

**SULTANGAZINOV S.K.** – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

**BAIDELDINOV U.S.** – c.p-m.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

**DARAEV A.M.** – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

**TOKSANBAYEVA B.A.** – magistant (Aktobe, Aktobe university named after S. Baishev)

## **MODEL OF OPEN-LOOP ASYNCHRONOUS MOTOR SYSTEM – FREQUENCY CONVERTER FOR SUBMERSIBLE PUMPS OF OIL PRODUCTION**

### ***Abstract***

*The structural schemes of an asynchronous motor with a short-circuited rotor with two and one inputs are considered. The block diagram of the motor with a single input makes it possible to create a voltage control system on the motor stator.*

*The control system uses non-linear links to ensure the appropriate quality of the transients of the speed and torque of the engine. Graphs of the transient processes of the speed and electromagnetic torque of the engine are given. A program for calculating the transients of the speed and torque of the engine in the algorithmic language MATLAB is given.*

**Keywords:** asynchronous motor, frequency converter, automatic control system, transients, energy saving, algorithmic language MATLAB.

УДК 004.94

**САРБАЕВ С.Ш.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Евразийский технологический университет)

**ОРУНБЕКОВ М.Б.** – докторант PhD (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

## **СРЕДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

### ***Аннотация***

*Описаны задачи и процессы имитационного моделирования, и их различные методы моделирования. Рассмотрены вопросы применения среды моделирования AnyLogic для исследования различных задач на железнодорожном транспорте. Кроме того, описаны блоки железнодорожной библиотеки среды моделирования AnyLogic. Построена имитационная модель станции «Нұрлы жол» с применением блоков железнодорожной библиотеки и получены результаты моделирования.*

**Ключевые слова:** железная дорога, моделирование, имитационное моделирование, AnyLogic.

### **Введение.**

Актуальность исследования является применение средств имитационного моделирования для решения практических задач. Так как, зачастую решение проблемы нельзя найти путем проведения натурных экспериментов: строить новые объекты,

разрушать или вносить изменения в уже имеющуюся инфраструктуру может быть слишком дорого, опасно или просто невозможно. В таких случаях решения можно найти построением модели реальной системы, то есть описывать ее на языке моделирования. В научном мире для исследования сложных систем применяются методы моделирования, чаще всего имитационное моделирование.

«В процессе проектирования, еще до создания реального образца системы управления, для исследования различных ее характеристик может быть использована компьютерная модель, основанная на математическом описании системы. При имитационном моделировании модель ставится в те же условия и подвергается тем же внешним воздействиям, при которых будет работать реальная система» [1].

В процессе управления сложными системами, сегодня одним из обязательных этапов при принятии ответственных решений становится компьютерное имитационное моделирование. Поэтому для создания и использования моделей, знание концепции, принципов и возможностей компьютерного моделирования и умение использовать существующий программный инструментарий являются необходимыми требованиями, предъявляемыми к менеджеру, бизнес-аналитику или ученому [2].

Однако, имеются несколько причин широкому распространению имитационного моделирования для решения соответствующих задач:

1. Системы, обычно сложны, для которых необходима разработка моделей, что затрудняет построение для их моделей даже с использованием специализированных пакетов.

2. Разработка сложных моделей часто требует от пользователя знания языка программирования и написания программного кода, с которым совместима среда разработки.

В этой области традиционный подход решения основной проблемы имитационного моделирования увидел именно в разработке компьютерной программы, реализующей модель, программ генерации и анализа случайных величин, а не в разработке и анализе модели как таковой. В результате таких подходов, разработка полезных моделей в традиционной технологии может тянуться годами, так как сроки разработки модели являются критическим фактором. Среда разработки имитационных моделей, скрывая от разработчика все эти проблемы, может позволяет ускорить построение и анализ имитационных моделей.

#### **Основная часть.**

На рисунке 1 показаны процессы сопровождения имитационного моделирования. Из рисунка видно, что процесс моделирования состоит из четырех составляющих. При построении математической модели применяются ряд допущений при задании параметров реальной системы. Следующим шагом, выбирается математическое исследование или компьютерное моделирование, или оба варианта для получения результатов и неких прогнозов по моделированию.

