

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AUTOMATION SUBROUTINE FOR FORECASTING THE NUMBER AND LOAD OF CARGO VEHICLES DEPENDING ON THE STOCHASTIC FORMATION OF DANGEROUS GOODS COLLECTION CENTERS

V. V. Rubinov¹, N. N. Maiorov¹, V. D. Gaskarov²

¹ — Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,
St. Petersburg, Russian Federation

² — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The issues of forecasting the load of vehicles, route networks, formation of collection centers for cargo flows, including dangerous goods, in territorial planning systems determine the need for transition from deterministic models to dynamic models with the possibility of taking into account the influence of the external environment. Existing information transportation systems in the sphere of work with dangerous goods are based on deterministic models and allow to study the problems of forecasting changes to a limited extent. Models of routing networks construction on cargo vehicles are limitedly applicable when there is a task of dangerous goods transportation taking into account the presence of a distributed system of accumulation centers both in the city and, for example, within a large transport hub, seaport with different terminals. The paper presents routing models adapted to the conditions of dangerous goods transportation. Determining transport efficiency and the main costs of transport enterprises is the scheme of traffic flows, fixed in the territorial scheme. The task of the study is to develop a separate automation toolkit for decision making on the number and type of specialized transport (depending on the load capacity) to work with dangerous goods and large-sized objects within the existing flow scheme. On the basis of the research of the group of companies the conclusion is presented that today the task of choosing the optimal amount of transport by carriers is solved, as a rule, not systematically, but by operative construction of a set of routes, and does not involve primary analysis of the territory and parameters of accumulation sites. The presented study considers a new approach to the analysis of the system of transportation of hazardous waste, associated large cargoes, in terms of assessing the necessary list of universal structured input data, which are primary principled and characterize the complexity of work in the selected facility, terminal. To solve the problem of forecasting the load of vehicles is offered developed a new automation subprogram based on the organization of client-server access to data, and implemented in the internal programming language "IC. Management of motor transport" (version MMT 8.2). The presented automation subprogram provides data connectivity on volumes of dangerous goods cargo flows, cargo flow collection centers, available data on vehicles and planned data on removal schedules. Work of the subprogram provides integration of work with other databases of transport companies and allows to carry out modeling of various variants of placement of centers of collection of dangerous goods, centers of cargo flows with high accuracy. The obtained results allow to determine the required number of vehicles, their load taking into account different types and technical capabilities, as well as to determine the required number of vehicle trips in the serviced area taking into account the dynamic influence of the external environment. The presented methodology of working with data, performed in a separate automation subprogram, presented routing models, adapted to the transportation of dangerous goods, can be applied to various transport systems, including sea cargo ports and terminals, which determines the universality of the presented approach.

Keywords: automation and control, dangerous goods, control system, intensity, freight vehicles, metropolis, transport terminal.

For citation:

Rubinov, Vladislav V., Nikolay N. Maiorov, and Vagiz D. Gaskarov. "Research and development of automation subroutine for forecasting the number and load of cargo vehicles depending on the stochastic formation of dangerous goods collection centers." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.4 (2024): 620–634. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-4-620-634.

УДК 656.078

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОДПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА И ЗАПОЛНЕННОСТИ ГРУЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТОХАСТИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕНТРОВ СБОРА ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

В. В. Рубинов¹, Н. Н. Майоров¹, В. Д. Гаскаров²

¹ — ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Темой работы является исследование вопросов прогнозирования загруженности транспортных средств, маршрутных сетей, формирования центров сбора грузопотоков, в том числе опасных грузов, в системах территориального планирования, определяющих необходимость перехода от детерминированных моделей к динамическим с возможностью учета влияния внешней среды. Существующие информационные транспортные системы в сфере работы с опасными грузами, построенные на основе детерминированных моделей, ограниченно позволяют исследовать задачи прогнозирования изменений. Отмечается, что модели построения маршрутных сетей на грузовом автотранспорте являются ограниченно применимыми в случае, когда возникает задача перевозки опасных грузов с учетом наличия распределенной системы центров скопления как в городе, так и в рамках крупного транспортного узла, морского порта. Представлены модели маршрутизации, адаптированные к условиям перевозки опасных грузов. Определяющей транспортную эффективность и основные расходы транспортных предприятий является схема движения потоков, закрепляемая в территориальной схеме. Задачей исследования является разработка отдельного инструментария автоматизации для принятия решения о количестве и типе специализированного транспорта (в зависимости от грузоподъемности) для работы с опасными грузами и крупногабаритными объектами внутри существующей схемы потоков. На основе исследования группы компаний сделан вывод о том, что в настоящее время задача выбора оптимального количества транспорта перевозчиками решается, как правило, не системно, а с помощью оперативного построения набора маршрутов без учета первичного анализа территории и параметров мест накопления. Рассмотрен новый подход к анализу системы транспортировки опасных отходов, сопутствующих крупных грузов с точки зрения оценки необходимого перечня универсальных структурированных исходных данных, которые первично являются принципиальными, так как характеризуют сложность работы на выбранном объекте, терминале. Для решения задачи прогнозирования загруженности транспортных средств предлагается новая подпрограмма автоматизации на основе организации клиент-серверного доступа к данным, реализованная на внутреннем языке программирования «IC: Управление автотранспортом» (версия UAT 8.2). Представленная подпрограмма автоматизации обеспечивает связь данных по объемам грузопотоков опасных грузов, центров сбора грузопотоков с имеющимися данными транспортных средств и плановых данных по графикам вывозов. Работа подпрограммы наряду с обеспечением интеграции работы с другими базами данных транспортных компаний позволяет с высокой точностью выполнять моделирование различных вариантов размещения центров сбора опасных грузов и центров грузопотоков. Полученные результаты позволяют определять необходимое количество транспортных средств, их загруженность с учетом разных типов и технических возможностей, а также необходимое количество машино-рейсов на обслуживаемой территории с учетом динамического влияния внешней среды. Представленная методика работы с данными, выполненная в отдельной подпрограмме автоматизации, и представленные модели маршрутизации, адаптированные к перевозке опасных грузов, могут быть применены для различных транспортных систем, в том числе морских грузовых портов и терминалов, что определяет универсальность представленного подхода.

