

Н. С. Болдырев, А. В. Титов

К ВОПРОСУ ОБ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ ПО ВОЛГО-КАСПИЙСКОМУ МОРСКОМУ СУДОХОДНОМУ КАНАЛУ

Анализируется состояние Волго-Каспийского морского судоходного канала и его значимость в развитии экономического потенциала Астраханского региона и Юга России в целом. В связи с необходимостью обеспечения безопасности судоходства в условиях возможного понижения уровня Каспийского моря рассматриваются вопросы создания имитационной модели движения судов по Волго-Каспийскому морскому судоходному каналу. Раскрываются преимущества использования данной модели, позволяющей в удобной форме прогнозировать возможные ситуации, связанные с движением судов по каналу, и принимать решения по оптимизации и обеспечению безопасности прохода судов как по всему каналу, так и на отдельных лимитирующих участках. Применение имитационной модели как информационно-аналитической и программно-управляющей технологии решит задачи анализа, мониторинга, регулирования транспортного процесса с целью сокращения времени простоя судов, снижения экономических потерь, увеличения пропускной способности Волго-Каспийского морского судоходного канала.

Ключевые слова: Волго-Каспийский морской судоходный канал, автоматизированное регулирование, автоматическая идентификационная система, имитационная модель, транспортный поток, обеспечение безопасности судоходства.

Введение

Одной из наиболее важных отраслей народного хозяйства является транспорт. Это связано, прежде всего, с высокой социальной ориентированностью этой отрасли, осуществляющей связь между регионами. Кроме того, транспорт:

- обеспечивает связь и взаимодействие всех субъектов экономики, осуществляет грузовые перевозки, позволяя национальной экономике действовать как единый народнохозяйственный комплекс;
- обеспечивает повышение мобильности населения, устойчивое развитие производства, повышение эффективности использования ресурсов, сокращение стоимости продукции;
- является одним из факторов экономического развития, повышения конкурентоспособности российской экономики, важным условием повышения уровня жизни и развития регионов, инструментом активного геостратегического позиционирования России.

Водный транспорт играет очень важную роль в структуре транспортной отрасли. Сеть внутренних водных путей Российской Федерации превышает 100,0 тыс. км и является одной из самых протяженных в мире, обеспечивая транспортное обслуживание 68 субъектов РФ.

Развитие водного транспорта является одной из приоритетных целей современной экономической политики РФ. В соответствии с Транспортной стратегией [1], в России реализуется долгосрочная государственная политика в области улучшения и развития транспортной инфраструктуры в интересах национальной экономической безопасности.

Судоходство в Астраханском регионе относится к числу отраслей народного хозяйства, зависящих от колебаний уровня Каспийского моря. При регрессии моря происходит освобождение значительной площади суши, что негативно сказывается на судоходстве; при трансгрессии значимость морского транспорта возрастает. Если падает уровень Каспийского моря, мелеет Волго-Каспийский морской судоходный канал (ВКМСК). Крупнотоннажные суда осадкой 4–5 м испытывают сложности при проходе через ВКМСК.

В работе П. И. Бухарицина, С. А. Политова, Ю. С. Лукьянова детальным образом рассматриваются вопросы гидрологической обстановки на Каспии [2]. Изучение графика многолетнего хода уровня Каспийского моря (рис. 1) позволяет выделить несколько характерных периодов: 1900–1929, 1942–1969 гг. – периоды относительно стабильного состояния (или умеренного снижения), 1930–1941 и 1970–1977 гг. – периоды резкого снижения, 1978–1996 гг. – период резкого (на 2,5 м) повышения уровня моря. В настоящее время уровень моря временно стабилизировался и колеблется (± 15 –20 см) у отметки –26,5 м. В ближайшие годы, по прогнозам специалистов, ожидается понижение уровня моря [2–4].

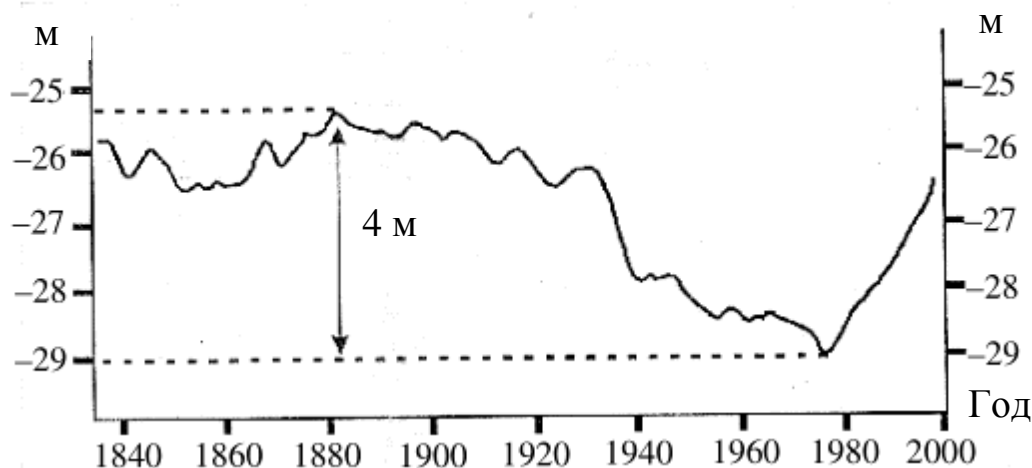


Рис. 1. Колебание уровня Каспийского моря за период инструментальных наблюдений [5]

