

Классификация моделей системы управления жилищно-коммунальным хозяйством

А. А. Попов, А. М. Трамова

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36

Аннотация. В статье рассмотрено решение задачи систематизации моделей, используемых для управления жилищно-коммунальным хозяйством. Целью исследований является уточнение классификации моделей, используемых для моделирования деятельности предприятий в сфере жилищно-коммунального хозяйства, регионального жилищно-коммунального хозяйства, а также жилищно-коммунального хозяйства в целом. Объект исследований в данной работе – жилищно-коммунальное хозяйство. Предмет исследований – множество моделей, используемых для управления жилищно-коммунальным хозяйством. Исходными данными для исследования являются материалы по предметной области «Модели в управлении жилищно-коммунальным хозяйством», приведенные в работах российских ученых. К методам исследования, используемым в работе, относятся: системный подход, методы анализа и синтеза, а также теоретико-множественный подход. В результате анализа публикаций по выбранной предметной области было определено восемь типов моделей. Рассмотрено соответствие моделей различных типов, полученных в результате исследований, классификации моделей, полученных ранее. Уточнена классификация моделей за счет появления новых моделей, использующих различные виды оптимизации, а также цифровые двойники зданий и новых формальных теоретических моделей, описывающих методику создания моделей с учетом различных факторов.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, классификация моделей, подмножество моделей, системный подход, концептуальная модель, теория массового обслуживания, оптимизационная модель, процессная модель, мультиагентная модель, цифровая модель здания, формальная модель

Поступила 07.07.2023, одобрена после рецензирования 14.07.2023, принята к публикации 21.07.2023

Для цитирования. Попов А. А., Трамова А. М. Классификация моделей системы управления жилищно-коммунальным хозяйством // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 4(114). С. 98–109. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-4-114-98-109

JEL: L9

Original article

Classification of models of the housing and communal services management system

A.A. Popov, A.M. Tramova

Department of Informatics, Plekhanov Russian University of Economics,
117997, Russian, Moscow, Stremyanny lane, 36

Abstract. The article considers the solution of the problem of systematization of models used to manage housing and communal services. The purpose of the research is to clarify the classification of models used to model the activities of enterprises in the field of housing and communal services, regional housing and

communal services, as well as housing and communal services in general. The object of research in this work is housing and communal services. The subject of research is the set of models used to manage housing and communal services. The initial data for research are materials on the subject area «Models in the management of housing and communal services», given in the works of Russian scientists. The research methods used in the work include a systematic approach, methods of analysis and synthesis, as well as a set-theoretic approach. As a result of the analysis of publications in the selected subject area, eight types of models were identified. The correspondence of models of various types, obtained as a result of research, to the classification of models obtained earlier is considered. The classification of models obtained earlier has been refined due to the emergence of new models using various types of optimization, due to new models using digital twins of buildings, as well as due to new formal theoretical models that describe the methodology for creating models taking into account various factors.

Keywords: housing and communal services, classification of models, subset of models, system approach, conceptual model, queuing theory, optimization model, process model, multi-agent model, digital building model, formal model

Submitted 07.07.2023,

approved after reviewing 14.07.2023,

accepted for publication 21.07.2023

For citation. Popov A.A., Tramova A.M. Classification of models of the housing and communal services management system. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2023. No. 4(114). Pp. 98–109. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-4-114-98-109

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в научной литературе практически отсутствуют обзорные работы, в которых проводится разносторонний анализ моделей, используемых для управления жилищно-коммунальным хозяйством (ЖКХ). Одной из последних работ в данной предметной области является [1], где показано существование трех типов моделей в сфере ЖКХ.

Первый тип моделей предназначен для моделирования состояния и динамики жилого фонда (моделирование капитального ремонта зданий, моделирование деятельности предприятий, управляющих жилым фондом, а также моделирование динамики жилого фонда на основе ипотечного кредитования).

Второй тип моделей предназначен для моделирования тарифной политики в сфере ЖКХ.

Третий тип моделей предназначен для моделирования различных сторон деятельности предприятий в сфере ЖКХ (концептуальное моделирование управления предприятиями, а также моделирование конкретных видов деятельности предприятий).

