

УДК 519.872.6

И.В.Белоусов, В.Ф.Самосейко, А.В.Саушев

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ ЧЕРЕЗ ШЛЮЗ

*Государственный университет морского и речного флота  
имени адмирала С.О. Макарова»*

*Представлен алгоритм оптимального управления процессом шлюзования судов. Оптимальное решение задачи управления судопропуском ищется по критерию минимума простоя судов или грузов. Подробно изложено взаимодействие компьютерной системы шлюза с АИС шлюзуемых судов. Описан принцип формирования расписания шлюзований в зависимости от интенсивности потока судов. При составлении расписания шлюзований учитываются приоритеты судов. Проведено сравнение вариантов выбора расписаний шлюзования, определенных человеком и компьютером.*

**Ключевые слова:** оптимизация, расписание, шлюзование, судопропуск, АИС

Интенсивность движения по судоходным шлюзованным каналам имеет тенденцию к увеличению. Соответственно возрастает роль управления шлюзованием судов. Для решения проблем управления судоходством в последнее время интенсивно привлекаются современные информационные технологии. К таким технологиям можно отнести автоматизированную систему управления технологическим процессом шлюзования (АСУ ТП) и автоматическую идентификационную систему (АИС). Системы автоматической идентификации судов являются навигационными системами, предназначенными для обмена навигационной информацией между судами и береговыми службами. Использование этих инновационных технологий позволяет повысить эффективность пропуска судов через шлюз.

Для автоматизации процесса шлюзования и пропуска судов через шлюз, был разработан алгоритм автоматизированного управления.

Компьютерная система шлюза работает в тесном взаимодействии с АИС. Изначально АИС была создана с целью обеспечения безопасности судоходства. Определение местоположения судна осуществляется с помощью приемников ГНСС (ГЛОНАСС/GPS). В соответствии с требованиями международной конвенции SOLAS-74 (глава V «Безопасность мореплавания») все суда водоизмещением более 300 тонн должны быть оборудованы аппаратурой АИС класса А. Также в настоящее время на шлюзах Волго-Балтийского и Волго-Донского водного пути имеются береговые станции АИС. Эти станции соединены сетями передачи данных между собой и с пультами управления на шлюзах.

Таким образом, компьютерная система шлюза получает информацию АИС со всех судов, которые находятся в канале или на подходе к нему.

Компьютерная система шлюза принимает следующие стандартные сообщения АИС [1]:

- извещения о местонахождении (тип сообщений 1, 2, 3);
- статические данные о судне и сведения о рейсе (тип сообщения 5).

Кроме этого, компьютерная система шлюза принимает сообщения, определенные стандартом для систем обнаружения и отслеживания судов на внутренних водных путях [2]. Если судно не передает такие сообщения, то используется информация из сообщений, указанных ранее. Таким образом, компьютерная система шлюза принимает следующие сообщения:

- статические данные о судне внутреннего плавания и сведения о рейсе (тип сообщения 8, функциональный код 10);
- сообщение ETA к шлюзу/мосту/ терминалу (тип сообщения 6, функциональный код 21).

На основании полученной информации компьютерная система определяет суда, которые будут проходить через шлюз. При этом используется информация о пункте назначения судна, его курс, информация о состоянии судна.

Ожидаемое время прибытия судна берется из сообщения ETA. Данное сообщение является не обязательным и многие суда его не передают. В этом случае время прибытия судна рассчитывается на основании его текущего местоположения и скорости. Если судно не передает в систему информацию о скорости своего движения, то она рассчитывается по изменяющимся координатам судна.

При отсутствии необходимой информации вахтенный начальник шлюза может добавить ее вручную.

На основании полученной информации компьютерная система составляет оптимальное расписание шлюзований судов. Оптимальное решение ищется по критерию минимума простоя судов или грузов.

Для составления расписаний шлюзований рассмотрим возможные варианты этого процесса.

1. Шлюзования судов в порядке их подхода к шлюзу. Не подошедшие к шлюзу суда не ожидаются. Данный алгоритм имеет линейную временную вычислительную сложность. Этот вариант использовался для моделирования работы вахтенного начальника шлюза с целью сравнения составленного им расписания, с расписанием, формируемым компьютерной системой.
2. Шлюзования судов в порядке их подхода к шлюзу. Максимально допустимое время ожидания судна рассчитывается в зависимости от интенсивности потоков судов. Данный алгоритм также имеет линейную временную вычислительную сложность и использовался только для моделирования работы вахтенного

начальника шлюза. Для расчета максимально допустимого времени ожидания судна использовалась формула, найденная с использованием теории массового обслуживания [3]. Эта формула может быть использована вахтенным начальником на шлюзе, не оборудованном рассматриваемой компьютерной системой.

3. Шлюзования судов в порядке их подхода к шлюзу. Время ожидания судна не ограничено.
4. Шлюзования судов в порядке их подхода к шлюзу. Время ожидания судна не ограничено. Можно не шлюзовать ожидающее судно.
5. Разрешается шлюзование судов в произвольном порядке с целью снижения времени простоя. Перестановка производится только для судов, находящихся вблизи рейда или причальной стенки.

Все три последних варианта имеют, в худшем случае, экспоненциальную сложность. Однако в процессе работы алгоритма отбрасываются заведомо неоптимальные варианты. И в большинстве практических случаев сложность решения данной задачи оказывается значительно меньше максимально возможной.

При составлении расписания на шлюзе расчет выполняется по алгоритмам с номерами 3, 4 и 5. Затем находится разница в суммарном времени простоя между алгоритмом с большим и меньшим номером. Если эта разница оказывается больше заданной, то расписание формируется по алгоритму с большим номером, в противном случае, расписание формируется по алгоритму с меньшим номером.

