

9. Кривошеева, М. Ю. Стратегия социально-экономического развития регионов на основе программно-целевых методов управления (на примере Воронежской области) : автореф. дис. ...к.э.н. [Текст] / М. Ю. Кривошеева. – Воронеж, 2003. - С. 6.

10. Райзберг Б. А. Государственное управление экономическими и социальными процессами [Текст] : учеб. пособие. - М. : ИНФРА-М, 2010. - 384 с.

© Д. В. Скульский, В. Ф. Шуршев, М. И. Шиккульский

Ссылка для цитирования:

Скульский Д. В., Шуршев В. Ф., Шиккульский М. И. Процессы программно-целевого планирования и их автоматизация // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 3 (45). С. 102–109.

УДК 004.942, 658.5.012.1

DOI 10.52684/2312-3702-2023-45-3-109-114

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

А. В. Стукалин, О. М. Шиккульская, А. Ф. Сокольский

Стукалин Алексей Владимирович, магистрант, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (902) 955-59-78; e-mail: stukalin1978@yandex.ru;

Шиккульская Ольга Михайловна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (927) 559-14-74; e-mail: shikul@mail.ru;

Сокольский Аркадий Федорович, доктор биологических наук, профессор кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (937) 829-27-20; e-mail: shikul@mail.ru

В работе представлены проблемы водоснабжения городов, возникающие вследствие технической отсталости используемого оборудования и постоянным ухудшением качества воды поверхностных источников питьевого водоснабжения, обоснована особая важность начальных этапов проектирования строительства и модернизации объектов водоснабжения. Проанализированы научные работы, посвященные решению проблемы моделирования и поиска оптимальных технических решений в данной области. Обоснован выбор Системы поддержки принятия решений по выбору технологической схемы очистки природной воды для решения проблемы. Показана необходимость постоянного пополнения базы данных системы новыми техническими решениями для обеспечения эффективной работы системы. Инструментарием для подготовки информации о новых технологиях и методах водоочистки (формализация и структурирование) должна осуществлять на основе системного анализа. В работе выполнен системный анализ на основе функционального моделирования двухступенчатой технологической схемы очистки воды, который с одной стороны позволяет глубже разобраться во всех процессах, выявить неоптимальные, дублирующие друг друга по функциям процессы и внести корректирующие изменения, а с другой стороны является подготовительным этапом для подготовки информации к использованию в системе.

Ключевые слова: системный анализ, очистка воды, технологическая схема, модель, процесс, декомпозиция, диаграмма дерева узлов, контекстная диаграмма.

SYSTEM ANALYSIS OF A TWO-STAGE TECHNOLOGICAL SCHEME FOR WATER PURIFICATION

A. V. Stukalin, O. M. Shikulskaya, A. F. Sokolskiy

Stukalin Aleksey Vladimirovich, graduate student, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: + 7 (902) 955-59-78; e-mail: stukalin1978@yandex.ru;

Shikulskaya Olga Mikhaylovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: + 7 (927) 559-14-74; e-mail: shikul@mail.ru;

Sokolskiy Arkadiy Fedorovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, tel.: + 7 (937) 829-27-20; e-mail: shikul@mail.ru

The work presents the problems of water supply to cities arising from the technical backwardness of the equipment used and the constant deterioration of the water quality of surface sources of drinking water supply, the special importance of the initial stages of designing the construction and modernization of water supply facilities is justified. The scientific works devoted to solving the problem of modeling and finding optimal technical solutions in this area were analyzed. The selection of the Decision Support System for the selection of the process scheme for natural water

treatment to solve the problem is justified. Shows the need to constantly replenish the system database with new technical solutions to ensure efficient system operation. The toolkit for preparing information on new technologies and methods of water treatment (formalization and structuring) should be carried out on the basis of system analysis. The work carried out a system analysis based on the functional modeling of a two-stage process scheme for water treatment, which, on the one hand, allows you to understand more deeply in all processes, identify suboptimal processes that duplicate each other in terms of functions and make corrective changes, and on the other hand, it is a preparatory stage for preparing information for use in the system.

