты вращения ГК соответственно левого и правого;

n_{max} – максимальная частота вращения колеса;

$f_{pr}(\tau, U)$, $f_{ny}(t, U_{ny})$ – кривые разгона частотных приводов двигателей ГК (програмурируется при его настройке) и ПУ;

V, V_p, V_0 – линейная, поперечная и результирующая скорости движения судна;

P_{ny} – мощность ПУ;

$\gamma_{ny}, \gamma_{ny_c}, \gamma_{ny_n}$ – угол поворота ПУ (текущее, старое и новое значения); $t_{пн1}, t_{пк}$ – время начала и окончания поворота ПУ);

m – масса судна;

J – момент инерции судна с учетом присоединенных масс воды относительно центра масс;

X_{ny} – расстояние от места установки ПУ до центра масс судна;

α – угол между вектором тяги, создаваемым шевронными плицами ГК, и ДП судна;

M_R – момент силы сопротивления воды;

ω – угловая скорость поворота судна относительно центра масс;

U_1, U_2, U_{ny} – управляющие воздействия;

Ω_{1cm} – площадь смоченной поверхности корпуса судна;

ζ – коэффициент сопротивления;

ρ – плотность воды;

$C_p(n, V)$ – коэффициент упора, полученный в результате модельных

испытаний на этапе проектирования судна;

A, B – коэффициенты, зависящие от конструкции и размеров ГК и корпуса судна;

ψ – угол курса судна;

ψ_{V_0} – угол направления результирующей скорости относительно неподвижной системы координат;

k – коэффициент, зависящий от момента, создаваемого воздействием ветра на корпус судна;

v – константа, определяемая скоростью ветра, аэродинамическим коэффициентом и площадью надводной части корпуса судна;

ϑ – угол, характеризующий направление силы ветрового воздействия.

Как показано в [8], движение лагом для теплохода с КДРК «Сура» возможно в диапазоне скоростей от 0 до нескольких км/ч, оно реализуется с использованием одного из ГК и ПУ. Для движения влево правое колесо отключается (режим свободного вращения под действием встречного потока), левое колесо вращается с частотой от 0 до 0,125 с⁻¹. Поскольку плицы установлены под некоторым углом к оси колес, вектор тяги, создаваемый каждым колесом, направлен под углом примерно 15° к ДП судна. Таким образом, при вращении только левого колеса появляется составляющая силы, перпендикулярная ДП. Регулируя величину и направление вектора тяги

ПУ можно компенсировать вращающий момент, формируемый рабочим колесом, и обеспечить перемещение судна лагом в заданном направлении. Аналогично, используя правое колесо и ПУ, можно реализовать движение судна вправо.

Задачу обеспечения движения судна с КДРК лагом можно условно разбить на две составляющие:

- включение ПУ и стабилизация ДП судна в заданном направлении;
- управление вектором тяги ПУ для перемещения судна лагом в заданном направлении.

Условие стабилизации корпуса можно получить из седьмого уравнения системы (2). При установившемся движении момент сопротивления и угловая скорость судна равны: $M_R=0$ и $\omega=0$. Тогда для одного работающего колеса:

$$BC_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1) + P_{ny} \sin \gamma_{ny} X_{ny} = 0.$$

При $n_1 = \text{const}$ получим условие стабилизации корпуса в заданном направлении:

$$P_{ny} \sin \gamma_{ny} = \frac{-BC_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1)}{X_{ny}} = \frac{M_{к1}(n_1)}{X_{ny}} = \text{const}, \quad (2)$$

где $M_{к1}(n_1)$ – момент вращения, создаваемый рабочим колесом.

Так как $V_0 \neq \text{const}$, гиперболы «плывут» с изменением скорости, для стабилизации корпуса судна необходимо обеспечить постоянство произведения упора ПУ на синус угла поворота устройства с учетом текущей скорости. Следовательно, процесс подстройки в системе

$$\begin{aligned} \text{ctg } \psi &= \frac{V}{V_p} = \frac{A \cdot C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1) \cos \alpha - P_{ny} \cos \gamma_{ny}}{A \cdot C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1) \sin \alpha - P_{ny} \sin \gamma_{ny}} = \\ &= \frac{A \cdot C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1) \cos \alpha + \frac{B}{X_{ny}} \cdot [C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1)] \text{ctg } \gamma_{ny}}{A \cdot C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1) \sin \alpha + \frac{B}{X_{ny}} \cdot [C_p(n_1, V_0) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1)]} = \frac{\tilde{A}(V_0) + \tilde{B}(V_0) \text{ctg } \gamma_{ny}}{\tilde{D}(V_0)}, \end{aligned}$$

тогда

$$\psi = \text{arccctg} \left(\frac{\tilde{A}(V_0) + \tilde{B}(V_0) \text{ctg } \gamma_{ny}}{\tilde{D}(V_0)} \right). \quad (3)$$

Зависимость ψ от γ_{ny} не является статической и требует от системы управления непрерывной коррекции управляющего воздействия на ПУ.

Введем вспомогательную функцию:

$$Z_\psi = k_\psi (\varphi_{зад} - \varphi) \frac{1}{2\pi} - k_\omega \frac{\omega}{2\pi}, \quad (4)$$

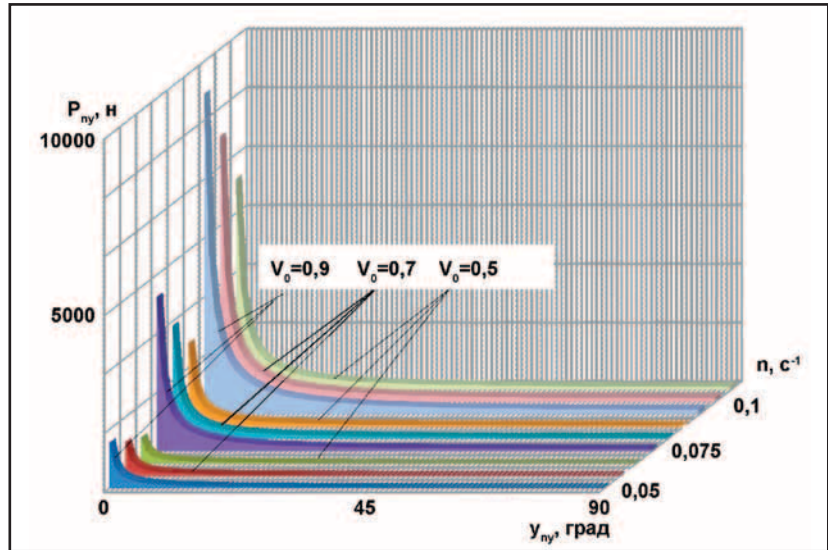


Рис. 1. Линии равновесного состояния динамической системы (режим стабилизации положения корпуса)

управления должен осуществляться непрерывно. Линии равновесных состояний динамической системы для дискретных значений параметров представлены на рис. 1. В действительности получаются поверхности равновесных состояний.

Условие для движения судна лагом в заданном направлении (под углом ψ) может быть получено из 5-7 уравнений системы (1). Будем рассматривать установившееся движение (упор колеса имеет постоянное значение). Поскольку скорости судна при выполнении швартовых операций невелики, для оценки условия движения судна в заданном направлении пренебрежем сопротивлением воды. Из 5 и 6 уравнений системы (1) в установившемся режиме:

Для реализации перемещения лагом в заданном направлении вводится вторая вспомогательная функция:

$$Z_\psi = k_\psi (\psi_{зад} - \psi) - k_\phi \frac{d\psi}{dt}, \quad (6)$$

где $\psi_{зад}$ и ψ – направление движения судна лагом, задаваемое судоводителем с помощью джойстика, и его текущее значение.

k_ψ, k_ϕ – безразмерные коэффициенты.

Управляющее воздействие перемещения судна лагом в заданном направлении вычисляется так:

$$\gamma_{ny_n} = \gamma_{ny_c} + Z_\psi, \quad \text{где}$$

$$\begin{cases} \pi/12 \leq \gamma_{ny_n} < \pi/2 \text{ при } n_2 > n_1 \\ 3\pi/2 \leq \gamma_{ny_n} < 2\pi - \pi/12 \text{ при } n_1 > n_2 \end{cases}, \quad (7)$$

где $\gamma_{ny_n}, \gamma_{ny_c}$ – новое и старое значение управляющего воздействия.

Возможные траектории перемещения судна лагом при различных частотах вращения ГК n_1 и заданном курсе $\varphi_{зад} = \pi/2$ представлены на рис. 2. Линиями показано направление ДП судна в пространстве (кружок – корма, крестик – нос). Длина линии отражает лишь ориентацию судна и не связана с его геометрическими размерами. Очевидно, что с ростом частоты вращения ГК увеличивается поперечная скорость и пройденное расстояние по оси у.

При $t=200$ с (для всех трех случаев) правое ГК выключается, левое продолжает вращаться с заданной частотой n_1 . Появляется момент вращения (красные линии на рис. 2) колеса, кото-

где $\varphi_{зад}$ и φ – заданное и текущее направления ДП судна;

k_ψ, k_ω – безразмерные коэффициенты.

Расчет управляющего воздействия для стабилизации ДП судна выполняется по формуле:

$$U_{ny} = Z_\psi \frac{\text{sign}(n_1 - n_2)}{\varphi}, \quad \begin{cases} U_{ny_n} > 1, \text{ то } U_{ny_n} = 1 \\ U_{ny_n} < -1, \text{ то } U_{ny_n} = -1 \end{cases}, \quad (5)$$

где U_{ny} – значение управляющего воздействия.