Формирование расписания шлюзуемых судов осуществляется в следующей последовательности. На первом этапе алгоритм предполагает учет только пассажирских судов, для которых и составляется расписание. Суда других типов при этом не рассматриваются. Затем составляется расписание для остальных судов. Суда, ожидающие у причальной стенки или на рейде, шлюзуются в порядке их приоритетов. Для этого задается уровень приоритета и максимально допустимое время простоя для каждого типа судна. Данная схема работы алгоритма полностью соответствует правилам пропуска судов и составов через шлюзы внутренних водных путей Российской Федерации [4].

Однако, в тех же правилах указано, что при большом скоплении флота у границ допускается отступление от указанной выше очередности пропуска флота. Для этого при составлении расписания используется зависимость максимально допустимого времени простоя пассажирского судна от интенсивности потока судов. Эта зависимость задается в табличном виде. При этом в строках таблицы указывается допустимое время простоя судна при заданной интенсивности. При составлении расписания производится интерполяция по точкам, задающимся строками

указанной таблицы. В простейшем случае таблица содержит всего одну строку, в которой содержится информация о том, свыше какой интенсивности потока судов разрешается задерживать пассажирские суда и на какое время их можно задерживать. Зависимость в этом случае представляет собой простейшую ступенчатую функцию.

Также есть возможность вместо зависимости от интенсивности потока судов, использовать зависимость от сэкономленного суммарного времени простоя судов.

Рассчитанный порядок и планируемое время начала шлюзования судов выводится на экран пульта управления вахтенного начальника шлюза. Вахтенный начальник может изменить, при необходимости, автоматически сформированное расписание шлюзований. Для каждого судна он может указать либо точное время начала шлюзования этого судна, либо очередность его шлюзования. После этого компьютерная система произведет составление нового расписания с учетом данных изменений. Корректировка производится также в случае, если судно не успевает подойти к назначенному времени начала шлюзования по техническим или иным причинам.

Рекомендуемое время прибытия передается на судно. Для этого с судна ожидается сообщение ETA. Если оно получено, то время прибытия передается в сообщении RTA (тип сообщения 6, функциональный код 22). В противном случае, время прибытия передается в виде текстового сообщения (тип сообщения 12) и ожидается подтверждение его приема. В случае отсутствия подтверждения приема сообщения судном на экран пульта управления вахтенного начальника шлюза выводится информация с просьбой передать рекомендуемое время прибытия по радиосвязи.

Решение о необходимости разведения моста (если такой имеется на шлюзе) принимается автоматизированной системой, на основании надводного габарита судна (из информации АИС) и уровня нижнего бьефа (из данных датчика уровня бьефа АСУ ТП шлюза). В любом случае судоводителю посылается текстовое сообщение «Высота под мостом». Таким образом, время разведения моста становится известно заранее и может быть выведено на информационное электронное табло моста для автомобилей, пересекающих канал.

АСУ ТП шлюза осуществляет автоматическое управление всеми светофорами шлюза на основании информации полученной с АИС и составленного расписания шлюзований. Дальний светофор шлюза автоматически переключается в зависимости от возможности пришвартоваться у причальной стенки. При наличии промежуточного светофора он автоматически переключается в зависимости от наличия встречного судна.

На компьютере вахтенного начальника шлюза осуществляется

автоматическое ведение журнала процесса судопропуска. Также, формируется база данных со статистической информацией. Эта информация включает в себя количество и время шлюзований, водоизмещение и типы шлюзованных судов, уровни бьефов. Имеются различные варианты анализа и вывода этой информации на экран.

Авторами проводилось сравнение вариантов выбора расписаний шлюзования, определенных человеком и компьютером. Анализ работы человека показывает, что при низкой плотности потока судов он достаточно хорошо справляется с определением порядка следования судов через шлюз. Этот порядок практически всегда совпадает с оптимальным вариантом шлюзований, предлагаемым компьютером. При увеличении интенсивности потока судов увеличивается многообразие вариантов шлюзований. В этом случае человек не может перебрать большое количество вариантов шлюзований на большом промежутке времени и решения, принимаемые вахтенным начальником шлюза, не всегда совпадают с расписанием шлюзований, предлагаемом компьютерной системой.

Таким образом, разработка формальных методов принятия управленческих решений и их компьютерная реализация вместе с современными информационными системами позволяют более эффективно управлять процессом шлюзования, а судоводителям планировать скорость движения судов и экономить топливо. Компьютерные технологии позволяют сформировать оптимальное расписание работы шлюзов, уменьшить время простоев судов в ожидании шлюзований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Recommendation ITU-R M.1371-5. Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band. – Geneva: ITU, 2014. – 150 с.
2. International Standard for Tracking and Tracing on Inland Waterways (VTT). Resolution No. 63. – New York, Geneva: United Nations, 2007. – 57 с.
3. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: КомКнига, 2005. – 400 с.
4. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации (Минтранс России) от 3 марта 2014 г. N 58, Москва "Об утверждении Правил пропуска судов через шлюзы внутренних водных путей" // Российская газета. – 2014, 22 авг. – N 6462 (190) – с. 17.

I.V.Belousov, V.F.Samoseyko, A.V.Saushev

**APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGY  
TO CONTROL THE MOVEMENT OF SHIPS THROUGH A LOCK**

*Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping*

*Optimum control algorithm of locking ships is presented. Ship or cargo idleness minimum criteria are used for lock control and ship pass problem. Communications between computer system of the lock and AIS of the ships near the lock are described in details. Optimum scheduling concept is developed depending on ships traffic flow rate. Ships priorities take into account during locking ships scheduling. Computer and human locking ships schedules are compared.*

**Keywords:** optimization, schedule, ship locking process, ship pass, AIS