Keywords: *system analysis, water treatment, flow chart, model, process, decomposition, node tree diagram, context diagram.*

Очень многие города в РФ сталкиваются с проблемами в водоснабжении, возникающими вследствие технической отсталости используемого оборудования. Эта проблема усугубляется постоянным ухудшением качества воды поверхностных источников питьевого водоснабжения [1]. Обобщая различные проблемные ситуации и практический опыт в разных городах можно выделить негативные факторы, оказывающие влияние на систему водоснабжения: устаревшее оборудование и очистные сооружения, состояние сетей, ухудшение экологии, дефицит водных ресурсов, высокие затраты и пр.

Многообразие факторов, снижающих качество воды поверхностных источников питьевого водоснабжения, и объективные сложности их устранения (недостаток финансового обеспечения, ограниченность выбора необходимого оборудования) обуславливают актуальность проблемы и целесообразность применения системного подхода для ее решения.

Объектом исследования является модернизация системы водоочистки. Предмет исследования – методы формализации информации на основе системного подхода для обеспечения информационно-аналитической поддержки принятия решений по выбору технологической схемы очистки природной воды.

Цель исследования – разработка модели двухступенчатой технологической схемы очистки воды и ее анализ.

Задачи исследования: анализ предметной области, выявление проблемы и обоснование ее актуальности, изучение двухступенчатой технологической очистки воды, ее формализация и разработка функциональной модели, анализ разработанной модели.

Методы исследования – системный анализ и SADT – технология.

Научная новизна работы заключается в разработке модели двухступенчатой технологической схемы очистки воды на основе системного подхода.

Практическая значимость исследования состоит в обеспечении возможности пополнения банка данных системы поддержки принятия решений по выбору технологической схемы очистки природной воды.

Актуальность проблемы обуславливает необходимость обновлять оборудование и совершенствовать технологию водоснабжения путем создания новых и модернизации имеющихся систем водоснабжения на основе современных достижений в этой области.

Эффективность строительства и модернизации систем водоснабжения и водоотведения и их объектов и, а также их эксплуатации в многом зависит от качества проекта [2]. Для обеспечения качества разра

батываемых проектов необходимо обеспечение следующих условий: полнота исходных данных, грамотное техническое задание, высокий квалификационный уровень проектировщиков, оптимальный выбор технических решений и пр.

Именно начальные этапы проектирования (стадии технического задания и технического предложения), на которых определяется выбор технических и технологических решений определяют успешность проекта. Начальные этапы проектирования характеризуются переработкой значительных объемов информации, большим количеством прорабатываемых вариантов реализации. Даже высоко квалифицированному проектировщику не реально проработать все возможные варианты, все имеющиеся новшества в данном направлении. Не все новые открытия доступны в открытой печати. Инженеру трудно учесть все многообразие факторов, влияющих на качество проекта. Проблема усугубляется недостаточностью финансирования. Решение этих задач во многом определяется тем, как будет разработчик обеспечен новыми информационными технологиями, усиливающими его интеллектуальные возможности, позволяющими автоматизировать процессы поиска и обработки информации на основе применения системного подхода к разработке проектных решений.

Решению проблемы моделирования и поиска оптимальных технических решений в данной области посвящено множество научных работ [3–8].

Наиболее удачным на взгляд авторов с точки зрения обеспечения информационной поддержки выбора оптимальных решений является использование электронных классификаторов [9, 10].

Разработанная Система поддержки принятия решений по выбору технологической схемы очистки природной воды [10] уже прошла успешную апробацию. Ее использование позволяет повысить эффективность проектирования новых и реконструкции существующих станций подготовки воды, свести к минимуму вероятность ошибки выбора. Она обеспечивает оптимальное соотношение цены и качества проекта.

