

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ / SYSTEM ANALYSIS,
MANAGEMENT AND PROCESSING OF INFORMATION**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32>

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С
ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Научная статья

Нейрус С.К.^{1,*}, Навацкая В.А.², Афанасьев М.П.³

¹ ORCID : 0000-0001-7530-1332;

² ORCID : 0000-0001-7694-6765;

³ ORCID : 0000-0002-7359-9558;

^{1,2} Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (samneyrus3[at]gmail.com)

Аннотация

В данной работе показано применение имитационного моделирования на примере предприятий различных отраслей. Проводится анализ работы предприятий и на его основе строится имитационная модель. Также оцениваются полученные результаты и предлагаются варианты улучшения функционирования предприятий. Любое предприятие в настоящее время не обходится без информационных технологий, которые направлены на эффективную работу компании. Помимо этого, эффективность работы поддерживается грамотными решениями руководителя. От принятых решений зависит работа, как отдельного филиала, так и всего предприятия. Имитационное моделирование – один из методов моделирования, который позволяет описывать все происходящие процессы объекта исследования таким образом, как если бы они проходили в действительности.

Ключевые слова: анализ, исследование, моделирование, имитационное моделирование, концептуальная модель, системы массового обслуживания.

**A STUDY OF STRUCTURAL SUBDIVISIONS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES USING MASS SERVICE
SYSTEMS**

Research article

Neyrus S.K.^{1,*}, Navatskaya V.A.², Afanasyev M.P.³

¹ ORCID : 0000-0001-7530-1332;

² ORCID : 0000-0001-7694-6765;

³ ORCID : 0000-0002-7359-9558;

^{1,2} Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russian Federation

³ Admiral Makarov State University of Maritime and Inland, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (samneyrus3[at]gmail.com)

Abstract

This work shows the application of simulation modelling on the example of enterprises in various industries. The analysis of enterprises' work is carried out and on its basis the simulation model is built. The results are also evaluated and options to improve the functioning of enterprises are proposed. Nowadays, any enterprise cannot manage without information technologies which are aimed at effective work of the company. In addition, the effectiveness of the work is supported by the competent decisions of the manager. The work of both an individual branch and the entire enterprise depends on the decisions made. Simulation modelling is one of the methods of modelling, which allows describing all the processes of the object of research as if they were happening in reality.

Keywords: analysis, research, modeling, simulation modeling, conceptual model, mass service systems.

Введение

Важным пунктом при принятии решения является четкое и правильное определение проблемы, стоящей перед руководством [1]. Для конкретизации проблемы проводится анализ интересующих показателей деятельности предприятия. Одна из методик анализа и решения проблемы – имитационное моделирование.

Модели данного типа можно «проиграть» (прогнать) во времени бесчисленное количество раз. Кроме того, результаты моделирования будут описываться случайным характером процессов [2].

В настоящее время имитационное моделирование применяется в самых разных областях человеческой деятельности: в промышленности, на транспорте [3], в экономике, экологии, в сферах информационной безопасности и услуг, а также в сферах общественных, государственных и военных отношений.

Имитационное моделирование бывает нескольких видов: моделирование функционирования, моделирование эффективности системы, моделирование условий применения, физическое моделирование. В данной статье рассмотрим более подробно моделирование эффективности системы, поскольку преследуется цель по оптимизации работы предприятий [4].

При моделировании эффективности системы отдается выбор предпочтительности определенной концепции системы. Помимо функционирования самой системы проектируется модель среды функционирования. Варьируя внешние и внутренние параметры системы, можно изучить различные варианты эксплуатации и возможности системы [5].

В настоящий момент имеется ряд программ, позволяющих провести имитационное моделирование: Plant Simulation, GPSS World, Scilab, AnyLogical, Maxima, Solidworks Simulation, Autodesk Simulation, Matlab.

Материалы и методы

В данной статье проведем имитационное моделирование в такой программе как GPSS World.

GPSS – General Purpose Systems Simulator – классическая программа имитационного моделирования. Она предназначена для моделирования систем массового обслуживания (СМО) и имеет специальные операторы, а также синтаксис. Многие сферы жизни можно описать как систему массового обслуживания, с их помощью можно реализовать многократное повторение одних и тех же действий за определенный срок, но не в режиме реального времени, что существенно экономит время. Любую систему можно заранее просчитать, подкорректировать, чтобы при реализации на практике потери и простой системы составляли меньший процент или его не было вовсе [6].