Волго-Каспийский морской судоходный канал является главной водной магистралью, соединяющей порты Астрахань и Оля с Каспийским морем. В настоящее время прохождение судов по трассе ВКМСК выливается в экономические потери для судовладельцев в связи с падением уровня Каспийского моря, его обмелением и заносимостью.

Критически малая глубина канала в сочетании с неблагоприятными погодными и гидродинамическими факторами приводит к сложным условиям проводки судов, зачастую вынуждая их прекращать движение и простаивать до нескольких суток. Одной из главных задач для этой транспортной артерии является обеспечение безопасности судоходства по ВКМСК в условиях дальнейшего понижения уровня Каспийского моря

В статье рассмотрено текущее состояние ВКМСК; как одно из возможных решений обеспечения безопасности судоходства предложено имитационное моделирование по обеспечению контроля над трафиком по каналу и безопасным движением судов по ВКМСК. Имитационная модель позволит анализировать различные подходы к экспериментальному прогнозированию судовых транспортных потоков и разработке адаптивной системы управления движения судов по каналу [6, 7].

Основная цель исследования – предложить рекомендации по автоматизированному регулированию движения судов по ВКМСК, обеспечивающие оптимальное по времени и безопасное функционирование транспортной системы канала [8].

Основная задача разрабатываемой имитационной модели – моделирование адаптивной системы, позволяющей выполнять анализ различных вариантов судовых транспортных потоков в канале и прогнозировать возможные последствия различных операций, направленных на регулирование движения судов по ВКМСК, что даст возможность принимать надежные, верные и безопасные решения.

Актуальность данной темы обусловлена:

- тенденцией к увеличению пропускной способности ВКМСК – единственной магистрали, соединяющей порты Каспийского моря и нефтяные месторождения Каспия с внутренними путями реки Волги и другими водными бассейнами России;
- влиянием ВКМСК на экономику Астраханского региона и Юга России в целом.

Общие сведения о Волго-Каспийском морском судоходном канале

Волго-Каспийский морской судоходный канал – единственная магистраль, объединяющая водные пути реки Волги с портами Каспийского моря. В связи с необходимостью освоения нефтяных месторождений Каспия стратегическое значение канала существенно возросло, т. к. ВКМСК обеспечивает перевозку углеводородов, добытых на шельфе Каспийского моря и про-

ходящих по каналу транзитом в другие бассейны. Каждый год после весеннего паводка некоторые участки канала заиливаются, что препятствует движению крупнотоннажных судов. Возникает необходимость делить на части судовые партии и использовать суда с меньшей осадкой, что повышает стоимость транспортировки грузов.

Канал состоит из двух участков – речной части и морской – общей протяженностью 188 км. Морская часть канала проходит через авандельту Волги и мелководную северо-западную часть Каспийского моря и имеет протяженность 102,0 км (рис. 2) [9].