Полученные результаты моделирования позволяют прогнозировать ожидаемых характеристик реальной системы, которые способствуют корректировать параметры или модифицировать структуры исследуемой реальной системы.

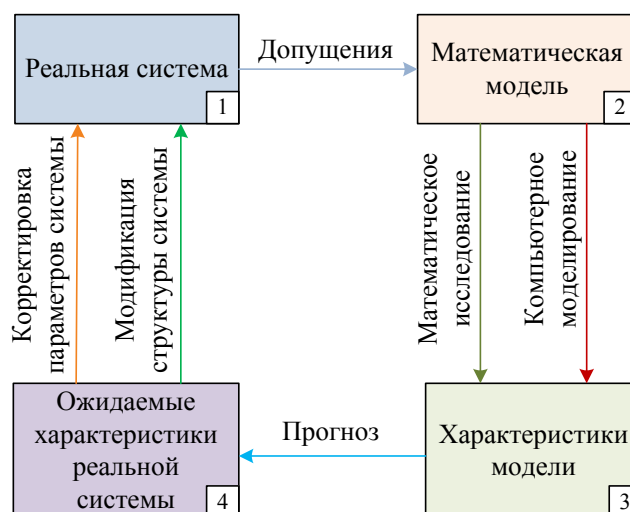


Рисунок 1 – Процессы сопровождения имитационного моделирования

На сегодняшний день на практике имеются множества систем имитационного моделирования, более подробный анализ существующих средств имитационного моделирования приведена в таблице 1 [3, 4, 5].

Таблица 1 – Анализ систем имитационного моделирования

Система моделирования	Реализуемый подход к моделированию	Преимущества подхода	Недостатки подхода
Arena	Дискретно-событийный	Создание собственных шаблонов решений и модулей. Возможность провести серию имитаций	Реализация только одного подхода
AGNES	Агентный дискретными событиями	Кроссплатформенность, отказоустойчивость, возможность распределенного запуска, возможность полунатурного моделирования	Распространяется по лицензии
GPSS	Дискретно-событийный	Объектно-ориентированный интерфейс, программные эксперименты, простота использования	Один подход, необходимость написания дополнительного ПО для работы с интерфейсной частью проекта
Simplex3	Дискретно-событийный	Визуализация результатов в виде диаграмм, кроссплатформенность	Один подход, публично не распространяется
AnyLogic	Все	Многоподходность, визуализация моделей, модуль оптимизации, возможность создания своих библиотек	Невозможность редактирования кода напрямую, ограниченность различных версий
Simio	Дискретно-событийный,	Визуализация моделей, разные формы представления	Ограниченность различных версий,

	агентный	результатов	небольшой функционал
SeSAm	Агентный	Импорт векторных и растровых файлов, работа с текстовыми файлами	Один подход, ПО не поддерживается
SimPy	Дискретно-событийный	Возможность запуска модели в режиме реального и модельного времени, кроссплатформенность	Один подход, отсутствует визуализация результатов
Aivika	Все	Кроссплатформенность, основой является функциональное программирование, возможность параллельных вычислений	Сложность использования

В данной работе из вышеперечисленных систем имитационного моделирования, рассматривается возможности AnyLogic [6] в задачах исследования на железнодорожном транспорте.

Среды моделирования AnyLogic можно загрузить с официального сайта [7], в трех вариантах: Personal Learning Edition – для начинающих и студентов; University Researcher – для открытых исследований в университетах; Professional – для компании и государственных организации. Первый вариант распространяется бесплатно, другие два – лицензия на платной основе. Кроме того, последний вариант используется для коммерческих целей. Но для версии University Researcher и Professional предоставляется бесплатное время работы в течение 30 дней для ознакомления с возможностями системы. В данной работе модель построена с использованием версий Professional.

AnyLogic позволяет построить модели по трем методам: системная динамика; дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование [8]. Кроме того, AnyLogic позволяет построить модели для различных отраслей науки, и для этой цели среда моделирования имеет различные библиотеки, и одним из них является «Блоки железнодорожной библиотеки». Так, например, с применением блоков железнодорожной библиотеки в работе [5] предложены методы агентно- и дискретно-событийного моделирования движения поездов, для поддержки принятия решений в случае штатных и нештатных ситуации, дискретно-событийной модели технического обслуживания пассажирского подвижного состава [9], интервал слежения между поездами при организации ВСМ [10], мультиагентное моделирование для предотвращения столкновения поездов [11].