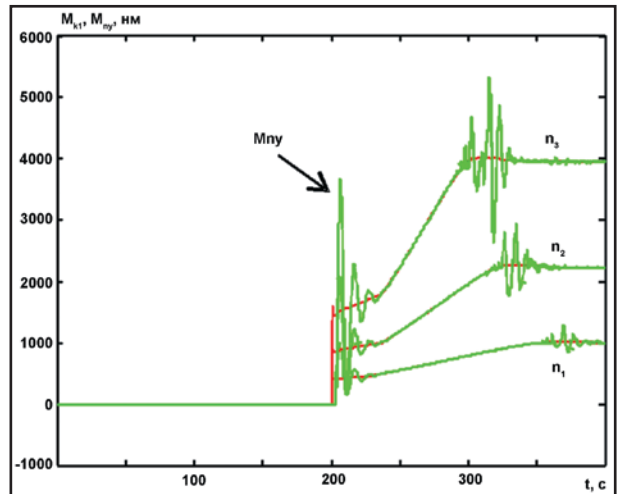
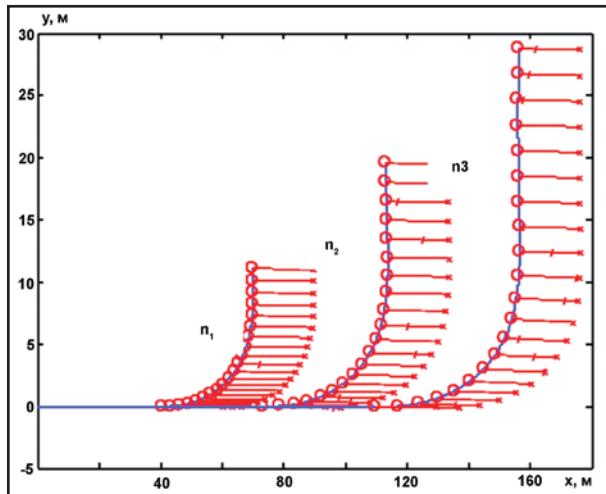


Рис. 2. Траектория движения судна и вращающие моменты ГК M_{k1} и ПУ M_{ny} при различных частотах вращения колеса ($n_1=0,05 \text{ c}^{-1}$, $n_2=0,075 \text{ c}^{-1}$, $n_3 = 0,1 \text{ c}^{-1}$) и $\psi_{зад}=\pi/2$

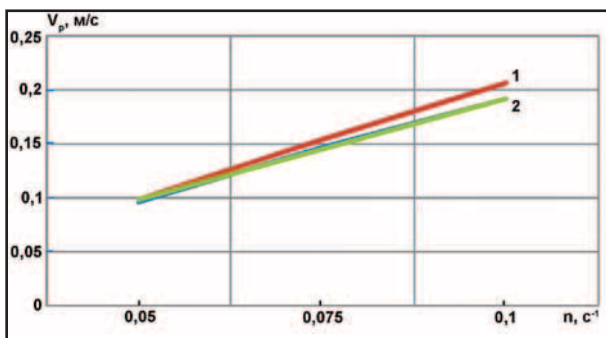


Рис. 3. Поперечная скорость движения судна при разных частотах вращения ГК и направлениях движения $\psi_{зад}=\pi/2$ (кривая 1), $\psi_{зад}=\pi/4$ или $3\pi/4$ (кривая 2)

рый стремится компенсировать ПУ (зеленые кривые). Далее система управления, поддерживая равенство моментов вращения, создаваемых ГК и ПУ, обеспечивает сохранение положения ДП судна и его движение в заданном направлении, осуществляя подстройку (отработка моментов в правой части графиков).

Изменения поперечной составляющей скорости судна лагом при разных заданных направлениях движения $\psi_{зад}=\pi/4$, $\pi/2$ и $\pi/4$ представлены на рис. 3. Очевидно, что поперечные скорости судна при движении по направлениям, симметричным относительно $\psi_{зад}=\pi/2$, одинаковы.

На рис. 4 показаны кривые изменения упора P_{ny} ПУ и угла его поворота γ_{ny} при движения судна по траекториям, приведенным на рис. 2.

Предложенный алгоритм позволяет реализовать движение лагом с любым заданным положением ДП $\varphi_{зад}$ в пространстве. Для этого в (4) следует заменить $\psi_{зад}$ на $\psi_{зад} - \varphi_{зад}$.

Результаты моделирования при $\varphi_{зад}=\pi/12$ отражены на рис. 5 (угол нужно определять с учетом масштабов по осям x и y).

Как уже отмечалось, судоводитель задает направление движения, скорость и положение ДП судна одним 4-х координатным джойстиком. На рис. 6 приведен пример управляющих воздействий (положения манипулятора):

– участок 1 – прямолинейное движение при $\psi_{зад}=0$ в течение интервала $0 < t \leq 200 \text{ c}$ при $n_1=0,05 \text{ c}^{-1}$;

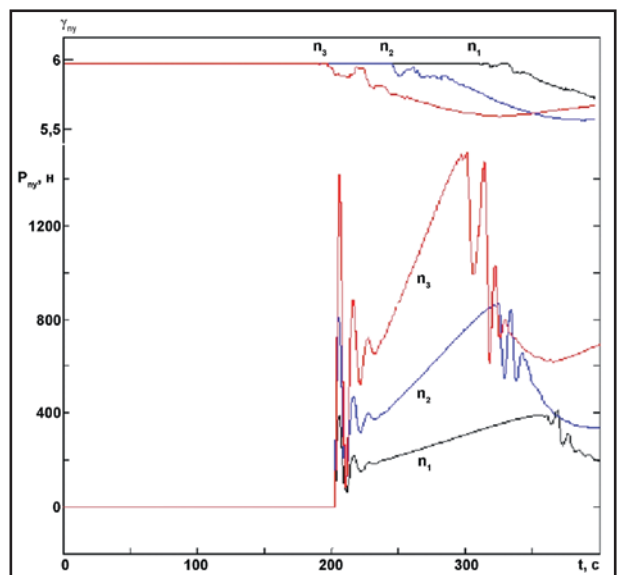


Рис. 4. Изменение упора и угла поворота ПУ

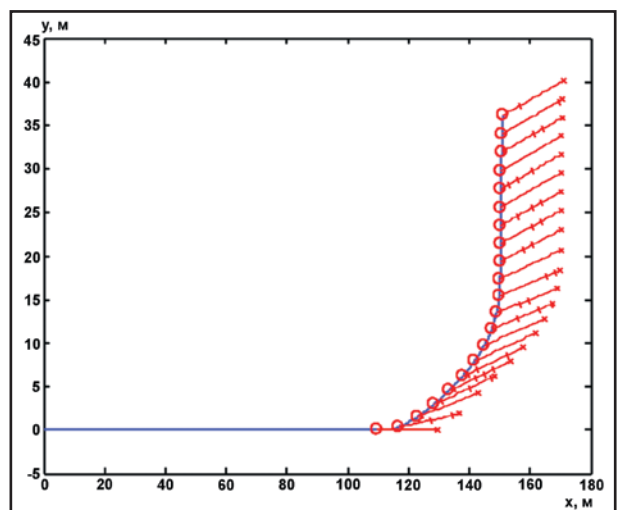


Рис. 5. Движение судна по траектории с $\psi_{зад}=\pi/2$ и $\psi_{зад}=\pi/12$

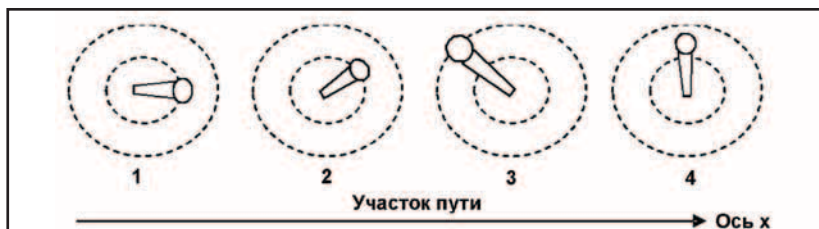


Рис. 6. Положения джойстика, задающего режимы движения

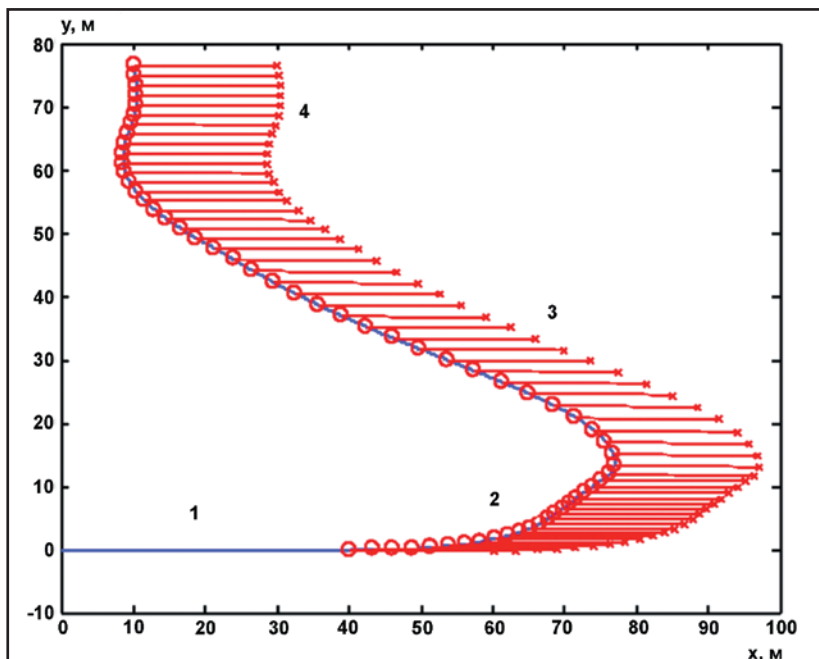


Рис. 7. Траектория движения судна при управлении джойстиком (в соответствии с рис. 6)

– участок 2 – прямолинейное движение при $\psi_{зад} = \pi/6$ в течение интервала $0 < t \leq 400$ с при $n_1 = 0,05 \text{ с}^{-1}$;
 – участок 3 – прямолинейное движение при $\psi_{зад} = 5\pi/6$ в течение интервала $400 < t \leq 600$ с при $n_1 = 0,1 \text{ с}^{-1}$;
 – участок 4 – прямолинейное движение $\psi_{зад} = \pi/2$ в течение интервала $600 < t \leq 800$ с при $n_1 = 0,075 \text{ с}^{-1}$.
 Результаты моделирования описанного варианта движения судна

показаны на рис. 7 и 8.