С момента публикации данной работы прошло уже 15 лет. Поэтому классификация моделей, используемых для управления ЖКХ, могла измениться. Тем более, в [1] указано, что модели типа «Моделирование объектов ЖКХ» ранее были развиты достаточно слабо. Кроме этого, рассматривается классификация лишь экономико-математических моделей, а для управления ЖКХ могут быть использованы модели, отличающиеся по своей сути от экономико-математических.

Таким образом, в данной работе делается попытка усовершенствовать классификацию моделей, приведенных в [1], на основе анализа публикаций в предметной области «Модели в управлении ЖКХ».

Целью исследования является усовершенствование классификации моделей, используемых для моделирования деятельности предприятий в сфере ЖКХ, регионального ЖКХ, а также ЖКХ в целом.

Объектом исследований в данной работе является ЖКХ. Предметом исследований является совокупность моделей, используемых для управления ЖКХ.

Исходными данными для проведения исследований являются материалы по предметной области «Модели в управлении ЖКХ», приведенные в работах российских ученых. К методам исследования, используемым в работе, относятся методы анализа и синтеза, методы, основанные на системном подходе, а также метод, основанный на теоретико-множественном подходе.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Постановка задачи исследований, проводимых в работе, выглядит следующим образом.

Дано:

Множество моделей K , полученное в [1]:

$$K = \bigcup_{i=1}^I k(i),$$

где i – номера подмножеств;

I – количество подмножеств, ($I = 3$);

$k(1)$, $k(2)$, $k(3)$ – подмножества моделей соответственно для моделирования состояния и динамики жилого фонда, для моделирования тарифной политики в сфере ЖКХ, а также для моделирования деятельности предприятий в сфере ЖКХ.

При этом в составы подмножеств $k(1)$, $k(2)$, $k(3)$ входят следующие подмножества:

$$k(1) = \bigcup (m(1,1), m(1,2), m(1,3)),$$

$$k(2) = \bigcup (m(2,1), m(2,2)),$$

$$k(3) = \bigcup (m(3,1), m(3,2)).$$

В состав подмножества $k(1)$ входят три подмножества моделей: для моделирования капитального ремонта зданий, для моделирования деятельности предприятий, управляющих жилым фондом, а также для моделирования динамики жилого фонда на основе ипотечного кредитования.

В состав подмножества $k(2)$ входят два подмножества моделей: для моделирования тарифной политики и для моделирования значений параметров, характеризующих результаты тарифной политики.

В состав подмножества $k(3)$ входят два подмножества моделей: для концептуального моделирования развития предприятий в сфере ЖКХ, а также для моделирования деятельности предприятий по оказанию конкретных видов жилищно-коммунальных услуг.

Необходимо определить:

Новые подмножества моделей $k(i)$ и $m(i, f)$, которые будут дополнять множество K и входить в состав обновленного множества KN за счет:

- появления новых подмножеств $k(i)$ множества K и входящих в них подмножеств $m(i, f)$, то есть значение I становится больше 3;

- появления только новых подмножеств $m(i, f)$, входящих в состав имеющихся подмножеств $k(1)$, $k(2)$, $k(3)$.

При этом для f выполняются следующие соотношения:

$$f = \begin{cases} 4, 5, \dots, F(i); & (i = 1; I \geq 3); \\ 2, 3, \dots, F(i); & (i = 2, 3; I \geq 3); \\ 1, 2, \dots, F(i); & (i > 3; I \geq 3), \end{cases}$$

где $F(i)$ – количество подмоделей в подмодели $k(i)$, при этом $F(1) \geq 3$, $F(2) \geq 2$, $F(3) \geq 2$, а также $F(i) \geq 1$ при $i > 3$.

Таким образом, необходимо определить уточненное множество моделей KN . При этом $K \in KN$, $I \geq 3$,

$$KN = \bigcup_{i=1}^I \left(\bigcup_{f=1}^{F(i)} m(i, f) \right).$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПОВ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖКХ

В результате анализа публикаций было выделено несколько типов моделей управления предприятиями в сфере ЖКХ. Установим соответствие определенных типов моделей тем подмножествам, которые входят в состав множества K . Особое внимание уделяется описанию новых подмножеств, которые требуется создать для получения уточненного множества KN .