Исследование в статье проводилось на реальных объектах в несколько этапов, для наглядной демонстрации универсальности применяемых методов и инструментов. Были определены показатели эффективности функционирования исследуемой системы и дано упрощенное алгоритмическое описание исследуемой системы. Затем разработан алгоритм моделирования и описана программная реализация модели, что позволило провести ряд опытов над объектами за счет варьирования различных внутренних и внешних показателей системы [7]. Все полученные в ходе исследования результаты были интерпретированы и на их основе вынесены рекомендации по оптимизации или модификации систем, которые исследовались.

Основные результаты

Перейдем к имитационной модели предприятия энергетической отрасли. АО «Концерн Росэнергоатом» – компания, использующая атомные станции в качестве производства электроэнергии. Она состоит из различных филиалов, разбросанных по всей России. Рассмотрим подробнее филиал Калининской атомной электростанции (КАЭС), в частности отдел организации входного контроля и оценки соответствия (ООВКиОС). ООВКиОС делится на две группы – группа входного контроля и группа оценки соответствия [8].

Исходя из практического опыта сотрудников, была получена следующая информация по функционированию их отдела: в группе оценки соответствия (назовем ее первой) имеется семь сотрудников, каждый из которых может одновременно работать с пятью заявками (входящими письмами или запросами на покупку оборудования). В группе входного контроля (во второй группе) – четыре сотрудника, каждый из которых может одновременно работать с двумя заявками на входной контроль. В среднем за час может поступить 5,5 заявок, тогда среднее время работы персонала первой группы с одной заявкой варьируется от 8 до 10 часов, во второй группе – от 3 до 5 часов. Для удобства представим эти данные в табл.1.

Таблица 1 - Исходные данные

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.1>

$T_{\text{раб}}$, час	λ , ед/час	n_1 , ед	n_2 , ед	$t_{\text{обсл1}}$, час	$t_{\text{обсл2}}$, час	ЗР
1976	5,5	35	8	8-10	3-5	равн

Данная модель представляется в виде многоканальной системы массового обслуживания с ожиданием. На вход подается простейший поток (экспоненциальный), а процесс обслуживания, соответственно, будет описываться равномерным законом распределения. Промоделируем работу отдела за один рабочий год в часах, что соответствует 1976 часам. Перед тем как приступить к написанию программы составим схематическое изображение функционирования отдела (рис.1).

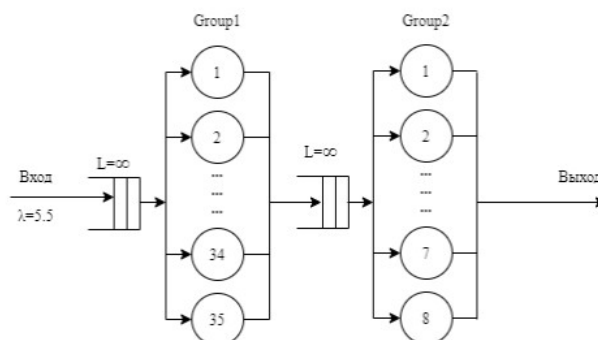


Рисунок 1 - Концептуальная модель системы

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.2>

На основании концептуальной модели (рис.1) напишем программу в GPSS World, листинг программы представлен на рис.2.

```

GROUP1  STORAGE  35
GROUP2  STORAGE  8
GENERATE (EXPONENTIAL(1,0,1/5.5))
QUEUE   OCH1
ENTER   GROUP1
DEPART  OCH1
ADVANCE (UNIFORM(1,8,10))
LEAVE   GROUP1
QUEUE   OCH2
ENTER   GROUP2
DEPART  OCH2
ADVANCE (UNIFORM(1,3,5))
LEAVE   GROUP2
TERMINATE 0
GENERATE 1976
TERMINATE 1

```

Рисунок 2 - Программа модели в GPSS World
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.3>

После проведения моделирования программы в GPSS World выводится отчет со всеми результатами по моделированию, для удобства внесем все расшифрованные данные с отчета в табл.2.