На рис. 8 представлена кривая изменения угла выброса струи ПУ при реализации алгоритма управления, обеспечивающего движение судна по траектории, изображенной на рис. 7. Ниже находятся стрелки, указывающие направление вектора тяги ПУ в некоторые моменты времени. Объемной стрелкой показан вектор тяги работающего ГК (он остается неизменным

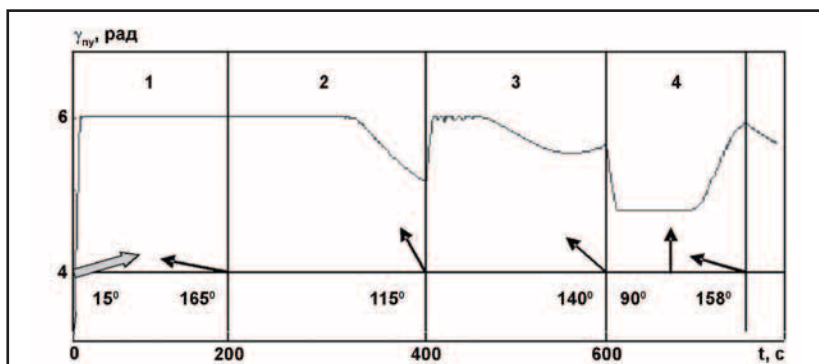


Рис. 8. Изменение угла поворота ПУ при реализации движения по заданной траектории (рис. 7)

на всем рассматриваемом временном интервале). В момент начала маневра ($t=200$ с) включается ПУ (направление вектора тяги составляет 165°), величина вектора тяги растет, что приводит к торможению судна. Затем угол вектора тяги ПУ уменьшается, вызывая снижение продольной составляющей тяги ПУ. Суммарная составляющая вектора тяги колеса и ПУ заставляет судно двигаться под углом $\psi_{зад} = \pi/6$ (при этом система сохраняет равенство моментов вращения ГК и ПУ, что обеспечивает стабилизацию ДП судна в пространстве). Эта ситуация характеризуется выполнением условий (2) и (3), что приводит к движению судна под заданным углом $\psi_{зад} = \pi/6$ (участок 2). Аналогичным образом система функционирует на участках 3 и 4.

Выводы:

- 1) для судов с КДРК можно обеспечить требуемые маневровые качественные характеристики при установке азимутальных носовых ПУ с частотными приводами;
- 2) синтезированный алгоритм управления доказывает возможность управления маневрами судна одним органом управления;
- 3) реализация движения судна лагом существенно упрощает швартовные операции.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Hubert Фая. Dynamic Positioning Systems: Principles, Design and Applications. – Editions OPHRY, 1990.
2. Fossen T.I. Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. – John Wiley & Sons Ltd., 2011.
3. Цурбан А.И., Оганов А.М. Швартовные операции морских судов. – М: «Транспорт», 1987. – 176 с.
4. Мирошников А.Н., Антоненко В.П. Системы динамического позиционирования: новые задачи и тенденции развития. Электронный ресурс: https://www.korabel.ru/news/comments/sistemy_dinamicheskogo_pozicionirovaniya_novye_zadachi_i_tendencii_razvitiya_2.html
5. Российский патент № 2225327 от 30.11.2001.
6. Уникальный туристический теплоход, или как развивать отрасль в современных условиях / Галкин Д.Н. и др. // Речной транспорт (XXI век). 2016. – № 2(78). – с. 21-23.
7. Электронный ресурс: http://www.vethpropulsion.com/products/bow_thrusters/compact-grid_en.html
8. Управление судном с колесным движительно-рулевым комплексом при выполнении швартовных операций / Грошева Л.С., Плющаев В.И. // Вестник АГТУ. Серия «Морская техника и технология». 2017. – № 4. – с.21-30.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Волжский государственный университет водного транспорта (ВГУВТ)

ТЕМА: Оценка ресурса плавучего крана КПЛ-16-30 на основе анализа повреждений его металлоконструкций

АВТОР: А.С. ЯБЛОКОВ, к.т.н., доцент кафедры «Подъемно-транспортные машины и машиноремонт»

В целом для машиностроения и в частности для инженерных объектов со сроком службы в несколько десятков лет самыми актуальными являются такие задачи как оценка ресурса несущих конструктивных узлов на стадии проектирования, продление срока службы после отработки нормативного срока, прогнозирование остаточного ресурса в процессе эксплуатации.

В условиях спада промышленного производства острой становится проблема обеспечения безопасности функционирования грузоподъемных машин, поскольку на подъемных сооружениях отмечается значительный уровень производственного травматизма (третье место в рейтинге после угольной и горнорудной отраслей).

Кроме того, к настоящему моменту парк грузоподъемных машин значительно постарел: выработали нормативный срок службы почти 80% кранов и подъемников/вышек (по данным Ростехнадзора) и 90% плавкранов (по сведениям Российского Речного Регистра); а их собственники не располагают достаточным объемом средств для замены (полной и узловой), модернизации, обновления основных фондов.

Различают два вида ресурса объекта – запаса возможной наработки: технический – от начала эксплуатации до перехода в предельное состояние; остаточный – до перехода в предельное состояние, после выполнения контроля его технического состояния или ремонта.

Состояние объекта называется предельным, когда его дальнейшая эксплуатация не допускается по различным причинам, в рассматриваемом случае – из-за критичного утончения стенки несущего элемента в результате коррозии, образования в нем макроскопической трещины.

Объект может иметь остаточный ресурс не только до истечения нормативного (расчетного) срока службы, но и после него. Это обусловлено действующими нормами и правилами расчета данного периода, предусматривающими обеспечение прочности узлов при самых неблагоприятных условиях функционирования и режимах нагружения, а также при минимальных уровнях механических характеристик конструкционных материалов с большими коэффициентами запаса.

Фактическое НДС элементов при соблюдении правил эксплуатации оказывается, как правило, менее жестким, чем вычисленное, что создает резерв несущими элементами по остаточному ресурсу.

Цель упругого расчета НДС в трехмерной постановке – сформировать общее представление о характере деформирования объекта, оценить важные с позиции расчета параметры аппроксимации и выявить места, критичные по долговечности.

Цель расчета НДС в двухмерной постановке с учетом нелинейного характера поведения материала – детальное численное моделирование связанных процессов деформирования и поврежденности в выделенных критических зонах анализируемого узла. При этом большая

часть конструкции не рассматривается, а ее влияние на нелинейную зону учитывается через граничную область или конденсацию «лишних» степеней свободы.

Цель расчета отдельных элементов – оценка усталостной долговечности опасных зон элементов и узлов несущих конструкций и определение остаточного ресурса.

1. Модель поврежденной среды для оценки деградации материала по механизму многоциклового усталости плавкрана КПЛ 16-30 (зав. № 89, 1989 г.в.)

Модель поврежденной среды [1] состоит из 3 взаимосвязанных частей:

- соотношений, устанавливающих связь между тензорами напряжений и деформаций с учетом зависимости от процесса разрушения;
- эволюционных уравнений, описывающих кинетику накопления усталостных повреждений;
- критерия прочности поврежденного материала.

1. Определяющие соотношения.

В упругой области связь между шаровыми и девиаторными составляющими тензоров напряжений и деформаций устанавливается с помощью закона Гука:

$$\sigma = 3Ke \quad , \quad \sigma'_{ij} = 2Ge'_{ij} \quad , \quad \Delta\sigma'_{ij} = 2G\Delta e'_{ij} + \Delta G\sigma'_{ij} / G \quad , \quad \Delta\sigma = 3K\Delta e + \Delta K\sigma / K \quad , \quad (1)$$

где σ , $\Delta\sigma$, e , Δe – шаровые, а σ'_{ij} , $\Delta\sigma'_{ij}$, e'_{ij} , $\Delta e'_{ij}$ – девиаторные составляющие тензоров напряжений σ'_{ij} , деформаций e'_{ij} и их приращений $\Delta\sigma'_{ij}$, $\Delta e'_{ij}$ соответственно;

$K(\omega)$ – модуль объемного сжатия;

$G(\omega)$ – модуль сдвига (функции накопленной поврежденности ω).

2. Эволюционные уравнения накопления усталостных повреждений (МнЦУ).

Математическая модель поврежденной среды при действии механизма многоциклового усталости основывается на критерии, экспериментально обоснованном для большого класса конструкционных сталей в случае симметричного регулярного циклического нагружения [2]:

$$\sum_1^{N_f} \Delta W_o = \sum_1^{N_f} [\Delta W_e - \Delta W_y (\Delta W_e / \Delta W_y)^{\alpha^*}] = const \quad , \quad (2)$$

где $\sum_1^{N_f} \Delta W_o = W_f = const$ – критическая удельная работа, соответствующая зарождению усталостной трещины в данном объеме материала;

$\sum_1^{N_f} \Delta W_e = \sum_1^{N_f} \sigma'_{ij} \Delta e'_{ij}$ – полная удельная работа девиаторов напряжений на девиаторах упругих деформаций, накопленная за N_f циклов;

$W_n = \sum_1^{N_f} [\Delta W_y (\Delta W_e / \Delta W_y)^{\alpha^*}]$ – «неопасная» часть полной накопленной удельной работы;

$W_y = \oint \sigma_u de_u$ – удельная работа девиаторов напряжений за цикл нагружения, соответствующая пределу выносливости материала.

Для нерегулярного циклического нагружения на этапе нагружения $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ соотношение ΔW_0 записывается так [3]:

$$\Delta W_0 = \Delta W_e [1 - f(\gamma)], \quad \gamma = \frac{\sigma_u}{\sigma_y}, \quad \Delta W_e = \frac{\sigma'_{ij} \Delta e'_{ij}}{2}, \quad (3)$$

где $\sigma_u = (\sigma'_{ij} \sigma'_{ij})^{1/2}$ – интенсивность тензора напряжений; $\Delta e_u = (e'_{ij} e'_{ij})^{1/2}$ – приращение интенсивности упругих деформаций;

σ_y – интенсивность тензора напряжений, соответствующая условному пределу выносливости материала; ΔW_0 – «опасная» часть полной удельной энергии упругого деформирования ΔW_e .

Функция $f(\gamma)$ характеризует степень влияния механизма многоциклового усталости на кривую усталости. Эту функцию можно представить в виде уравнения (рис. 1):

$$f(\gamma) = \begin{cases} 1 & \text{при } \gamma \leq 1 \\ 1 - b^* \left(\gamma^{-1/\gamma^*} - 1 \right)^m & \text{при } \gamma = 1, 1 \leq \gamma \leq \gamma^* \\ 1 - b^* & \text{при } \gamma \geq \gamma^* \end{cases} \quad (4)$$

Для частного случая регулярного циклического нагружения уравнение (3) может быть выражено через отработанное количество циклов нагружения:

$$\omega = 1 - \left[1 - \left(\frac{N}{N_f} \right)^{\alpha+1} \right]^{\beta+1} \quad (5)$$

Состав формулы (5) совпадает со структурой уравнения накопления усталостных повреждений, полученных другими авторами [5].

3. Критерий прочности поврежденного материала.

В качестве критерия окончания фазы развития рассеянных микроразрушений (стадии образования макротрещины) принимается условие достижения величиной поврежденности своего критического значения:

$$\omega = \omega_f \leq 1 \quad (6)$$

Интегрирование эволюционного уравнения накопления повреждений по известной истории циклического нагружения в данном элементарном объеме материала позволяет определить момент образования макроскопической трещины.

