

УДК 656.62:330.4  
DOI: 10.37890/jwt.vi71.254

## **Концепция системы оперативного планирования отправления грузов из портов на внутренних водных путях**

**А.Ю. Платов**<sup>1</sup>  
ORCID: 0000-0002-4589-0348

**Ю.И. Платов**<sup>2</sup>  
ORCID: 0000-0003-1758-1684

<sup>1</sup>*Нижегородский архитектурно-строительный университет, г. Н.Новгород, Россия*

<sup>2</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** Статья посвящена описанию основных информационных и алгоритмических решений, необходимых для реализации системы оперативного планирования отправления грузов речными судами. Существующая в настоящее время концепция системы оперативного планирования касается только отправления судов и составов, то есть такие системы предназначались для использования судовладельцами. Предлагаемая в статье концепция определяет основные черты системы, предназначенной для грузовладельцев. Рассмотрены основные алгоритмы принятия решений, а также необходимая для реализации системы информационная база.

**Ключевые слова:** оперативное планирование, речные перевозки, системы поддержки и принятия решений, план отправления грузов, эксплуатационные затраты, грузовладельцы, судовладельцы, согласование управления.

## **The concept of the operational planning system for the dispatch of goods from ports on inland waterways**

**Alexander J. Platov**<sup>1</sup>  
ORCID: 0000-0002-4589-0348

**Juri I. Platov**<sup>2</sup>  
ORCID: 0000-0003-1758-1684

<sup>1</sup>*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering*

<sup>2</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract** The article is devoted to the description of the main informational and algorithmic solutions necessary for the implementation of the operational planning system for the dispatch of goods by river vessels. The current concept of the operational planning system concerns only the ship departure intended for use by ship owners. The concept proposed in the article defines the main features of the system intended for cargo owners. The main decision-making algorithms, as well as the information base necessary for the system operation, are considered.

**Keywords:** operational planning, river shipment, decision support systems, cargo departure plan, operating costs, cargo owners, ship owners, management coordination.

## **Введение**

Основной задачей оперативного планирования отправления грузов в речных судах в условиях как рыночной, так плановой экономики является принятие согласованных решений между грузовладельцами (фрахтователями) и судоходными предприятиями (СП). Предшествующим этапом отправления грузов является выбор назначений судам и составам (ВНС) в пункты отправления. Данной задаче посвящено множество работ, разрабатывающих методы ВНС для условий централизованного управления, например [1, 2]. Для современных условий хозяйствования предлагался метод ВНС в составе непрерывного планирования работы речного флота [3]. При этом инструментом реализации служила интегрирующая имитационная модель.

Однако несмотря на сходство между различными решениями задачи ВНС на методологию выбора решения существенно влияют условия хозяйствования и, в частности, текущее федеральное законодательство (Федеральные законы N 223-ФЗ от 18.07.2011 и N 44-ФЗ от 05.04.2013).

До 2011 г. в качестве ведущего субъекта планирования работы флота выступало СП, назначение судам определялось на основе предварительных заявок на перевозку грузов, а затем план отправок согласовывался при учёте взаимных интересов с грузовладельцами. При этом судовладельцы координировали работу флота между собой, ставя задачу повышения эффективности работы флота. Главными задачами в тех условиях являлись: минимизация порожних пробегов и простоев судов, направленных на снижение непроизводительных расходов и повышение производительности работы флота. Аналогичные цели возможно реализовывать и в настоящее время только в том случае, если грузовладельцы или суда принадлежат единой корпорации, имеющей собственные причалы и управленческие транспортные структуры, например ООО «ЛУКОЙЛ-Транс».

В общем же случае при современном законодательстве план отправления грузов и выбор участников перевозок определяется грузовладельцами на основе тендеров. При этом грузовладельца интересует уменьшение стоимости перевозки за счёт выбора СП с меньшей ставкой фрахта, а также обеспечения качества перевозок грузов, исходя из технического состояния судов. В этом случае дислокация судов и прогноз их прибытия под погрузку для грузовладельца если важен, то только в части уменьшения простоев по его вине и как следствие оплаты демереджа. После выбора СП по объявленным грузовладельцами датам и партиям отправок грузов согласование отправок грузов и формирование графиков подачи судов под погрузку производится чаще всего на период декады и иногда – на месяц. В некоторых случаях согласовываются и графики прибытия гружёных судов, особенно, когда в цепочке перевозки участвует не один судовладелец, а несколько.

