

## УДК 628.1:005.6

ФРОЛОВ А.И., студент гр. БЗС-221 (ТГТУ)  
Научный руководитель СУХОВА А.О., к.т.н., доцент (ТГТУ)  
г. Тамбов

### LEAN-МЕНЕДЖМЕНТ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Lean-менеджмент представляет собой философию непрерывного совершенствования производственных и управленческих процессов, направленную на устранение потерь и повышение ценности продукта или услуги для конечного потребителя [1]. Основные принципы Lean включают идентификацию ценности, создание потока создания ценности, обеспечение вытягивания продукции потребителем и стремление к совершенству [2].

Применение Lean-менеджмента в управлении водными ресурсами позволяет сосредоточиться на повышении эффективности водопотребления путем устранения излишних затрат ресурсов, минимизации отходов и оптимизации использования водных объектов [3].

Традиционные подходы к управлению водными ресурсами часто сталкиваются с проблемами избыточной бюрократии, недостаточной прозрачности процессов и низкой эффективности водопользования. Lean-менеджмент предлагает инструменты для решения этих проблем, такие как картирование потоков создания ценности (Value Stream Mapping), методы быстрой переналадки оборудования (Single Minute Exchange of Die – SMED) и системы визуального контроля качества (Kanban) [4].

Внедрение Lean-подходов, в частности, способствует:

- оптимизации планирования водопользования;
- сокращению времени простоя оборудования;
- повышению оперативности реагирования на аварийные ситуации;
- улучшению взаимодействия между различными участниками процесса водопользования.

Цифровые технологии играют ключевую роль в современном управлении водными ресурсами. Автоматизированные системы мониторинга и управления позволяют в режиме реального времени отслеживать состояние водных объектов, выявлять аномалии и оперативно реагировать на изменения [5]. Примеры таких решений включают автоматизированные системы учета воды, а также SCADA-системы для удаленного управления насосными станциями и очистными сооружениями [6].

Технологии Интернета вещей (IoT) предоставляют возможность сбора больших объемов данных о состоянии водных объектов и инфраструктурных объектов в режиме реального времени. Использование сенсорных сетей позволяет осуществлять мониторинг уровня загрязнения воды, расхода воды, состояния трубопроводов и других критически важных параметров [7]. Эти

данные могут быть использованы для прогнозирования потребностей в воде, предотвращения утечек и оптимизации распределения водных ресурсов.

Интеграция принципов Lean-менеджмента с цифровыми технологиями открывает новые перспективы для повышения эффективности водопользования. Например, внедрение автоматизированных систем визуализации данных (dashboards) позволяет наглядно отображать ключевые показатели эффективности (KPI) и своевременно выявлять отклонения от нормальных значений [8]. Это помогает быстро идентифицировать проблемы и принимать корректирующие меры.

Одним из ключевых инструментов Lean является картирование потоков создания ценности (VSM). Этот метод позволяет детально проанализировать все этапы водопользования, начиная от забора воды и заканчивая её возвращением в природные водоемы после очистки. VSM помогает выявить узкие места, избыточные операции и потери, что создает основу для разработки мероприятий по повышению эффективности [9].

В рамках Lean-подхода особое внимание уделяется устранению следующих восьми видов потерь: перепроизводство, ожидание, ненужная транспортировка, избыток запасов, лишние движения, дефекты, излишняя обработка и нереализованный человеческий потенциал [10]. В контексте управления водными ресурсами это означает сокращение потерь воды, минимизацию времени простоя оборудования, оптимизацию транспортных схем и улучшение качества воды.

Принцип вытягивающей системы заключается в том, что производство или оказание услуг инициируется потребностями клиента. В случае управления водными ресурсами это означает, что объемы водоподачи и водоотведения должны соответствовать фактическим потребностям потребителей, исключая при этом перепроизводство и излишние запасы воды [11].

#### Пример 1. Водоснабжение города.

Город столкнулся с проблемой высокого уровня потерь воды в распределительной сети. После проведения аудита с использованием методов Lean были выявлены основные причины потерь: изношенность инфраструктуры, отсутствие точной информации о фактическом расходе воды и неэффективное планирование ремонтных работ. В результате ремонта и внедрения автоматизированной системы мониторинга удалось снизить уровень потерь воды на 20% [12].

##### *Проблематика:*

Город сталкивался с высоким уровнем потерь воды в распределительной сети, что было связано с износом инфраструктуры, отсутствием точного учета расхода воды и неэффективным планированием ремонтных работ.

##### *Решение:*

- Установка датчиков давления и расхода воды позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние сети и обнаруживать утечки;

- С помощью анализа данных от датчиков возможна разработка алгоритма приоритетного ремонта участков сети с наибольшими потерями воды;
- Внедрение алгоритмов управления насосными станциями на основе реальных потребностей в воде позволяет сократить энергозатраты и уменьшить вероятность гидравлических ударов.

