

"Zakon Ukrainy «Pro vyshchu osvitu» vid 17.01.2002 r. № 2984-III [Law of Ukraine "On Higher Education" from 17.01.2002 № 2984-III]". <http://zakon.rada.gov.ua/go/2984-14>

"Zakon Ukrainy «Pro Natsionalnu prohramu informatyzatsii» vid 04.02.1998 r. № 74/98-VR [Law of Ukraine "On the

National Informatization Program" dated 04.02.1998, № 74/98-VR]". <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/98-вр>

"Zakon Ukrainy vid 24.06. 2004 r. № 1869-IV [Law of Ukraine of 24.06. 2004 № 1869-IV]". <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1869-15>

УДК 514.5

УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА ВОДОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВПЛИВІВ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

НОВОЖИЛОВА М. В., ЧУБ О. І., ЖУРАВКА А. В.

УДК 514.5

Новожилова М. В., Чуб О. І., Журавка А. В. Управление ресурсами коммунального предприятия водопостачання з урахуванням невизначеності впливів зовнішнього та внутрішнього середовища

Проведено упорядкування факторів впливу на форми та зміст виробничого процесу ремонтного коммунального підприємства у сфері водопостачання та водовідведення мегаполіса. Проаналізовано економічну категорію «ресурсний потенціал» коммунального підприємства. Наведено класифікацію основних типів невизначеностей, які генеруються зовнішнім і внутрішнім середовищем підприємства. За умови розгляду діяльності підприємства у визначеному інтервалі планування як множини ремонтно-будівельних проектів визначено інструментальні засоби математичного моделювання та розв'язання задач різних етапів управління обмеженими ресурсами ремонтного підприємства з урахуванням невизначеності. На етапі планування ресурсного потенціалу підприємства дані невизначеності моделюються як змінність характеристик робіт ремонтно-відновлюваних проектів підприємства.

Ключові слова: управління ресурсами, ресурсний потенціал, невизначеність, коммунальне підприємство водопостачання.

Рис.: 1. **Бібл.:** 12.

Новожилова Марина Володимирівна – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій, Харківський національний університет будівництва та архітектури (вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна)

E-mail: m.novozhilova04@gmail.com

Чуб Ольга Ігорівна – аспірантка, кафедра економічної кібернетики та управління економічною безпекою, Харківський національний університет радіоелектроніки (пр. Леніна, 14, Харків, 61166, Україна)

E-mail: curly_4u@mail.ru

Журавка Андрій Вікторович – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій, Харківський національний університет будівництва та архітектури (вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна)

УДК 514.5

Новожилова М. В., Чуб О. І., Журавка А. В. Управление ресурсами коммунального предприятия водоснабжения с учетом неопределенности влияния внешней и внутренней среды

Проведено упорядочение факторов влияния на формы и содержание производственного процесса ремонтного коммунального предприятия в сфере водоснабжения и водоотведения мегаполиса. Проанализирована экономическая категория «ресурсный потенциал» коммунального предприятия. Приведена классификация основных типов неопределенностей, которые генерируются внешней и внутренней средой предприятия. При условии рассмотрения деятельности предприятия в определенном интервале планирования как множества ремонтно-строительных проектов определены инструментальные средства математического моделирования и решения задач разных этапов управления ограниченными ресурсами ремонтного предприятия с учетом неопределенности. На этапе планирования ресурсного потенциала предприятия данные неопределенности моделируются как переменные характеристики работ ремонтно-восстановительных проектов предприятия.

Ключевые слова: управление ресурсами, ресурсный потенциал, неопределенность, коммунальное предприятие водоснабжения.

Рис.: 1. **Библ.:** 12.

Новожилова Марина Владимировна – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической кибернетики и информационных технологий, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина)

E-mail: m.novozhilova04@gmail.com

Чуб Ольга Игоревна – аспирантка, кафедра экономической кибернетики и управления экономической безопасностью, Харьковский национальный университет радиоэлектроники (пр. Ленина, 14, Харьков, 61166, Украина)

E-mail: curly_4u@mail.ru

Журавка Андрей Викторович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина)

UDC 514.5

Novozhilova M. V., Chub O. I., Zhuravka A. V. Management of Resources of a Water Supply Utility With Consideration of Uncertainty of Influence of Internal and External Environment

The article checks factors of influence on the forms and essence of the production process of the repair utility in the sphere of water supply and drain of a megapolis. It analyses the economic category «resource potential» of a utility. It gives a classification of main types of uncertainties, which are generated by external and internal environment of a company. When considering activity of a company in a certain interval of planning as a multitude of construction and repair projects, the article identifies means of mathematical modelling and solution of tasks of various stages of management of limited resources of a repair utility with consideration of uncertainties. At the stage of planning of a resource potential of a company, these uncertainties are modelled as variables of the characteristics of works of repair and reconstruction projects of a company.

Key words: resource management, resource potential, uncertainty, water supply utility.

Рис.: 1. **Библ.:** 12.