С помощью (5) составим уравнение кривой многоциклового усталости:

$$N_f = \left(\frac{1}{f(\beta)} \right)^{\beta+1} \frac{4GW_f}{\sigma_u^2} \frac{1}{b^*} \left(\gamma^* - \frac{1}{\gamma} - 1 \right)^m, \quad \gamma = \frac{\sigma_u}{\sigma_y} \quad (7)$$

Получается набор следующих материальных параметров, входящих в математическую модель многоциклового усталости, определяемых для каждого конструкционного материала по экспериментально-теоретическим данным:

- b^* – асимптотическое значение относительной удельной опасной энергии за цикл, определяющее начало участка совместного действия деградационных механизмов мало- и многоциклового усталости ($0 < b^* < 1$);
- γ^* – относительное значение амплитуды интенсивности напряжений σ_u , соответствующее b^* ;
- $f(\gamma)$ – функция относительного значения амплитуды интенсивности напряжений, характеризующая степень влияния механизма многоциклового усталости на кривую усталости;

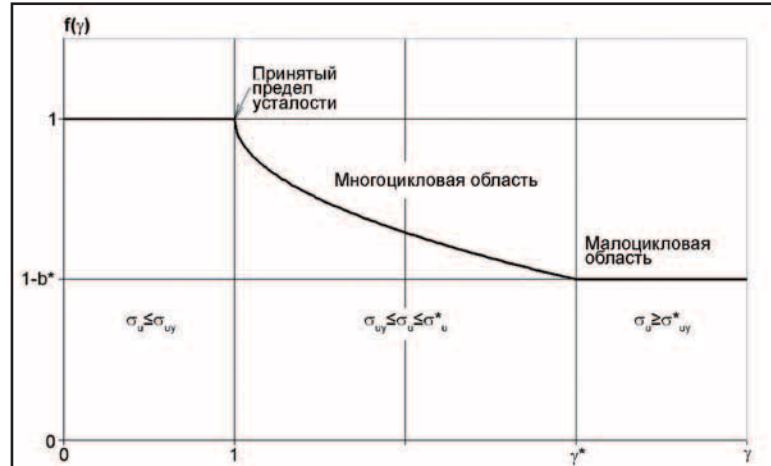


Рис. 1. Степень влияния механизма многоциклового усталости на кривую усталости

– m – степенной показатель в функции $f(\gamma)$, позволяющий осуществить нелинейность влияния многоциклового усталости;

– σ_y – амплитуда интенсивности напряжений, соответствующая условному пределу усталости;

– W_f – критическое значение опасной энергии многоциклового усталости.

По экспериментальным данным выбираем величину параметра b^* таким образом, чтобы влияние многоциклового усталости начало сказываться с момента расхождения экспериментального графика усталостной долговечности с расчетным значением, полученным по математической модели усталостной долговечности при малоциклового усталости [2].

С целью верификации эволюционного уравнения накопления усталостных повреждений и методики определения материальных параметров модели МПС было проведено расчетное построение кривой усталости для Стали 3 при одноосном циклическом растяжении-сжатии лабораторного образца (рис. 2).

На рис. 3 представлены результаты расчета усталостной кривой Стали 3 (точками обозначены экспериментальные данные).

Полученная расчетная кривая многоциклового усталости хорошо согласуется с экспериментальными данными, что свидетельствует о достоверности определяющих соотношений МПС и правильности вычисления материальных параметров модели.

II. Численные результаты оценки долговечности состояния металлоконструкции стрелы.

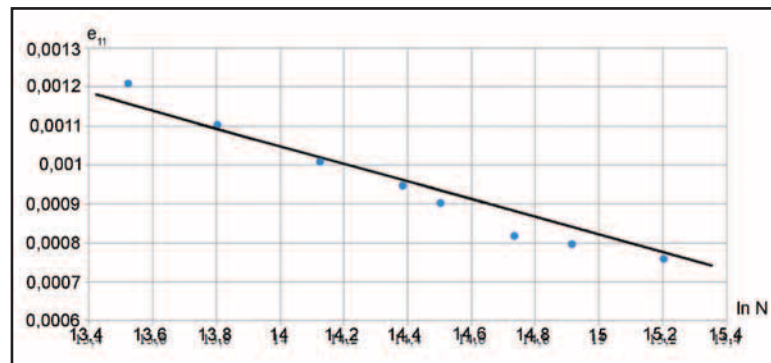


Рис. 2. Кривая усталостной долговечности Стали 3

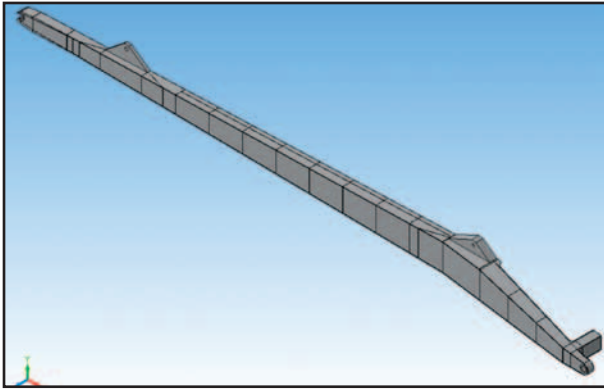


Рис. 3. Результаты расчета усталостной кривой Стали 3

Для оценки возможности практического использования метода математического моделирования исчерпания ресурса был проведен расчет металлоконструкции каркаса машинного отделения плавкрана КПЛ 16-30 (зав. № 89, 1989 г.в., завод «Теплоход», г. Бор). К настоящему моменту машиной было совершено 902467 циклов и перегружено 2256168 т сыпучего груза (по сведениям организации-эксплуатанта).

Материал металлоконструкции крана – СтЗкп.

НДС машины определялось в зависимости от условий ее эксплуатации: для расчета был выбран номинальный режим работы, соответствующий максимально допускаемой грузоподъемности – 16 т, предельной ветровой нагрузке рабочего состояния – при скорости ветра 15 м/с, максимальным инерционной нагрузке и крену понтона – 30.

Физико-механические характеристики СтЗ были приняты следующими: модуль упругости Юнга – $E=1,94 \times 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона – $\nu=0,28$, предел текучести – $\sigma_T=230$ МПа, плотность – $\rho=7820$ кг/м³.

Балочная конструкция стрелы моделировалась в натуральную величину с соблюдением заданных характеристик и геометрических размеров. Металлоконструкция стрелы имеет симметричное сечение, поэтому в расчете использовалась ее половина. Каждое соединение было заменено на абсолютно жесткое сварное. Моделирование опор пяти стрелы не проводилось, а в местах ее опирания на поворотный шарнир и в узле крепления тяги подвижного противовеса накладывались граничные условия, исключающие перемещение узлов во всех направлениях и их поворот в них. С учетом характеристик используемого проката, идеализация конструкции каркаса на конечные элементы выполнялась с использованием 8, 10, 20-узловых конечных элементов, симметричных в поперечном сечении (рис. 4).

Результаты расчета тензора деформаций приведены в (8), где указаны максимальные значения деформаций в элементах опасной зоны металлоконструкции стрелы плавкрана КПЛ 16-30.

$$(\epsilon_{ij}) = \begin{pmatrix} 0,000526 & 0,0004286 & 0,0004862 \\ 0,0004286 & 0,0001571 & 9,313 \cdot 10^{-5} \\ 0,0004862 & 9,313 \cdot 10^{-5} & 0,0001484 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Результаты расчета максимальных деформаций и напряжений, возникающих в критическом элементе стрелы, представлены на рис. 5. Как видно, напряженное состояние имеет трехосный (объемный) характер, а максимальное эквивалентное напряжение составляет 120 МПа (область МнЦУ).

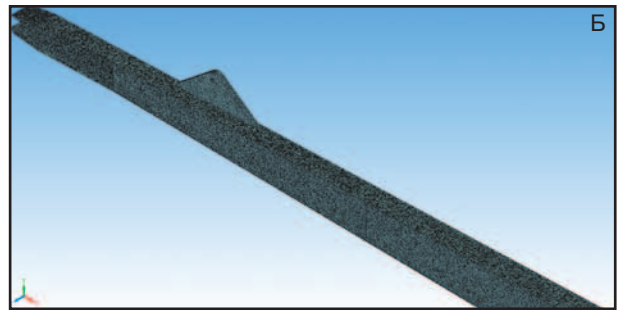
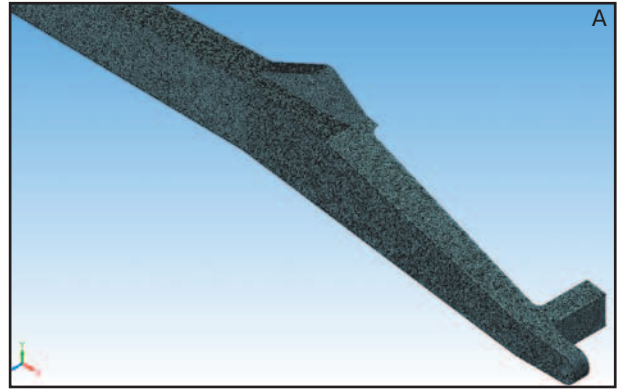


Рис. 4. Идеализация конструкции каркаса на конечные элементы

На основе проведенного исследования кинетики НДС в металлоконструкции каркаса были выявлены опасные зоны с наиболее интенсивным процессом накопления повреждений. Далее с использованием краевых условий, взятых из общего решения МКЭ, для каждой зоны уточнялись кинетика НДС и параметры, необходимые для оценки величины накопленной поврежденности для заданного периода эксплуатации крана. Затем для каждой опасной зоны путем интегрирования уравнения накопления повреждений для заданной истории нагружения в этой зоне определялась накопленная к данному моменту времени поврежденность и вычислялась усталостная долговечность крана.

Как следует из анализа решения задачи [9], уровень напряжений не превышает предела текучести (математическая область МнЦУ). Для выявления усталостной долговечности крана система определяющих соотношений МПС интегрировалась по заданному закону изменения деформаций. Результаты получены при следующих значениях материальных параметров, определяющих соотношений МПС: $W_0=0$, $W_f=313,053$ кДж/см³, $r=0,3$, $\alpha=1$.

