

УДК 004.056

Подходы интеллектуальной ресурсной аналитики промышленно-коммунальных объектов

И. В. Войтов, В. Н. Штепа[✉], А. В. Дубина
Белорусский государственный
технологический университет, Минск
E-mail: shtepa@bstu.by

Введение

Под ресурсной аналитикой организации можно подразумевать многофакторный процесс оценки и анализа внутренних ресурсов компании (материальных, трудовых, финансовых, технологических, информационных и ряда других) с целью определения их текущего состояния, эффективности использования и выявления скрытых резервов для достижения целей бизнеса, ситуационного прогнозирования. При правильной постановке задач и качественной реализации она помогает узнать, как объект использует свои потенциальные возможности для получения результата, и является основой для принятия стратегических решений, повышения конкурентоспособности и экологической нейтральности [1].

Можно выделить следующие детализированные подцели промышленной ресурсной аналитики в рамках общего тренда Индустрии 4.0 [2]: оценка текущего ресурсного потенциала, выявление резервов для повышения эффективности, определение сильных и слабых сторон компании, повышение конкурентности предприятия, улучшение экологической безопасности. При этом виды ресурсов, потенциально подлежащие анализу: финансовые (выручка, показатели ликвидности, платежеспособности, рентабельности); материальные (сырье, материалы, оборудование, здания); трудовые (персонал, его производительность и эффективность); технологические и информационные (технологические и информационные системы, инновационные сегменты); организационные (структура управления, бизнес-процессы).

Укрупненно можно выделить следующие этапы проведения такой аналитики на основе применения цифровых моделей [1, 2]: создание цифрового профиля (детальное описание и оценка всех имеющихся ресурсов исходя из применяемого (проектируемого) технологического регламента); оценка эффективности использования ресурсов; анализ финансового состояния (оценка ликвидности, устойчивости и рентабельности); комплексная оценка (определение общего показателя эффективности); экологиче-

ский анализ (выявление критических для экологической безопасности граничных значений параметров технологических процессов).

Вместе с тем информационно-аналитических систем, способных в оперативном режиме адаптироваться под изменения условий работы и обеспечивать заданное экономико-экологическое управление ресурсами (формировать профильные целевые показатели), фактически не внедрено. Соответственно, обоснование подходов и разработка программных решений мониторинга (контроль и прогноз) использования ресурсов является актуальной научно-практической задачей.

Последовательность ресурсной аналитики организаций (на примере использования технологической воды)

В рамках использования водных ресурсов на производстве можно выделить следующие подсистемы [3, 4]:

- транспортировка воды от источников (централизованная система водоснабжения или скважины) и ее водоподготовка;
- использование водных ресурсов в производственных процессах и ее загрязнение до состояния «сточная вода, требующая очистки»;
- сбор и аккумулирование воды в рамках ее водоотведения;
- очистка (при необходимости) сточной воды на локальных очистных сооружениях согласно нормативным требованиям установленных в рамках предельно-допустимых концентраций загрязнителей.

Необходимо акцентировать внимание на том, что на большинстве предприятий такая технологическая цепочка водопользования (под понятием подразумеваются любые варианты применения технологических водных растворов: мытье помещений, узлов и агрегатов; питье и отведение продуктов жизнедеятельности животных и птиц; охлаждение конструкций; растворение производственных реагентов и другие операционные действия) и водоотведения (включает редукцию поллютантов) описывает большую часть производственных операций разноотраслевых объектов [5]. Таким образом, ресурсная аналитика применения технологической воды может рассматриваться как одна из ключевых при выполнении комплексных исследований в данном направлении (рис. 1 и 2).

Даже оценочный анализ сквозной цепочки водопользования (см. рис. 1) демонстрирует значительную сложность и фактическую невозможность построения единой динамической математической модели [5, 6]. Такой вывод основывается на том, что комплекс процессов водопользования и отведения включает параллельно-последовательное протекание биологических, физических и химических процессов, связанных с водными растворами – подавляющее большинство из них не имеет аналитического описания, не говоря уже об отсутствии аддитивности при таком моделировании.

Исходя из экспертного опыта [7], как один из вариантов проведения системного анализа предлагается итерационная последовательность (рис. 2). Она базируется на объединении при системном анализе, как теоретической основы создания информационно-аналитических продуктов мониторинга ресурсов промышленно-коммунальных объектов, технологических проектных решений и физико-математических моделей с целью синтеза обоснованного и адаптивного технического задания (которое не является стационарным, а корректируется в зависимости от внешних условий на протяжении всего жизненного цикла продукта) [8].