Кроме того, AnyLogic позволяет моделирования задач связанное с описанием маневровой работы железнодорожных станции [12], работы железнодорожного вокзала [13], организации пассажирских перевозок [14], оптимизация пассажиропотоков на пассажирском вокзале [15]. Обозначение и характеристики блоков железнодорожной библиотеки AnyLogic приведены в таблице 2.

Кроме указанных в таблице 2 блоков, в составе железнодорожной библиотеки AnyLogic, применяются:

- «Разметка пространства в ж/д моделях», где имеются инструменты для создания модели, таких как железнодорожная сеть, железнодорожный путь, точка железнодорожной пути, стрелки, преобразование ГИС шейп-файлов в ж/д фигуры и разметки, маршрут и программное создание ж/д узла;

- «Поезд», представляющий собой последовательность нескольких сцепленных между собой железнодорожных вагонов, которые могут двигаться по железнодорожному

узлу и управляться диаграммами процессов, собранными из объектов Железнодорожной библиотеки и Библиотеки моделирования процессов среды AnyLogic;

- «Вагоны» создаются объектом TrainSource (в составе поездов) и во время всего своего пребывания на ж/д узле полностью управляются поездами.

Стоит отметить, что при построении сложных имитационных моделей железнодорожного транспорта, в зависимости от исследуемой задачи, используются и разные блоки из других библиотек среды AnyLogic.

Таблица 2 – Обозначение и характеристики блоков железнодорожной библиотеки AnyLogic

№	Обозначение блоков	Характеристика блоков
1	 out	С объекта TrainSource начинается диаграмма любого процесса. Этот блок создает поезда, помещает их на пути ж/д узла, и вставляет агента-поезд в диаграмму процесса поезда.
2	 in	Удаляет поезда из модели по двум способом: - поезд может выехать за пределы железнодорожного узла по незамкнутому пути, в этом случае объект TrainDispose должен следовать за последним объектом TrainMoveTo; - поезд может удалиться из любого места железнодорожного узла. Поезда удаляются с помощью объекта TrainDispose.
3	 outHit	Блок, который управляет движением поезда. Поезд может перемещаться только тогда, когда он находится в блоке TrainMoveTo. Поезд может двигаться как к заданной цели, так и просто двигаться без цели.
4	 out	Сцепляет два состава между собой. Сцепляемые составы вместе, должны поступить в объект TrainCouple через разные входные порты, и должны при этом «касаться» друг друга своими крайними вагонами.
5	 outDecoupled	Отцепляет заданное количество вагонов от поступающего поезда и создает новый поезд из отцепленных вагонов. Изначально поступивший поезд покидает объект через выходной порт out, а состав, собранный из отцепленных вагонов – через порт outDecoupled.
6	 out	Извлекает поступающий в объект поезд из железнодорожной сети и передает заявку-поезд далее в обычную диаграмму процесса.
7	 out	Помещает поступающего в объект агента-поезд на заданный путь. Обычно используется в связке с объектом TrainExit для моделирования каких-то процессов на более высоком уровне абстракции, а не на детальном, физическом уровне.
8		Блок RailSettings предоставляет низкоуровневый интерфейс для управления железнодорожным узлом, основанный на функциях Java и механизме обратных вызовов.

В качестве объекта исследования в данной работе рассмотрена станция «Нұрлы жол», которая открылась в 2017 году в столице Казахстана в рамках проведения Международной специализированной выставки «EXPO 2017 Astana». Вокзал имеет необычное архитектурное решение. Поезда заезжают непосредственно в здание вокзала, где пассажиры выходят на платформы и здесь же находится зал ожидания. Общая площадь вокзального комплекса составляет 126 тыс. квадратных метров.

