

УДК 656.62:330.4

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.194>

Декомпозиционный подход к выбору назначений судам при календарном планировании работы речного флота

А.Ю. Платов¹

Ю.И. Платов²

¹*Нижегородский архитектурно-строительный университет, г. Н.Новгород, Россия*

²*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Н.Новгород, Россия*

Аннотация. Статья посвящена проблеме выбора назначения речных грузовых судов при оперативном планировании и регулировании работы флота. Обоснована неприменимость прежних подходов к календарному планированию из-за изменившихся экономических отношений и организационных возможностей судоходных предприятий. Предложена двухступенчатая схема решения задачи назначений. Первая ступень сводится к формированию динамической базовой схемы работы флота, с помощью которой отсекаются невозможные или заведомо неэффективные варианты назначений в текущий плановый период (декада, месяц и т.д.). Использование базовой схемы позволяет разделить сложную комбинаторную задачу определения назначений на две более простых. На второй стадии проводится отбор вариантов из множества, заданного в базовой схеме, на основе имитационного моделирования. Применение имитационной модели позволяет учесть все влияющие на работу флота факторы, в особенности меняющиеся условия плавания, индивидуальные различия между судами, а также динамический характер транспортного процесса.

Ключевые слова: речные суда, работа флота, календарное планирование, имитационное моделирование, декомпозиция комбинаторной задачи, базовая схема использования флота, назначение судов, непрерывное планирование.

Decompositional approach to the choice of appointments for vessels in the calendar planning of river fleet operations

Alexander J. Platov¹

Juri I. Platov²

¹*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The article is devoted to the problem of choosing the application of river cargo vessels in the operational planning and regulation of the fleet. The article substantiates the inapplicability of the previous approaches to calendar planning due to the changed economic relations and organizational capabilities of shipping companies. A two-stage scheme for solving the assignment problem is proposed. The first stage is reduced to the formation of a dynamic basic scheme of the fleet, with the help of which impossible or obviously inefficient options for applications in the current planning period (decade, month, etc.) are cut off. Using the basic scheme allows you to divide the complex combinatorial task of determining assignments into two simpler ones. At the second stage, the selection of options from the set specified in the basic scheme is carried out on the basis of simulation modeling. The use of the simulation model allows us to take into account all the factors that affect the operation of the fleet, in particular the changing navigation conditions, individual differences between vessels, as well as the dynamic nature of the transport process.

Keywords: river vessels, fleet operation, calendar planning, simulation, combinatorial problem decomposition, basic fleet usage scheme, ship assignment, continuous planning

Введение

В XXI веке повышение эффективности управления невозможно без использования информационных технологий (ИТ). Одной из важнейших функций управления на речном транспорте является планирование работы флота. В условиях информатизации это планирование, как обосновано в исследованиях [1], целесообразно осуществлять в рамках непрерывного календарного планирования работы флота (НПРФ). В [1] показано, что в качестве основного инструмента НПРФ предпочтительно использовать имитационное моделирование работы флота (ИМ). Применение ИМ для решения различных задач по управлению работой флота широко освещено в зарубежной литературе [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Однако усилия американских и европейских разработчиков ИМ направлены на аналитические, исследовательские задачи, а также на задачи регулирования судопропуска через систему шлюзов.

Принятие решений по выбору назначений судам при использовании ИМ является центральным моментом планирования работы флота и непростой задачей. Сложность заключается в формализации технологических схем принятия решений, применяемых на практике, которые представляют собой многошаговый и многоплановый процесс, не содержащий свода жёстких правил и оставляющий место для творческой деятельности лицу, принимающему решения (ЛПР). Более того, ЛПР может содействовать повышению эффективности назначений судам, что вообще невозможно реализовать в алгоритмах.

Вследствие этого алгоритм выбора всегда является эвристическим, уникальным и зависит от критериев и характера решаемых задач, а также от модели экономики на уровне страны. Поэтому ранее предложенные алгоритмы выбора назначения судам, например, в работах [11,12, 13], предназначенные для разных уровней планирования, невозможно использовать в современных условиях. Главной задачей в тех условиях было согласование провозной способности флота и пропускной способности причалов, а критерием – минимизация простоев судов. Решение такой задачи было направлено не только на снижение расходов, но и на повышение производительности работы флота. Эта задача в разной степени была реализуемой при централизованном управлении и согласованном взаимодействии небольшого числа пароходств на единой методической основе в разных бассейнах.