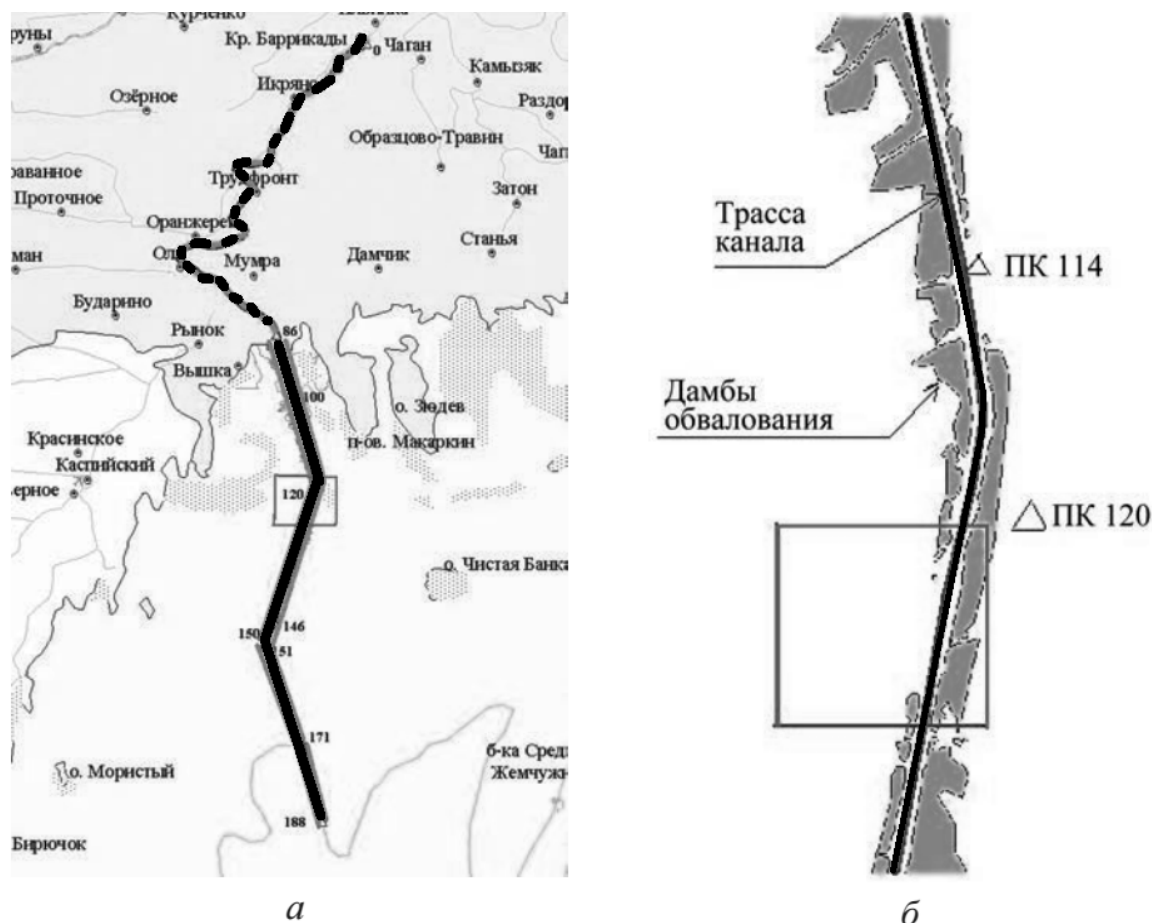


Рис. 2. Схема ВКМСК (а); лимитирующий участок (б)

На рис. 2, а прямоугольником показан лимитирующий участок на пикете 120 км (ПК 120), пунктирной линией – речная часть канала, сплошной черной линией – трасса морской части канала. На рис. 2, б серым цветом обозначены существующие дамбы обвалования

Навигационная ширина канала составляет 100–120 м, навигационная глубина – 5,1 м. Продолжительность навигации на канале с 1995 г. круглогодичная. В зимний период проводка судов осуществляется с помощью ледоколов. Характерной особенностью канала на участках ПК 86–114 являются образовавшиеся с обеих сторон канала в результате ремонтных работ дамбы обвалования, предохраняющие эту часть канала от заносимости (рис. 2, б). Следует отметить, что в южной части канала, где нет дамб обвалования, имеются лимитирующие участки, которые подвержены значительной заносимости и где возникают трудности с проводкой судов. Вследствие повышенной заносимости из-за ветроволнового воздействия наиболее проблемными для судоходства в морской части ВКМСК являются участки канала в районе пикетов ПК 120 и 150. На этих участках ремонтное черпание производится ежегодно, причем у западной бровки канала черпание зачастую производится дважды в год.

Действующая система навигационного ограждения канала, с учетом акватории порта Астрахань, насчитывает в настоящее время 290 единиц летних плавучих предостерегательных навигационных знаков и 25 единиц зимних. На сложных в навигационном отношении участках установлено 8 пар береговых створных знаков. Организована ежедневная передача по радиоканалу путевой информации судоводителям о состоянии навигационной обстановки, габаритах судового хода, объявленных проходимых глубинах. Гидрологический режим Нижней Волги, дельты и Северного Каспия весьма сложен и оказывает существенное влияние на деятельность гражданского и военно-морского флота, многих других морских отраслей хозяйства и экономики, а также отраслей, не связанных непосредственно своей деятельностью с рекой или морем, но постоянно испытывающих на себе их влияние [10].

Влияние Волго-Каспийского морского судоходного канала на экономику Астраханского региона

Значимость ВКМСК обусловлена приоритетом развития транспортного комплекса региона – созданием современных транспортных коридоров, позволяющих развиваться континентальному и трансконтинентальному транзиту в направлениях «Север – Юг» и «Запад – Восток». Перспективным направлением организации грузоперевозок считаются страны Каспийского бассейна. В частности, активно развивается сотрудничество с Ираном. Иранская сторона сообщила о возможности поставки в Россию фруктов, овощей, мяса курицы, рыбной продукции, замороженной креветки и пр. Для обеспечения этих перевозок ПАО «Астраханский порт» и ЗАО «Морской торговый порт Оля» оборудовали свои терминалы для приема и хранения контейнеров-рефрижераторов со скоропортящейся продукцией. Первые контейнеры с подобными товарами уже начали приходить на территорию Астраханской области. В 2013 г. грузооборот портов Каспийского бассейна достиг своего минимума и начал увеличиваться, о чем свидетельствуют данные рис. 3.