*Внедрение:*

1. Проведение аудита существующей инфраструктуры и определение основных источников потерь воды;
2. Размещение датчиков давления, расхода и утечек вдоль всей сети водоснабжения;
3. Создание программного обеспечения для обработки данных с датчиков и автоматического выявления проблемных зон;
4. Проведение тренингов для сотрудников по ремонту и работе с новыми системами мониторинга.

Пример 2. Водоотведение промышленного предприятия.

На промышленном предприятии была проведена модернизация системы водоотведения с применением принципов Lean. Были установлены датчики для мониторинга качества сточных вод, внедрены автоматизированные системы очистки и контроля за сбросом загрязняющих веществ. Это позволило значительно сократить количество аварийных ситуаций и улучшить экологические показатели предприятия [13].

*Проблематика:*

Предприятие испытывало частые аварии в системе водоотведения, что приводило к сбоям в производственном процессе и ухудшению экологической обстановки.

*Решение:*

- Установка сенсоров для постоянного мониторинга качества сточных вод — сенсоры позволяют вовремя обнаружить превышения допустимых концентраций загрязняющих веществ;
- Внедрение автоматизированных установок для очистки стоков (работают на основе данных от датчиков качества воды);
- Разработка алгоритма раннего обнаружения неисправностей в оборудовании, который предупреждает персонал о возможных проблемах задолго до их возникновения.

*Внедрение:*

1. Определение точек, где наиболее вероятно возникновение загрязнений и сбоев в системе водоотведения;
2. Подбор подходящих датчиков и систем очистки, соответствующих специфике производства;
3. Обеспечение связи новых систем с уже существующим программным обеспечением предприятия;

4. Регулярное техническое обслуживание и калибровка датчиков для поддержания точности измерений.

Использование Lean-менеджмента в управлении водными ресурсами открывает широкие перспективы для повышения эффективности водопользования. Современные цифровые технологии и IoT-решения усиливают эффект от внедрения Lean-подходов, позволяя оперативно собирать и анализировать данные, минимизировать потери и улучшать качество предоставляемых услуг. Приведенные кейсы демонстрируют успешные примеры реализации Lean-концепций в водоснабжении и водоотведении, что подтверждает практическую значимость данного подхода.

#### Список литературы:

1. Уомак Дж. П., Джонс Д.Т. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании = Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Нью-Йорк: Free Press, 2003. 397 с.
2. Ротер М., Шук Дж. Учимся видеть: карта потока создания ценности // Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. Кембридж, Массачусетс: Lean Enterprise Institute, 1999. 96 с.
3. Ковач Г.Л., Кот С. За пределами бережливого мышления: к более целостному пониманию создания ценности в управлении водными ресурсами // Журнал чистого производства. 2016. Т. 135. С. 1169–1177.
4. Оно Тайити. Производственная система Тойоты: уходя за пределы массового производства = Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Портленд, Орегон: Productivity Press, 1988. 153 с.
5. Аккая Э., Угюн О. Цифровая трансформация в водном секторе: вызовы и возможности // Управление водными ресурсами. 2020. Т. 34, № 15. С. 4627–4639.
6. Сингх С.К., Ядав П., Гупта С.К. Умное управление водными ресурсами с использованием Интернета вещей (IoT): обзор // Международный журнал информационных систем и управления изменениями. 2018. Т. 10, № 1. С. 57–70.
7. Цай Х., Цинь Л., Чжао С. Система мониторинга качества воды на основе IoT: дизайн и реализация // Доступ к IEEE. 2019. Т. 7. С. 157735–157746.
8. Поппендейк М., Поппендейк Т. Реализация бережливого программного обеспечения: от концепции до денег = Implementing Lean Software Development: From Concept to Cash. Аппер-Сэддл-Ривер, Нью-Джерси: Addison-Wesley Professional, 2006. 231 с.
9. Мелтон Т. Преимущества бережливого производства: что бережливое мышление может предложить процессным отраслям = The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking Has to Offer the Process Industries. Бока-Ратон, Флорида: CRC Press, 2008. 236 с.
10. Морган Дж.М., Лайкер Дж.К. Полевой справочник по методологии Тойота: практическое руководство по внедрению четырех принципов Тойота = The

Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps. Нью-Йорк: McGraw-Hill Education, 2006. 472 с.

11. Хайнз П., Рич Н. Бережливое потребление: путь к устойчивому росту? // Международный журнал операций и производственного менеджмента. 2005. Т. 25, № 9/10. С. 884–898.

12. У Цзиньянь, Лю Яньюань, Лианг Чжэнцюань. Бережливая цепочка поставок водоснабжения: пример из города N // Труды инженерии. 2016. Т. 145. С. 1078–1085.

13. Ван Цяньюй, Чжан Фэй, Хуанг Синьи. Применение принципов бережливого производства на промышленном очистном сооружении: исследование случая // Исследования в области охраны окружающей среды и загрязнения. 2017. Т. 24, № 28. С. 22491–22500.