Напротив, в настоящее время в условиях конкуренции между многими судоходными предприятиями (СП) взаимодействие последних сведено к минимуму, так как в технологическом процессе перевозок грузов участвуют многие субъекты, в том числе причалы, как общего пользования, так и принадлежащие отдельным грузовладельцам или зафрахтованными ими (морские накопители). При этом технологии планирования перевозок грузов и работы флота определяются законодательством РФ и в большей степени грузовладельцами во взаимодействии с СП. В частности, формирование графиков подачи судов под погрузку производится для разных периодов навигации, чаще на месяц и декаду, по объявленным грузовладельцами датам и партиям отправок грузов. В некоторых случаях согласовываются и графики прибытия груженых судов. Поэтому при выработке решений по назначению судам снизилась возможность их оптимизации и повысилась вариантность алгоритмизации их относительно разных взаимоотношений СП и грузовладельцев.

В данной статье в рамках единого подхода излагается один из вариантов выбора назначения судам применительно к современным условиям организации работы флота и перевозок грузов. Главным инструментарием является интегрирующая имитационная модель, описанная в [1] и позволяющая реализовывать многократно

НПРФ, исходя из потребности адекватности расчета планов и технологии для разных периодов.

Этапы планирования и их задачи

Для навигационного периода (а при необходимости и месячного) целью планирования является определение потребности в ресурсах (судов, эксплуатационных расходов, топлива и др.). При этом выборе назначений судам предшествует расстановка судов по участкам работы [1], а сам выбор производится исходя из допущения равномерного отправления грузов. При этом неравномерность и неопределенность при определении потребности в ресурсах учитываются соответствующими резервами.

Для краткосрочных периодов окончательный выбор назначений является многоэтапным процессом, осуществляемым как минимум два этапа: при формировании графика подачи судов в пункты погрузки и после его согласования с грузовладельцами. Целью первого этапа является проверка возможности полного или частичного отправления заявленных объемов грузов имеющимися ресурсами флота. Такая проверка может осуществляться повторно после привлечения дополнительных судов или их вывода при излишках тоннажа. На втором этапе формируется окончательный график подачи судов в пункты погрузки, а также прогноз прибытия в пункты выгрузки. На основании этого прогноза формируются при необходимости и графики подачи судов в пункты погрузки.

Таким образом, эвристический алгоритм выбора назначений судам, кроме дислокации судов на начало периода, их ввода в эксплуатацию и вывода на холодный отстой в плановом периоде должен учитывать план отправления грузов и их освоение.

Динамическая базовая схема использования флота

Учет приведенной выше информации и условий её использования является сложной задачей формализации и поэтому она разделяется на ряд более простых, т.е. требуется декомпозиция общей задачи назначений.

Такая декомпозиция осуществляется, в первую очередь, на основе динамической базовой схемы использования флота (ДБС), учитывающей текущие экономические и эксплуатационные условия работы флота и перевозок. ДБС формируется каждый раз в начале расчётов, когда задаются план отправления грузов, наличие судов, а также и условия плавания (изменение глубин судового хода, скорости течений) и продолжительности времени технологических операций. Порядок формирования ДБС представляет собой перебор всех направлений грузоперевозок, которые можно получить из плана перевозок грузов. При этом определяется оптимальное сочетание грузопотоков для сокращения порожних пробегов, а также производится отбор возможных судов для освоения этих грузопотоков с учетом совместимости перевозки груза в одном судне.

Необходимо отметить, что замысел по использованию базовой схемы, изложенный в работах [14,15,], сходен с предлагаемым в данной статье в идее декомпозиции задачи планирования, но принципиально отличается как по назначению, содержанию информации, а также и автоматизации формирования схемы при изменениях состава флота и условий плавания. В этих работах предлагалось использовать статическую базовую схему для расстановки флота по участкам работы на навигационный период, которая не учитывала вышеупомянутые изменения.

Для определения возможности эксплуатации судов на рассматриваемом участке используется перечень дополнительных условий, в первую очередь, соответствие судна району плавания и габаритам пути и др. Если все условия согласно этому перечню выполняются, то рассматриваемое судно может быть задействовано на

перевозках по освоению рассматриваемого грузопотока (грузопотоков), и это судно попадает в ДБС. В целом ДБС описывается как совокупность трёх информационных структур: списка рабочего ядра флота, списка грузовых потоков и списка схем сочетания.