В общем случае, если рассматривать технологический процесс перевозок грузов в целом, то в нем участвуют многие субъекты, в том числе причалы как общего пользования, так и принадлежащие отдельным грузовладельцам или зафрахтованные последними (морские накопители). Их взаимодействие в условиях конкуренции сведено к минимуму.

Одновременно повысилась вариантность и снизилась эффективность принятия решений по отправлению грузов и назначению судов. Повышение их эффективности в условиях конкуренции, по нашему мнению, возможно даже исходя из критериев грузоотправителя (фрахтователя) с возможным учётом интересов перевозчиков (судовладельцев). Такое взаимодействие является возможным и продуктивным при применении ИТ. Тем более такая потребность имеется у отдельных крупных грузоотправителей, осуществляющих перевозки водным транспортом.

Можно заметить, что идея интеграции управления на основе автоматизированных систем сама по себе не нова [4]. Но конкретные реализации этой идеи применительно к водному транспорту касаются в основном планирования работы портов [5,6] или управления движением судна [7].

Поэтому реализация системы оперативного планирования отправления грузов на речных судах в виде автоматизированной системы поддержки и принятия решений (СППР) является актуальной проблемой. В данной статье предлагается концепция такой системы для грузоотправителя и его критериев ВНС. Излагаемая концепция предполагает также создание условий для повышения уровня кооперации СП, грузовладельцев, и других субъектов, участвующих в перевозке грузов (согласованное управление).

### **Концептуальный состав информационной базы системы планирования**

Система планирования, реализуемая с помощью ИТ, как и любая информационная система, и в частности, система поддержки и принятия решений (СППР) вообще состоит из ряда обеспечивающих подсистем, к которым относятся, в частности, подсистемы информационного, математического и программного обеспечения [8]. Центральным элементом информационного обеспечения является база данных или информационная база (ИБ).

В состав ИБ системы, ориентированной на грузоотправителя, должны входить данные, в общем аналогичные тем, которые нужны для ИБ системы оперативного планирования работы флота СП.

В этот набор входят группы файлов, разделённых на условно-постоянные (справочные) и оперативные, содержащие входные, промежуточные и выходные данные.

Группа справочных входных файлов содержит информацию о водных путях: графы водных путей; морских и озёрных расстояний; путевых условий; пунктов обработки и проследования; маршрутов плавания.

Файл пунктов обработки и проследования в основном используется для отображения координат судов или узлов транспортной системы (портов, шлюзов) в форму приемлемую для восприятия, то есть привязку к названиям пунктов.

Файл маршрутов плавания содержат сведения о маршрутах плавания по всем рекам и озёрам европейской части РФ, а также по Черному, Азовскому, Средиземному, Балтийскому, Северному морям.

Вторая группа справочных входных файлов содержит информацию о технических и эксплуатационных параметрах грузовых судов: судовых двигателей и котлов; систем подогрева технических параметров проектов барж, толкачей, самоходных грузовых судов и типовых составов.

Файлы, используемые для нормирования, скорости и расхода топлива дополнительно могут содержать также информацию для определения степени обрастания судов при движении на морях, а также среднюю температуру воды и воздуха, необходимую для вычисления расхода топлива на судна и на подогрев высоковязких нефтегрузов.

Третья группа справочных входных файлов содержит данные об узлах транспортной системы и включает в себя описание: шлюзов (ГЭС), затруднительных участков пути, причалов и морских накопителей.

Четвёртая группа справочных входных файлов служит для описания типовых технологических процессов и включает в свой состав характеристики грузов, типовых операций.

Входная оперативная информация складывается из следующих четырех групп файлов.

Первая группа оперативных входных файлов содержит экономические сведения (величины ставок сборов за прохождение ВВП, цене топлива, расходы по содержанию судов и др.).

Вторая группа оперативных входных файлов содержит информацию о текущих путевых условиях и включает в себя: файл текущего расхода воды в ГЭС, файл текущих уровней воды на водомерных постах.

Эта информация используется для пересчёта текущих глубин и течений. При её отсутствии используются усреднённые значения глубин и течений.

Третья группа оперативных файлов содержит сведения о плане отправления грузов, дислокации судов, участвующих в тендере.