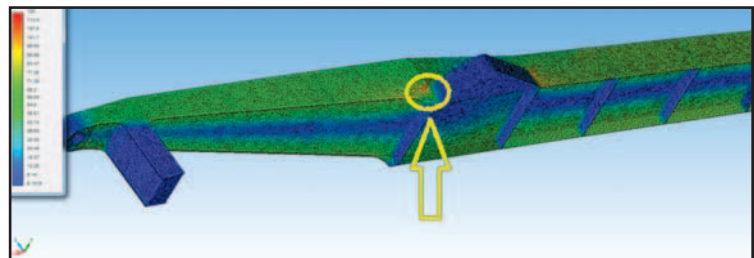


Рис. 5. Результаты расчета максимальных деформаций и напряжений, возникающих в критическом элементе стрелы

Принятые физико-механические характеристики СтЗ

№	Физико-механические свойства	Значение
1	σ_B , МПа	400-430
2	σ_T , МПа	240
3	Δ , %	23-26
4	ρ , кг/м ³	7820
5	НВ	≥140
6	E, МПа	1,94×10 ⁵
7	μ	0,28-0,3

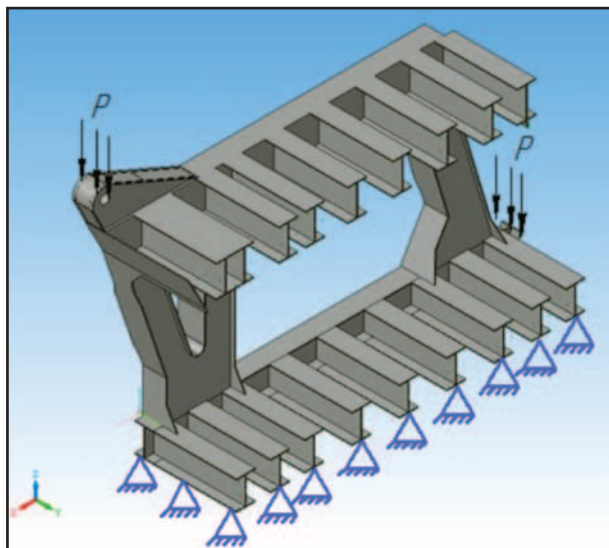


Рис. 6. Общий вид каркаса плавкрана КПЛ 16-30

На рис. 6 представлена кривая зависимости поврежденности ω от числа относительных циклов нагружения N/N_f , где N_f – количество циклов до образования макротрещины. Анализируя полученные значения, можно сделать вывод о том, что объем накопленных повреждений находится в опасной зоне (близко к «критическому» значению $\omega_x=1$).

III. Численные результаты оценки напряженно-деформируемого состояния металлоконструкции каркаса плавкрана КПЛ 16-30.

Для оценки возможности практического использования метода математического моделирования исчерпания ресурса был проведен расчет металлоконструкции каркаса машинного отделения плавкрана КПЛ 16-30 (зав. № 89, рег. № 226435, пр. 81050, класс O2,0(ЛЕД10), 1989 г.в., завод «Теплоход», г. Бор).

До апреля 1994 года машина принадлежала ГП «Волжское объединенное речное пароходство МРФ РСФСР», затем ОАО «Нижегородский порт», которым эксплуатируется по сей день.

К настоящему моменту плавкраном совершено 431250 циклов и перегружено 3450000 т (по данным собственника). Материал металлоконструкции крана – СтЗкп.

НДС машины определялось в зависимости от условий ее функционирования: для расчета был выбран номинальный режим работы крана, соответствующий максимально допускаемой грузоподъемности – 16 т, предельной ветровой нагрузке рабочего состояния – со скоростью ветра 15 м/с, максимальным инерционной нагрузке и крену понтона – 30.

На рис. 6 показан общий вид каркаса плавкрана КПЛ 16-30.

Химический состав стали СтЗкп соответствует нормам, указанным в таблице 1.

Физико-механические характеристики СтЗ принимались согласно таблице 2.

Таблица 1

Нормы химического состава стали СтЗкп

Марка стали	Массовая доля химических элементов		
	Углерод, С	Марганец, Mn	Кремний, Si
СтЗкп	0,14-0,22	0,30-0,60	Не более 0,05

Балочная конструкция каркаса моделировалась в натуральную величину с соблюдением заданных параметров и геометрических размеров (рис. 7). Поскольку металлоконструкция каркаса имеет симметричное сечение, в расчет принималась только ее половина. Каждое соединение было заменено на абсолютно жесткое сварное. Моделирования опор пяти стрелы также не проводилось, а в местах опирания стрелы на поворотный шарнир и в узле крепления тяги подвижного противовеса накладывались граничные условия, исключавшие перемещение узлов во всех направлениях и их поворот в этих узлах. С учетом характеристик используемого проката идеализация конструкции каркаса на конечные элементы проводилась с использованием 8, 10, 20-узловых конечных элементов, симметричных в поперечном сечении.

Для моделирования использовались элементы категории «Solid»:

- PLANE183 – элемент для плоских моделей, имеет 8 узлов, позволяет получать точные результаты без увеличения количества элементов в модели, а также описывать компоненты с большой кривизной;
- SOLID 95 – объемный шестигранник, имеющий 20 узлов, позволяет применять изотропные материалы;
- SOLID 186 – аналогичен элементу SOLID 95, позволяет использовать гиперэластичные материалы;

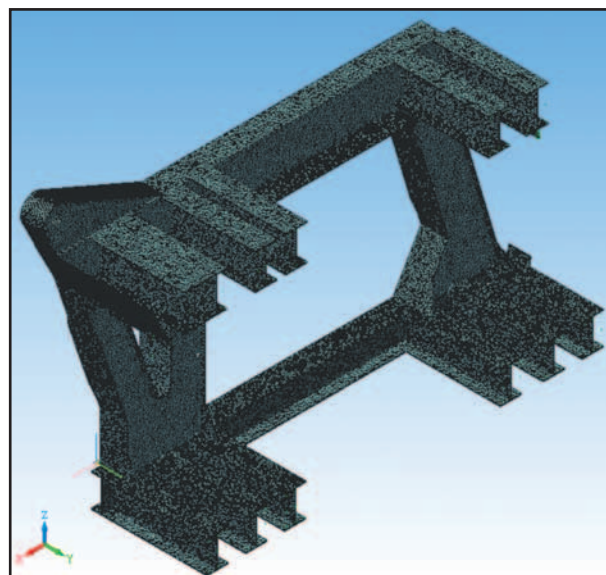


Рис. 7. Модель каркаса с разбиением на сетку конечных элементов (общее количество – 3358490)

– **SOLID 187** – объемный четырехгранник с 10 узлами, применяется для нерегулярных сеток, полученных свободным разбиением; позволяет задействовать изотропные пластичные материалы (за исключением гиперэластичных).

Результаты расчета тензора деформаций показаны в (9), где даны максимальные значения деформаций в элементах опасной зоны металлоконструкции каркаса плавкрана КПЛ 16-30:

$$e_{ij} = \begin{pmatrix} 0,0004758 & 0,0002318 & 0,0006505 \\ 0,0002318 & 0,0002326 & 0,0004698 \\ 0,0006505 & 0,0004698 & 0,0007053 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

По результатам расчета максимальных деформаций и напряжений, возникающих в критическом элементе каркаса, было определено, что напряженное состояние имеет трехосный (объемный) характер, а максимальное эквивалентное напряжение составляет 143,6 МПа (область МнЦУ).

На основе проведенного анализа кинетики НДС в металлоконструкции каркаса были выявлены опасные зоны с наиболее интенсивным процессом накопления повреждений. Далее с применением краевых условий, взятых из общего решения МКЭ, для каждой зоны уточнялись кинетика НДС и параметры, необходимые для оценки величины накопленной поврежденности для заданного периода эксплуатации крана. Затем для каждой опасной зоны путем интегрирования уравнения накопления повреждений для заданной истории нагружения в этой зоне определялась накопленная к конкретному моменту поврежденность и вычислялась усталостная долговечность машины.

Анализ решения задачи (9) показал, что уровень напряжений не превышает предела текучести (математическая область МнЦУ). Для выявления усталостной долговечности крана система определяющих соотношений МПС интегрировалась по заданному закону изменения деформаций. Результаты получены при следующих значениях материальных параметров, определяющих соотношений МПС: $W_0=0$, $W_f=313,053 \text{ кДж/см}^3$, $r=0,3$, $\alpha=1$.

Руководствуясь [2, 15], была определена кривая поврежденности ω от числа относительных циклов нагружения N/N_f , где N_f – количество циклов до образования макротрещины. Анализируя полученные результаты максимальных деформаций и напряжений, можно сделать вывод о том, что объем накопленных повреждений находится в опасной зоне (близко к критическому значению $\omega_x=1$).

По результатам оценки долговечности плавкрана КПЛ 16-30 (зав. № 89) автором статьи был сделан вывод о выработке ресурса металлоконструкции стрелы (остаточный запас находится в пределах погрешности вычислений), при этом эксплуатация машины в паспортном режиме допускается при условии проведения ежегодной экспертизы промышленной безопасности с применением неразрушающих методов

контроля несущих узлов металлоконструкции стрелового устройства.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ. Предсказание. Предотвращение. – М.: Мир, 1984.
- Волков И.А., Коротких Ю.Г. Уравнения состояния вязкоупругопластических сред с повреждениями. – М.: Физматлит, 2008. – 424с.
- Романов А. Н. Разрушение при малоцикловом нагружении. – М. Наука, 1988. – 279 с.
- Корум, Сартори. Оценка современной методологии проектирования высокотемпературных элементов конструкций на основе экспериментов по их разрушению // Теоретические основы инженерных расчетов. 1988, №1. С. 104 – 118.
- Брок Д. Основы механики разрушения. – М.: Высшая школа, 1980. – 368 с.
- Патрикеев А.Б. О механизме разрушения верхних участков стальных подкрановых балок // Пром. стр-во. – 1979, №5. С. 38-43.
- Руководящий технический материал // Расчеты и испытания на прочность / Методы расчета на трещиностойкость металлоконструкций мостовых кранов при статическом и циклическом нагружении. – Красноярск, 1990. – 58 с.
- Трощенко В. Т. Деформирование и разрушение металлов при многоцикловом нагружении. – Киев: Наук. думка, 1981. – 343 с.
- Волков И.А. Модель поврежденной среды для оценки ресурсных характеристик конструкционных сталей при механизмах исчерпания, сочетающих усталость и ползучесть материала / И.А. Волков, А.И. Волков, Ю.Г. Коротких, И.С. Тарасов // Вычислительная механика сплошных сред. 2013. Т. 6, №2. С. 232-245.
- Боднер, Линдхолм. Критерий приращения повреждения для зависящего от времени разрушения материалов // Теоретические основы инженерных расчетов. 1976, №2. С. 51-58.
- Chaboche J. L. Continuous damage mechanics a tool to describe phenomena before crack initiation // Engineering Design. 1981. vol. 64. p. 233-247.
- Волков, И.А. Численное моделирование упругопластического деформирования и накопления повреждений в металлах при малоциклового усталости. / И.А. Волков, Ю.Г. Коротких, И.С. Тарасов, Д.Н. Шишулин // Междунар. научно-технический журнал «Проблемы прочности»: изд-во Института проблем прочности НАНУ, № 4. – Киев, 2011.
- «Structure CAD» пакет «Scad Office v.11».
- Акимов, И.А., Яблоков, А.С. Оценка напряженно-деформированного состояния металлоконструкции каркаса машинного отделения плавучего крана / И.А. Акимов, А.С. Яблоков // Труды 16-го международного научно-промышленного форума «Великие реки-2014». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Том 1. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2014. – 215-219 с.
- Волков, И.А., Яблоков, А.С. Об одном подходе к оценке долговечности металлоконструкций плавучих кранов по их фактическому, эксплуатационному нагружению // Вестник ВГАВТ №42. – Н.Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2015. – 56-68 с.
- Леметр, Ж. Модель механики повреждения сплошных сред при вязком разрушении // J. of Engineering Materials and Technology. 1985. V. 107. P. 3-9.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова)