Первым типом моделей являются модели процессного управления. В качестве примера можно привести модель [2], где модель информационных процессов управления предприятиями в сфере ЖКХ представлена в виде совокупности диаграмм, разработанных с использованием нотации UML, и предполагает сокращение времени, затрачиваемого на сбор показаний счетчиков, установленных на объектах учета, и передачу их в управляющую организацию. Модель соответствует подмножеству моделей $m(3, 1)$. Остальные модели данного типа также соответствуют подмножествам моделей $m(3, 1)$ или $m(1, 2)$. Таким образом, наличие моделей не требует появления новых подмножеств моделей в дополнение к классификации [1].

Вторым типом моделей являются модели на основе системного подхода. В [3] приведено использование теории ограничения систем для моделирования работы предприятия в сфере ЖКХ. Деятельность организации в сфере ЖКХ характеризуется тремя параметрами: скорость генерации дохода предприятием в сфере ЖКХ в результате продаж жилищно-коммунальных услуг, денежные средства, вложенные в предприятие, а также денежные средства, используемые предприятием для превращения денег, вложенных в предприятие, в доход предприятия. Модель соответствует подмножеству моделей $m(1, 2)$. В [4] рассмотрена трансформация модели системы управления ЖКХ, состоящей (на основании теории систем и теоретико-множественного подхода) из шести компонентов. Также приведены модели единых информационных пространств нескольких типов в зависимости от информационных технологий, используемых на предприятиях сферы ЖКХ. Модель соответствует подмножеству моделей $m(3, 1)$. Остальные модели соответствуют подмножествам моделей $m(3, 1)$ или $m(1, 2)$. Таким образом, использование моделей данного типа не приводит к появлению новых подмножеств моделей в дополнение к классификации [1].

Третьим типом моделей являются модели на основе теории массового обслуживания. В качестве примера можно привести работу [5], где рассмотрена модель, разработанная с использованием теории массового обслуживания и предназначенная для оптимизации значений параметров, характеризующих систему водоснабжения. В результате использо-

вания модели [5] обеспечивается экономия ресурсов предприятий сферы ЖКХ, занимающихся системами водоснабжения. Модели данного типа соответствуют подмножеству моделей $m(3, 2)$. Таким образом, наличие таких моделей не приводит к появлению новых подмножеств моделей в дополнение к подмножествам, приведенным в [1].

Четвертым типом моделей являются модели на основе мультиагентного подхода. В [6] рассматривается создание мультиагентной модели, в составе которой имеется четыре агента («Органы местного самоуправления», «Внешние по отношению к ЖКХ предприятия», «Жилищно-коммунальные предприятия», «Жители») и которая должна формировать рациональный вариант планирования бюджетных средств для работы городского ЖКХ. Такой тип моделей можно отнести к новому подмножеству моделей $m(1, 4)$, которое дополняет подмножество $k(1)$ и предназначено для моделирования процесса бюджетирования в ЖКХ с учетом динамики состояния жилого фонда. В [7] в качестве ядра модели для оценки эффективности деятельности организации в сфере ЖКХ используются облачные функции АИС «Бизнес-Аналитик», которая является мультиагентной гибридной экспертной системой. Представление знаний для работы модели в [7] производится с помощью продукционной экспертной системы. Для ее работы формировалась система качественных оценок (термов) по результатам ответов сотрудников управляющих компаний на ряд вопросов. Для работы модели используются показатели, характеризующие деятельность предприятий в сфере ЖКХ (масштаб деятельности, финансовая устойчивость, репутация, прозрачность). По результатам работы модели [7] может быть построен рейтинг всех управляющих организаций в сфере ЖКХ. Модель соответствует новому подмножеству моделей $m(3, 3)$, которое дополняет подмножество $k(3)$ и предназначено для оценки эффективности деятельности предприятий в сфере ЖКХ. В [8] рассмотрено создание модели энерго-технологического комплекса (ЭТК), то есть ЖКХ, с использованием коборг-технологии (A complicated organized objects, Coborgs). В соответствии с [8] модель ЖКХ представляется как сетцентрическая информационно-управляющая система, в которой автономные интеллектуальные агенты взаимодействуют между собой. Такая система агентов образует мультиагентный ЭТК-коборг, который осуществляет решение задачи по оптимальному управлению энергоресурсами. Модель соответствует подмножеству моделей $m(3, 2)$. При этом модель может соответствовать и новому подмножеству моделей $m(3, 4)$, которое дополняет подмножество $k(3)$ и предназначено для определения оптимальных вариантов деятельности предприятий в сфере ЖКХ.