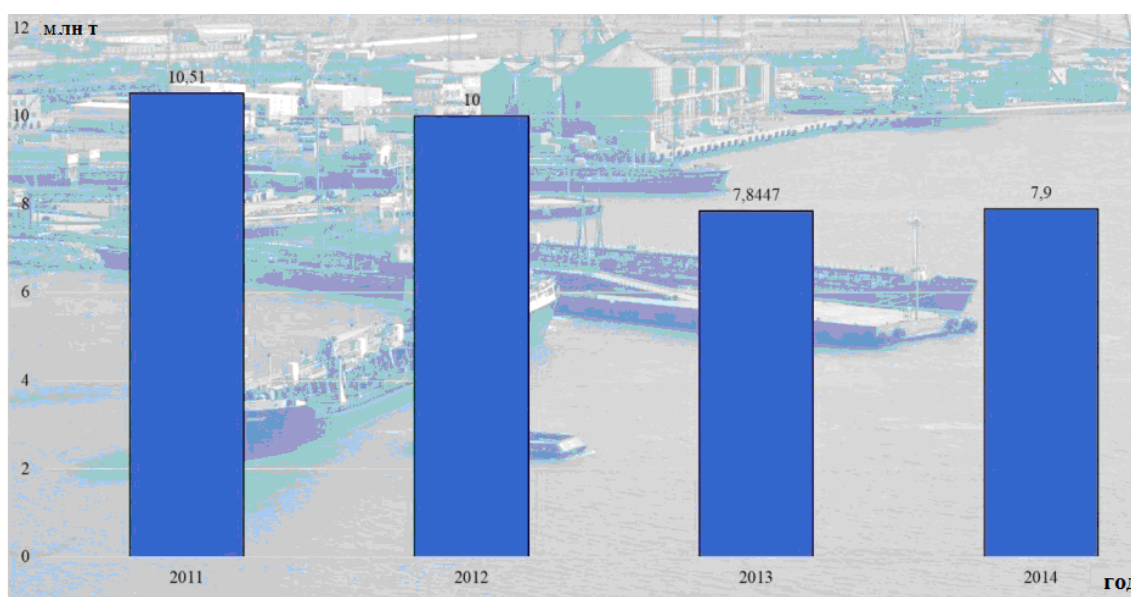


Рис. 3. Динамика грузооборота портов Каспийского бассейна [11]

Динамика роста перевалки грузов на морских терминалах Астраханской области, отмеченная в 2015 г., сохранилась и продолжает улучшаться.

Кроме того, в 2015 г. зафиксирован значительный рост судозаходов в заграничном и каботажном плавании. Их суммарное количество в морских портах Астрахань и Оля достигло 4092, что составляет 117 % к 2014 г. (табл.). Это связано с увеличением товарооборота со странами ближневосточного и азиатского регионов.

Сведения о количестве судов, находившихся в зоне действия СУДС* портов Астрахань и Оля, в том числе осуществивших входы/выходы в морские порты Астрахань и Оля или следовавших через их акватории транзитом [12]

| Год | Всего судов, находившихся в зоне действия СУДС* портов Астрахань и Оля | В том числе осуществивших входы/выходы в морской порт | | В том числе следовавших транзитом через акваторию морского порта | |
|------|--|---|-------|--|-------|
| | | Астрахань | Оля | Астрахань | Оля |
| 2008 | 7 929 | 7 198 | 731 | – | – |
| 2009 | 9 382 | 8 454 | 928 | – | – |
| 2010 | 9 826 | 8 715 | 1 111 | – | – |
| 2011 | 10 144 | 9 219 | 925 | – | – |
| 2012 | 12 820 | 8 310 | 4 510 | 1 128 | 3 742 |
| 2013 | 14 558 | 9 000 | 5 558 | 1 101 | 4 183 |
| 2014 | 15 670 | 9 705 | 5 965 | 1 041 | 3 989 |

* СУДС – система управления движением судов.

В номенклатуре грузов в 2015 г. на лидирующие позиции вышло зерно – более 560 тыс. т, что в 4 раза превосходит показатели 2014 г. Заметный рост также достигнут по перевалке пиломатериалов – 123 % – и нефтепродуктов – 144 %.

В начале навигации 2016 г. планируются проводки крупногабаритных объектов – элементов буровых платформ, предназначенных для установки на нефтегазоконденсатном месторождении имени Владимира Филановского в Каспийском море.