Ключевые слова: автоматизация и управление, опасные грузы, система управления, интенсивность, грузовые транспортные средства, мегаполис, транспортный терминал.

Для цитирования:

Рубинов В. В. Исследование и разработка подпрограммы автоматизации для прогнозирования количества и заполненности грузовых транспортных средств в зависимости от стохастического формирования центров сбора опасных грузов / В. В. Рубинов, Н. Н. Майоров, В. Д. Гаскаров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 4. — С. 620–634. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-4-620-634.

Введение (Introduction)

Грузоперевозки играют ключевую роль в логистике, обеспечивая своевременную и эффективную доставку товаров и материалов. Особую сложность представляют автомобильные перевозки в пределах мегаполиса или крупного транспортного терминала [1]: уличные заторы, ограниченное количество парковочных мест, строгие временные ограничения на погрузку-разгрузку при отсутствии путей необщего пользования, что создает дополнительные проблемы для транспортных компаний. Данные условия требуют использования современных программных решений, разработки специализированных подпрограмм автоматизации для оптимизации маршрутов, управления автопарком и мониторинга грузов в реальном времени. Актуальность разработки подсистем автоматизации позволит решить такие крайне важные вопросы прогнозирования, загруженности автотранспортной системы и поиск возможных *слабых мест* для своевременного формирования корректирующего воздействия от компаний, систем управления на транспорте в ситуациях неопределенности [2], [3].

В контексте транспортировки, например, твердых коммунальных отходов (ТКО) автотранспортом сложность возрастает многократно, так как данная сфера регулируется строгими законодательными нормами и экологическими стандартами¹, что накладывает дополнительные ограничения на логистические и транспортные операции. Перевозимый тип грузов — это опасный груз, который требует специфических методов сбора, особо технологичного транспорта и представляет собой отдельную экосистему работы в виде пунктов перевалки и сортировки, транспортировки и утилизации.

Применительно к таким транспортным системам, как морской грузовой порт, возникает комплексная задача, заключающаяся в формировании центров сбора опасных отходов по районам порта и сборе их с судов в порту. При эксплуатации флота на борту судов непрерывно образуются отходы — опасные грузы различного состава и агрегатного состояния (твердые, жидкие и газообразные), которые должны своевременно удаляться, не мешая выполнению целевых производственных и общесудовых операций. Задача планирования загрузки транспортных средств по вывозу опасных и вредных грузов из порта для дальнейшей обработки также требует решения группы вопросов: от выбора модели эффективной маршрутной сети до разработки специализированных подпрограмм автоматизации оценки необходимого количества транспортных средств. В настоящее время развитию таких транспортных систем для мегаполисов уделяется особое внимание, поскольку обусловлено необходимостью внедрения принципов экономики замкнутого цикла, разработки специализированных замкнутых систем управления на транспорте, ориентированных на минимизацию издержек, отходов и максимальное повторное использование материалов. В этом вопросе важную роль играют технологии отслеживания, мониторинга на транспорте и управления транспортировкой грузов, которые помогают собрать необходимые данные, сформировать набор данных по загрузке маршрутов, представляющих интерес для дальнейшего анализа и прогнозирования развития.

Результатом выполненного анализа должны являться снижение издержек и повышение эффективности логистических и транспортных процессов. Поскольку автомобильные грузоперевозки в городской черте являются одной из крупнейших сфер перевозок, объему и вопросам их эффективности уделяется особое внимание, однако в настоящее время нет четкого метода оптимизации и прогноза работы автотранспорта в сфере ТКО. Особенность перевозимых грузов и нормы законодательства определяют формирование новых требований к информационным транспортным системам и подпрограммам автоматизации.

Модели грузовых перевозок описаны в виде рассмотренных далее классических типов маршрутов в логистике [1], требующих в связи со спецификой грузопотока внесения некоторых корректировок в условия построения маршрутных сетей [4], [5].

Сборный маршрут — средство собирает грузы из различных точек и доставляет их в одно место (центральный склад, промежуточный пункт, потребитель). В контексте работы со специфи-

¹ Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения 20.07.2024).

ческими опасными грузами, это означает сбор опасных грузов из различных точек (жилые дома, предприятия, частный сектор) и его транспортировку на станцию перевалки, перерабатывающий или утилизирующий завод. Модель маршрута приведена на рис. 1.

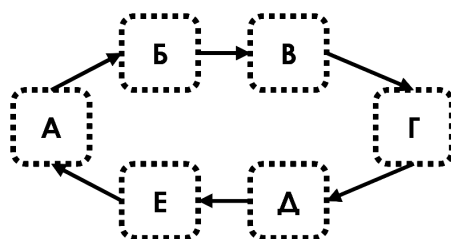


Рис. 1. Модель сборного транспортного маршрута в мегаполисе

Условные обозначения:

A — точка сбора грузопотоков;

B, B, Г, Д, Е — адреса сбора грузопотока в мегаполисе

Развозочный маршрут (рис. 2) — груза из одного места в несколько различных точек. В случае с выбранным типом груза это может быть доставка переработанных материалов на различные предприятия для дальнейшего использования в рамках рассмотрения не только маршрутов сбора, но и системы работы в целом.

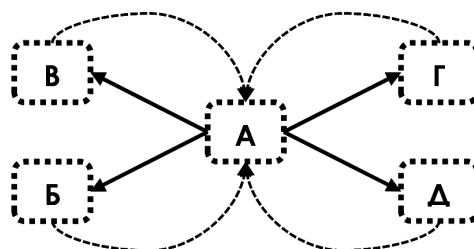


Рис. 2. Схема развозочного транспортного маршрута в мегаполисе

Условные обозначения:

A — точка сбора грузопотоков;

B, B, Г, Д — адреса сбора грузопотока в мегаполисе

Сборно-развозочный маршрут (рис. 3) — это комбинация, включающая доставку мелких партий груза от одного грузоотправителя к нескольким грузополучателям (развозочный маршрут), а также одновременно сбор мелких партий груза от нескольких грузоотправителей и их доставку к одному грузополучателю (сборный маршрут). В зависимости от выбранного типа груза это может означать сбор грузов из различных точек и их транспортировку в несколько пунктов переработки (например, сбор грузов и развозкой стекла и пластика на разные предприятия).