Рис. 1. Обобщенная схема сквозной ресурсной аналитики, связанной с водопользованием (от точки забора до точки отведения (сброса))

Практическая реализация интеллектуального модуля ресурсной аналитики

На основе методики (рис. 2) обосновано и создано программное обеспечение «Интеллектуальный модуль ресурсной аналитики» для деревообрабатывающего предприятия, которое используется для поддержки принятия решений при производственном использовании технологической воды на основе интеллектуальных технологий (казуальные модели, теория

прецедентов, нечеткие нейронные сети, теория игр) мониторинга технологических процессов (рис. 3 и 4).

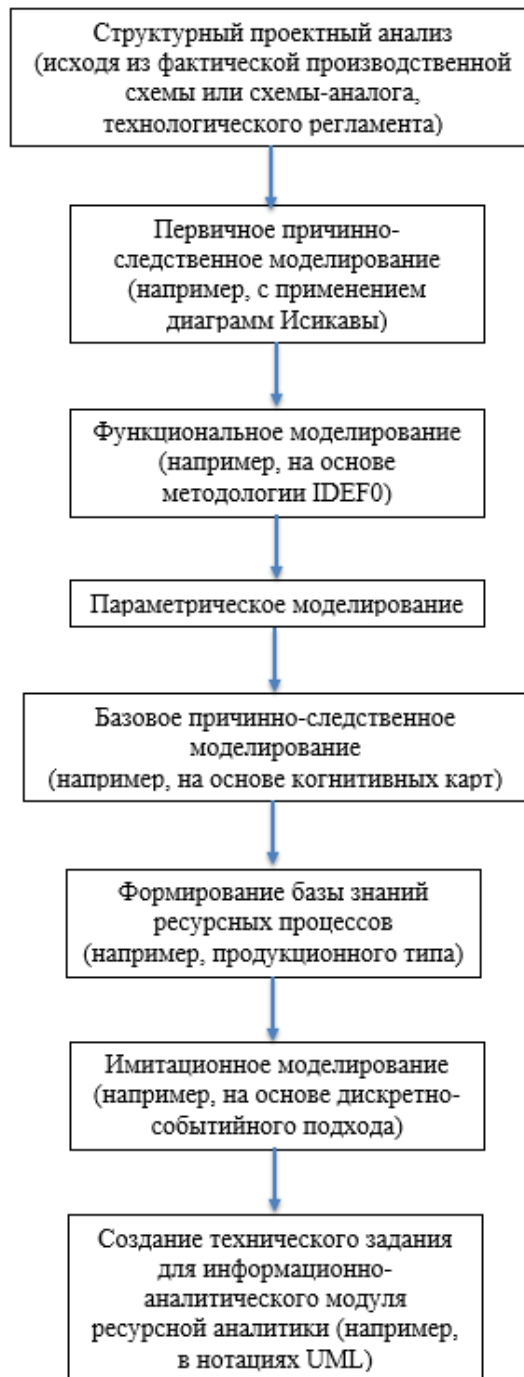


Рис. 2. Методика системного анализа комплексной ресурсной аналитики с конечной целью синтеза адекватного и адаптивного технического задания на продуктовые интеллектуальные решения (итерационные обратные связи не показаны, поскольку они при реальной работе могут иметь место между всеми этапами исследований)



Рис. 3. Схема информационных потоков интеллектуального модуля ресурсной аналитики