Таким образом, использование моделей данного типа соответствует появлению новых подмножеств моделей в дополнение к подмножествам, приведенным в [1].

Пятым типом моделей являются модели для описания организационных механизмов управления в ЖКХ. Большинство моделей данного типа предполагают концептуальное моделирование управления ЖКХ, и поэтому они соответствуют подмножеству моделей $m(3, 1)$. Примером является модель, приведенная в [9] и описывающая роли субъектов управления ЖКХ на четырех уровнях (собственники жилищного фонда, жилищно-коммунальные предприятия, организации для управления жилищным фондом и операторы по управлению жилищно-коммунальными услугами, а также органы власти в сфере управления ЖКХ). При этом среди моделей данного типа есть модели, соответствующие другим подмножествам множества K . В [10] разработана модель механизма управления в сфере ЖКХ, в которой учитываются факторы, влияющие на осуществление инвестиционно-инновационной деятельности в сфере ЖКХ, а инвестиционный налоговый кредит в данной мо-

дели рассматривается как основной финансовый инструмент. Поэтому модель соответствует новому подмножеству моделей $m(2, 3)$ для моделирования инвестиционно-инновационной деятельности в сфере ЖКХ в дополнение к подмножеству $k(2)$. В [11] разработана графическая модель, позволяющая сформировать взаимодействие предприятий сферы ЖКХ со сторонними коммерческими организациями и частным сектором на условиях частичной самокупаемости. Модель соответствует новому подмножеству моделей $m(2, 4)$, которое дополняет подмножество $k(2)$ и предназначено для моделирования взаимодействия предприятий сферы ЖКХ со сторонними организациями. В [12] рассмотрена модель, предназначенная для выбора рационального варианта формы управления предприятием сферы ЖКХ. При создании модели были использованы положения теории нечетких множеств. Модель соответствует новому подмножеству моделей $m(1, 5)$, которое дополняет подмножество $k(1)$ и предназначено для выбора рационального варианта формы управления предприятиями сферы ЖКХ.

Таким образом, использование моделей данного типа соответствует появлению новых подмножеств моделей в дополнение к подмножествам, приведенным в [1].

Шестым типом моделей являются модели для оптимизации значений параметров, характеризующих различные виды деятельности предприятий в сфере ЖКХ. В [13] рассмотрена модель, предназначенная для определения оптимальных значений затрат на планируемую модернизацию, капитальный ремонт и текущий ремонт МКД, а также затрат на эксплуатацию МКД. При этом в качестве управляемых параметров рассматривались параметры, характеризующие надежность и стоимость отремонтированных МКД, стоимость работ по ремонту МКД, а также технологические, социальные и экологические показатели ремонта МКД. Условно управляемыми параметрами в [13] рассматриваются параметры, обеспечиваемые организациями, сторонними по отношению к ЖКХ: качество (надежность) МКД, организационно-технические, эргономические, экологические, эстетические показатели МКД после постройки или ремонта. Модель соответствует подмножеству $m(1, 1)$, а также рассмотренному ранее новому подмножеству $m(3, 4)$. В [14] приведены две модели для описания деятельности предприятия сферы ЖКХ (управляющей компании). Первая модель использует балансовые уравнения предприятия. Вторая модель предусматривает решение задачи оптимального управления. Параметром для осуществления оптимизации является дисконтированная прибыль предприятия в сфере ЖКХ. Управляемым параметром в моделях [14] являются затраты на модернизацию жилого фонда. Обе модели соответствуют подмножеству $m(1, 2)$, а также рассмотренному ранее новому подмножеству $m(3, 4)$. В [15] в качестве основы для разработки имитационной модели для оптимизации деятельности предприятий сферы ЖКХ используется модель [1]. В модели [15] оптимальные решения определяются с использованием дискретного принципа максимума Понтрягина. Модель соответствует подмножеству $m(2, 2)$, а также новому подмножеству $m(3, 4)$. В [16] рассматривается алгоритм обработки информации и поиска оптимальных технологических и экономических решений в сфере ЖКХ, который основывается на фреймах, имеющих графовую структуру. Модель соответствует новому подмножеству $m(3, 4)$.