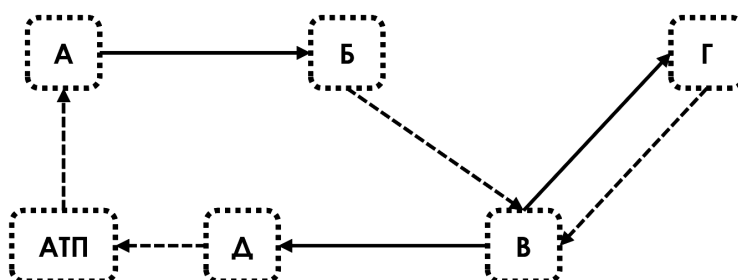


Рис. 3. Схема сборно-развозочного транспортного маршрута в мегаполисе

Условные обозначения:

АТП — автотранспортное предприятие;

A, B, B, Г, Д — адреса (участки) сбора грузопотока в мегаполисе / терминале

Транспортировка выбранного типа грузов регулируется «Территориальной схемой движения опасных грузов (отходов)», определяющей порядок обращения с грузами на различных уровнях. Данная схема охватывает два основных уровня: *микроуровень*, определяющей к каким промежуточным пунктам тяготеют места накопления грузопотоков) и *макроуровень* — места вывоза конечных продуктов системы. Пример «оконной» формы информационной систем с размещений адресов доставки и сбора приведен на рис. 4 и 5.

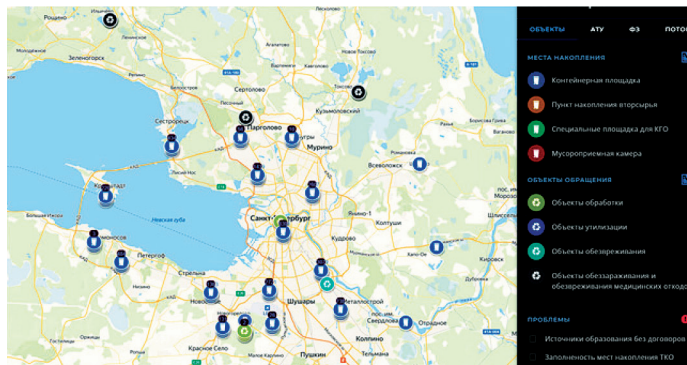


Рис. 4. Пункты перегруза в теоретической схеме движения грузопотоков

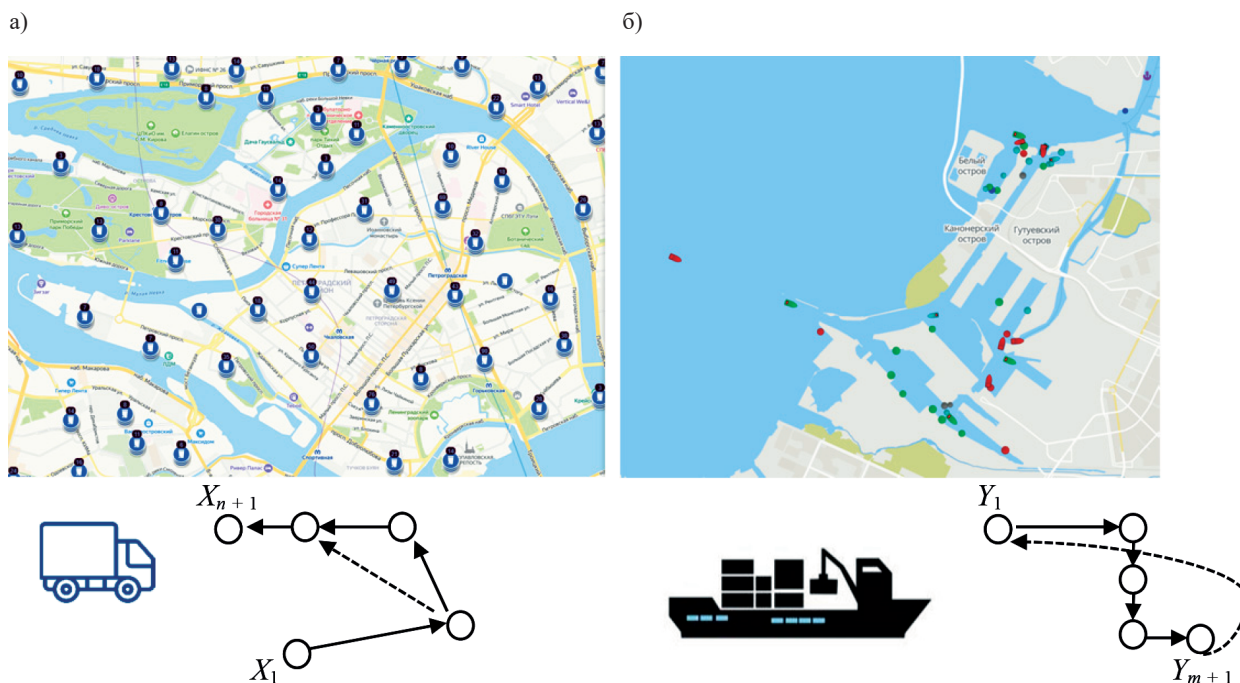


Рис. 5. Места накопления грузов в городской среде и морском грузовом порту на микроуровне:

а — модель формирования маршрутов между адресами скопления грузов в мегаполисе;

$X_1, \dots, X_{n+1}$ — плановые точки, адреса маршрута;

б — модель формирования маршрутов между причалами в грузовом порту;

$Y_1, \dots, Y_{m+1}$ — плановые причалы для сбора грузов

На микроуровне схема описывает конкретные точки маршрутов грузовиков, т. е. места сбора грузов, их временное хранение и конечные пункты переработки или утилизации. На этом уровне важно учитывать оптимальные маршруты и загруженность транспортных средств, чтобы обеспечить эффективность сбора и транспортировки грузов.