Станция имеет приёмо-отправочных путей и является тупиковой (рисунок 2). Пути подходят от существующей железнодорожной линии со стороны станции «Астана» и некоторые участки путей проходят по эстакаде, а также имеет электрическую тягу переменного тока. Посадка и высадка пассажиров производится на уровне третьего этажа. Пропускная способность составляет до 35 тыс. пассажиров в сутки.

Задачей исследования является моделирование пассажиропотоков на данной станции. При построении модели руководствуемся по путевому развитию станции «Нұрлы жол», показанной на рисунке 2.

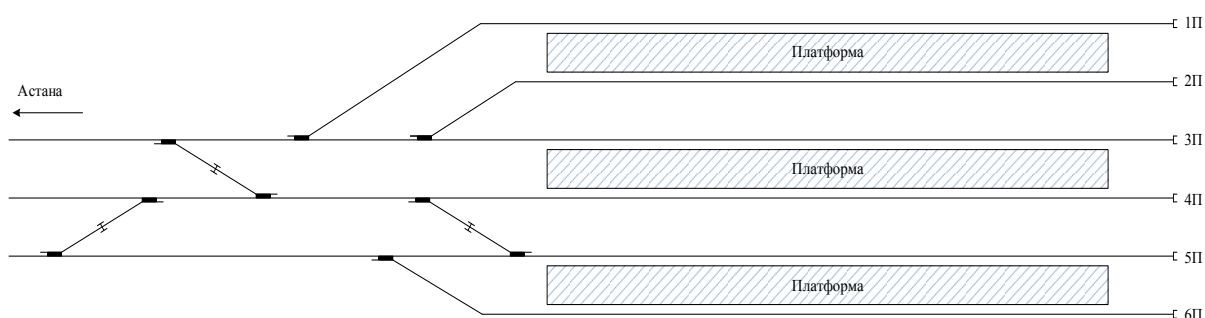


Рисунок 2 – Обобщенный схематический план расположения путей станции «Нұрлы жол»

На рисунке 3 показаны фото расположения путей и платформ внутри вокзала станции «Нұрлы жол».



Рисунок 3 – Вокзал станции «Нұрлы жол»



На рисунке 4 показано главное окно «Main» среды имитационного моделирования AnyLogic и результат симуляции режима Logic (рисунок 5).