Четвертая группа включает сведения об отправления грузов, объявляемых в тендере. Они содержат данные либо в виде корреспонденции грузопотоков каждого рода груза, предназначенных к отправлению, либо график отправления по родам грузов, с указанием величины отправки примерно равной загрузке типового судна и моментов отправления. В первом случае задаётся среднее количество груза для отправки, также с учётом средней загрузки судна, а моменты отправления находятся через средний интервал отправления груза. В этих же данных указывается число причалов погрузки данного рода груза из имеющихся в пункте отправления, При этом число причалов может указываться несколько раз, если они специализируются на погрузке нескольких рядов грузов (специализация указывается в нормативно-справочной информации).

Выходная информация формируется, исходя из потребности пользователя, и содержит как сведения об отправлении грузов и судов и прибытия их в пункты назначения. Также могут рассчитываться различные плановые данные, о работе флота на заданный период.

### **Общее описание методики планирования**

Алгоритм планирования включает в себя три этапа, которые осуществляются последовательными итерациями в диалоговом режиме.

На первом подготовительном этапе при необходимости вносятся изменения условий плавания (глубин судового хода, скорости течений) и продолжительности времени технологических операций, а затем на основе отправления грузов и дислокации судов, участвующих в тендере, формируется динамическая базовая схема использования флота (ДБС) [3]. ДБС представляет собой набор всех оптимальных сочетаний грузопотоков, которые можно получить из плана отправления грузов. В этом наборе исключены встречные порожние пробеги, учтена совместимость перевозки груза в одном судне, районы плавания, габариты пути и др. Дислокация судов, участвующих в тендере выступает, по сути, в роли рабочего ядра флота. При этом из дислокации исключаются суда, которые не обеспечивают должный уровень качества перевозок грузов.

На втором этапе планирования осуществляется прогнозирование работы судов на заданный период. Алгоритм прогнозирования состоит из ряда шагов и на каждом шаге производится отбор судов, которые могут быть включены в план отправлений грузов.

На первом шаге производится прогноз прибытия гружёных судов, отражённых в дислокации, определяются продолжительности всех операций в пункте выгрузки, время движения до пункта погрузки, то есть в итоге моменты прибытия порожних судов в каждый пункт отправления груза в соответствии с ДБС. Суда, момент

прибытия которых оказывается позже заданного периода прогнозирования, исключаются из дальнейшего рассмотрения. Суда, момент прибытия которых раньше заданного периода считаются зарезервированными и рассматриваются на четвёртом этапе в диалоговом режиме.

На втором шаге для всех порожних судов, указанных в дислокации, определяются пункты отправления груза также в соответствии с ДБС и моменты их прибытия под разгрузку. Суда, момент прибытия которых оказывается позже заданного периода, исключаются из дальнейшего рассмотрения. Суда, момент прибытия которых раньше заданного периода также считаются зарезервированными и рассматриваются на четвёртом этапе в диалоговом режиме.

Таким образом, после этих двух шагов в каждом пункте отправления определено множество претендентов (порожних судов) для отправления грузов, и моменты их прибытия под погрузку.

На третьем шаге этапа прогнозирования работы судов производится выбор судов для заявленного к отправлению груза из всех претендентов следующим образом. Для каждой отправки партии каждого рода груза и каждого причала задаются моменты начала и конца так называемых окон прибытия судов. Все суда, моменты прибытия которых находятся вне окон прибытия, далее не рассматриваются.

Из оставшихся судов совместимых с перевозкой данного груза, выбирается судно с минимальным значением фрахта, а если с минимальным фрахтом таких судов несколько, то из них выбирается такое судно, у которого наиболее ранний момент прибытия в рамках окна.

Если в результате отбора претендент, соответствующий этим условиям отправки некоторой партии груза, не находится, то отправка этой партии является неосуществимой.

В случае нахождения претендента определяется загрузка судна и при загрузке меньше массы отправки, остаток от данной отправки присоединяется к следующей отправки. В противном случае загрузка будет равна массе отправки.

В результате последовательного перебора всех отправок по данному пункту погрузки все найденные для отправки суда удаляются из прогноза прибытий других пунктов. Порядок просмотра пунктов отправления принимается от меньшего по массе отправления груза, к большему в соответствии с принципом, изложенным в [2].

На четвёртом шаге информация выдаётся пользователю для анализа и возможной корректировки: моментов и массы отправок, «окон» прибытия судов, а также для назначения зарезервированных судов. Затем второй и третий шаги могут быть повторены. Этот диалоговый процесс может продолжаться до приемлемого результата для грузоотправителя.