Рассмотрим представление модели для городской транспортной системы и морского грузового порта. Для отображения информационных карт и территориальных схем были использованы

сервисы «Yandex. Карты» и информационный сервис мониторинга морских грузовых судов в акваториях портов Myshiptracking (<https://www.myshiptracking.com>).

На макроуровне схема охватывает более крупные области работы: районы или муниципалитеты, на макроуровне затрагиваются аспекты регионального планирования: размещение перегрузочных станций и перерабатывающих центров. Здесь важно учитывать баланс между распределением ресурсов и общей логистикой региона. Например, применительно к городским системам, в статье [6] отмечается, что каждый год объем данных типов грузов в Российской Федерации возрастает на душу населения и увеличивается на 3 %. С учетом роста населения на 13 % за 20 лет рост объемов данных грузов составляет более 70 %. Таким образом, можно сделать вывод, что рост грузопотока зависит от населения региона и других производственных и социальных факторов. Производство бытового мусора, опасных грузов, согласно данным ООН, имеет непосредственную связь с уровнем национального дохода, т. е. в богатых странах мира в пересчете на душу населения бытового мусора вырабатывается больше. Вместе с тем, например, в странах Европейского союза этот процесс сопровождается достаточно высоким уровнем переработки отходов.

Грамотная стратегия развития рассматриваемых транспортных систем напрямую зависит от наличия полного набора данных по грузопотоку и маршрутным сетям для формирования системы анализа загруженности маршрутов и транспортных средств, исследования различных сценариев, к которым можно отнести расширение границ мегаполиса и динамическое добавление новых точек сбора грузов при ограниченном парке транспортных средств. Особенность рассматриваемых транспортных систем заключается в возможности включения в городские системы управления дополнительных точек сбора грузов в микрорайоне в соответствии с запросом со стороны общества / жителей, и, соответственно, дополнительного выделения грузовых транспортных средств или внесения изменений в существующие маршруты.

Вопросы анализа текущей транспортной ситуации, загруженности маршрутных сетей сбора и доставки, прогнозирования развития выбранных транспортных систем невозможно решить аналитическими ручными методами ввиду большого количества внутренних переменных и стохастического влияния внешней среды, что определяет необходимость разработки специализированных программных систем автоматизации. Разработка и внедрение таких систем является актуальной задачей, определяющей успешность работы и развития взаимосвязанных технических систем.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Одной из основных проблем в управлении транспортировкой специфических грузов является невозможность прогнозирования загруженности маршрутов и определение необходимого количества транспортных средств с использованием текущих методов, поскольку существующие системы не позволяют точно оценить загруженность транспортных средств и оптимизировать их маршруты, спрогнозировать объем накопления грузопотоков в местах накопления на стратегическом уровне, а также учесть динамику маршрутов, что приводит к неэффективному использованию ресурсов транспортной компании и значительному увеличению операционных затрат.

Для оптимизации маршрутов грузового автотранспорта в логистике используются различные математические модели, такие, например, как задача маршрутизации транспорта (Vehicle Routing Problem) [7] и задача коммивояжера (Travelling Salesman Problem) [8]–[10]. Однако несмотря на то, что эти модели позволяют создавать эффективные маршруты для сбора и транспортировки грузов, они имеют ряд ограничений применительно к реальным условиям мегаполиса. Рассматриваемая модель приведена на рис. 6. Она полезна для создания базовых маршрутов, но не учитывает динамические изменения в объемах накопления грузов и возникновения новых точек сбора опасных грузов. Задачей маршрутизации транспорта является более сложная вариация коммивояжера, в которой учитываются дополнительные ограничения, такие как вместимость транспортных средств и временные окна. Эта модель позволяет создавать более точные и адаптивные маршруты для транспортировки грузов, однако не может учесть вероятность изменения объемов отходов на точках сбора.

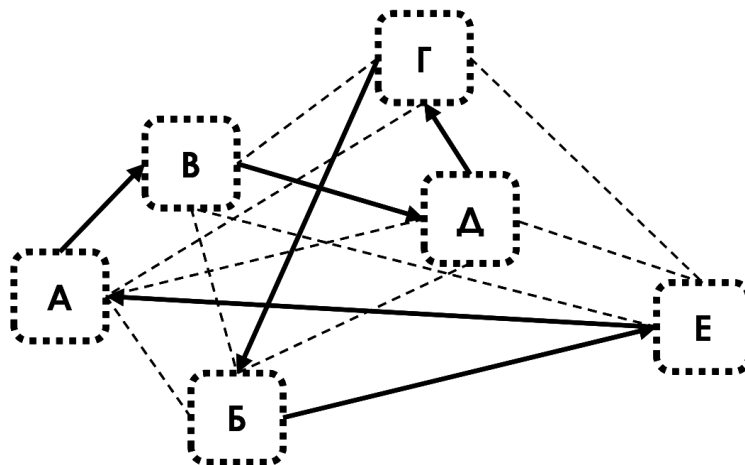


Рис. 6. Модель задачи коммивояжера в транспортной системе мегаполиса

Условные обозначения:

A — точка сбора грузопотоков;

B, B, Г, Д, E — адреса сбора грузопотока в мегаполисе

Одной из ключевых проблем в применении существующих моделей оптимизации является невозможность точно определить точку, в которой грузовой автомобиль завершит рейс. Кроме того, может возникнуть ситуация, при которой не из всех точек на территории и не все грузы будут вывезены за заданное плановое количество рейсов.

Существующие модели маршрутизации не учитывают вероятностного объема накопления грузов в точках. Они не могут прогнозировать состояние маршрута в каждый период времени и, как следствие, определить необходимое количество машино-рейсов на обслуживаемой территории, что приводит к неэффективному использованию ресурсов и увеличению операционных затрат. При принятии управленческих решений на уровне транспортного предприятия имеется следующее существенное ограничение: организация эффективности движения потоков грузов от мест накопления через места перегрузов к местам утилизации или захоронения регулируется территориальной схемой обращения с грузопотоками. Задача определения эффективного количества транспорта является основополагающей для перевозчика. Для ее решения необходимо иметь два набора исходных данных: *о регионе работы* и *о парке грузового транспорта*.