ТЕМА: Стратегическое планирование деятельности транспортно-экспедиционной компании на основе элементов теории игр

АВТОРЫ: А.В. ГАЛИН, к.т.н., профессор; А.Ю. РЮЗИН, доцент; кафедра «Управление транспортными системами»

В первом приближении, современный рынок транспортно-логистических услуг может показаться абсолютно непредсказуемой системой, в которой властвуют стохастические процессы и хаотичные изменения. Однако, даже такая сложная система подчиняется определенным зависимостям и закономерностям. С точки зрения транспортно-экспедиционной компании знание этих закономерностей зачастую является критически важным не только для извлечения прибыли из деятельности компании, но и для выживания компании на рынке в целом. Кроме того, любой экспедитор обязан обладать долговременной стратегией поведения на рынке в целях укрепления и развития собственных позиций [1]. Наряду с необходимостью выработки собственной стратегии поведения экспедитора растет также и потребность в научном обосновании выбираемых стратегий поведения на рынке, что и обуславливает актуальность представленного в данной статье исследования. Задачей данного исследования является рационализация стратегического планирования деятельности транспортно-экспедиционной компании и выработка основных рациональных стратегий поведения в современных условиях рынка транспортно-логистических услуг на основе объектно-ориентированной модели взаимодействия экспедиторов.

Наиболее подходящими методами решения поставленной задачи представляются методы теории игр. Данные методы обладают достаточным математическим аппаратом для обоснования стратегических действий компании в условиях конкуренции. При этом необходимо отметить, что элементы теории игр изначально являются одними из наиболее удобных математических инструментов для планирования и моделирования деятельности участников какого-либо рынка, что подтверждается множеством исследований, в том числе ориентирован-

ных исключительно на транспортную отрасль экономики [2-5]. Однако данные исследования не рассматривают вопрос глобального планирования деятельности экспедитора, выбирая отдельные конкретные задачи, связанные с деятельностью перевозчика.

В данном исследовании также рассматривается применимость методов, предлагаемых математическим аппаратом теории игр к стратегическому планированию деятельности транспортно-экспедиционной компании. На основе элементов теории игр разрабатывается формальная объектно-ориентированная модель, симулирующая некооперативную несимметричную параллельную дискретную игру [6] для девяти игроков – транспортно-экспедиционных компаний. На основе результатов серии экспериментов с моделью проводится нормативный анализ – выявление наилучшего поведения игроков.

В общем виде задача, заложенная в основу моделируемой системы, может быть сведена к классической проблеме теории игр, называемой «дилеммой заключенного». В изначальном варианте постановки проблемы два игрока являются заключенными, каждый из которых может дать показания против другого. В этом случае давший показания будет отпущен на свободу, а тот, против кого были даны показания, будет заключен

под стражу на значительный срок. При этом игроки склонны выбирать именно стратегию предательства, поскольку, с их точки зрения, она гарантирует им освобождение от заключения [7]. Эту традиционную задачу теории игр можно переформулировать в терминах транспортной логистики, где вместо заключенных на закрытом рынке транспортных услуг конкурируют две экспедиционные компании. При приведении задачи к нормальной форме, стратегии поведения экспедиторов и результаты применения этих стратегий могут быть отражены в виде матрицы, представленной в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, равновесие по Нэшу [8, 9] достигается при применении стратегии «не изменять ставки» для обоих экспедиторов. Однако каждый экспедитор при появлении возможности снижения ставок с сохранением уровня своей маржи будет стараться сделать это, выводя общую ситуацию из равновесия. Рассматриваемая проблема порождает вопрос: возможно ли определить такую рациональную стратегию поведения транспортно-экспедиционной компании, при которой экспедитор сможет удержаться на рынке, предлагая по возможности наиболее низкие ставки для получения более обширной клиентской базы?

Для поиска решения представленной проблемы предлагается разработать математическую модель

Матрица стратегий экспедиторов Таблица 1

		Экспедитор I	
		Стратегия «не изменять ставки»	Стратегия «понижить ставки»
Экспедитор II	Стратегия «не изменять ставки»	Отсутствие изменений в распределении клиентских баз	Потеря клиентской базы Экспедитором II. Получение потерянной клиентской базы Экспедитором I.
	Стратегия «понижить ставки»	Потеря клиентской базы Экспедитором I. Получение потерянной клиентской базы Экспедитором II.	Труднопредсказуемое перераспределение клиентских баз.

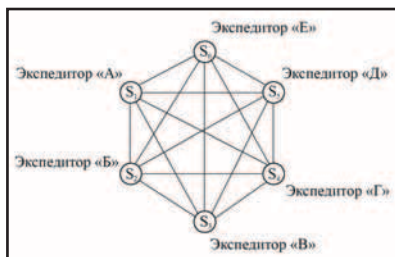


Рис. 1. Граф взаимодействия экспедиторов

поведения игроков рынка (экспедиторов), каждый из которых руководствуется установленной стратегией и определенным образом реагирует на изменения на рынке. В качестве переменной составляющей рынка предлагается уровень себестоимости ставки на перевозку.

Предположим, что существует несколько транспортно-экспедиторских компаний, конкурирующих на одном направлении перевозок. Пул возможных фактических перевозчиков для этих экспедиторов будет состоять из одних и тех же компаний, предлагающих приблизительно один уровень ставок. Примем этот уровень ставки как уровень рынка. При этом уровень маржи, закладываемый каждым экспедитором за оказание услуг, также будет примерно одинаковым для всех экспедиторов. Рассмотрим ситуацию, в которой общий уровень себестоимости перевозки на данном направлении резко изменится. Каждый экспедитор в ответ на резкий скачок уровня себестоимости перевозки

может поступить по-разному в зависимости от ситуации, однако все возможные стратегии поведения могут быть сведены к следующим вариантам:

- стратегия S1: при понижении себестоимости, понизить собственную маржу;
- стратегия S2: при понижении себестоимости, не изменять собственную маржу;
- стратегия S3: при понижении себестоимости, повысить собственную маржу;
- стратегия S4: при повышении себестоимости, понизить собственную маржу;
- стратегия S5: при повышении себестоимости, не изменять собственную маржу;
- стратегия S6: при повышении себестоимости, повысить собственную маржу.

Необходимо отметить, что предлагаемые стратегии включают все варианты, в том числе и нелогичные на первый взгляд. При этом в простейшем случае каждый экспедитор придерживается только одной стратегии. Предложенная модель может быть описана графом взаимодействия экспедиторов на рынке, представленным на рис. 1.

Однако такое распределение стратегий предполагает реакцию каждого игрока только на один вид изменения себестоимости ставки на перевозку: на понижение или на повышение. Для более полного анализа результирующей ситуации на рынке, каждый экспедитор должен

обладать стратегическим планом на оба варианта изменения себестоимости ставки на перевозку. В таком случае все варианты возможных стратегий представлены в таблице 2.

Таким образом, на моделируемом рынке транспортно-экспедиторских услуг должно присутствовать как минимум девять игроков – транспортно-экспедиторских компаний. Для каждого игрока предопределены следующие исходные условия: $C = 1000 \text{ USD}$, $c_m = 7\%$, $c'_m = 2\%$, где C – уровень себестоимости ставки на перевозку на рынке (уровень рынка), USD ; c_m – маржа, закладываемая экспедитором сверх себестоимости ставки, % себестоимости; c'_m – шаг изменения маржи в соответствии с выбранной стратегией поведения на рынке, % себестоимости.

Уровень себестоимости перевозки является регулятором, а динамика его изменения определяет уровень ставки за транспортно-экспедиторское обслуживание, предлагаемой каждым экспедитором. Конечной задачей каждого экспедитора (критерием выбора победителя в игре) является предоставление своим клиентам как можно более конкурентоспособной ставки. При этом экспедитор, как игрок с точки зрения теории игр, подвержен риску выбывания с рынка. Для того чтобы этого не случилось, ставка, предлагаемая экспедитором, должна соответствовать следующему условию:

$$C < C + c_m \cdot C < 1,5C \quad (1)$$

Если ставка экспедитора не соответствует условию формулы (1) считается, что данный экспедитор не справился с условиями рынка и выбыл из игры. Конкурентоспособность ставки определяется только для игроков, оставшихся по завершении прогона модели на рынке, на основе статистических характеристик математического ожидания и среднеквадратичного отклонения по выборке предлагаемых ими ставок. Число шагов моделирования принято равным 100.