Таблица 2 - Расшифровка параметров отчета
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.4>

Показатели	Значение
Число созданных заявок	10727
Число обслуженных заявок	3941
Среднее число заявок в первой очереди	1490,412
Среднее число заявок во второй очереди	1848,513
Среднее время ожидания заявки в первой очереди	274,546
Среднее время ожидания заявки во второй очереди	476,973
Среднее число занятых каналов первой группы	39,944
Среднее число занятых каналов второй группы	7,961
Коэффициент использования первой группы	0,998
Коэффициент использования второй группы	0,995

По данным таблицы можно сделать вывод о том, что каналы обслуживания обеих групп заняты практически все время моделирования, в среднем в очереди ожидали по 1490 и 1849 заявок, что недопустимо, а время ожидания в них составляет 275 и 476 сек. Программа работает на пределе, каналы не справляются с таким количеством заявок. Следовательно, необходимо провести работу по улучшению модели и определить номинальный режим работы, т.е. провести ряд опытов над исходной моделью.

Для определения номинального режима работы модели необходимо выбрать несколько информативных показателей эффективности, по которым можно будет судить о работоспособности модели [9]. Выберем следующие показатели: коэффициент использования, среднее число заявок в очереди, среднее время ожидания заявок в очереди, среднее число занятых каналов. Проведем серию опытов, изменяя количество каналов в первой и второй группах, т.к. другие показатели модели, взятые с табл.1, изменить невозможно. Сведем все показатели эффективности с отчетов в единую таблицу (табл.3).

Таблица 3 - Интерпретация результатов эксперимента

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.5>

Число каналов		Коэффициент использования		Среднее число заявок в очереди		Среднее время ожидания заявок в очереди		Среднее число занятых каналов	
1 гр	2 гр	1 гр	2 гр	1 гр	2 гр	1 гр	2 гр	1 гр	2 гр
35 (7)	8 (4)	0,998	0,995	1490,4	1848,5	274,55	476,97	34,944	7,961
40 (8)	12 (6)	0,998	0,995	971,27	1406,3	179,28	317,76	39,923	11,94
45 (9)	16 (8)	0,998	0,995	398,04	970,58	73,418	195,10	44,894	15,917
50 (10)	20 (10)	0,976	0,994	9,251	388,97	1,701	71,919	48,788	19,873
50 (10)	22 (11)	0,972	0,978	10,647	6,542	1,968	1,215	48,595	21,506
55 (11)	24 (12)	0,902	0,912	1,485	1,644	0,269	0,299	49,59	51,883

Анализируя таблицу 3, можно сделать вывод о том, что с увеличением числа каналов значения показателей эффективности уменьшаются, система работает быстрее и не заставляет заявки долго ожидать в очередях при моделировании. Кроме того, по среднему числу занятых каналов видно, что для модели достаточным является использование 50 и 22 каналов, т.к. на следующем шаге, при использовании 55 и 24 каналов число занятых каналов остается практически прежним. Поэтому номинальный режим работы данной системы соответствует модели с $n_1 = 50$ и $n_2 = 22$ т.к. модель работает максимально эффективно [10].

Подведем общий итог по разработанной имитационной модели для предприятия энергетической отрасли: в ходе проведения моделирования было подтверждено, что в системе наблюдается перегрузка работы сотрудников. Отдел не справляется с тем количеством заявок, что поступает к нему на вход. Для улучшения качества работы в отделе должно быть 10 человек в группе оценки соответствия и 11 человек в группе входного контроля. При выполнении данной рекомендации компания бы сумела уменьшить время простоя оборудования на складе и ожидания его обработки. Что способствовало бы уменьшению затрат на складирование и увеличение производительности работников.

Перейдем к имитационной модели предприятия нефтегазовой отрасли. ООО «Далькамнефть» — предприятие, которое занимается заправкой топливом различных судов: промысловых и мелких судов, буксиров и т.д. Компания располагается в городе Петропавловске-Камчатском, в данном крае хорошо развита отрасль рыболовства и прочей добычи, связанной с морской деятельностью. За счет этого и появляется спрос на топливо, поскольку кроме того, что за самим Петропавловском приписано много судов, еще и в порт заходят суда с других городов, которым тоже требуется дозаправка. Координация и взаимодействие со всем кораблями предприятия происходит в прямом эфире, то есть в онлайн режиме. На каждом судне установлена система слежения, и все данные приходят на компьютер оператору по спутнику. Он может узнать в любой момент времени курс судна, какую миссию в данный момент исполняет бункеровщик. Кроме того, у операторов есть доступ к информации о капитанах судов и связь с ними. Люди, находящиеся в офисе, и люди на бункеровщике постоянно состоят в одном информационном поле. Они все вместе функционируют как единое целое [11].