В рамках исследования были рассмотрены два региона Российской Федерации, которые необходимо обеспечить достаточным количеством транспорта. Фрагменты исходных данных представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Базовые характеристики региона вывоза грузов в городе

Характеристика	Население	Площадь территории	Плотность
1-й район	198 762	3203,88	63,6
2-й район	78 264	3839,79	21,68
Норматив накопления, м ³	1,8		
Объем ТКО в год, м ³	516647		
Потенциальная масса ТКО в год, т	51664		
Масса ТКО в месяц, т	4166,7		

Таблица 2

**Фрагмент технических исходных данных по одному из регионов РФ
(адресная программа)**

Адрес	Количество муниципальных образований	Объем контейнера, м ³	Количество грузовых контейнеров, шт.	Плановый объем, м ³	График вывоза, дни
Ул. Ленина, 21	1	4 м ³	1	4	Пт., сб., вс.
Ул. Ленина, 4	2	0,36 м ³	2	0,72	Вт., ср., сб.
Ул. Володарского, 16	2	1,1 м ³	5	5,5	Через день с 02.01
Ул. Маяковского, 2	1	1,1 м ³	1	1,1	Пт., вс.
Ул. Победы, 3	1	0,75 м ³	2	1,5	Пн., вт., ср., чт., пт., сб., вс.
Ул. Пушкина, 1	1	1,1 м ³	2	2,2	Вт., пт.
Ул. 1 Мая, 44	2	1,1 м ³	1	1,1	Пн., вт., ср., чт., пт., сб., вс.
Ул. 1 Мая, 2	2	1,1 м ³	1	1,1	Пн.
Ул. 1 Мая, 7	3	1,1 м ³	2	2,2	Пн., вт., ср., чт., пт., сб., вс.
Ул. Маяковского, 10	3	1,1 м ³	1	1,1	Пн., вт., ср., чт., пт., сб., вс.
Ул. 1 Мая, 66	3	0,9 м ³	1	0,9	Пн., вт., ср., чт., пт., сб., вс.
Ул. 9 Мая, 45	3	0,9 м ³	1	0,9	Пн., вт., ср., чт., пт., сб., вс.
Ул. 9 Мая, 62	3	0,9 м ³	1	0,9	Ср.

На основе анализа данных, представленных в табл. 2, видно, что любые изменения в объемах перевозок оказывают непосредственное влияние на систему управления транспортом, формируя необходимость оперативного принятия решений по изменению работы транспорта. При наличии данных и подсистемы автоматизации анализа загруженности транспорта появляется возможность заранее вносить возможные изменения и планировать количество транспорта на маршрутах.

Результаты исследования (Results of the Research)

В рамках исследования были оценены ограничения к парку транспортных средств. Кроме того, был определен параметр крупного количества грузов в общем объеме для среднего региона России. В качестве эталонных были выбраны данные Псковской области. Указанные в табл. 3 ограничивающие параметры рассчитываются исходя из статистических данных, которые можно уточнить при наличии дополнительных данных.

Таблица 3

Ограничивающие параметры

Параметры	Значение (коэффициент)
Доля крупных грузов общем объеме потока в регионе	0,15
Необходимая доля малогабаритного транспорта	0,2
Коэффициент сезонности, %	20 %

Большое влияние на выбор и оценку количества грузового транспорта оказывает коэффициент сезонности. При решении задачи определения количества транспорта необходимо учитывать эффект сезонности на предполагаемой к обслуживанию территории. С использованием данных нескольких районов Псковской области было проведено исследование эффекта сезонности (рис. 7), в частности был выполнен анализ ситуации на мезоскопическом уровне исходных данных транспорта и адресной программы.

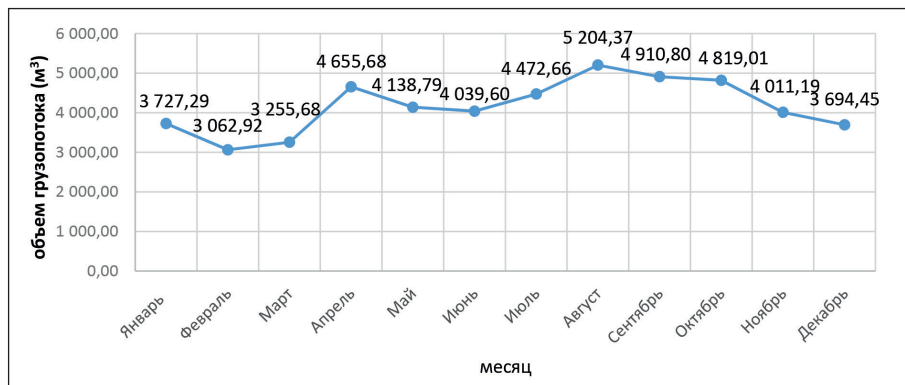


Рис. 7. Исследование сезонности образования грузов выбранного в исследовании типа в регионе

В рамках исследования была проанализирована стандартная модель работы транспортного предприятия, при которой процесс составления плана работы водителей, а также статистических отчетов о рабочем времени осуществлялся вручную, что имело ряд трудностей. Первая заключалась в том, что отчеты не привязаны к базе данных и их приходится заполнять отдельно. Такая система зависит от *человеческого фактора*, так как требует ручного ввода информации о водителях, транспортных средствах и маршрутах следования. Вторая была связана с тем, что отчеты на бумажных носителях сложно поддерживать в актуальном состоянии, поскольку любые изменения или корректировки трудно отследить и своевременно распространить среди сотрудников других подразделений. В связи с этим предлагается разработка подпрограммы автоматизации на платформе «1С: Управление автотранспортом» (версия УАТ 8.2) [11] с реализацией на внутреннем языке программирования. Данная особенность определена необходимостью реализации системы документооборота, работы с юридическими лицами, формирования отчетностей на предприятии ООО «ПКФ «ПЕТРО-ВАСТ»» и ряде других выбранной отрасли. Подсистема автоматизации определения необходимого транспорта реализована с учетом клиент-серверной части доступа к данным базы данных транспортных средств.