Таким образом, наличие моделей данного типа приводит к появлению новых подмножеств моделей в дополнение к подмножествам, приведенным в [1].

Седьмым типом моделей являются информационные модели зданий (Building Information Models, BIM). Пока что практическое использование моделей данного типа

непосредственно на предприятиях сферы ЖКХ производится достаточно редко. В случае использования для управления ЖКХ ВІМ обеспечивает сбор, централизованное хранение, отображение и анализ данных для отслеживания текущего состояния МКД, моделирование изменений в конструкции МКД для принятия мер по эксплуатации и ремонту МКД. Примером является работа [17], где рассматривается использование ВІМ для решения проблемы, которая выражается в высоких затратах в сфере ЖКХ и ориентированности ЖКХ на аварийные работы. Указанная проблема приводит к ограничениям в работе системы управления ЖКХ, что мешает повышению эффективности предприятий в сфере ЖКХ. Для устранения проблемы в [17] с помощью ВІМ производятся прогнозирование значений параметров, характеризующих деятельность объектов ЖКХ, и прогнозирование нештатных ситуаций. Система прогнозирования встраивается в общую систему управления ЖКХ. Это показано с помощью UML-диаграмм компонентов для показа структуры системы управления объектами ЖКХ, в состав которой входит модуль интеллектуальной аналитики. Рассмотрен пример использования ВІМ, реализованной с помощью нейросети, для управления теплоузлом в МКД. Модель соответствует новому подмножеству моделей $m(4, 1)$, предусматривающему использование цифровых двойников зданий для принятия решений в сфере ЖКХ. Подмножество $m(4, 1)$ входит в состав нового подмножества $kn(4)$ для моделирования состояния зданий в рамках управления ЖКХ.

Восьмым типом моделей являются формальные модели управления ЖКХ. В [18] теоретически обосновано построение модели для выбора и принятия решений при обеспечении деятельности предприятий в сфере ЖКХ, в которой учтены факторы вероятностной неопределенности. В [19] рассмотрены теоретические положения для построения модели с учетом неравновесных состояний подсистемы, в качестве которой выступает совокупность предприятий в сфере ЖКХ, имеющих одинаковую функциональность. Для моделирования состояний подсистем во времени может быть использована система дифференциальных или разностных уравнений, правая часть которых будет зависеть от параметров, характеризующих текущее состояние подсистемы и распределение жилищно-коммунальных услуг. Формальные модели соответствуют новому подмножеству моделей $m(5, 1)$ для формального описания учета неопределенности при разработке моделей для управления ЖКХ. Подмножество $m(5, 1)$ входит в состав нового подмножества $kn(5)$, предназначенного для развития методического аппарата, используемого при разработке моделей управления ЖКХ.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате исследований было получено уточненное множество моделей KN . При этом для получения множества KN множество K должно быть дополнено следующими новыми подмножествами:

1. Подмножество $kn(1)$ по сравнению с подмножеством $k(1)$ дополняется подмножеством $m(1, 4)$ для моделирования бюджетирования в ЖКХ с учетом динамики состояния жилого фонда и подмножеством $m(1, 5)$ для выбора рационального варианта формы управления предприятием сферы ЖКХ.

2. Подмножество $kn(2)$ по сравнению с подмножеством $k(2)$ дополняется подмножеством $m(2, 3)$ для моделирования инвестиционно-инновационной деятельности в сфере ЖКХ и подмножеством $m(2, 4)$ для моделирования взаимодействия предприятий сферы ЖКХ со сторонними организациями.