Как следует из доклада заместителя генерального директора ОАО «Союзморниипроект» по научной работе, кандидата технических наук, доцента, профессора Академии военных наук В. П. Гришина «Об итогах выполнения комплексной научно-исследовательской работы «Исследование влияния природных и хозяйственных условий на безопасную эксплуатацию ВКМСК» [13], к 2030 г. потребность в перевозках грузов по ВКМСК, по самым осторожным расчетам, может возрасти на 11,7 млн т и достигнуть 27 млн т. Для удовлетворения растущих потребностей необходимы реконструкция ВКМСК, а также ряда объектов инфраструктуры железнодорожного, автомобильного и внутреннего водного транспорта на российском участке международного транспортного коридора (МТК) «Север – Юг», и развитие Астраханского водно-транспортного узла, в первую очередь порта Оля.

Роль ВКМСК, при рассмотрении его в качестве важнейшего звена МТК «Север – Юг», резко возрастает. Решение задачи организации внешнеторговых и особенно транзитных перевозок в больших объемах по МТК «Север – Юг» выходит за пределы Астраханской области и приобретает общероссийское значение [13].

Функционально-модельное представление имитационного комплекса движения судов по ВКМСК

В настоящее время бурными темпами идет развитие систем поддержки принятия решений диспетчерского регулирования движения флота на судоходных каналах. Целью таких систем является повышение качества работы судоходных каналов, а именно сокращение времени прохождения судов по каналу, эффективное управление водными ресурсами, позволяющее экономить денежные средства.

Для получения информации о текущем положении судов диспетчерскими службами применяются автоматические идентификационные системы (АИС) (AIS – Automatic Identification System). В связи с требованиями, отраженными в Международных правилах предупреждения столкновений судов в море (МППСС-72) [14], все суда (многотоннажные, маломерные и пассажирские) должны быть оборудованы бортовыми АИС. Особенности заграждающего рельефа на участках судоходного канала создают зоны нечувствительности береговых станций, в результате возникает задача прогнозирования времени движения судов по каналу.

При использовании имитационного моделирования как метода оптимизации появится возможность принимать решения по управлению или модернизации работы каждого отдельного элемента канала, улучшая при этом в целом работу по контролю движения судов по каналу в целом (рис. 4).