Рассмотрим разработанный программный код для работы с исходными данными. Расчетная часть выполняется на серверной части подпрограммы:

&НаСервере

Процедура ЗаполнитьДанныеИзФайлаНаСервере(СтруктураДанных)

НовСтр = Объект.ДанныеЕксель.Добавить();

НовСтр.Наспункт = СтруктураДанных.НасПункт;

НовСтр.МО = СтруктураДанных.МО;

НовСтр.ИтогоПлощадок = СтруктураДанных.ИтогоПлощадок;

НовСтр.Кубы = СтруктураДанных.Кубы;

НовСтр.Расстояние = СтруктураДанных.Расстояние;

КонецПроцедуры

&НаКлиенте

Процедура ЗаполнитьДанныеИзФайла(Команда)

Объект.ДанныеЕксель.Очистить();

Если Объект.ПутьКФайлу = «» Тогда

Сообщ = Новый СообщениеПользователю;

Сообщ.Текст = «Выберите файл!»;

Сообщ.Сообщить();

Иначе

Эксель = Новый СОМОбъект(«Excel.Application»);
 КнигаЭксель = Эксель.Workbooks.Open(Объект.ПутьКФайлу);
 Лист1 = Книгаэксель.WorkSheets(1);
 ВсегоСтрок = Лист1.Cells.SpecialCells(11).Row;
 n = 2;
 Пока n <= ВсегоСтрок Цикл
 СтруктураДанных = Новый Структура;
 СтруктураДанных.Вставить(«НасПункт», СокрЛП(Лист1.Cells(n,1).value));
 СтруктураДанных.Вставить(«МО», СокрЛП(Лист1.Cells(n,2).value));
 СтруктураДанных.Вставить(«ИтогоПлощадок», СокрЛП(Лист1.Cells(n,3).value));
 СтруктураДанных.Вставить(«Кубы», СокрЛП(Лист1.Cells(n,4).value));
 СтруктураДанных.Вставить(«Расстояние», СокрЛП(Лист1.Cells(n,5).value));

 ЗаполнитьДанныеИзФайлаНаСервере(СтруктураДанных);
 n = n+1;
 КонецЦикла;
 Сообщ = Новый СообщениеПользователю;
 Сообщ.Текст = «Данные были успешно загружены!»;
 Сообщ.Сообщить();
 Эксель.Application.Quit();

КонецЕсли;

КонецПроцедуры

Фрагмент программного кода расчета количества грузового автотранспорта:

&НаСервере

Процедура ВыполнитьРасчетНаСервере()

Для каждого стр из Объект.ДанныеЕксель Цикл
 НовСтр = Объект.Результат.Добавить();
 НовСтр.НасПункт = стр.НасПункт;
 НовСтр.МО = стр.МО;
 НовСтр.ИтогоПлощадок = стр.ИтогоПлощадок;
 НовСтр.Кубы = стр.Кубы;
 НовСтр.Расстояние = стр.Расстояние;
 НовСтр.Доля = стр.Кубы/ Объект.ДанныеЕксель.Итог(«Кубы»)*100;
 НовСтр.Масса = ОБъект.НормативНакопления * ОБъект.Население * НовСтр.Доля /
 ОБъект.Плотность/120000 * (100 + ОБъект.Сезонность);
 НовСтр.ТБО = НовСтр.Масса * ОБъект.ДоляТБО;
 НОВСтр.КГО = НовСтр.Масса * ОБъект.ДоляКГО;

 A1 = 0;
 B1 = 0;
 D1 = 0;
 Если стр.Расстояние < 20 Тогда
 A1 = НовСтр.ТБО / ОБъект.ГруппаА_20;
 B1 = НовСтр.КГО / ОБъект.ГруппаБ_20;
 D1 = НовСтр.КГО / ОБъект.ГруппаСД_20;
 ИначеЕсли стр.Расстояние < 50 Тогда
 A1 = НовСтр.ТБО / ОБъект.ГруппаА_50;

$B1 = \text{НовСтр.КГО} / \text{Объект.ГруппаБ_50};$
 $D1 = \text{НовСтр.КГО} / \text{Объект.ГруппаСД_50};$
 ИначеЕсли $\text{стр.Расстояние} > 50$ Тогда
 $A1 = \text{НовСтр.ТБО} / \text{Объект.ГруппаА_80};$
 $B1 = \text{НовСтр.КГО} / \text{Объект.ГруппаБ_80};$
 $D1 = \text{НовСтр.КГО} / \text{Объект.ГруппаСД_80};$
 КонецЕсли;
 $\text{НовСтр.ГруппаА} = A1 * \text{Объект.ДоляДляТрехосногоТранспорта};$
 $\text{НовСтр.ГруппаБ} = B1 * \text{Объект.ДоляЗатрудненныхПодъездов};$
 $\text{НовСтр.ГруппаСД} = D1 * \text{Объект.ДоляЗатрудненныхПодъездов};$
 КонецЦикла;

Структура разработанной подпрограммы автоматизации представлена на рис. 8.



Рис. 8. Структура разработанной подпрограммы автоматизации

Оконная форма разработанной подпрограммы автоматизации представлена на рис. 9.

Рис. 9. Оконная форма подпрограммы автоматизации расчета основных показателей

В результате проведенных исследований была разработана последовательность работы с данными в системе «1С: Управление автотранспортом», сформулированы подпрограммы расчетов, которые следует выполнить для определения необходимого количества транспорта, разделен-

ного на группы в зависимости от объемов перевозимых грузов (группы А, Б, В), а также для осуществления вывоза грузов согласно территориальной схеме движения грузопотоков (см. рис. 5 и табл. 2). Результат исследования и работы подпрограммы автоматизации представлен в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчета количества транспорта на выбранном участке

Территориальная схема	Количество точек сбора, шт.	Расстояние до узловой точки, км	Плановая масса сборных грузов, т	Количество крупногабаритного груза	Тип транспорта		
					1	2	3
Район 1	1009	9	26947	1990/298	1,691	0,581	0,995
Район 2	406	55	17905	1321/198	1,997	0,686	0,661
Район 3	73	76	2338	173/26	0,261	0,090	0,086
Итого	1488	140	47190	3484/522	3,949	1,357	1,742

На основе полученных результатов подпрограммы автоматизации выполняется общий анализ количества точек сбора грузов, анализ планового объема грузопотока, а также анализ выделения крупногабаритного груза в общем потоке и формирования плановых показателей по необходимому количеству транспортных средств. Так как транспортные средства отличаются грузоподъемностью, в подпрограмме реализована возможность выбора различных типов. Нормативные данные и виды транспортных средств включены на рис. 8 в блок «Справочник нормативных данных».