Эффективность ее использования может быть обеспечена только при постоян

ном обновлении базы данных, и пополнении ее регламент, технологический регламент, Санструктурированной информацией об известных и Пин) и механизма (персонал, технологическое обновление технических решениях в данной области. Име-рудование).
ются разработки, не отраженные в данной системе [11–20].

И это далеко не полный перечень. Однако для ввода в базу данных и дальнейшего использования необходима формализация и структурирование информации в соответствии со структурой базы данных на основе системного анализа технических решений, которому посвящен ряд работ [18-20]. В данной работе авторами предложен системный анализ двухступенчатой технологической схемы очистки воды. Разработанная при этом функциональная модель технологической схемы представлена диаграммой дерева узлов системы (рис. 1), контекстной диаграммой (рис. 2) и рядом диаграмм декомпозиции самой системы и ее процессов (рис. 3–5).

Диаграмма дерева узлов (рис. 1) отражает иерархию всей системы без учета связей между процессами. Система трехуровневая. На втором уровне показаны обе ступени технологической схемы очистки воды. Декомпозиция этих ступеней представлена на третьем уровне. Первая ступень включает в себя пять процессов, вторая – четыре.

Контекстная диаграмма функциональной модели двухступенчатой технологической схемы очистки воды (рис. 2) отображает связи системы в целом с окружающей средой. Система отображена прямоугольником, связи стрелками входа (исходная вода, реагенты), выхода (техническая вода потребителю, хозяйственно-питьевая вода), управления (техниче-

Диаграмма декомпозиции контекстной диаграммы функциональной модели двухступенчатой технологической схемы очистки воды (рис. 3), как было сказано выше отображает обе ступени очистки. Она дополнена внутренними стрелками (техническая вода и показатели), отображающими связи между процессами (ступенями очистки воды).

Диаграмма декомпозиции процесса подготовки технической воды (первой ступени), представленная на рисунке 4, включает в себя пять процессов: контроль исходной воды, определение дозы реагентов, хлопьеобразование и обеззараживание, сбор технической воды, контроль технической воды. Она также дополнена внутренними связями между процессами.

Диаграмма декомпозиции второй ступени очистки воды – процесса подготовки хозяйственно-питьевой воды (рис. 5) включает в себя четыре процесса: определение и корректировка параметров и режима работы, фильтрация, сбор хозяйственно-питьевой воды, контроль хозяйственно-питьевой воды.

После контроля на обеих ступенях очистки воды при несоответствии качества выхода процесса требованиям осуществляется обратная связь. Результаты контроля подаются на начальные этапы ступеней водоподготовки для внесения корректирующих воздействий.

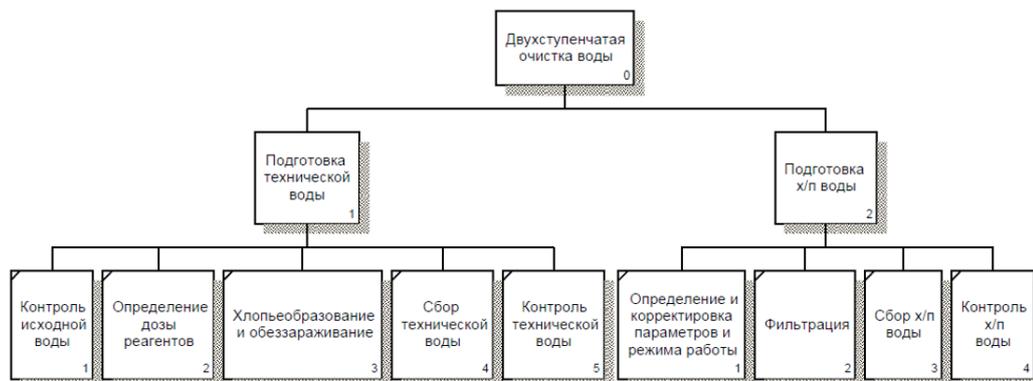


Рис. 1. Диаграмма дерева узлов функциональной модели двухступенчатой технологической схемы очистки воды