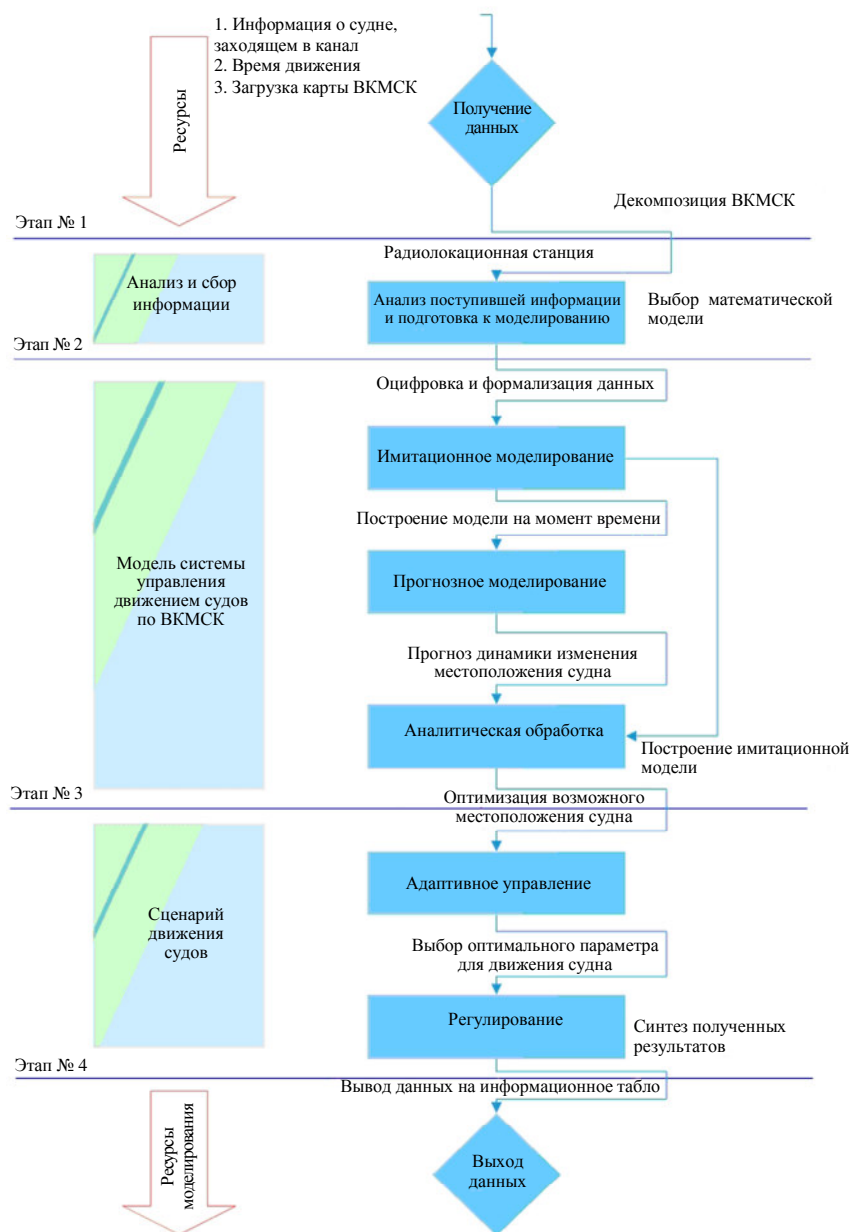


Рис. 4. Функциональная блок-схема системы управления движением судов по VKMSK

На первом этапе происходит декомпозиция VKMSK на отдельные элементы, влияющие на работу в целом.

Вторым этапом является выбор математической модели, которая позволяет описать сложный технический процесс работы системы управления движением судов по VKMSK.

На третьем этапе выполняется построение имитационных моделей, позволяющих оценить работу элементов и внести коррективы по управлению ими для достижения оптимальных результатов.

Четвертый этап является завершающим, в нем происходит синтез результатов, полученных в процессе имитационного моделирования, и определяется степень улучшения работы всего комплекса [15, 16].

Разработанная имитационная модель представляет собой информационно-аналитическую и программно-управляющую технологию организации движения судов и позволяет решить задачи мониторинга, обработки, анализа и регулирования транспортного процесса, как в реальном времени, так и для прогнозируемых событий. Подобные модели широко используются на Волго-Балтийском канале, где организация движения судов основана по принципу «светофора». Для обеспечения безопасности движения судов по VKMSK были поставлены и выполнены следующие задачи:

1. сбор, формирование и редактирование исходных данных, анализ судоходных условий на канале;
2. расчет планируемого транспортного процесса;
3. контроль движения судов с предельно допустимыми скоростями;
4. регулирование движения в случае возникновения конфликтной ситуации;
5. описание и решение конфликтных ситуаций;
6. изменение времени движения судов;
7. создание программы визуализации транспортного процесса в ВКМСК;
8. создание динамического изображения транспортного процесса;
9. имитация на макетах движения судов с разными скоростями.

Имитационная модель будет представлять собой программный комплекс, обеспечивающий удобные для диспетчера СУДС средства организации, выполнения и анализа результатов имитационных экспериментов.

Разработанные и предложенные рекомендации по автоматизированному регулированию движения судов позволят сосредоточить всю информацию в единой базе данных, а также полностью автоматизировать ведение информационной истории трассы судопропуска ВКМСК с целью последующего статистического анализа. Имитационная модель позволит диспетчеру в удобной форме прогнозировать возможные ситуации, связанные с движением судов по каналу, и принимать решения по оптимизации и обеспечению безопасности их прохода по всему ВКМСК и на отдельных лимитирующих участках.

Заключение

Волго-Каспийский морской судоходный канал оказывает большое влияние на развитие Астраханского региона и его экономического потенциала. Сам способ перевозки по транспортному пути природного происхождения является весьма экономичным, т. к. выполнение требований по содержанию водных путей значительно уступает по стоимости строительству и поддержанию необходимых условий функционирования любой иной транспортной артерии.

Механизм имитационного моделирования как метод оптимизации сложной технической системы движения по ВКМСК позволяет:

- визуально представить процессы, происходящие как на отдельных элементах транспортной системы канала, так и в целом;
- получить информацию о работе важных элементов системы;
- принимать решения по оптимизации движения судов по каналу;
- избежать аварий и простоя судов.