Рабочее ядро флота – это список судов, для которых известно время ввода в эксплуатацию $t_{\text{ввод}}$ и вывода из эксплуатации $t_{\text{вывод}}$:

$$\{v\}_{\text{раб}} = \{v, t_{\text{ввод}}, t_{\text{вывод}}\} \quad (1)$$

где v – характеристики судна (состава).

Список грузовых потоков – это список, который можно представить в виде следующего выражения:

$$\{f\} = \{g, G, p_{\text{нач}}, p_{\text{кон}}, c, t_{\text{нач}}, t_{\text{кон}}, \{s\}\} \quad (2)$$

где g – характеристики груза, G – объем перевозок, тыс.т; $p_{\text{нач}}$ и $p_{\text{кон}}$ – пункты отправления и назначения; c – цепочка водных путей, $t_{\text{нач}}$ и $t_{\text{кон}}$ – период предъявления груза, $\{s\}$ – список схем сочетаний.

Цепочка водных путей представляет собой массив характеристик элементарных участков водного пути от $p_{\text{нач}}$ до $p_{\text{кон}}$. Эти характеристики включают в себя протяжённости элементарных участков, их глубины, скорости течений, стеснённости фарватера, а также средние температуры воздуха и воды. Цепочки водных путей строятся по алгоритму, описанному в работе [1]. Эти характеристики необходимы для нормирования скорости и расхода топлива судов и составов.

Список схем сочетания – это список, который можно представить в виде следующего выражения:

$$\{s\} = \{\{v\}, t_{\text{нач}}, t_{\text{кон}}, f_{\text{пр}}, f_{\text{об}}\}, \quad (3)$$

где $\{v\}$ - множество судов, которые могут участвовать в движении по данному сочетанию, $f_{\text{пр}}$ и $f_{\text{об}}$ – прямой и обратный «грузовые потоки» из списка грузовых потоков.

Общий алгоритм построения базовой схемы

Формально построение базовой схемы означает формирование двух списков: «грузовых потоков» и «схем сочетания».

Список «грузовых потоков» получается напрямую из плана, представленного в виде корреспонденции перевозок.

Для вычисления списка схем сочетаний используется следующий двухэтапный алгоритм, на входе которого используется рабочее ядро флота, цепочка водных путей, список грузовых потоков.

На первом этапе производится сортировка списка «грузовых потоков» по убыванию протяжённости маршрута от $p_{\text{нач}}$ и $p_{\text{кон}}$. После этого осуществляется попарный перебор сортированного списка грузовых потоков, где на каждом шаге проверяются следующие условия сочетания.

Если протяжённость цепочки c первого в паре потока больше удвоенной протяжённости цепочки второго потока, то переходим к следующей паре.

Если периоды предъявления груза в первом и втором грузовых потоках не пересекаются, то переходим к следующей паре.

Если начальный пункт первого грузового потока совпадает с конечным пунктом второго, то образуется новое сочетание, а данные потоки более не рассматриваются. И так далее. В результате получается список сочетаний с множествами $\{v\}$.

На втором этапе производится определение множества $\{v\}$ для каждого элемента списка $\{s\}$. Для этого осуществляется попарный перебор списка судов рабочего ядра и списка сочетаний, в котором определяется возможность назначений судна на данное

сочетание направлений. При этом проверяются: соответствие класса судна разряду участка водного пути согласно Российскому Речному Регистру и пригодность использования судов для перевозки определенных грузов, в том числе с учетом совместимости их перевозки.

Алгоритм назначений судов

После построения базовой схемы производится определение назначений судам на заданный период планирования T_3 . Переменное значение T_3 позволяет гибче реагировать на изменения эксплуатационной обстановки, не ограничиваясь каким-то фиксированным циклом планирования (например, декадным).

Процесс построения назначений может быть схематически изображен так, как на рис.1.

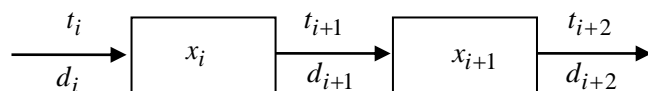


Рис.1. Схема расчёта назначений в процессе НПРФ

Принятие решения x_i по назначению основано на использовании текущей дислокации d_i , а также списка грузовых потоков $\{f\}$, списка схем сочетания $\{s\}$, множества судов $\{v\}$ и моментов «окон» отправления грузов в каждый момент времени t_i , когда принимается решение. Если не происходит больших отклонений от плана, то время между t_i и t_{i+1} равно периоду планирования T_3 .