На третьем этапе выполняется согласование предварительного плана отправления с судовладельцами (фрахтователями). На этом этапе совместно согласовываются самые различные ситуации: могут быть освоены не все заявки, могут быть не назначены суда и т.д. Согласование предполагает изменение как дислокации судов (ввод, вывод, сроков аренды судов и т.д.), так и заявок на отправление грузов.

После третьего этапа также могут быть внесены изменения, и тогда второй этап может быть выполнен повторно.

После третьего этапа формируется план отправления грузов, а также выдаётся выходная информация, которая, как было отмечено выше, может быть самой различной, исходя из потребности пользователя.

### **Специальные методы и алгоритмы моделирования**

Изложенный выше подход к планированию является, на наш взгляд, простым и не требует таких сложных алгоритмов моделирования работы флота, которые приведены в [9]. Разработка соответствующего программного обеспечения также представляется несложной, в том числе со стороны организации диалога с пользователем, создания нормативно-справочной информации и т.д.

Однако для обеспечения эффективности предлагаемых решений как в смысле эффективности их реализации, так и в смысле оптимизации работы флота требуется применение проверенных на практике специальных методов и алгоритмов. К ним относится графовая модель водных путей, а также модели оптимизации режима движения судов.

Графовая модель обеспечивает формирование цепочек водных путей следования судна, а также и расстояний между двумя любыми пунктами. Использование такой модели позволяет реализовать эффективные программы для описанных выше алгоритмов.

Из существующих решений, позволяющих описывать внутренние водные пути, можно назвать, например, американский стандарт CSDGM или европейский стандарт Inland ENC. Этими стандартами предусматривается описание профиля русла реки, судового хода и прочих данных, необходимых для навигации.

Однако опыт использования таких подходов для решения задач планирования работы флота следует признать крайне неудачным. Он был получен при разработке тренажёра по управлению флотом для ВГУВТ в 2007 году. Трудоёмкость непосредственного использования обычных географических координат электронных карт оказалась столь значительной, что это иногда делало работу тренажёра невозможной.

Поскольку автоматический съём дислокации в настоящее время осуществляется в географических координатах, то для применения в задаче оперативного планирования отправки груза графовая модель должна быть дополнена достаточно простыми и эффективными алгоритмами пересчёта географических координат в графовые, а если потребуется отображение судна на географической карте, то потребуется обратное преобразование.

Модели расчёта режима движения судна обеспечивают определение скорости движения по каждому элементарному участку водного пути по каждому рейсу (цепочке водного пути), исходя из условий плавания (глубине, ширине, потерь, приращений), эксплуатационных ситуаций, а также индивидуальных характеристик пропульсивного комплекса судна. При расчёте режима всегда выполняется минимизация расхода топлива главными двигателями.

Данная модель необходима для прогноза времени ходовой операции, а также обеспечивает возможность варьирования скоростями движения судна для согласования времени прибытия. Кроме того, при наличии собственного флота у грузовладельцев использование модели оптимизации режима движения позволяет оптимизировать и нормировать расходы на топливо.

### **Обсуждение**

Авторский опыт внедрения и применения различных программ, связанных с рейсовым нормированием и навигационным планированием позволяет утверждать, что внедрение и использование изложенной выше концепции является эффективным как для грузовладельцев, так и судовладельцев. Эффект первых обеспечивается: минимизацией платы за перевозку грузов; снижением рисков оплаты демереджа. У судовладельцев сокращаются простои судов в пунктах погрузки за счёт

регулирования времени прибытия. По тем же причинам обеспечивается экономии расходов на топливо. При существовании обратных грузопотоков последние могут быть учтены, что также снижает эксплуатационные затраты. При этом снижение затрат в результате согласования управления может быть основанием для снижения фрахтовых ставок.

Эффект для грузовладельцев особенно возрастает в случае использования судов различных судовладельцев в тайм-чартере, а также при наличии собственных судов и причалов.

Однако для обеспечения этих эффектов необходимо согласованное взаимодействие для всех участников тендера по разработке и использованию планирования отправления грузов по следующим двум основным направлениям. Во-первых, должна использоваться единая технология сбора информации о дислокации судов разных судоходных предприятий. А, во-вторых, должно быть организовано использование единой нормативно-справочной информации. Другими словами, необходима кооперация между грузовладельцами и несколькими судовладельцами на основе общего информационного пространства.