3. Подмножество $kn(3)$ по сравнению с подмножеством $k(3)$ дополняется подмножеством $m(3, 3)$ для оценки эффективности деятельности предприятий в сфере ЖКХ и подмножеством $m(3, 4)$ для определения оптимальных вариантов деятельности предприятий в сфере ЖКХ.

4. Появляется новое подмножество $kn(4)$ для моделирования состояния зданий в рамках управления ЖКХ. В составе данного подмножества содержится подмножество моделей $m(4, 1)$ для использования цифровых двойников зданий в сфере ЖКХ.

5. Появляется новое подмножество $kn(5)$ для развития методического аппарата, используемого при разработке моделей управления ЖКХ. В составе данного подмножества содержится подмножество моделей $m(5, 1)$ для формального описания учета неопределенности при разработке моделей для управления ЖКХ.

Уточненная классификация моделей, полученная в результате исследований, показывает, что она не противоречит классификации, полученной ранее в [1]. В результате решения задачи получено множество KN :

$$KN = \bigcup_{i=1}^5 kn(i),$$

$$kn(1) = \bigcup (m(1,1), m(1,2), m(1,3), m(1,4), m(1,5)),$$

$$kn(2) = \bigcup (m(2,1), m(2,2), m(2,3), m(1,4)),$$

$$kn(3) = \bigcup (m(3,1), m(3,2), m(3,3), m(3,4)),$$

$$kn(4) = m(4,1),$$

$$kn(5) = m(5,1).$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье решена задача систематизации моделей, используемых для управления ЖКХ. Результаты исследований показывают, что классификация моделей, полученная ранее в [1], должна быть уточнена:

- за счет моделей, использующих различные виды оптимизации;
- за счет моделей, использующих цифровые двойники зданий;
- за счет формальных теоретических моделей, описывающих методику создания моделей с учетом различных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егорова Н. Е., Митрофанова И. Н., Королева Н. В. и др. Имитационная модель предприятия ЖКХ как инструмент анализа тарифно-ценового механизма // Аудит и финансовый анализ. 2007. № 6. С. 160–199.
2. Бученков О. В., Жаишкова Т. В., Колобова Е. А. Модель информационных процессов контроля и учета потребления энергоресурсов в сфере ЖКХ // Современные информационные технологии. 2020. № 32(32). С. 21–26.

3. *Колларж В. В.* Анализ сбалансированности деятельности предприятия сферы ЖКХ на основе теории энтропии и теории ограничения систем // *Экономический вектор*. 2016. № 2 (5). С. 66–73.
4. *Попов А. А.* Трансформация системы управления жилищно-коммунальным хозяйством в условиях цифровизации. Москва: Русайнс, 2021. 188 с.
5. *Шibaева М. А., Околелова Э. Ю., Ларина Е. М.* Реформирование жилищно-коммунального хозяйства на основе моделирования инженерных систем // *Социально-экономическое развитие России: проблемы, тенденции, перспективы: сборник научных статей 19-й Международной научно-практической конференции*. Том 1. Курск, 25 апреля 2020 года. Москва: Финансовый университет при Правительстве РФ, 2020. С. 324–329.
6. *Гафарова Е. А., Зеленова Е. В.* Агентная модель для оценивания последствий управленческих решений в жилищно-коммунальной сфере (на примере г. Стерлитамак) // *Государственное управление. Электронный вестник*. 2011. № 29. С. 6.
7. *Пятковский О. И., Бир А. А.* Использование мультиагентных гибридных экспертных систем для оценки деятельности управляющих компаний ЖКХ // *Ползуновский альманах*. 2014. № 1. С. 130–134.
8. *Соловьев В. И.* Применение коборг-технологии для построения сетевидной системы управления энерго-технологическим комплексом // *Автоматизация и ИТ в энергетике*. 2019. № 2(115). С. 14–20.
9. *Юматов А. С.* Управление жилищно-коммунальными услугами в условиях цифровой экономики // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2018. № 7. С. 65–70.
10. *Нечаев А. С., Никитюк Л. Г.* Создание модели инвестиционно-инновационного механизма управления в сфере жилищно-коммунального хозяйства // *Налоги и налогообложение*. 2011. № 12. С. 26–31.
11. *Зимовец А. В., Макареня Т. А.* Модель развития сферы ЖКХ в контексте развития энергоэффективных технологий // *Региональная экономика: теория и практика*. 2018. Т. 16. № 11(458). С. 2121–2134.
12. *Булкина Я. С.* Модели выбора форм управления в сфере ЖКХ на основе теории нечетких множеств // *Инициативы XXI века*. 2012. № 4. С. 125–127.
13. *Бурланков С. П.* Модель оптимизации системы управления конкурентоустойчивостью жилищно-коммунальных хозяйств // *Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова*. 2017. № 5 (95). С. 96–101.
14. *Вишнева Е. В.* Примеры математической модели управляющей компании // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта*. 2015. № 10. С. 98–108.
15. *Клачек П. М., Корягин С. И., Дворниченко Р. И. и др.* Интеллектуальная производственная система как инструмент инновационного развития ЖКХ России // *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2013. № 1(23). С. 84–92.
16. *Полупан К. С., Бабкин А. В., Клачек П. М. и др.* Создание цифровых центров ситуационного управления в сфере жилищно-коммунального хозяйства // *Цифровая экономика и Индустрия 4.0: тенденции 2025: сборник трудов научно-практической конференции с международным участием*. Санкт-Петербург, 3–5 апреля 2019 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. С. 190–197.