На основе приведенной выше описательной модели игры была разработана формальная модель на языке программирования C++. Формальная модель основывается на объектно-ориентированной парадигме программирования, удобно реализуемой средствами выбранного языка [10], откуда и берет свое название: объектно-ориентированная модель рынка транспортно-экспедиторских услуг. Основным рабочим классом модели является

Варианты стратегий реагирования экспедиторов на изменение ставок на перевозку Таблица 2

Номер варианта	Стратегия реакции на понижение себестоимости ставки	Стратегия реакции на повышение себестоимости ставки
1	S1: понизить собственную маржу	S4: понизить собственную маржу
2	S1: понизить собственную маржу	S5: не изменять собственную маржу
3	S1: понизить собственную маржу	S6: повысить собственную маржу
4	S2: не изменять собственную маржу	S4: понизить собственную маржу
5	S2: не изменять собственную маржу	S5: не изменять собственную маржу
6	S2: не изменять собственную маржу	S6: повысить собственную маржу
7	S3: повысить собственную маржу	S4: понизить собственную маржу
8	S3: повысить собственную маржу	S5: не изменять собственную маржу
9	S3: повысить собственную маржу	S6: повысить собственную маржу

Номер экспедитора	Тип динамики изменения себестоимости ставки на перевозку				
	Линейное возрастание	Линейное убывание	Синусоидальные колебания	Косинусоидальные колебания	Случайные колебания
Экспедитор 1	Выбыл	Выбыл	Выбыл	Выбыл	Выбыл
Экспедитор 2	1599,65	Выбыл	Выбыл	Выбыл	Выбыл
Экспедитор 3	Выбыл	Выбыл	1193,05	1016,90	904,38
Экспедитор 4	Выбыл	540,34	Выбыл	Выбыл	Выбыл
Экспедитор 5	1599,65	540,34	1168,52	1016,66	910,06
Экспедитор 6	Выбыл	540,34	Выбыл	1335,18	Выбыл
Экспедитор 7	Выбыл	Выбыл	1143,99	1016,42	Выбыл
Экспедитор 8	1599,65	Выбыл	Выбыл	1334,39	Выбыл
Экспедитор 9	Выбыл	Выбыл	Выбыл	1378,76	Выбыл

класс Forwarder, симулирующий поведение транспортно-экспедиторской компании на рынке в соответствии с определенной для нее стратегией поведения. Разработанный пользовательский класс обладает набором полей и методов, обрабатывающих входные данные в виде уровня себестоимости ставки на перевозку на рынке и возвращающих значение уровня ставки на транспортно-экспедиторские услуги, предлагаемой данным экспедитором. Объекты данного класса размещаются в общем поле событий, симулирующем поведение рынка транспортно-экспедиторских услуг, состояние которого обновляется на каждом шаге моделирования.

Разработанная модель имеет консольный вид пользовательского интерфейса, с помощью которого может быть задан тип колебаний ставки на рынке. Предлагается пять типов изменения динамики себестоимости ставки на перевозку:

1. Линейное возрастание ставки – на каждом шаге моделирования себестоимость ставки на перевозку на

рынке возрастает на фиксированную величину;

2. Линейное убывание ставки – на каждом шаге моделирования себестоимость ставки на перевозку на рынке убывает на фиксированную величину;

3. Синусоидальное колебание ставки – изменение себестоимости ставки на перевозку на рынке имеет форму синусоиды;

4. Косинусоидальное колебание ставки – изменение себестоимости ставки на перевозку на рынке имеет форму косинусоиды;

5. Случайные колебания ставки – на каждом шаге моделирования себестоимость ставки на перевозку на рынке изменяется на случайную величину.

Наибольший интерес из всех рассмотренных вариантов представляет именно пятый вариант колебания ставки на перевозку на рынке транспортно-экспедиторских услуг, поскольку он носит стохастический характер и, тем самым, наиболее близок к реалиям рынка.

Для установления адекватности разработанной модели была прове-

дена серия тестовых экспериментов. По результатам серии было установлено, что объектно-ориентированная модель рынка транспортно-экспедиторских услуг является адекватной реалиям рынка. Для решения задачи определения наиболее рациональной стратегии поведения транспортно-экспедиторской компании на рынке была проведена серия экспериментов с каждым из представленных типов колебания себестоимости ставки на перевозку.

Результаты серии экспериментов, базирующейся на пяти описанных типах изменения динамики себестоимости ставки на перевозку на рынке, приведены в таблице 3. Значения, представленные в таблице, являются математическими ожиданиями (в USD) по выборке ставок, предлагаемых каждым из экспедиторов. В случае, если экспедитор выбыл с рынка в результате невыполнения условия формулы (1), в соответствующем поле таблицы указывается «Выбыл».

Ниже приведены среднеквадратические отклонения (σ) для каждого экспедитора, удержавшегося в рамках рынка при различных типах изменения динамики себестоимости ставки на перевозку:

1. При линейном увеличении: $\sigma=310,42$ USD для всех невыбывших экспедиторов;

2. При линейном убывании: $\sigma=310,42$ USD для всех невыбывших экспедиторов;

3. При синусоидальных колебаниях: $\sigma_3=102,05$ USD, $\sigma_5=79,09$ USD, $\sigma_7=58,37$ USD;

4. При косинусоидальных колебаниях: $\sigma_3=97,89$ USD, $\sigma_5=79,51$ USD, $\sigma_6=62,82$ USD, $\sigma_8=162,02$ USD, $\sigma_9=146,64$ USD;

5. При случайных колебаниях: $\sigma_3=236,45$ USD, $\sigma_5=183,35$ USD.

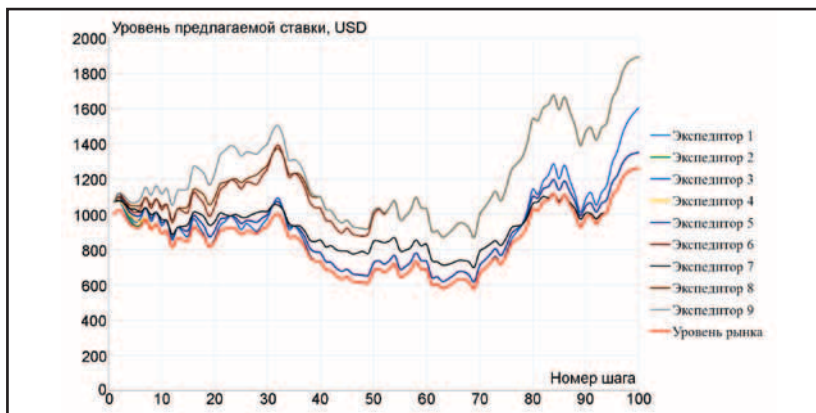


Рис. 2. Пример динамики изменения ставок экспедиторов при случайных колебаниях себестоимости ставки на перевозку на рынке

Динамика изменений себестоимости ставки на перевозку на рынке предопределяет характер изменений в конечных ставках транспортно-экспедиторских компаний. В связи с этим графики динамики изменения ставок внутри прогона модели по первым четырем типам (линейное возрастание, линейное убывание, синусоидальные и косинусоидальные колебания) не приводятся. Пример графика колебаний ставок экспедиторов при случайных изменениях динамики себестоимости ставки на перевозку представлен на рис. 2.

На представленном графике нижняя линия является уровнем рынка, т. е. уровнем себестоимости ставки на рынке. Из рисунка также видно, что большинство ставок, предлагаемых транспортно-экспедиторскими компаниями стремятся к одному из двух критических значений, описанных в условии формулы (1). В результате на конечном шаге моделирования в пределах рынка остаются только две транспортно-экспедиторские компании.

На основе данных, полученных в результате моделирования и приведенных в таблице 3, можно утверждать, что универсальной стратегией поведения транспортно-экспедиторской компании на рынке может служить стратегия 5. В рамках этой стратегии экспедитор не изменяет свою маржу в долевого эквиваленте вне зависимости от изменения ситуации на рынке. Это означает, что компании единожды заложившие рациональный уровень прибыли в процентном отношении от фактической стоимости перевозки, являются наиболее приспособленными к выживанию в любых условиях рынка. Следование строго фиксированной стратегии отслеживания и моментальной реакции на изменение условий рынка не обеспечивает такой же уровень «выживаемости» для других компаний, что позволяет сделать предположение о том, что слишком активная приверженность тенденциям рынка может отражаться на компании так же деструктивно, как и полное отсутствие таковой.

Первые две серии экспериментов – при линейном увеличении и линейном снижении себестоимости ставки на перевозку – ожидаемо отразили стратегии, заложенные в игроков на рынке, в результате чего выигрывали только те экспедиторы, которые не реагировали на соответствующую динамику рынка. При этом, конечные результаты всех транспортно-экспедиторских компаний невыбывших с рынка оказались идентичны.

Результаты серии экспериментов на модели со случайными колебаниями себестоимости ставки на перевозку показали, что единственными двумя стратегиями, позволяющими экспедитору удержаться на рынке являются стратегии 3 и 5. Идея, заложенная в основу пятой стратегии, как уже было описано выше, позволяет использовать ее универсально во всех ситуациях. Стратегия 3 характеризует способность экспедитора подстраиваться под текущие условия рынка, поскольку при понижении себестоимости ставки на рынке экспедитор также понижает свою маржу, а при повышении себестоимости – повышает свою маржу, что также благоприятно отражается на способности компании удержаться на рынке. Однако, несмотря на то, что экспедитор, применявший третью стратегию смог предложить в среднем более привлекательную ставку, ставка экспедитора, применявшего стратегию 5 обладала значительно меньшим «разбросом» значений, поскольку $\sigma_3 > \sigma_5$ почти в 1,3 раза. С точки зрения клиентской базы такая разница воспринимается в пользу экспедитора, применяющего пятую стратегию, поскольку он выглядит более надежным партнером на рынке.

Результаты серии экспериментов при синусоидальных и косинусоидальных изменениях себестоимости ставки на рынке продемонстрировали, что при этих вариантах динамики изменения себестоимости ставки на перевозку, выигрывает экспедитор, применяющий стратегию 7, потому что его стратегия предугадывает поведение рынка – синус и косинус постоянно меняют направление динамики изменения ставки, а экспедитор реагирует упреждающим повышением или понижением соответственно. Это демонстрирует важность уместного и разумного анализа рынка.