Именно поэтому разработка модели, основанной на прогнозировании и обеспечивающей безопасное движение судов по каналу, очень важна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Об утверждении* Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года: Приказ Министерства транспорта РФ от 12.05.2005 №45 // URL: <https://www.lawmix.ru/prof/16196>.
2. *Бухарицын П. И.* Влияние колебаний уровня Каспийского моря на экономическое развитие приморской части Астраханской области / П. И. Бухарицын, С. А. Политов, Ю. С. Лукьянов // Исследования океанов и морей: тр. Гос. океанограф. ин-та. М., 2008, вып. 211. С. 460–466.
3. *Бухарицын П. И.* Задачи обеспечения гидрометеорологической безопасности в бассейне Нижней Волги и Северного Каспия / П. И. Бухарицын // М-лы Всерос. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы Волги: настоящее и будущее, проблемы управления» (Астрахань, 3–5 октября 2007 г.). Астрахань, 2007. С. 227–230.
4. *Бутаев А. М.* Каспий: загадки уровня / А. М. Бутаев. Махачкала: Изд-во ДГУ, 1998. 70 с.
5. *Малинин В. Н.* Проблема прогноза уровня Каспийского моря / В. Н. Малинин. СПб.: Гидрометеорологическое издательство, 1994. 160 с.
6. *Белый О. В.* Проблемы формирования и организации транспортных потоков / О. В. Белый. СПб: «Элмор». 2010. 120 с.
7. *Трифанов В. Н.* Инвариантный статистический анализ и управление в транспортных системах / В. Н. Трифанов. СПб: «Элмор». 2003. 192 с.
8. *Лукомская О. Ю.* Имитационное моделирование процесса времясберегающего обслуживания потоков в линейных транспортных коммуникациях / О. Ю. Лукомская. СПб.: ИКМ МТМТС, 2013. С. 67–72.
9. *Кривицкий С. В.* Заносимость отдельных участков Волго-Каспийского морского судоходного канала / С. В. Кривицкий, Б. В. Архипов, В. В. Солбаков, М. Б. Соловьев // Вестн. Моск. гос. строит. ун-та. 2013. № 6. С. 177–188.

10. Новиков В. И. Недостатки существующей системы оповещения о неблагоприятных природных и гидрометеорологических явлениях, препятствующих мореплаванию и функционированию портов в бассейне Каспийского моря / В. И. Новиков, П. И. Бухарицин // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 8. С. 154–155.

11. Анализ грузооборота портов России в 2014 году: основные итоги // URL: <http://proved-partner.ru/analytics/research/22970-analiz-gpuzoobopota-poptov-possii-v-2014-godu-osnovnye-itogi.html>.

12. Навигационные услуги с использованием СУДС // URL: http://www.rosmorport.ru/asf_serv_navigation.html.

13. Гришин В. П. Об итогах выполнения комплексной научно-исследовательской работы «Исследование влияния природных и хозяйственных условий на безопасную эксплуатацию ВКМСК / В. П. Гришин // URL: <http://www.smniip.ru/index.php/novosti/120-29-07-2013-byi-podpisan-akt-sdachi-priemki-kompleksnoj-nirpo-volgo-kaspijskomu-kanalu>.

14. Международные правила предупреждения столкновений судов в море, 1972 г. МППСС-72 // URL: <http://www.mppss.ru/rules/>.

15. Майоров Н. Н. Моделирование транспортных процессов / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов, В. Е. Таратун // СПб.: ГУАП, 2013. 30 с.

16. Майоров Н. Н. Моделирование транспортных систем / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов // СПб.: ГУАП, 2011. 165 с.

Статья поступила в редакцию 23.12.2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Болдырев Николай Сергеевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры «Эксплуатация водного транспорта»; nikolay.boldyrev@geodis.com.

Титов Алексей Валерьевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры «Эксплуатация водного транспорта»; Pochta_414000@list.ru.



N. S. Boldyrev, A. V. Titov

TO THE QUESTION ON SIMULATION MODELING OF SHIPS' TRAFFIC ON THE VOLGA-CASPIAN SEA SHIPPING CHANNEL

Abstract. The paper examines the condition of the Volga-Caspian Sea shipping channel and its importance in the economic development of the Astrakhan region and the South Russia as whole. Due to the necessity of provision for the safety of navigation in conditions of the possible reduction of the Caspian Sea level, the issues of creation of the simulation model of ship's traffic on the Volga-Caspian Sea shipping channel are considered. The paper presents the advantages of using this model, which allows a convenient way to predict possible situations related to the ship's traffic on the canal and make decisions to optimize and ensure safe passage of the vessels on all the route of the channel and on the limited sections of the channel as well. The application of the simulation model as an information and analytical and program-controlling technology, solves the tasks of analysis, monitoring, controlling the traffic in order to reduce the time of delay of the vessels, to decrease economic losses and to improve the passage capacity of the Volga-Caspian Sea shipping channel.

Key words: Volga-Caspian Sea shipping channel, automated control, automatic identification system, simulation model, traffic flow, provision for the safety of navigation.

REFERENCES

1. *Ob utverzhdenii Transportnoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda. Prikaz Ministerstva transporta RF ot 12.05.2005 №45* [On establishment of the Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2020. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated 12.05.2005 N 45]. Available at: <https://www.lawmix.ru/prof/16196>.