Дислокация d_i обновляется при необходимости на начало T_3 и содержит следующие данные по каждому судну: координаты на графе водных путей, состояние судна (в грузу, порожнем), род груза, находящегося или находившегося в судне (в порожнем состоянии), и текущая операция.

Управление x_i представляет собой совокупность судов, грузопотоков, на которые назначается каждое судно, пунктов отправления, а также плановых продолжительностей всех операций и ожиданий в течение рейса.

В функциональной форме процесс расчёта назначений можно представить в виде

$$d_{i+1} = f_d(x_i, d_i); t_{i+1} = f_t(x_i, d_i); x_{i+1} = f_x(x_i, d_i), \quad (4)$$

где f_d, f_t, f_x – операторы, выполняемые с помощью ИМ.

На каждом шаге всегда осуществляется проверки прибытия судов независимо от их состояния. Если прибытие судов прогнозируется позже T_3 , то такие суда не рассматриваются в заданном плановом периоде.

На первом этапе каждого шага выполняется прогноз прибытия порожних и груженых судов, отраженных в дислокации и имеющих назначения. Для всех порожних судов находят моменты отправления грузов, указанных в графике и совпадающих с моментами прибытия судов с заданными допусками раннего и позднего прибытия. Затем в процессе работы ИМ определяются загрузка судов, продолжительность всех операций и моменты отправления груженого судна в пункт соответствующих плановым отправкам и их прибытие, корректируются график отправки грузов и общий объем планируемого груза на заданный период. На этом же этапе аналогично для всех груженых судов определяются продолжительность всех операций и моменты отправления уже порожних судов.

На втором этапе определяются все возможные назначения, в том числе и вновь вводимых судов. Назначения определяются по списку схем сочетаний $\{s\}$, а, следовательно, автоматически определяются пункты назначения для освоения

обратных грузовых потоков, строятся цепочки водных путей по каждому назначению, и исключаются все встречные порожние пробеги судов. На основе назначений находится прогноз прибытия порожних судов в пункты назначения, которые просматриваются последовательно по определенному установленному порядку.

Наиболее целесообразный порядок рассмотрения пунктов с позиций максимального согласования моментов отправления груза и прибытий судов осуществляется с первого пункта с меньшим объёмом отправления к пункту с большим объёмом. Далее по каждому пункту погрузки, моменты прибытий сравниваются с моментами, указанными в графике отправления грузов. Из всех возможных судов выбираются те суда, у которых моменты прибытия максимально приближены к моментам, указанным в графике отправления грузов как в прямом, так и обратном направлениях. Из нескольких претендентов на одну отправку выбирается одно судно с минимальным порожним пробегом. Производится «зануление» как выбранного судна из всех других назначений, так и всех судов – претендентов в этом пункте. Затем, как и на первом этапе, корректируются график отправки грузов и общий объем планируемого груза за заданный период, формируется промежуточная дислокация флота для следующего шага. По окончании формирования дислокации, осуществляется переход к последующему шагу до тех пор, пока не заканчивается заданный период.

При окончании назначений возможно возникновение различных ситуаций, требующих дополнительного согласования: не освоены все заявки и имеются не назначенные суда; освоены все заявки и имеются не назначенные суда; не освоены все заявки и не имеется судов без назначений.

В первой ситуации в приоритетном порядке осуществляется назначение судов и освоение заявок, если это возможно: а) с более ранним прибытием и экономией расходов на топливо за счет увеличения ходового времени и более позднего прибытия; б) передислокации совместимых судов на другие схемы, из-за чего возникают затраты на передислокацию за счет увеличения порожнего пробега судов (возможно и встречного).

Вторая и третья ситуации регулируются для последующих этапов моделирования путем корректировки специалистом первоначальной дислокации судов и ядра флота. Такое регулирование осуществляется путем изменения моментов ввода и вывода судов (в том числе выводом на холодный отстой и вводом из холодного отстоя, изменение сроков аренды судов и т.д.), согласования с грузовладельцами плана отправления в целом и графика отправления. С учетом этого пересчитывается динамическая базовая схема.

В результате наличия нескольких вариантов функционирования ИМ формируется план работы флота как совокупность планов работы каждого отдельного судна со всеми моментами начала и окончания технологических операций. На этой основе формируются необходимые показатели перевозок и работы флота.