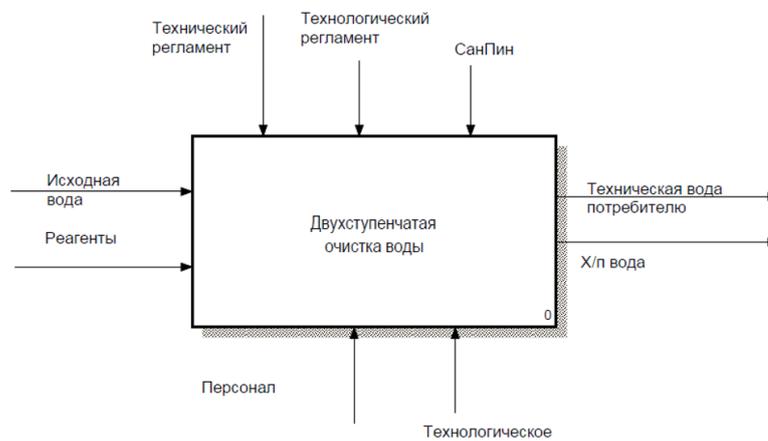


Рис. 2. Контекстная диаграмма функциональной модели двухступенчатой технологической схемы очистки воды

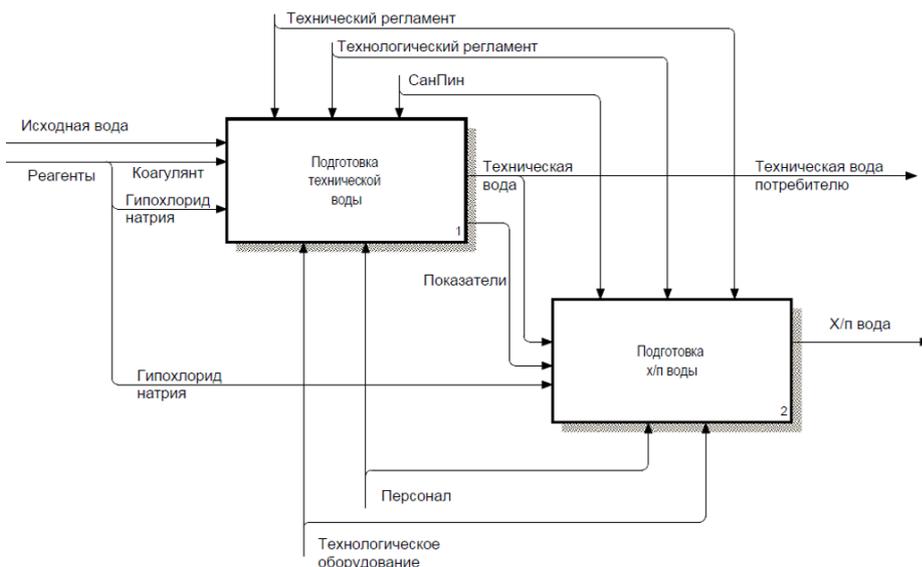


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции контекстной диаграммы функциональной модели двухступенчатой технологической схемы очистки воды