2. Bukharitsin P. I., Politov S. A., Luk'ianov Iu. S. Vliianie kolebanii urovnia Kaspiiskogo moria na ekonomicheskoe razvitiie primorskoi chasti Astrakhanskoi oblasti [Influence of the fluctuations of the Caspian Sea level on the economic development of the coastal part of the Astrakhan region]. *Issledovaniia okeanov i morei: trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta*. Moscow, 2008, iss. 211, pp. 460–466.
3. Bukharitsin P. I. Zadachi obespecheniia gidrometeorologicheskoi bezopasnosti v basseine Nizhnei Volgi i Severnogo Kaspiia [Tasks on ensuring the hydrometeorological safety in the basin of the Lower Volga and the Northern Caspian]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Vodnye resursy Volgi: nastoiashchee i budushchee, problemy upravleniia»* (Astrakhan', 3–5 oktiabria 2007 g.). Astrakhan, 2007. Pp. 227–230.
4. Butaev A. M. *Kaspii: zagadki urovnia* [Caspian Sea: level mysteries]. Makhachkala, Izd-vo DGU, 1998. 70 p.
5. Malinin V. N. *Problema prognoza urovnia Kaspiiskogo moria* [Issues of forecasting the Caspian Sea level]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 1994. 160 p.
6. Belyi O. V. *Problemy formirovaniia i organizatsii transportnykh potokov* [Problems of formation and structuring the transport flows]. Saint-Petersburg, «Elmor» Publ., 2010. 120 p.
7. Trifanov V. N. *Invariantnyi statisticheskii analiz i upravlenie v transportnykh sistemakh* [Invariant statistical analysis and control in transport systems]. Saint-Petersburg, «Elmor» Publ., 2003. 192 p.
8. Lukomskaia O. Iu. *Imitatsionnoe modelirovanie protsessa vremiasberegaiushchego obsluzhivaniia potokov v lineinykh transportnykh kommunikatsiakh* [Simulation modeling of the process of time-saving service of the flows in the linear transport communications]. Saint-Petersburg, IKM MTMTS Publ., 2013, Pp. 67–72.
9. Krivitskii S. V., Arkhipov B. V., Solbakov V. V., Solov'ev M. B. Zanosimost' otdel'nykh uchastkov Volgo-Kaspiiskogo morskogo sudokhodnogo kanala [Shoaling of some parts of the Volga-Caspian Sea shipping channel]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta*, 2013, no. 6, pp. 177–188.
10. Novikov V. I., Bukharitsin P. I. Nedostatki sushchestvuiushchei sistemy opoveshcheniia o neblagopriiatnykh prirodnykh i gidrometeorologicheskikh iavleniiah, preiatstvuiushchikh moreplavaniiu i funktsionirovaniiu portov v basseine Kaspiiskogo moria [Disadvantages of the existing system of announcement on unfavorable natural and hydro-meteorological phenomena, preventing from navigation and operations of ports in the Caspian Sea basin]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2010, no. 8, pp. 154–155.
11. *Analiz gruzooborota portov Rossii v 2014 godu: osnovnye itogi* [Analysis of cargo turn-over of ports in Russia in 2014: main results]. Available at: <http://proved-partner.ru/analytics/research/22970-analiz-gpuzoobopota-poptov-possii-v-2014-godu-osnovnye-itogi.html>.
12. *Navigatsionnye uslugi s ispol'zovaniem SUDS* // Available at: http://www.rosmorport.ru/asf_serv_navigation.html.
13. Grishin V. P. *Ob itogakh vypolneniia kompleksnoi nauchno-issledovatel'skoi raboty «Issledovanie vlianiia prirodnykh i khoziaistvennykh uslovii na bezopasnuiu ekspluatatsiiu VKMSK»* [On the results of the complex scientific research work "Study of the influence of natural and economic conditions on safe operations of the Volga-Caspian Sea shipping channel"]. Available at: <http://www.snniip.ru/index.php/novosti/120-29-07-2013-byi-podpisan-akt-sdachi-priemki-kompleksnoj-nir-po-volgo-kaspijskomu-kanalu>.
14. *Mezhdunarodnye pravila preduprezhdeniia stolknovenii sudov v more, 1972 g. MPPSS-72* [International Rules of Preventing Collision at Sea, 1972. COLREGS-72]. Available at: <http://www.mppss.ru/rules/>.
15. Maiorov N. N., Fetisov V. A., Taratun V. E. *Modelirovanie transportnykh protsessov* [Modeling of transport processes]. Saint-Petersburg, Izd-vo GUAP, 2013. 31 p.
16. Maiorov N. N., Fetisov V. A. *Modelirovanie transportnykh sistem* [Modeling of transport systems]. Saint-Petersburg, Izd-vo GUAP, 2011. 165 p.

The article submitted to the editors 23.12.2015

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Boldyrev Nikolay Sergeevich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department "Operation of Water Transport"; nikolay.boldyrev@geodis.com.

Titov Alexey Valerievich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department "Operation of Water Transport"; Pochta_414000@list.ru.