Заключение

Описанный алгоритм определения назначений судов позволяет выполнять календарное планирование работы речного грузового флота с максимальной степенью соответствия реальному транспортному процессу. Использование имитационной модели обеспечивает учёт всех влияющих факторов, не учитываемых при обычном способе планирования, таких как меняющиеся условия плавания, индивидуальные различия между судами, динамический характер транспортного процесса. Введение базовой схемы позволяет разделить сложную комбинаторную задачу определения назначений на две более простых.

При формировании назначений учёт пропускных способностей причалов возможен на внешнем уровне управления при пересчете динамической базовой схемы и составлении первоначальных графиков подачи судов под погрузку, что безусловно

снижает адекватность, которая компенсируется возможностью многократных пересчетов календарного плана.

Реализация такого способа планирования требует достаточно высокого уровня автоматизации управления работой флота. Наибольший эффект от подобного планирования может быть получен при функционировании отраслевой централизованной системы отображения дислокации судов и состояния причалов, объемов перевозок грузов и т.д.

Список литературы

1. Платов А.Ю. Методы оперативного планирования работы речного грузового флота в современных условиях. Н.Новгород: ВГАВТ, 2009. 155 с.
2. Linying Chen, Junmin Mou, Han Ligteringen. Simulation of Traffic Capacity of Inland Waterway Network. International Workshop on Next Generation Nautical Traffic Models. Delft, The Netherlands. 2013. URL: https://www.researchgate.net/publication/324543642_Simulation_of_Traffic_Capacity_of_Inland_Waterway_Network.
3. Fischer N., Treiber M., Söhngen B. Modeling and simulating traffic flow on inland waterways. PIANC World Congress San Francisco, USA 2014 URL: <https://mtreiber.de/publications/FischerTreiberSoehngenPIANC2014.pdf>
4. Kreis D., Sturgill R.E., Howell B.K., Van Dyke C.W., Voss D.S. Waterway Operational Model & Simulation Along the Ohio River. University of Kentucky, Kentucky Transportation Center. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.13023/KTC.RR.2014.13>.
5. Gimbel J. H. Waterway Systems Simulation: Volume II—WATSIM: A Waterway Transport Simulator. Report TTSC 7109, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971, pp. 197.
6. Hayward J. C. Waterway Systems Simulation: Volume IV—LOKSIM: A Multiple Chamber Lock Simulation Model. Report TTSC 7111, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971. - 93 pp.
7. Herendeen J.Jr., Staadeker P.J. Waterway Systems Simulation: Volume VI — Application of System Simulation Models. Ohio River Navigation Study. Report TTSC 7113, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.
8. Hinnenthal J., Harries S. A Systematic Study on Posing and Solving the Problem of Pareto Optimal Ship Routing. 3rd International Conference on Computer Applications and Information Technology in Maritime Industries (COMPIT 2004). Siguensa, Spain, 2004. P. 27-35.
9. Rea J.C., Nowading D.C. Waterway Systems Simulation: Volume V—Simulation of Multiple Channel Deep Draft Navigation Systems. Report TTSC 7112, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.
10. Waterway Analysis Model (WAM). User Manual. Shallow Draft Version, NESP Reports. Huntington, West Virginia, 2007.
11. Ширяев Е.В. К вопросу разработки алгоритма расчёта декадного плана работы флота // Труды ГИИВТ. Горький, 1967. Вып. 84. С. 22-32.
12. Платов Ю.И. Алгоритм выбора назначений судам при оперативном регулировании работы флота // Труды ГИИВТ. Горький, 1983. Вып. 195. С. 3-10.
13. Бутов А.С., Кока Н.Г. Имитационное моделирование работы флота на ЭВМ. М.: Транспорт, 1987. 111 с.
14. Рьжов Л. М., Пьяных С.М., Пигалова Н.В. Метод разработки базовой схемы графика движения флота // Труды ГИИВТ. Горький, 1975. Вып. 146. С. 70-75.
15. Золотов В.В., Иванов В.М. Алгоритм автоматизированного формирования базовой схемы освоения плановых грузопотоков // Труды ГИИВТ, Горький, 1980. Вып. 173, ч. 1. С. 66-71.