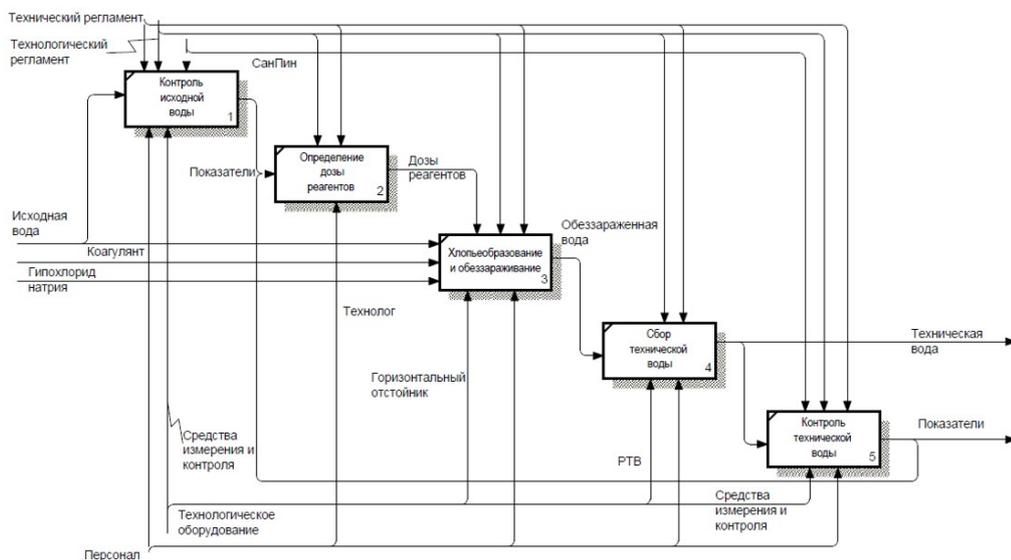


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции процесса подготовки технической воды

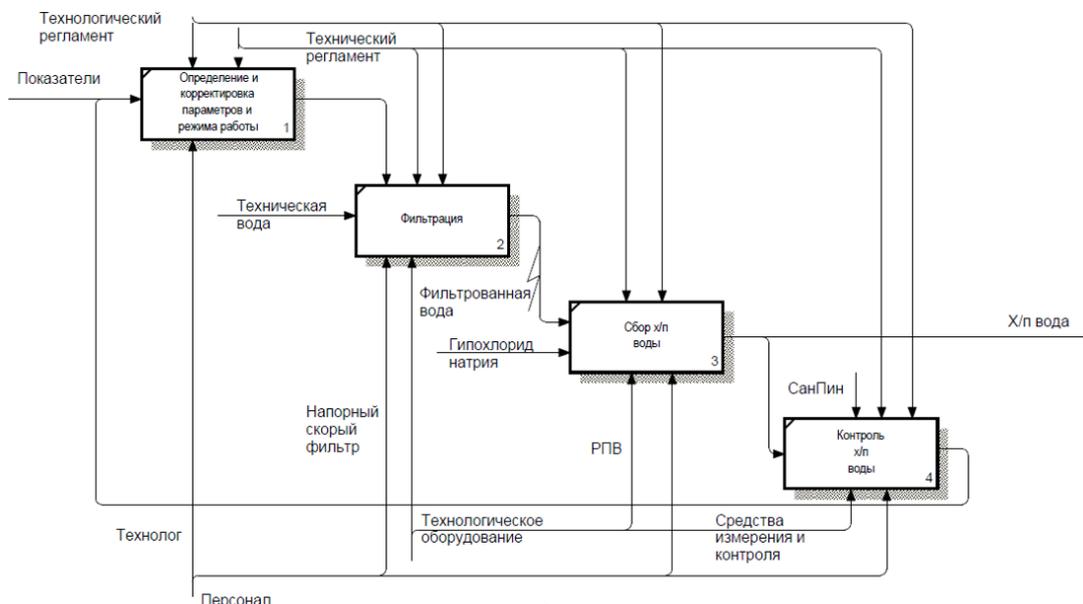


Рис. 5. Диаграмма декомпозиции процесса подготовки хозяйственно-питьевой воды

Системный анализ с одной стороны позволяет глубже разобраться во всех процессах, выявить неоптимальные, дублирующие друг друга по функциям процессы и внести корректирующие изменения, а с другой стороны является подготовительным этапом для подготовки информации к использованию в системе под-

держки принятия решений по выбору технологической схемы очистки природной воды [10], ее структурированию и формализации.

Разработанная модель позволяет более тщательно разработать план тушения пожара на летном поле в аэропорту, лучше подготовиться к возможному пожару и за счет этого значительно сократить жертвы и потери.