17. Хохловский В. Н., Олейников В. С., Курочкина В. С. и др. Применение цифровых двойников в автоматизированных системах управления технологическими объектами с использованием теории ограничения систем // *Modern Science*. 2020. № 11–1. С. 422–427.

18. Ларин С. Н., Стебеньева Т. В., Юрятина Н. Н. Моделирование условий вероятностной неопределенности при симметричных и несимметричных распределениях для принятия решений экономическими субъектами сферы ЖКХ // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2019. № 1–1. С. 96–100.

19. Ларин С. Н., Малков У. Х. Повышение эффективности деятельности экономических субъектов сферы ЖКХ на основе ее структурирования и динамического моделирования неравновесных состояний функциональных подсистем // *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2019. Т. 9. № 1–1. С. 678–687.

REFERENCES

1. Egorova N.E., Mitrofanova I.N., Koroleva N.V. et al. Simulation model of the housing and communal services enterprise as a tool for analyzing the tariff-price mechanism. *Audit i finansovyy analiz* [Audit and financial analysis]. 2007. No. 6. Pp. 160–199. (In Russian)

2. Buchenkov O.V., Zhashkova T.V., Kolobova E.A. Model of information processes for monitoring and accounting for energy consumption in the housing and communal services sector. *Sovremennye informacionnye tehnologii* [Modern information technologies]. 2020. No. 32(32). Pp. 21–26. (In Russian)

3. Kollarzh V.V. Analysis of the balance of activity of a housing and communal services enterprise based on the theory of entropy and the theory of system constraints. *Jekonomicheskij vektor* [Economic vector]. 2016. No. 2(5). Pp. 66–73. (In Russian)

4. Popov A.A. *Transformacija sistemy upravlenija zhilishhno-kommunal'nym hozjajstvom v uslovijah cifrovizacii* [Transformation of the housing and communal services management system in the context of digitalization]. Moscow: RuScience, 2021. 188 p. (In Russian)

5. Shibaeva M.A., Okolelova Je.Ju., Larina E.M. Reforming the Housing and Communal Services Based on the Modeling of Engineering Systems. *Social'no-jekonomicheskoe razvitie Rossii: problemy, tendencii, perspektivy* [Socio-economic development of Russia: problems, trends, prospects]: *sbornik nauchnyh statej 19-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Vol. 1. Kursk, 2020*. Moscow: Finansovyj universitet pri Pravitel'stve RF, 2020. Pp. 324–329. (In Russian)

6. Gafarova E.A., Zelenova E.V. Agent-based model for assessing the consequences of management decisions in the housing and communal sector (on the example of the city of Sterlitamak). *Gosudarstvennoe upravlenie. Jelektronnyj vestnik* [State management. Electronic herald]. 2011. No. 29. Pp. 6. (In Russian)

7. Pjatkovskij O.I., Bir A.A. Using multi-agent hybrid expert systems to evaluate the activities of housing and communal services management companies. *Polzunovskij al'manah* [Polzunovskii almanac]. 2014. No. 1. Pp. 130–134. (In Russian)

8. Solovev V.I. Application of coborg technology to build a network-centric control system for an energy-technological complex. *Avtomatizacija i IT v jenergetike* [Automation and IT in the energy sector]. 2019. No. 2(115). Pp. 14–20.