Всего у компании есть 3 бункеровщика. В систему с интенсивностью 7 кораблей в сутки поступают заявки на бункеровку судов. Если на момент обращения все бункеровщики заняты, то заказчику отказывают в обслуживании, так как в открытом море в суровых условия Дальнего Востока нельзя подвергать риску экипаж судна и ожидать очереди, необходимо доставить топливо как можно раньше. Время бункеровки определяется законом равномерного распределения с временем обслуживания $0,2 \div 0,6$ суток. Промоделируем работу системы на протяжении одной недели. Исходные данные отражены в табл.4.

Таблица 4 - Исходные данные

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.6>

$T_{\text{раб}}$, дни	λ , ед/сутки	n , ед	$t_{\text{обс}}$, суток	ЗР
7	7	3	$0,2 \div 0,6$	равн

Перед началом работы в среде GPSS для удобства восприятия и понимания структуры системы составим концептуальную модель задачи. Она изображена на рис.3.

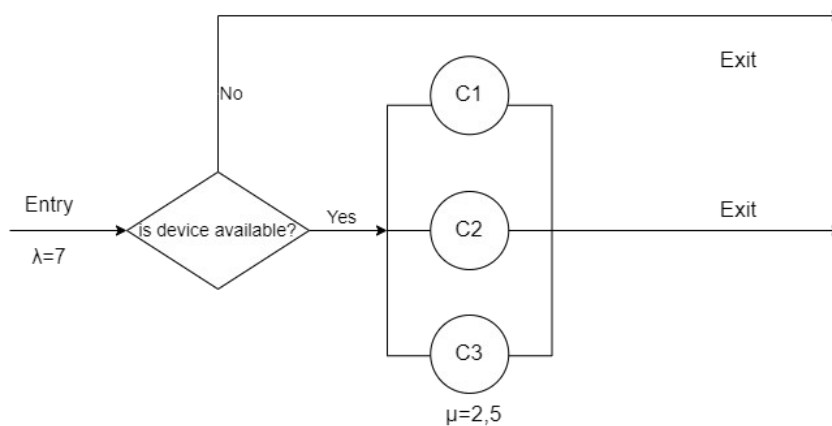


Рисунок 3 - Концептуальная модель
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.7>

Теперь перейдём непосредственно к разработке этой СМО в среде GPSS. Листинг программы изображен на рис.4. В систему поступают заявки с интенсивностью 7 ед./сутки, проводится проверка на наличие свободного устройства. Если все устройства заняты, то заявка направляется на выход, в противном случае заявка попадает на один из трех каналов обслуживания, а затем поступает на выход.

```

Untitled Model 1
BUNK    STORAGE 3
        GENERATE (EXPONENTIAL (1, 0, 1/7))
        GATE SNF BUNK,VIHOD
        ENTER  BUNK
        ADVANCE (UNIFORM(2, 0.2, 0.6))
        LEAVE  BUNK
VIHOD   TERMINATE 0
        GENERATE 7
        TERMINATE 1

```

Рисунок 4 - Программа модели в GPSS World
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.8>

После моделирования в программе выводится отчет, кратко сделаем выводы из него: за всю неделю было создано 47 заявок, из них обслужены 31, а не обслужены 16. Среднее число занятых каналов 1,78 и коэффициент загрузки составил 0,593. По итогу получилось, что система, в принципе, справляется со своей задачей, но число потерянных заявок слишком велико относительно общего числа заявок, то есть 16 кораблей были вынуждены воспользоваться услугами бункеровки других компаний.

Проведем наблюдение за тем, как будут изменяться показатели эффективности при увеличении числа бункеровочных судов у предприятия, другими словами, проанализируем, как повлияет изменение количества каналов (количество бункеровщиков), ведь компания не в силах варьировать интенсивность поступления самих заявок [12]. Сведем данные показателей эффективности по проведенному эксперименту в единую таблицу (табл.5), так же дополним ее информацией при трех каналах обслуживания, которые были изначально.