Список литературы

1. Поспелова И.Ю., Данилец Т.А., Поспелова М.Я. Проблемы инженерных систем в особых условиях // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2014. № 4 (9).
2. Пупырев, Е. И. Особенности проектирования систем водоснабжения и водоотведения в России / Е. И. Пупырев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 7. – С. 5-10.
3. Olga Shikulskaya, Ludmila Boronina, Marina Yurechko, Irina Petrova, Mikhail Shikulskiy. Information intelligent model of the aquatic ecosystem state Identification under the heavy metals influence / The International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications IISA2015. July 06-08, 2015, Greece.
4. Olga Shikulskaya, Ludmila Boronina, Marina Yurechko, Irina Petrova, Mikhail Shikulskiy. Cognitive analysis of the heavy metals influence on the aquatic ecosystem / The International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications IISA2015. July 06-08, 2015, Greece
5. Shikulskaya O.M., Yurechko M.A., Abuova G.B. Information and analytical support to solve environmental problems of the aquatoria of the Caspian region // «Caspian: aspirations to the future». Monograph / under the general edition of Kushekov A.U. NPJSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Atyrau, 2019, - pp 109-125. ISBN 978-601-286-079-5
6. Чупин В.Р., Майзель И.В., Чупин Р.В., Нгуен Т.А. Оптимальная реконструкция систем водоотведения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость.
7. Хецуриани, Е. Д. Математического моделирование для поиска оптимальных решений (на примере Александровского водозабора на Р. Дон) / Е. Д. Хецуриани // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 4(34). – С. 93-97.
8. Методологические основы по совершенствованию технологии использования водных ресурсов на оросительно-обводнительных системах / А. В. Лещенко, А. В. Федорян, О. В. Сорокина, Е. В. Комлев // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 3(33). – С. 9-16.
9. Electronic classifier of natural water treatment technologies / O. M. Shikulskaya, L. V. Boronina, G. B. Abuova, A. E. Usynina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies, CAEST 2019, Samara, 19 ноября 2019 года. Vol. 775. – Samara: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012098. – DOI 10.1088/1757-899X/775/1/012098.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023610044 Российская Федерация. Система поддержки принятия решений по выбору технологической схемы очистки природной воды : № 2022684288 : заявл. 09.12.2022 : опубл. 09.01.2023 / М. И. Шиккульский, Г. Б. Абуова, М. О. Лазарев, А. И. Исимов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет».
11. Ramli, R. Surface water treatment by custom-made mobile water treatment system / R. Ramli, N. Bolong // Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering). – 2016. – Vol. 78, No. 12. – P. 25-30. – DOI 10.11113/jt.v78.10048.
12. Integrated Water Treatment System for Peat Water Treatment / K. Khayan, T. Anwar, S. Wardoyo [et al.] // Clean: Soil, Air, Water. – 2021.
13. Tsydenova, O. V. Use of solar processes in water treatment and water treatment / O. V. Tsydenova, V. B. Batoev, A. A. Batoeva // Veterinary, Animal Science, Biology. – 2018. – No. 1. – P. 32-40.
14. Патент № 2443638 С1 Российская Федерация, МПК C02F 9/12, C02F 1/74. Способ комплексной очистки питьевой воды и установка для комплексной очистки питьевой воды : № 2010141773/05 : заявл. 12.10.2010 : опубл. 27.02.2012 / Ю. О. Бобылев.
15. Мягкая наплавная конструкция водозаборного сооружения в составе водозаборного технологического комплекса систем многоцелевого водоснабжения городских хозяйств, объектов экономики / Е. Д. Хецуриани, В. Л. Бондаренко, А. И. Блясов [и др.] // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 2(32). – С. 82-87.
16. Закариа, Р. Использование листьев пальмы в качестве потенциального адсорбента для очистки сточных вод / Р. Закариа, Ч. Хамза, Н. С. Серпокрылов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3(41). – С. 37-43. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-41-3-37-43.
17. Биогенное загрязнение водных объектов и возможности устранения последствий / В. И. Щербаков, Н. В. Кузнецова, Т. В. Щукина, Р. С. Шевченко // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 4(34). – С. 66-69.
18. А.Д. Тевяшев. Системный анализ проблемы повышения качества и эффективности функционирования систем водоснабжения и водоотведения // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Системы управления (часть II). - 4/7 (40) 2009. – с29-35.
19. Пазухин, С. А. Системный анализ одноступенчатой схемы очистки воды на основе функционального моделирования процессов / С. А. Пазухин, О. М. Шиккульская // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – № 3(155). – С. 59-65.