9. Jumatov A.S. Management of housing and communal services in the digital economy. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intelligence. Innovations. Investments]. 2018. No. 7. Pp. 65–70. (In Russian)
10. Nechaev A.S., Nikitjuk L.G. Creation of a model of investment and innovation management mechanism in the field of housing and communal services. *Nalogi i nalogooblozhenie* [Taxes and taxation]. 2011. No. 12. Pp. 26–31. (In Russian)
11. Zimovec A.V., Makarenja T.A. The development model of the housing and communal services sector in the context of the development of energy efficient technologies. *Regional'naja jekonomika: teorija i praktika* [Regional Economics: Theory and Practice]. 2018. Vol. 16. No. 11(458). Pp. 2121–2134. (In Russian)
12. Bulkina Ja.S. Models for choosing forms of management in the housing and communal services sector based on the theory of fuzzy sets. *Inicijativy XXI veka* [XXIst century initiatives]. 2012. No 4. Pp. 125–127. (In Russian)
13. Burlankov S. P. Model of optimization of the management system of competitiveness of housing and communal services. *Vestnik Rossijskogo jekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plehanova* [Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics]. 2017. No. 5(95). C. 96–101. (In Russian)
14. Vishneva E.V. Examples of the mathematical model of the management company. *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta* [Bulletin of the Baltic Federal University. I. Kant]. 2015. No. 10. Pp. 98–108. (In Russian)
15. Klachek P.M., Korjagin S.I., Dvornichenko R.I. et al. Intelligent production system as a tool for innovative development of housing and communal services in Russia. *Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa* [Technical and technological problems of the service]. 2013. No. 1(23). Pp. 84–92. (In Russian)
16. Polupan K.S., Babkin A.V., Klachek P.M. et al. Creation of digital centers for situational management in the field of housing and communal services. *Cifrovaja jekonomika i Industrija 4.0: tendencii 2025* [Digital Economy and Industry 4.0: Trends 2025]: *sbornik trudov nauchno-prakticheskij konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Sankt-Peterburg, 2019*. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskij politehnicheskij universitet Petra Velikogo, 2019. Pp. 190–197. (In Russian)
17. Hohlovskij V.N., Olejnikov V.S., Kurochkina V.S., Burjachek I.Ju., Peresvet V.A. The use of digital twins in automated control systems for technological objects using the theory of system constraints. *Modern Science* [Modern Science]. 2020. No. 11–1. Pp. 422–427. (In Russian)
18. Larin S.N., Stebenjaeva T.V., Jurjatina N.N. Modeling the conditions of probabilistic uncertainty with symmetric and asymmetric distributions for decision-making by economic entities in the housing and communal services sector. *Vestnik Altajskoj akademii jekonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]. 2019. No. 1–1. Pp. 96–100. (In Russian)
19. Larin S.N., Malkov U.H. Improving the efficiency of economic entities in the housing and communal services sector based on its structuring and dynamic modeling of non-equilibrium states of functional subsystems. *Jekonomika: vchera, segodnja, zavtra* [Economics: yesterday, today, tomorrow]. 2019. Vol. 9. No. 1–1. Pp. 678–687. (In Russian)

Информация об авторах

Попов Алексей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова;

117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

Popov.aa@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0692-3629>

Трамова Азиза Мухамадияевна, д-р экон. наук, профессор, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова;

117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>

Information about the authors

Popov Aleksey Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Plekhanov Russian University of Economics;

117997, Russian, Moscow, 36, Stremyanny lane;

Popov.aa@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0692-3629>

Tramova Aziza Mukhamadiyevna, Doctor of Economics, Professor, Plekhanov Russian University of Economics;

117997, Russian, Moscow, 36, Stremyanny lane;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>