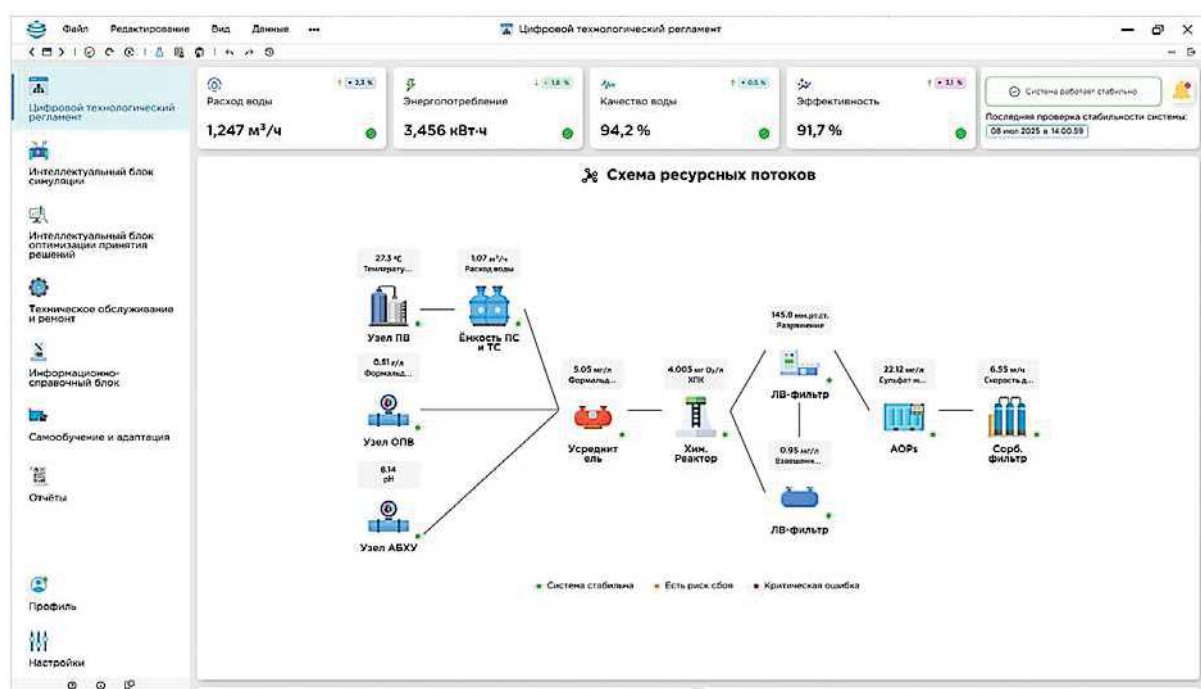


Рис. 4. Интерфейс ИМРА (на примере моделирования процессов водопользования, отведения и очистки формальдегидсодержащих сточных вод деревоперерабатывающего предприятия)

Основные технологии, на основе которых создана ИМРА: C# (язык программирования), .NET 8.0 LTS (основная платформа разработки), Avalonia UI 11.x (кроссплатформенный UI фреймворк (Windows, Linux, macOS), LiveCharts2 (библиотека для real-time графиков и визуализации данных); при этом для моделирования очистки сточных вод в наиболее

сложном узле (реакторе, использующем модифицированный процесс Фентона) применены нечеткие нейронные сети.

Заключение

В рамках имитационного моделирования функционирования ИМРА сформулированы основные потенциальные преимущества ее промышленного внедрения (в том числе в организациях водопроводно-канализационного хозяйства): повышение квалификации и переподготовка специалистов с использованием созданных цифровых решений без отрыва от производства; более точное и своевременное принятие управленческих решений, направленных на оптимизацию ресурсоэффективности; выявление и устранение проблем в бизнес-процессах; улучшение операционной ресурсной деятельности; повышение конкурентоспособности за счет более эффективного использования информации и ресурсов.

Дальнейшие исследования логично направить на формирование математических моделей, которые бы позволили реализовать самообучение используемых моделей.

Список использованных источников

1. Дубровский, А. В. Методические аспекты комплексного анализа и оценки эффективности использования ресурсного потенциала предприятия / А. В. Дубровский, Е. И. Щенникова // Экономика устойчивого развития. – 2023. – № 2. – С. 186–193.
2. Ильясова, М. К. Методические подходы к оценке ресурсного потенциала организации / М. К. Ильясова // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2021. – № 4. – С. 103–109.
3. Штепа, В. Н. Интеллектуальная система анализа и прогноза экологической безопасности биологических сооружений очистки сточных вод / В. Н. Штепа, Н. Ю. Золотых // Первая выставка-форум IT-академграда «Искусственный интеллект в Беларуси»: сб. докл., Минск, 13–14 окт. 2022 г. / Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2022. – С. 41–45.
4. Alekseevsky, D. G. Formalization of the Task of Creating a Mathematical Model of Combined Wastewater Treatment Processes / D. G. Alekseevsky, Ye. Yu. Chernysh, V. N. Shtepa // Journal of Engineering Sciences: peer-reviewed scientific journal. – 2021. – Vol. 8, iss. 2. – P. H1–H7.
5. Штепа, В. Н. Цифровизация водопроводно-канализационного хозяйства с учетом требований экологической безопасности окружающей среды / В. Н. Штепа, Я. Ю. Ерш // Инжиниринг: теория и практика : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 6 мая 2022 г. – Пинск : ПолесГУ, 2022. – С. 45–47.
6. Войтов, И. В. Использование цифровой платформы водоотведения для предупреждения технологических рисков биологической очистки сточных вод / И. В. Войтов, В. Н. Штепа // Инновационные биотехнологии для охраны окружающей среды: от теории к практике : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–25 апр. 2024 г. /

Институт микробиологии НАН Беларуси; организационный комитет конференции ;
А. А. Шепшелев (пред.) и [др.]. – Минск : ИнМи, 2024. – С. 83–84.

7. Штепа, В. Н. Структура и функционал интеллектуальной системы поддержки
принятий решений в водоотведении / В. Н. Штепа // Информатика и кибернетика :
научный журнал. – 2022. – № 3(29). – С. 51–57.

8. Штепа, В. Н. Рациональные подходы к внедрению цифровых двойников в во-
допроводно-канализационные хозяйства / В. Н. Штепа // Информатика и кибернетика. –
2024. – № 3. – С. 51–57.