Обсуждение (Discussion)

Целью данного исследования является разработка специализированной подпрограммы, позволяющей решить задачу прогнозирования количества грузового транспорта по его типам исходя из анализа статистических данных и системы ограничений, задачей — поиск решения внутри существующей схемы транспортных потоков ввиду сложного динамического влияния внешней среды. В настоящее время задача выбора оптимального количества транспорта решается, как правило, не системно, а путем случайного набора маршрутов, сформированных на день вперед, не предусматривая первичного анализа территории и параметров мест накопления, за основу берутся исторически сложившиеся схемы размещения.

В предлагаемом исследовании рассмотрен вариант анализа системы транспортировки грузов с точки зрения оценки необходимого перечня универсальных структурированных исходных данных, которые, являясь первично принципиальными, характеризуют сложность работы в том или ином регионе. Разработан универсальный алгоритм, позволяющий исследовать каждый регион, используя разработанную подсистему автоматизации в целях определения количественных показателей мест накопления и необходимого количества транспорта для обслуживания определенного участка в зоне деятельности.

Выполненный анализ позволил сформировать набор данных, который необходимо использовать для исследования территории обслуживания, а также данные, позволяющие принимать решения о выборе типа и количества транспортных средств для последующего использования в имитационных программных системах для прогнозной оценки загруженности, мощности и совокупных транспортных издержек. Представленное решение в виде подпрограммы автоматизации позволяет выполнить прогноз на оперативном уровне с учетом влияния колебаний в накоплении, сбоев системы, изменения дорожной обстановки, влияния сезонности, дня недели, погоды и других стохастических процессов. Разработанная подпрограмма автоматизации имеет свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024664321 [12].

Результаты (Results)

Представленный анализ позволяет структурировать и описать данные для формирования системы принятия решения по прогнозированию образования объемов грузов в регионах и зафиксировать основные параметры, необходимые для определения количества специализирован-

ного грузового транспорта. Полученные результаты основаны на имеющихся данных операторов по вывозу опасных грузов (ТКО) в Российской Федерации (на примере данных г. Пскова и опыта работы компании ООО «ПКФ «ПЕТРО-ВАСТ»»), а также анализе современных методов работы перевозчиков.

Выполнена адаптация моделей маршрутизации для систем перевозки опасных грузов и выявлены ключевые особенности таких систем. На основе моделей оптимизации Travelling Salesman Problem, Vehicle Routing Problem выполнена реализация динамического внесения в программную систему новых центров сбора грузов. Разработанная подпрограмма автоматизации имеет возможность интеграции с существующими системами документооборота на предприятии и объединения данных для систем анализа.

Использование разработанной подпрограммы автоматизации позволяет на качественно новом уровне решать группу задач прогнозирования развития грузовых транспортных систем, выполняя оценку эффективности построения маршрутизации. Кроме того, выполнен переход от детерминированных моделей, не учитывающих стохастического влияния внешней среды к динамическим с получением данных для формирования системы принятия решений по управлению транспортной системой.

Выводы (Summary)

На основе выполненного исследования и оценки работы подпрограммы автоматизации можно сделать следующие выводы:

1. Обоснована необходимость перехода к динамическим моделям оценки центров формирования опасных грузов и оценки ресурсов транспортных компаний по перевозке грузов для территориальных схем.
2. Обоснована необходимость разработки и внедрения в контур принятия решения по определению количества грузового транспорта отдельных подпрограмм автоматизации, обладающих возможностью интеграции большого объема переменных и данных.
3. Обоснован новый подход, состоящий в выделении отдельных параметров, необходимых при анализе и прогнозировании загруженности транспортных средств на маршрутах.
4. С практической точки зрения реализована возможность динамического добавления данных по новым точкам как для оценки текущей ситуации, так и для моделирования различных вариантов влияния внешней среды.
5. Разработанная подпрограмма автоматизации позволяет значительно (в разы) оперативнее сформировать набор данных по загруженности маршрутов и необходимому количеству транспортных средств, имеет инструментарий для интеграции с программными системами аналитики данных.
6. Достигнуто повышение точности принятия решений по организации транспортной работы в зависимости от внешних факторов и параметров территориальных планов объектов.
7. Разработанная подпрограмма автоматизации обладает универсальностью и может быть применена для других транспортных терминалов (например, для районов грузового порта) ввиду реализации модели представления территориальной схемы как набора центров сбора опасных грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майоров Н. Н. Практические задачи моделирования транспортных систем / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. — СПб.: ГУАП, 2012. — 185 с.
2. Бродецкий Г. Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности / Г. Л. Бродецкий. — М.: Academia, 2010. — 336 с.
3. Wheelwright S. Forecasting: methods and applications / S. Wheelwright, S. Makridakis, R. J. Hyndman. — John Wiley & Sons, 1998. — 656 p.
4. Rubinov V. V. Problems of a Modern Approach to the Technological Process of Waste Management / V. V. Rubinov, V. A. Fetisov // 2021 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). — IEEE, 2021. — Pp. 1–4. DOI:10.1109/WECONF51603.2021.9470744.

5. Рубинов В. В. Разработка алгоритма автоматизации прогноза транспортной работы перевозчиков твердых коммунальных отходов / В. В. Рубинов, Н. Н. Майоров, А. А. Буцанец // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2023. — № 4. — С. 624–633. DOI 10.24412/2071-6168-2023-4-624-634.

6. ванцова Е. А. Проблемы и перспективы управления твердыми бытовыми отходами / Е. А. Иванцова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. — 2016. — № 2 (35). — С. 148–159. DOI: 10.15688/jvolsu3.2016.2.15.