Проведенное исследование демонстрирует применимость теории игр к изучению рынка транспортно-экспедиторских услуг и рационализации стратегии поведения экспедитора. В рамках разработанной объектно-ориентированной модели рынка транспортно-экспедиторских услуг, установлено, что наиболее эффективная стратегия – нейтрального поддержания долевого уровня маржи от себестоимости ставки на перевозку на рынке. Установлено, что данная стратегия является универсальной с точки зрения способности транспортно-экспедиторской компании удержаться на рынке, а также наиболее рациональной для применения экспедитором. Однако при некоторых частных случаях изменения динамики себестоимости ставки на перевозку на

рынке более рациональными оказываются другие стратегии. Так, например, стратегия «понижать собственную маржу при повышении себестоимости и повышать собственную маржу при понижении себестоимости» продемонстрировала свою эффективность при синусоидальных и косинусоидальных колебаниях себестоимости. Это говорит о необходимости применения упреждающего анализа ситуации на рынке.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. Направления развития / Галин А.В. // Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова. 2014. — № 2 (24). — с. 87-92.
2. Modelling pricing and scheduling strategies for air cargo carriers as non-cooperative games / O.F.Y. Shyr, Y.L. Lee // Journal of marine science and technology. 2012. — Vol. 20, Is. 2. — p. 216-222.
3. Container port pricing structure: a vertical market model / L. J. Basso, S. Jara-Diaz, J. Munoz-Figueora // Journal of transport economics and policy. 2017. — Vol. 51, Is. 2. — p. 75-94.
4. Классификация и оценка критериев эффективности транспортного коридора / Маликов О.Б., Зачек М.А. // Известия ПУПС. 2008. — № 3. — с. 162-177.
5. Модели и методы для решения обобщенной транспортной задачи с учетом интересов множества собственников грузовых вагонных парков / Скалозуб В. В., Солтысюк О.В. // Наука и прогресс транспорта. Вестник ДНУЖТ. 2005. — № 6. — с. 70-76.
6. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. — СПб: Лань, 2010. — 446 с.
7. Социальные эксперименты, основанные на «дилемме заключенного», как инструмент количественного описания сотрудничества индивидов / Белгородов Р.В. // Актуальные вопросы общественных наук: социология, политология, философия, история. 2016. — № 8. — с. 55-61.
8. Конкурентная маршрутизация транспортных потоков поставщиками услуг навигации / Захаров В.В., Крылатов А.Ю. // Управление большими системами. 2014. — № 49. — с. 129-147.
9. Nash equilibrium in discount-nuou games / P.J. Remy // Economic Theory. 2016. — Vol., Is. 3. — p. 553-569.
10. Лафоре Р. Объектно-ориентированное программирование в C++. — СПб: Питер, 2018. — 928 с.

АННОТАЦИИ

Проблемы применения систем поддержки принятия решений на речном транспорте / Платов А.Ю., Платов Ю.И. // Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 22-24.

Рассматриваются причины неактивного использования аналитических информационных технологий для поддержки принятия решений в процессе управления работой флота.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, аналитические информационные технологии, управление работой флота, речной транспорт.

Контактная информация: platoff@mail.ru

Особенности создания эффективной системы учета и контроля безэкипажных роботизированных объектов и судов на внутренних водных путях / Каретников В.В., Чистяков Г.Б., Бекряшев В.А.// Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 28-29.

Описываются принципы формирования алгоритма учета и дистанционного контроля с помощью системы «ЭРА-ГЛОНАСС» безэкипажных судов и объектов на внутренних водных путях.

Ключевые слова: внутренние водные пути, безэкипажные суда и объекты, беспилотные технологии на водном транспорте, система «ЭРА-ГЛОНАСС».

Контактная информация: kaf_svp@gumrf.ru, rivermap@volgo-balt.ru

Принцип определения оптимальной глубины погружения шпунтового ограждения для снижения фильтрационного противодействия на гидротехническое сооружение / Бик Ю.И., Дегтярева В.В.// Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 34-35.

Рассматриваются вопросы защиты гидротехнических сооружений от противофильтрационного давления.

Ключевые слова: фильтрационное противодействие, шпунт.

Контактная информация: yibik@mail.ru, vvbik@mail.ru

Предпосылки применения модели клиенто-центризма при формировании тарифов на перевозку грузов речным транспортом / Попкова Д.В. // Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 36-38.

Анализируются предпосылки формирования тарифов на перевозку грузов речным транспортом с помощью модели клиенто-центризма.

Ключевые слова: формирование тарифов, конкурентоспособность речного транспорта, грузовые перевозки, модель клиенто-центризма.

Контактная информация: d.v.popkova@nsawt.ru

Принцип оптимизации схем доставки грузов на притоки магистральных рек в восточных бассейнах / Синицын М.Г.// Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 38-39.

Описывается авторская методика обоснования оптимальной схемы доставки грузов на боковые реки.

Рассматриваются рациональные закрепления крупнотоннажного флота за малотоннажным.

Ключевые слова: крупно- и малотоннажный флот, перевозка грузов, малые реки, схемы доставки.

Контактная информация: mihail_sinitsyn@mail.ru

Грамотная государственная политика как эффективный способ решения транспортных проблем Крайнего Севера / Бунеев В.М., Виниченко В.А., Масленников С.Н.// Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 40-43.

Обосновывается необходимость формирования грамотной государственной политики в сфере транспорта с целью эффективного решения проблем транспортного обеспечения районов Крайнего Севера.

Ключевые слова: Крайний Север, транспортное обеспечение, развитие, эффективность, стратегия.

Контактная информация: v.m.buneev@nsawt.ru, vika_06.07@mail.ru, s.n.m@bk.ru

Принцип работы транспортно-логистической системы с использованием водной коммуникации / Бойков А.В., Фомин В.Г., Кулапат Д. // Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 43-45.

Приводится описание экономико-математической модели транспортно-логистической системы доставки грузов по морским и внутренним водным путям. Приводится сравнение вариантов схем организации мультимодальных перевозок с использованием различных участков грузовой линии.

Ключевые слова: транспортно-логистическая система, грузовая линия, морские и внутренние водные пути.

Контактная информация: boykovalexey@bk.ru, koolapat@icloud.com

Алгоритмы управления судном с колесным движительно-рулевым комплексом и подруливающим устройством / Грошева Л.С., Площаев В.И. // Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 45-49.

Описываются авторские алгоритмы управления судном с колесным движительно-рулевым комплексом при использовании подруливающего устройства; исследуются динамические характеристики судна при их реализации.

Ключевые слова: судно, колесно-двигательный рулевой комплекс, подруливающее устройство, динамические характеристики судна, алгоритмы управления.

Контактная информация: *vip@vgavt-nn.ru

Оценка ресурса плавучего крана КПЛ-16-30 на основе анализа повреждений его металлоконструкций / Яблоков А.С. // Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 50-54.

Рассматривается метод оценки долговечности металлоконструкций плавучих кранов на основе анализа их фактической эксплуатационной нагруженности. Формируется научно-обоснованный подход к решению проблемы продления ресурса машин, отработавших нормативный срок.

Ключевые слова: механика поврежденной среды, плавучий кран, металлоконструкции, прочность, ресурс, напряженно-деформированное состояние, усталостная долговечность.

Контактная информация: alex-vodnik@mail.ru

Стратегическое планирование деятельности транспортно-экспедиторской компании на основе элементов теории игр / Галин А. В, Рюзин А. Ю. // Речной транспорт (XXI век).2018. – № 1 (85) – с. 55-58ч.

Рассматривается вопрос применимости элементов теории игр к стратегическому планированию деятельности транспортно-экспедиторской компании в условиях конкуренции на рынке транспортно-экспедиторских услуг.

Ключевые слова: транспортная логистика, транспортное экспедирование грузов, теория игр.

Контактная информация: galinav@gumrf.ru, salmi123@mail.ru

ANNOTATIONS

The problems of using systems of decision making support on river transport/ A. Platov, Y. Platov// River transport (XXIst century).2017. – №1 (85) – p. 22-24.

Describes reasons of inactive using analytical informational technologies for support decision making while process of management fleet's work.

Key words: decision making support systems, analytical informational technologies, management of fleet's work, river transport.

Contacts: platoff@mail.ru

The features of creating effective system of accounting and control unmanned robotic objects and ships on inland water ways / V. Karetnikov, G. Chistyakov, V. Bekryashev // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 28-29.

Describes the principles of forming algorithm of accounting and distant control by using system «ERA-GLONASS» unmanned ships and objects on inland water ways.

Key words: inland water ways, unmanned ships and objects, unmanned technologies on water transport, system «ERA-GLONASS».

Contacts: kaf_svvvp@gumrf.ru, rivermap@volgo-balt.ru

The principle of determination sheet piling's optimal immersion depth to reduce filtration back pressure on hydraulic engineering construction / Y. Bik, V. Degtyareva // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 34-35.

Describes the ways of protection hydraulic structures from antifiltration pressure.

Key words: filtration back pressure, sheet piling.

Contacts: yibik@mail.ru, vrbik@mail.ru

D. Popkova // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 36-38.

Analyses prerequisites to form river transport cargo transportations tariffs with the help of customer-centric model.

Key words: forming tariffs, competitiveness of river transport, cargo transportations, customer-centric model.

Contacts: d.v.popkova@hsawt.ru

The principle of cargo transportations schemes optimization for eastern basins main rivers' inflows / M. Sinitsyn // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 38-39.

Describes the author's method for substantiation optimal scheme of cargo transportation on the side of the river; the best ways to fix large-tonnage fleet on low-tonnage.

Key words: large- and low-tonnage fleet, cargo transportation, small rivers, schemes of delivery.

Contacts: mihail_sinitsyn@mail.ru

V. Vinichenko, S. Maslennikov // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 40-43.

Substantiates the necessity of forming competent state policy in transport field with the aim to effective solving problems of transport support regions of the Far North.

Key words: the Far North, transport support, development, efficiency, strategy.

Contacts: v.m.buneev@nsawt.ru, vika_06.07@mail.ru, s.n.m@bk.ru

V. Fomin, D. Kulapat // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 43-45.

Describes the economical-mathematical model of transport and logistics system of cargo delivery on marine and inland water ways. Compares variants of multimodal transportations using different areas of cargo line.

Key words: transport and logistics system, cargo line, marine and inland water ways.

Contacts: boykovalexey@bk.ru, koolaput@icloud.com

The algorithms of controlling ship with wheel-propulsion steering complex and thruster / L. Grosheva, V. Plyshaeve // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 45-49.

Describes the algorithms of controlling ship with wheel-propulsion steering complex and thruster; researches its dynamic characteristics while using them.

Key words: ship, wheel-propulsion steering complex, thruster, ships' dynamic characteristics, algorithms of control.

Contacts: *vip@vgavt-nn.ru

A. Yablokov // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 50-54.

Describes the method of estimation durability of floating crane's metal constructions by analyzing their real exploitation loading. Formes science substantiated approach to solve problem of service life prolongation of spent normative period machines.

Key words: mechanics of damaged environment, floating crane, metal constructions, durability, service life, stress-strain state, fatigue life.

Contacts: alex-vodnik@mail.ru

Strategic planning of cargo forwarding company's market activity based on elements of game theory / A. Galin, V. Ruzin // River transport (XXIst century).2018. – № 1 (85) – p. 55-58.

Describes the problem of applicability of game theory elements to strategic planning of cargo forwarder's market activity under conditions of heavy competition on cargo forwarding market.

Key words: transport logistics, cargo forwarding, game theory.

Contacts: galinav@gumrf.ru, salmi123@mail.ru