### **Заключение**

Изложенная концепция оперативного планирования отправления грузов в случае её реализации в виде СППР позволяет повысить эффективность работы грузового флота внутреннего плавания. Практичность и реализуемость этой концепции следует из многолетнего опыта авторов по внедрению близких по назначению СППР в судоходных компаниях «Волготанкер», «Волжское речное пароходство» и других судоходных предприятиях.

### **Список литературы**

1. Ширяев Е.В. К вопросу разработки алгоритма расчёта декадного плана работы флота // Труды ГИИВТ. Горький, 1967. Вып. 84. С. 22-32.
2. Платов Ю.И. Алгоритм выбора назначений судам при оперативном регулировании работы флота // Труды ГИИВТ. Горький, 1983. Вып. 195. С. 3-10.
3. Платов А.Ю., Платов Ю.И. Декомпозиционный подход к выбору назначениям судам при календарном планировании речного флота. Научные проблемы водного транспорта. Вестник ВГАВТ. Выпуск 67. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2021. – с. 115-122.
4. Ghiani G., Laporte G., Musmanno R. Introduction to Logistics Systems Planning and Control. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2004. ISBN 0-470-84916-9
5. Pratap S., Nayak A., Kumar A., Cheikhrouhou N., Tiwari M. An integrated decision support system for berth and ship unloader allocation in bulk material handling port, Computers and Industrial Engineering, 2017, no. 106. pp. 386–399. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.12.009>.
6. I. Castilla-Rodríguez, C. Expósito-Izquierdo, B. Melián-Batista, R.M. Aguilar, J.M. Moreno-Vega. Simulation-optimization for the management of the transshipment operations at maritime container terminals. *Expert Systems with Applications*. 2020, 139, 112852. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112852>.
7. Huesig, A., Messing S., Lichy-Bittendorf C. WTMS - Waterway Traffic Management System. A System to Optimize Traffic on Island Waterways. Ports Conference, 2001. DOI: 10.1061/40555(2001)126.
8. Смирнова Г.Н., Сорокин А.А., Тельнов Ю.Ф. Проектирование экономических информационных систем: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 512 с.

### References

1. Shiryaev E.V. K voprosu razrabotki algoritma rascheta dekadnogo plana raboty flota // Trudy GIIVT. Gor'kii, 1967. Vyp. 84. S. 22-32.
2. Platov YU.I. Algoritm vybora naznachenii sudam pri operativnom regu-lirovanii raboty flota // Trudy GIIVT. Gor'kii, 1983. Vyp. 195. S. 3-10.
3. Platov A.YU., Platov YU.I. Dekompozitsionnyi podkhod k vyboru naznacheniyam sudam pri kalendarnom planirovanii rechnogo flota. Nauchnye problemy vodnogo transporta. Vestnik VGAVT. Vypusk 67. – N. Novgorod: Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2021. – s. 115-122.
4. Ghiani G., Laporte G., Musmanno R. Introduction to Logistics Systems Plan-ning and Control. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2004. ISBN 0-470-84916-9
5. Pratap S., Nayak A., Kumar A., Cheikhrouhou N., Tiwari M. An integrated de-cision support system for berth and ship unloader allocation in bulk material handling port, Computers and Industrial Engineering, 2017, no. 106. pp. 386–399. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.12.009>.
6. I. Castilla-Rodríguez, C. Expósito-Izquierdo, B. Melián-Batista, R.M. Aguilar, J.M. Moreno-Vega. Simulation-optimization for the management of the transshipment operations at maritime container terminals. Expert Systems with Applications. 2020, 139, 112852. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112852>.
7. Huesig, A., Messing S., Lichy-Bittendorf C. WTMS - Waterway Traffic Man-agement System. A System to Optimize Traffic on Island Waterways. Ports Conference, 2001. DOI: 10.1061/40555(2001)126.
8. Smirnova G.N., Sorokin A.A., Tel'nov YU.F. Proektirovanie ehkonomicheskikh informatsionnykh sistem: Uchebnik. – M.: Finansy i statistika, 2003. – 512 s.

### 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: [platofff@mail.ru](mailto:platofff@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: [platov\\_ji@mail.ru](mailto:platov_ji@mail.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 18.04.2022; опубликована онлайн 07.06.2022.  
Received 18.04.2022; published online 07.06.2022.