20. Фэн, Н. Системный анализ организации и проведения ремонта трубопроводных систем в рамках цифровизации жилищно-коммунального хозяйства / Н. Фэн, З. А. Агаларов, О. М. Шиккульская // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 4(42). – С. 104-108. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-104-108.

© А. В. Стукалин, О. М. Шиккульская, А. Ф. Сокольский

Ссылка для цитирования:

Стукалин А. В., Шиккульская О. М., Сокольский А. Ф. Системный анализ двухступенчатой технологической схемы очистки воды // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 3 (44). С. 109–114.

УДК 004.94

DOI 10.52684/2312-3702-2023-45-3-114-118

**ТРЕХПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИФфуЗИОННАЯ МОДЕЛЬ
ОТКАЗОВ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

Р. З. Хайруллин

Хайруллин Рустам Зиннатуллович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Главного метрологического центра Минобороны России; профессор кафедры фундаментального образования, Московский государственный строительный университет, тел.: +7 (926) 405-22-17; e-mail: zrkzrk@list.ru

Проблема повышения надежности и безопасности эксплуатации строительного фонда промышленных и гражданских зданий приводит к необходимости разработки адекватных математических моделей, предназначенных для моделирования процесса эксплуатации контрольно – измерительных приборов, используемых при реализации концепции «Умный дом – умный город», построенной на базе высокотехнологичного оборудования. В статье разработана теоретическая трехпараметрическая диффузионная модель отказов контрольно – измерительной техники, позволяющая адекватно моделировать функцию интенсивности отказов. Параметры модели достаточно просто определяются при наличии статистической информации. Разработанная модель может быть использована для эффективного управления продолжительностями этапов жизненного цикла парка контрольно - измерительных приборов. Модель может быть использована для прогнозирования надежности и безопасности эксплуатации строительного фонда промышленных и гражданских зданий.

Ключевые слова: интенсивность отказов, диффузионная модель, контрольно-измерительные приборы.

**THREE-PARAMETER DIFFUSION MODEL
OF FAILURES OF CONTROL-MEASURING INSTRUMENT FAILURES**

R. Z. Khayrullin

Khayrullin Rustam Zinnatulloevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Leader Scientific Worker of the Head Scientific Metrological Centre; Professor of the Department of Fundamental Education, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (926) 405-22-17; e-mail: zrkzrk@list.ru

The problem of increasing the reliability and safety of operation of the building stock of industrial and civil buildings leads to the need to develop adequate mathematical models designed to simulate the operation of control and measuring equipment used in the implementation of the concept of "Smart House - Smart City", built on the basis of high-tech equipment. The theoretical three – parametric diffusion model of failures of control and measuring equipment, which allows to adequately simulate the function of intensity of failures, is developed in the article. Parameters of the model are simply enough calculated in the presence of statistical data. The developed model can be used for effective management of life cycle durations of control and measuring equipment fleet. The model can be used for forecasting reliability and operational safety of the building stock of industrial and civil buildings.

Keywords: control and measuring equipment, failure rate, diffusion model.

Промышленное и гражданское строительство входят в группу ключевых направлений экономического развития государства. На современном этапе реализации Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года возникает необходимость управления уникальными инновационными проектами и системами на базе высокотехнологичного оборудо-

вания, используемого при создании и реализации концепции «Умный дом» [1-8], в том числе по созданию высокотехнологичного строительного оборудования [7–16], в частности по проектированию и эксплуатации современных средств измерений и контрольно – измерительных приборов (далее – КИП) [17]. Эксплуатация современных зданий и сооружений, управление промышленным и гражданским строительным фондом