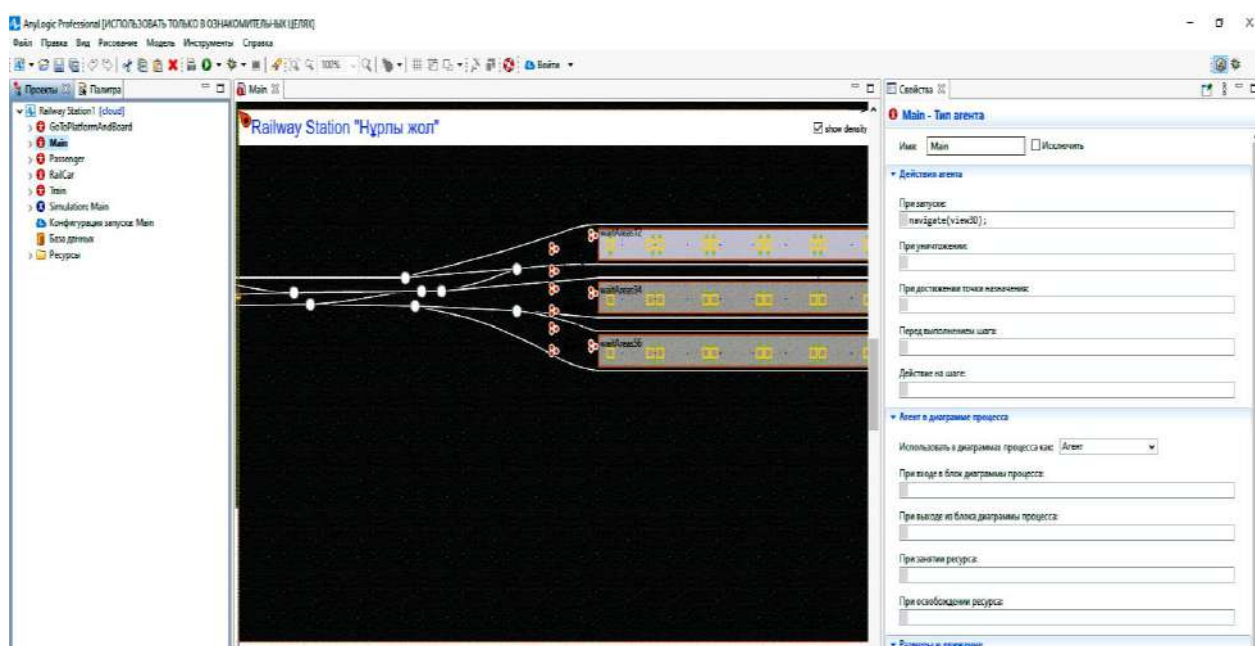


Рисунок 4 – Фрагмент разработки модели в среде AnyLogic

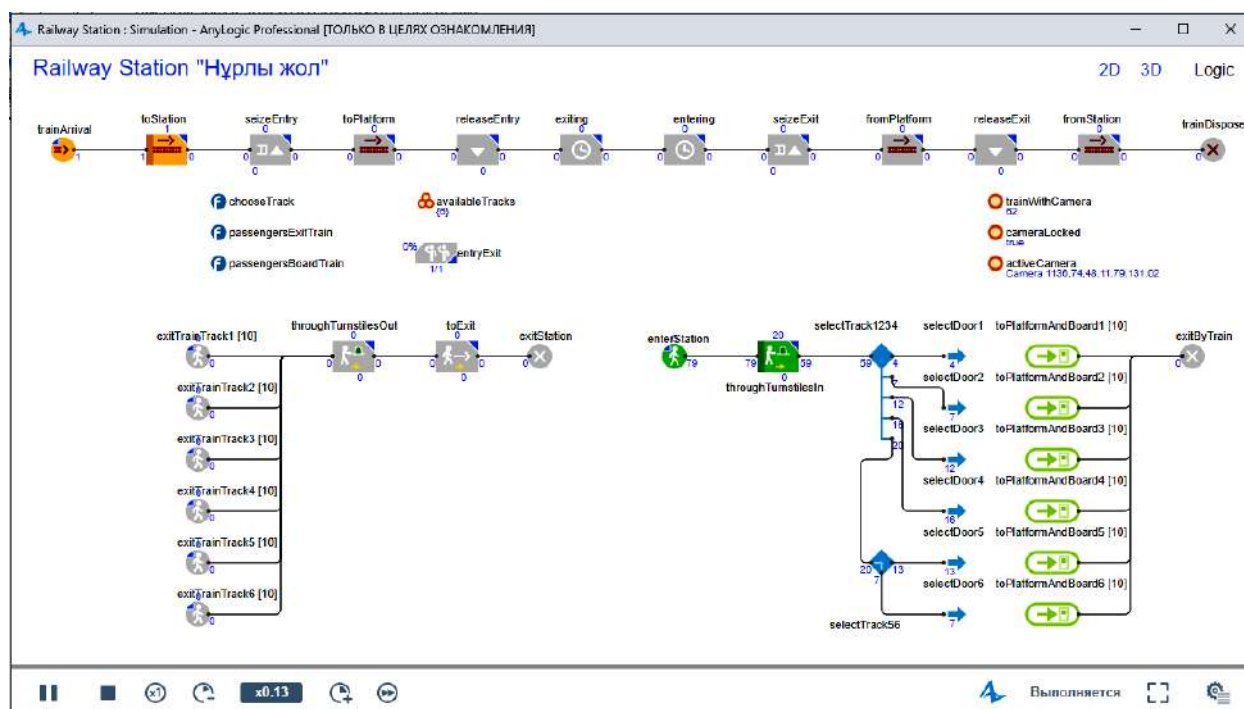


Рисунок 5 – Результат симуляции в формате Logic

В режиме симуляции Logic показанной на рисунке 5 отображается количество обслуживаемых поездов и пассажиров, что позволяет получить количественные результаты.

На рисунке 6 показаны режим симуляции в формате 2D. Из рисунка можно наблюдать потоки пассажиров, ожидающих прибытие поездов и направляющих к выходу от прибывших поездов пассажиров.