7. Larranaga P. Genetic algorithms for the travelling salesman problem: A review of representations and operators / P. Larranaga, C. M. H. Kuijpers, R. H. Murga, I. Inza, S. Dizdarevic // Artificial intelligence review. — 1999. — Vol. 13. — Pp. 129–170. DOI: 10.1023/A:1006529012972.

8. Kumar S. Innovative Ways of Developing and Using Specific Purpose Alternatives for Solving Hard Combinatorial Network Routing and Ordered Optimisation Problems / S. Kumar, E. Munapo // AppliedMath. — 2024. — Vol. 4. — Is. 2. — Pp. 791–805. DOI: 10.3390/appliedmath4020042.

9. Rahman M. A. Two-Stage Probe-Based Search Optimization Algorithm for the Traveling Salesman Problems / M. A. Rahman, J. Ma // Mathematics. — 2024. — Vol. 12. — Is. 9. — Pp. 1340. DOI: 10.3390/math12091340.

10. Zhang Z. Discrete sparrow search algorithm for symmetric traveling salesman problem / Z. Zhang, Y. Han // Applied Soft Computing. — 2022. — Vol. 118. — Pp. 108469. DOI: 10.1016/j.asoc.2022.108469.

11. 1С : Предприятие 8. Управление автотранспортом. Стандарт [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://solutions.1c.ru/catalog/autotransport-standart/features?ysclid=lzucmt6bay915927944> (дата обращения: 10.06.2024).

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024664321. Российская Федерация. Программа расчета количества и подбора специализированного грузового транспорта для обеспечения процесса перевозки / В. В. Рубинов; заяв. и патентообл. ФГАОУ ВО ГУАП (RU). — № 2024663695; заявл. 19.06.2024; опубл. 19.06.2024, Бюл. № 6.

REFERENCES

1. Majorov, N. N., and V. A. Fetisov. *Prakticheskie zadachi modelirovaniya transportnyh sistem*. SPb.: GUAP, 2012.
2. Brodetskii, G. L. *Sistemnyi analiz v logistike. Vybor v usloviyakh neopredelennosti*. M.: Academia, 2010.
3. Wheelwright, Steven, Spyros Makridakis, and Rob J. Hyndman. *Forecasting: methods and applications*. John Wiley & Sons, 1998.
4. Rubinov, V. V., and V. A. Fetisov. "Problems of a Modern Approach to the Technological Process of Waste Management." *2021 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF)*. IEEE, 2021. DOI: 10.1109/WECONF51603.2021.9470744.
5. Rubinov, V. V., N. N. Maiorov, and A.A. Butsanets. "Development of an algorithm for automation of the forecast of transport work of carriers of solid municipal waste on the basis of territorial handling schemes." *Izvestiya Tula State University* 4 (2023): 624–633. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-7-348-357.
6. Ivantsova E. A. "Problems and perspectives of the solid domestic wastes management". *Vestnik of Volgograd State University*. Series 3: Economics. Ecology, 5 (2016):109-113.
7. Larranaga, Pedro, C. M. H. Kuijpers, R. H. Murga, I. Inza, and S. Dizdarevic. "Genetic algorithms for the travelling salesman problem: A review of representations and operators." *Artificial intelligence review* 13 (1999): 129–170. DOI: 10.1023/A:1006529012972.
8. Kumar, Santosh, and Elias Munapo. "Innovative Ways of Developing and Using Specific Purpose Alternatives for Solving Hard Combinatorial Network Routing and Ordered Optimisation Problems." *AppliedMath* 4.2 (2024): 791–805. DOI: 10.3390/appliedmath4020042.
9. Rahman, Md Azizur, and Jinwen Ma. "Two-Stage Probe-Based Search Optimization Algorithm for the Traveling Salesman Problems." *Mathematics* 12.9 (2024): 1340. DOI: 10.3390/math12091340.
10. Zhang, Zhen, and Yang Han. "Discrete sparrow search algorithm for symmetric traveling salesman problem." *Applied Soft Computing* 118 (2022): 108469. DOI: 10.1016/j.asoc.2022.108469.
11. 1S:Predpriyatie 8. Upravlenie Avtotransportom. Standart. Web. 10. June 2024 <<https://solutions.1c.ru/catalog/autotransport-standart/features?ysclid=lzucmt6bay915927944>>.
12. Rubinov, V. V. Computer program № 2024664321 (RU). Programma rascheta kolichestva i podbora spetsializirovannogo gruzovogo transporta dlya obespecheniya protsessa perevozki. Russian Federation, assignee. Publ. 19 June 2024.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Рубинов Владислав Валерьевич — аспирант

Научный руководитель:

Майоров Николай Николаевич

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский

государственный университет аэрокосмического приборостроения»

190000, Российская Федерация, Санкт-Петербург,

ул. Большая Морская, 67, лит. А

e-mail: vvr1071995@mail.ru

Майоров Николай Николаевич —

доктор технических наук, доцент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский

государственный университет аэрокосмического приборостроения»

190000, Российская Федерация, Санкт-Петербург,

ул. Большая Морская, 67, лит. А

e-mail: nmsoft@yandex.ru

Гаскаров Вагиз Дилияурович —

доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала

С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,

ул. Двинская, 5/7

e-mail: GaskarovVD@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Rubinov, Vladislav V. — Postgraduate

Supervisor:

Maierov, Nikolay N.

Saint-Petersburg State University

of Aerospace Instrumentation

67/A Bol'shaya Morskaya Str.,

St. Petersburg, 190000,

Russian Federation

e-mail: vvr1071995@mail.ru

Maierov, Nikolay N. —

Dr. of Technical Sciences, associate professor

Saint-Petersburg State University

of Aerospace Instrumentation

67/A Bol'shaya Morskaya Str.,

St. Petersburg, 190000,

Russian Federation

e-mail: nmsoft@yandex.ru

Gaskarov, Vagiz D. —

Dr. of Technical Sciences, professor

Admiral Makarov State University

of Maritime and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,

Russian Federation

e-mail: GaskarovVD@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 15 августа 2024 г.

Received: August 15, 2024.