References

1. Platov A.YU. Metody operativnogo planirovaniya raboty rechnogo gruzovogo flota v sovremennykh usloviyakh [Methods of operational planning of the river cargo fleet in modern conditions]. N.Novgorod: VGAVT, 2009. pp. 155. (In Russ)
2. Linying Chen, Junmin Mou, Han Ligteringen. Simulation of Traffic Capacity of Inland Waterway Network. International Workshop on Next Generation Nautical Traffic Models. Delft, The Netherlands. 2013. URL:

https://www.researchgate.net/publication/324543642_Simulation_of_Traffic_Capacity_of_Inland_Waterway_Network.

3. Fischer N., Treiber M., Söhngen B. Modeling and simulating traffic flow on inland waterways.

PIANC World Congress San Francisco, USA 2014 URL:

<https://mtreiber.de/publications/FischerTreiberSoehngenPIANC2014.pdf>

4. Kreis D., Sturgill R.E., Howell B.K., Van Dyke C.W., Voss D.S. Waterway Operational Model & Simulation Along the Ohio River. University of Kentucky, Kentucky Transportation Center. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.13023/KTC.RR.2014.13>.

5. Gimbel J. H. Waterway Systems Simulation: Volume II—WATSIM: A Waterway Transport Simulator. Report TTSC 7109, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971, pp. 197.

6. Hayward J. C. Waterway Systems Simulation: Volume IV—LOKSIM: A Multiple Chamber Lock Simulation Model. Report TTSC 7111, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971. - 93 pp.

7. Herendeen J.Jr., Staadeker P.J. Waterway Systems Simulation: Volume VI — Application of System Simulation Models. Ohio River Navigation Study. Report TTSC 7113, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.

8. Hinnenthal J., Harries S. A Systematic Study on Posing and Solving the Problem of Pareto Optimal Ship Routing. 3rd International Conference on Computer Applications and Information Technology in Maritime Industries (COMPIT 2004). Sigüenza, Spain, 2004. P. 27-35.

9. Rea J.C., Nowading D.C. Waterway Systems Simulation: Volume V—Simulation of Multiple Channel Deep Draft Navigation Systems. Report TTSC 7112, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.

10. Waterway Analysis Model (WAM). User Manual. Shallow Draft Version, NESP Reports. Huntington, West Virginia, 2007.

11. Shiryayev E.V. K voprosu razrabotki algoritma rascheta dekadnogo plana raboty flota [On the issue of developing an algorithm for calculating the decadal fleet work plan] Trudy GIIVT. Gor'kii, 1967. Vyp. 84. pp. 22-32. (In Russ)

12. Platov YU.I. Algoritm vybora naznacheniya sudam pri operativnom regulirovanii raboty flota [The algorithm for selecting assignments for ships in the operational regulation of the fleet] Trudy GIIVT. Gor'kii, 1983. Vyp. 195. pp. 3-10. (In Russ)

13. Butov A.S. Imitatsionnoye modelirovaniye raboty flota na EHVМ [Simulation of fleet operation on a computer] M.: Transport, 1987. 111 p. (In Russ)

14. Ryzhov L. M., Pyanykh S.M., Pigalova N.V. Metod razrabotki bazovoi skhemy grafi-ka dvizheniya flota [Method for developing the basic scheme of the fleet movement schedule] Trudy GIIVT. Gor'kii, 1975. Vyp. 146. pp. 70-75. (In Russ)

15. Zolotov V.V., Ivanov V.M. Algoritm avtomatizirovannogo formirovaniya bazovoi skhemy osvoeniya planovykh gruzopotokov [Algorithm of automated formation of the basic scheme of development of planned cargo flows] Trudy GIIVT, Gor'kii, 1980. Vyp. 173, ch. 1. pp. 66-71. (In Russ)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Платов Александр Юрьевич, д.т.н., доцент, зав. кафедрой прикладной информатики и статистики, Нижегородский архитектурно-строительный университет (ФГОУ ВО «ННГАСУ»), 603950, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65, e-mail: plato1@mail.ru

Alexander J. Platov, Dr. Sci. Tech, head of Applied Informatics and Statistic Chair, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 603950, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya st., 65

Платов Юрий Иванович, д.т.н., проф., профессор кафедры управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: plato1@yandex.ru

Juri I. Platov, Dr. Sci. Tech, professor of Transport Management Chair, Volga State University of Water Transport, 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova st., 5

Статья поступила в редакцию 22.04.2021; опубликована онлайн 15.06.2021

Received 22.04.2021; published online 15.06.2021