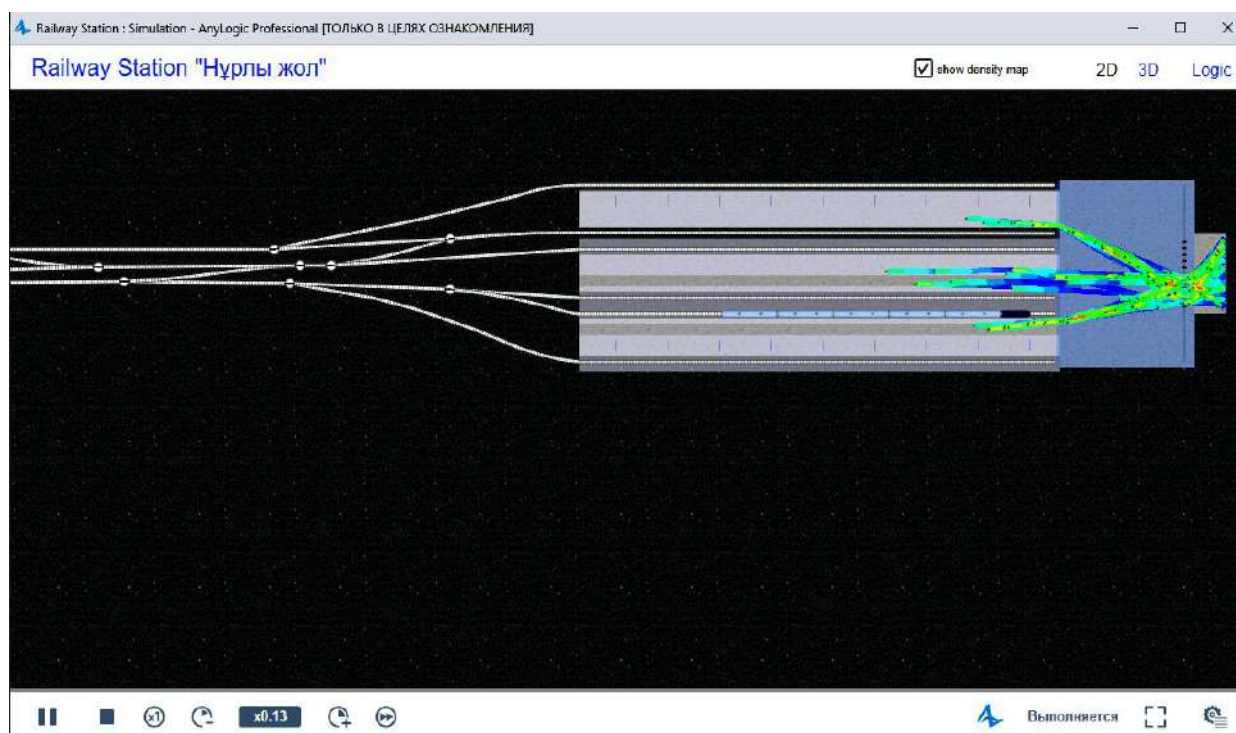


Рисунок 6 – Результат симуляции в формате 2D

Кроме того, во всех режимах симуляции 2D, 3D и Logic система позволяет регулировать замедлением или ускорением выполнения режима симуляции, что способствует детально изучить или ускорить получения конечных результатов моделирования.

#### **Выводы.**

1. Рассмотрены анализ существующих систем имитационного моделирования и вопросы недостатки и эффективности применения их для решения той или иной задачи. Описаны процессы, рассматриваемые при построениях модели систем.
2. Предложена система AnyLogic для разработки имитационных моделей и описаны обозначения и характеристики блоков железнодорожной библиотеки данной системы.
3. Охарактеризована станция «Нұрлы жол» и с целью определения пассажиропотоков в станции «Нұрлы жол» построена имитационная модель в среде AnyLogic. В режиме симуляции получены результаты, которые показывают адекватность построенной модели.

#### **Литература**

1. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 831 с.
2. Коровин А.М. Моделирование систем: учебное пособие к лабораторным работам. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. – 2010.
3. Михеева Т.В. Обзор существующих программных средств имитационного моделирования при исследовании механизмов функционирования и управления производственными системами // Известия Алтайского государственного университета. – 2009. – №. 1.