Таблица 5 - Вывод результатов эксперимента

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.32.9>

n	Вероятность отказа	Загрузка системы	Среднее число занятых каналов
3	0,340	0,593	1,78
4	0,191	0,538	2,15
5	0,085	0,479	2,395
6	0,043	0,418	2,506
7	0	0,379	2,654

Вывод: при увеличении числа бункеровщиков загрузка системы уменьшается и, соответственно, среднее число занятых каналов растет. Но поскольку нет необходимости в таком большом числе каналов, ведь из тех же 7

бункеровщиков, в среднем, будут простаивать без дела 4. Цена на бункеровщик примерно равна 90 млн руб., не считая затраты на обслуживание, топливо, место в порту и т.д. В связи с большими тратами на покупку новых судов лучше остановиться на количестве из 4 бункеровщиков, поскольку загрузка системы довольно низкая, вероятность отказа в обслуживании адекватная, а среднее число занятых каналов составляет 2,15, что приемлемо. Покупка еще одного бункеровщика позволит снизить загрузку системы до 0,538, это хоть и не ключевое значение, по которому стоит судить, но все же улучшение заметно. Главное, что значительно снизилась вероятность отказа до 0,191.

Заключение

В ходе исследования была показана эффективность применения методов имитационного моделирования в различных отраслях. Неважно, будь то промышленное предприятие или предприятие по энергетике, его работу можно описать с помощью текста программы и имитировать его функционирование как в реальной жизни. Построение имитационной модели помогает понять сильные и слабые стороны организации, а также позволяет внести корректировки в работу и проверить правильность их внедрения без ущерба реальному производству и траты самого главного ресурса – времени.

Полученные результаты, помогут в дальнейшем находить и исследовать улучшения, которые можно внести в рабочий процесс, рассмотреть все альтернативные варианты и проверить их эффективность перед реализацией на практике.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Горелова Н.Ю. Об основных характеристиках логистической системы бункеровочной компании Волго-Камского речного бассейна / Н.Ю. Горелова, К.Л. Терехов // Научные проблемы водного транспорта. — 2004. — № 11 — С. 39-48.
2. Первухин Д.А. Системное моделирование / Д.А. Первухин. – Санкт-Петербургский горный университет, 2020.
3. Krakovskiy Y.M. Simulation model of multicomponent equipment for determining the distribution function of its operating time / Y.M. Krakovskiy, Z.D. Ngo // Bulletin of IrSTU. — 2015. — № 7. — P. 102.
4. Сусов Р.В. Применение методов имитационного моделирования для оптимизации бизнес-процесса «Привлечение клиента» / Р.В. Сусов // Лесной вестник. — 2009. — № 6 — С. 132-137.
5. Афанасьева О.В. Разработка программы автоматизации решения задачи сетевого планирования и управления / О.В. Афанасьева, В.Д. Вихорев // Анализ и прогнозирование систем управления в промышленности, на транспорте и в логистике : сборник трудов XXII Международной научно-практической конференции молодых ученых, студентов и аспирантов. — Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2022. — С. 74-79.
6. Ilyushin A.N. Design of Automated Control System Supporting Temperature Field / A.N. Ilyushin, I.D. Shilkina, P.M. Afanasev // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon. — 2019. — № 8934041. — DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934041
7. Afanasyev M.P. Simulation of the Centrifugal Compressor Flow Part of the Internal Combustion Engine to Determine Areas of Non-Evaporated Moisture Effective Discharge during Charge Air Evaporative Cooling / M.P. Afanasyev // Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — № 459(2). — DOI: 10.1088/1755-1315/459/2/022053
8. Официальный сайт ОАО «Концерн Росэнергоатом». — URL: <https://www.rosenergoatom.ru> (дата обращения: 16.09.2022)
9. Afanasev P.M. Simulation of Liquid Fuel Spills Combustion Dynamics Based on Computational Fluid. Dynamics Using Modern Application Programs / P.M. Afanasev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — № 459(2). — DOI: 10.1088/1755-1315/459/2/022034
10. Arefiev I.B. Implementation of Control and Forecasting Problems of Human-Machine Complexes on the Basis of Logic-Reflexive Modeling / I.B. Arefiev, O.V. Afanaseva // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2022. — № 442. — P. 187-197. — DOI: 10.1007/978-3-030-98832-6_17
11. Холопов К.В. Бункерный рынок и бункерные операции как фактор обеспечения международного морского судоходства / К.В. Холопов, О.В. Соколова // Российский внешнеэкономический вестник. — 2015. — № 7. — С. 98-114.
12. Dagaev A. Method of Analyzing the Availability Factor in a Mesh Network / A. Dagaev, V.D. Pham, R. Kirichek et al. // Communications in Computer and Information Science. — 2022. — № 1552. — P. 346-358. — DOI: 10.1007/978-3-030-97110-6_27