4. Dubroca-Voisin M., Kabalan B., Leurent F. On pedestrian traffic management in railway stations: simulation needs and model assessment // *Transportation research Procedia*. – 2019. – Т. 37. – С. 3-10.
5. Хабаров В.И., Красникова К.В. Создание имитационной модели движения поездов с использованием мультиагентного и дискретно-событийного подходов на примере Западно-Сибирской железной дороги // *Известия Транссиба*. – 2017. – №3 (31). – С. 143-154.
6. Боев В.Д. Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7 // СПб.: ВАС. – 2014. – Т. 432.
7. <https://www.anylogic.com/downloads/>
8. Григорьев И. AnyLogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию // Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials>. – 2017.
9. Bannikov D., Sirina N. Model of passenger rolling stock maintenance // *MATEC Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2018. – Т. 216.
10. Yan D., Wang C. Optimization and Simulation Research on the High-Speed Rail Train Tracking Interval // *ICTE 2019*. – Reston, VA: American Society of Civil Engineers. – 2020. – С. 1054-1062.
11. Bhardwaj A., Ghosh S., Dutta A. Modeling of multiagent based railway system using BDI logic // *International Conference on Future Trends in Computing and Communication*. – 2013.
12. Рахмангулов А.Н., Мишкuroв П.Н. Особенности построения имитационной модели технологии работы железнодорожной станции в системе AnyLogic // *Сборник научных трудов SWorld*. – 2012. – Т2, №4. – С. 7-14.
13. Елуферьева Ю.С., Пальмов С.В. Моделирование работы железнодорожного вокзала средствами AnyLogic // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2018. – №. 12-1 (78).
14. Дёмин А.Г. Разработка имитационной модели пригородных пассажирских перевозок в центральном федеральном округе // *Имитационное моделирование. Теория и практика*. – 2017. – С. 360-365.
15. Wang H. Analysis and Optimization of Passenger Flowlines at Zhongchuan High-Speed Railway Station // *Modelling and Simulation in Engineering*. – 2018.

### References

1. Dorf R., Bishop R. Modern control systems. – M.: Laboratory of Basic Knowledge, 2004. – 831 p.
2. Korovin A.M. Modeling of systems: a textbook for laboratory work. Chelyabinsk: SUSU Publishing Center, 2010.
3. Mikheeva T.V. Review of existing software tools for simulation modeling in the study of mechanisms of functioning and management of production systems // *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*. – 2009. – №.1.
4. Dubroca-Voisin M., Kabalan B., Leurent F. On pedestrian traffic management in railway stations: simulation needs and model assessment // *Transportation research Procedia*. – 2019. – Т. 37. – pp. 3-10.
5. Khabarov V.I., Krasnikova K.V. Creation of a simulation model of train movement using multi-agent and discrete-event approaches on the example of the West Siberian Railway. *Izvestiya Transsib*. – 2017. – №3 (31). – pp. 143-154.
6. Boev V.D. Computer modeling: A manual for practical classes, course and diploma design in AnyLogic7 // St. Petersburg: VAS. – 2014. – Vol. 432.
7. <https://www.anylogic.com/downloads/>

8. Grigoriev I. AnyLogic in three days. Practical guide to simulation modeling // Access mode: <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials> – 2017.
9. Bannikov D., Sirina N. Model of passenger rolling stock maintenance // MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – T. 216.
10. Yan D., Wang C. Optimization and Simulation Research on the High-Speed Rail Train Tracking Interval // ICTE 2019. – Reston, VA: American Society of Civil Engineers. – 2020. – C. 1054-1062.
11. Bhardwaj A., Ghosh S., Dutta A. Modeling of multiagent based railway system using BDI logic // International Conference on Future Trends in Computing and Communication. – 2013.
12. Rakhmangulov A.N., Mishkurov P.N. Features of building a simulation model of the railway station operation technology in the AnyLogic system // Sbornik nauchnykh trudov SWorld. – 2012. – T2, №4. – pp. 7-14.
13. Elufer'eva Yu.S., Palmov S.V. Modeling of railway station operation by means of AnyLogic // International Scientific Research Journal. – 2018. – №. 12-1 (78).
14. Demin A.G. Development of a simulation model of suburban passenger transportation in the Central Federal District. Imitatsionnoe modelirovanie. Theory and practice. – 2017. – pp. 360-365.
15. Wang H. Analysis and Optimization of Passenger Flowlines at Zhongchuan High-Speed Railway Station // Modelling and Simulation in Engineering. – 2018.