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gorelova N.Ju. Ob osnovnyh harakteristikah logisticheskoy sistemy bunkerovochnoy kompanii Volgo-Kamskogo rechnogo bassejna [On the main characteristics of the logistics system of the bunkering company of the Volga-Kama River

- Basin] / N.Ju. Gorelova, K.L. Terehov // Nauchnye problemy vodnogo transporta [Scientific problems of water transport]. — 2004. — № 11 — P. 39-48. [in Russian]
2. Pervuhin D.A. Sistemnoe modelirovanie [System modelling. Saint-Petersburg, Russia] / D.A. Pervuhin. — Saint-Petersburg mining university, 2020. [in Russian]
3. Krakovskiy Y.M. Simulation model of multicomponent equipment for determining the distribution function of its operating time / Y.M. Krakovskiy, Z.D. Ngo // Bulletin of IrSTU. — 2015. — № 7. — P. 102.
4. Susov R.V. Primenenie metodov imitacionnogo modelirovaniya dlja optimizacii biznes-processa "Privlechenie klienta" [Application of simulation modeling methods to optimize the business process "Customer engagement"] / R.V. Susov // Lesnoj vestnik [Forestry bulletin]. — 2009. — № 6 — P. 132-137. [in Russian]
5. Afanas'eva O.V. Razrabotka programmy avtomatizacii reshenija zadachi setevogo planirovaniya i upravlenija [Development of an automation program for solving the problem of network planning and management] / O.V. Afanas'eva, V.D. Vihorev // Analiz i prognozirovanie sistem upravlenija v promyshlennosti, na transporte i v logistike [Analysis and forecasting of control systems in industry, transport and logistics] : proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Students and postgraduates. — St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, 2022. — P. 74-79. [in Russian]
6. Ilyushin A.N. Design of Automated Control System Supporting Temperature Field / A.N. Ilyushin, I.D. Shilkina, P.M. Afanasev // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon. — 2019. — № 8934041. — DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934041
7. Afanasyev M.P. Simulation of the Centrifugal Compressor Flow Part of the Internal Combustion Engine to Determine Areas of Non-Evaporated Moisture Effective Discharge during Charge Air Evaporative Cooling / M.P. Afanasyev // Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — № 459(2). — DOI: 10.1088/1755-1315/459/2/022053
8. Oficial'nyj sajt OAO "Koncern Rosjenergoatom" [Official website of JSC "Concern Rosenergoatom"]. — URL: <https://www.rosenergoatom.ru> (accessed: 16.09.2022) [in Russian]
9. Afanasev P.M. Simulation of Liquid Fuel Spills Combustion Dynamics Based on Computational Fluid Dynamics Using Modern Application Programs / P.M. Afanasev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — № 459(2). — DOI: 10.1088/1755-1315/459/2/022034
10. Arefiev I.B. Implementation of Control and Forecasting Problems of Human-Machine Complexes on the Basis of Logic-Reflexive Modeling / I.B. Arefiev, O.V. Afanaseva // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2022. — № 442. — P. 187-197. — DOI: 10.1007/978-3-030-98832-6_17
11. Holopov K.V. Bunkernyj rynek i bunkernye operacii kak faktor obespechenija mezhdunarodnogo morskogo sudohodstva [The oil market and bunker operations as a factor in ensuring international maritime navigation] / K.V. Holopov, O.V. Sokolova // Rossijskij vneshnejekonomicheskij vestnik [Russian Foreign Economic Bulletin]. — 2015. — № 7. — P. 98-114. [in Russian]
12. Dagaev A. Method of Analyzing the Availability Factor in a Mesh Network / A. Dagaev, V.D. Pham, R. Kirichek et al. // Communications in Computer and Information Science. — 2022. — № 1552. — P. 346-358. — DOI: 10.1007/978-3-030-97110-6_27