**САРБАЕВ С.Ш. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Еуразия технологиялық университеті)**

**ОРУНБЕКОВ М.Б. – PhD докторанты (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)**

## ANYLOGIC МОДЕЛЬДЕУ ОРТАСЫ ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ЗЕРТТЕУ МІНДЕТТЕРІНДЕ

### *Аңдатпа*

*Имитациялық модельдеудің міндеттері мен процестері және олардың әртүрлі модельдеу әдістері сипатталған. Теміржол көлігіндегі әртүрлі мәселелерді зерттеу үшін AnyLogic модельдеу ортасын қолдану мәселелері қарастырылған. Сонымен қатар, AnyLogic модельдеу ортасының теміржол кітапханасының блоктары сипатталған. AnyLogic теміржол кітапханасының блоктарын қолдана отырып, «Нұрлы жол» станциясының имитациялық моделі құрылған және моделдеу нәтижелері алынған.*

**Түйінді сөздер:** *темір жол, модельдеу, имитациялық модельдеу, AnyLogic.*

**SARBAEV S.Sh. – d.t.s., professor (Almaty, Eurasian technological university)**

**ORUNBEKOV M.B. – PhD student (Almaty, Academy of logistics and transport)**

## ANYLOGIC SIMULATION ENVIRONMENT IN THE PROBLEMS OF RESEARCH ON RAILWAY TRANSPORT

### *Abstract*

*The tasks and processes of simulation modeling and their various modeling methods are described. The issues of using the AnyLogic modeling environment for the study of various*

*problems in railway transport are considered. In addition, the blocks of the railway library of the AnyLogic modeling environment are described.*

*A simulation model of the Nurly Zhol station was constructed using railway library blocks and simulation results were obtained.*

**Key words:** railway, modeling, simulation, AnyLogic.

УДК 336(035.3)

**САРЖАНОВ Т.С.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**БАЯХМЕТОВА Ляз.Т.** – к.э.н., ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**МУСАЕВА Г.С.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

**БАЯХМЕТОВА А.Т.** – д.э.н., профессор (г. Алматы, Казахско-Немецкий университет)

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ФИНАНСОВОЙ ГРАМОТНОСТИ**

### **Аннотация**

*В последние годы, актуальность финансовой грамотности возросла в свете динамичного и стремительного развития финансовых систем стран, в том числе под влиянием глобализации и активного внедрения информационных технологий. Именно финансовая грамотность является одним из важнейших показателей, характеризующих способность домашних хозяйств в принятии адекватных финансовых решений для дальнейшего увеличения своего благосостояния.*

**Ключевые слова:** *финансовый кризис, экономический рост, финансовая грамотность, финансовые концепции, глобализация, информационные технологии.*

### **Введение.**

В последние десятилетия, произошедшие и происходящие в мире события, и процессы, например, такие как мировой финансовый кризис, глобализация финансовых рынков, активное внедрение инновационных информационных технологии в финансовые услуги, реализация странами различных программ по повышению финансовой доступности обозначили необходимость в повышении финансовой грамотности населения.

Характер финансовой неграмотности и ее проявления могут быть различными, но они находят свое отражение в повседневном финансовом выборе, который делают практически большинство домашних хозяйств. Как показывают эмпирические исследования без понимания и знаний основ экономики, финансовых услуг и продуктов, и структуры их рисков и доходности, финансово неграмотные индивидуумы с большей вероятностью примут неверные инвестиционные и финансовые решения, которые ухудшат их финансовое положение.

В масштабе страны низкая финансовая грамотность населения сдерживает развитие финансовых рынков, способствует развитию бедности, снижает доверие к финансовым институтам, а также дестимулирует темпы экономического роста страны.