Novozhilova Marina V. – Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Head of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Kharkiv National University of Construction Engineering and Architecture (vul. Sumska, 40, Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: m.novozhilova04@gmail.com

Chub Olga I. – Postgraduate Student, Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security, Kharkiv National University of Radioelectronics (pr. Lenina, 14, Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: curly_4u@mail.ru

Zhuravka Andrey V. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Kharkiv National University of Construction Engineering and Architecture (vul. Sumska, 40, Kharkiv, 61002, Ukraine)

Системи водопостачання та водовідведення мегаполісів є важливими сервісами сталого розвитку суспільства як у країнах, що розвиваються [1], так і у розвинених країнах світу [2]. Так, у США система водопостачання основним національним активом, який наразі оцінюється у 675 млрд дол. [3]. Порушення безперервної роботи системи означає великі економічні та соціальні втрати. Не менш актуальною ця проблема є в Україні, де 58% водопровідних мереж мегаполісів потребують негайної повної заміни. Зокрема, у Харкові ця кількість значно більше за 50% [4]. Тому підвищується значення ефективного функціонування ремонтних служб комунальних підприємств великих міст, що здійснюють аварійні та планові поточні та капітальні ремонти, як з економічної, так і з соціальної точок зору.

Зважаючи на те, що в цілому ремонтне комунальне підприємство у сфері водопостачання є ресурсорієнтованим [5], першочерговим є завдання підвищення ефективності управління різними ресурсами (матеріальними, фінансовими, трудовими) підприємства з урахуванням невизначеності зовнішнього і внутрішнього середовища.

За своєю структурою діяльність ремонтного комунального підприємства є мультипроектною, при цьому кожний проект ремонтно-відновлюваних робіт може розглядатися як скінчена множина операцій, якому в цілому є властивими атрибути унікальності.

Отже, метою статті є класифікація факторів впливу зовнішнього та внутрішнього середовища на процес управління ресурсами комунального підприємства та визначення арсеналу інструментальних засобів підвищення ефективності стратегічного та оперативного планування.

Управління ресурсами включає як основні складові функції планування, у випадку потреби – визначення джерел та організація процесу надходження додаткових ресурсів, регулювання параметрів матеріальних та фінансових потоків шляхом мінімізації відхилення заданих (запланованих) параметрів від фактичних, яке може відбуватися як по об'єктивних, так і по суб'єктивних причинах та контроль над процесом управління матеріальними ресурсами. Стратегія управління ресурсами виходить з оцінки співвідношення факторів, які генеруються внутрішнім та зовнішнім середовищем підприємства.

Ремонтні служби комунального підприємства у процесі свого функціонування залежать від цілого ряду умов різної природи, які впливають на форми та зміст виробничо-господарського процесу та отримання кінцевого результату. Дані фактори змінюються в часі, причому їх кількість збільшується по мірі розширення сукупності соціально-економічних потреб споживачів. Спричинені цими умовами невизначеності та ризики можна класифікувати за природою їхнього виникнення, часом впливу та іншими характеристиками.

Проведемо ідентифікацію типів невизначеностей зовнішнього та внутрішнього середовища комунального підприємства.

Насамперед усі фактори, які впливають на виробничо-господарську діяльність ремонтних комунальних підприємств, можна поділити на зовнішньосистемні

(суттєво впливають на підприємство, але мало залежать від прийнятих підприємством заходів) і внутрішні (визначають процес виробництва, якість продукції, структуру управління, економічний стан підприємства).

Зовнішні фактори впливають на розвиток комунального підприємства через суспільно-політичне середовище. Серед них можна виділити стратегічні та локальні фактори.

Стратегічними зовнішніми факторами забезпечення нормального функціонування підприємства виступають: законодавча база країни, економічна політика, яка включає податкову політику, демонополізацію, роздержавлення, тобто рівень державного регулювання діяльності підприємства, що невід'ємно пов'язаний з формуванням сприятливого інвестиційного клімату, та ін.

До зовнішніх локальних факторів, котрі безпосередньо залежать від стратегічних, відносяться: матеріальна база (розмір інвестицій), стратегічне планування (стратегії маркетингу та реклами), управління.

Зовнішні фактори, які позначаються на ефективності роботи комунального підприємства, поділяються також на фактори прямого та опосередкованого впливу. Фактори прямого впливу містять: ресурсне забезпечення, вплив споживачів даної послуги, який здійснюється через засоби масової інформації, органи державної влади та через безпосередній звертання до керівництва комунального підприємства, а також правове забезпечення, інфляцію, інформаційне забезпечення (рис. 1).

Ресурсне забезпечення – це сукупність матеріальних, фінансових, трудових ресурсів, які необхідні для ефективного господарювання підприємства. Воно характеризується якісними та кількісними показниками із зазначенням джерел отримання ресурсів і строків їх надходження з урахуванням потреб для забезпечення запланованого обсягу робіт на основі всебічного обліку ресурсів.

У науковій літературі на цей час точиться активне обговорення проблеми визначення та уточнення сутності економічної категорії «ресурсний потенціал підприємства» [5] як спроможності підприємства забезпечувати передбачений технологічний процес та генерувати потрібні результати, у тому числі у взаємозв'язку з категоріями «виробничий потенціал» та «економічний потенціал» підприємства.

Стаючи на точку зору [5], приймемо, що ресурсний потенціал ремонтного комунального підприємства включає фінансові ресурси, трудові ресурси, матеріальне забезпечення (у тому числі основні фонди), інноваційні ресурси, інформаційні ресурси та підприємницьку спроможність.

Основним і найчастіше єдиним джерелом надходження фінансових ресурсів для комунального підприємства є платежі населення та організацій.

Цей вид забезпечення характеризується високим рівнем невизначеності через значні неплатежі населення, борги підприємств, великий податковий тягар, асинхронність тарифів на послуги водопостачання й цін на матеріально-технічні ресурси (особливо на електроенергію й ПММ), платоспроможність споживачів, яка постійно зменшується, та ін.

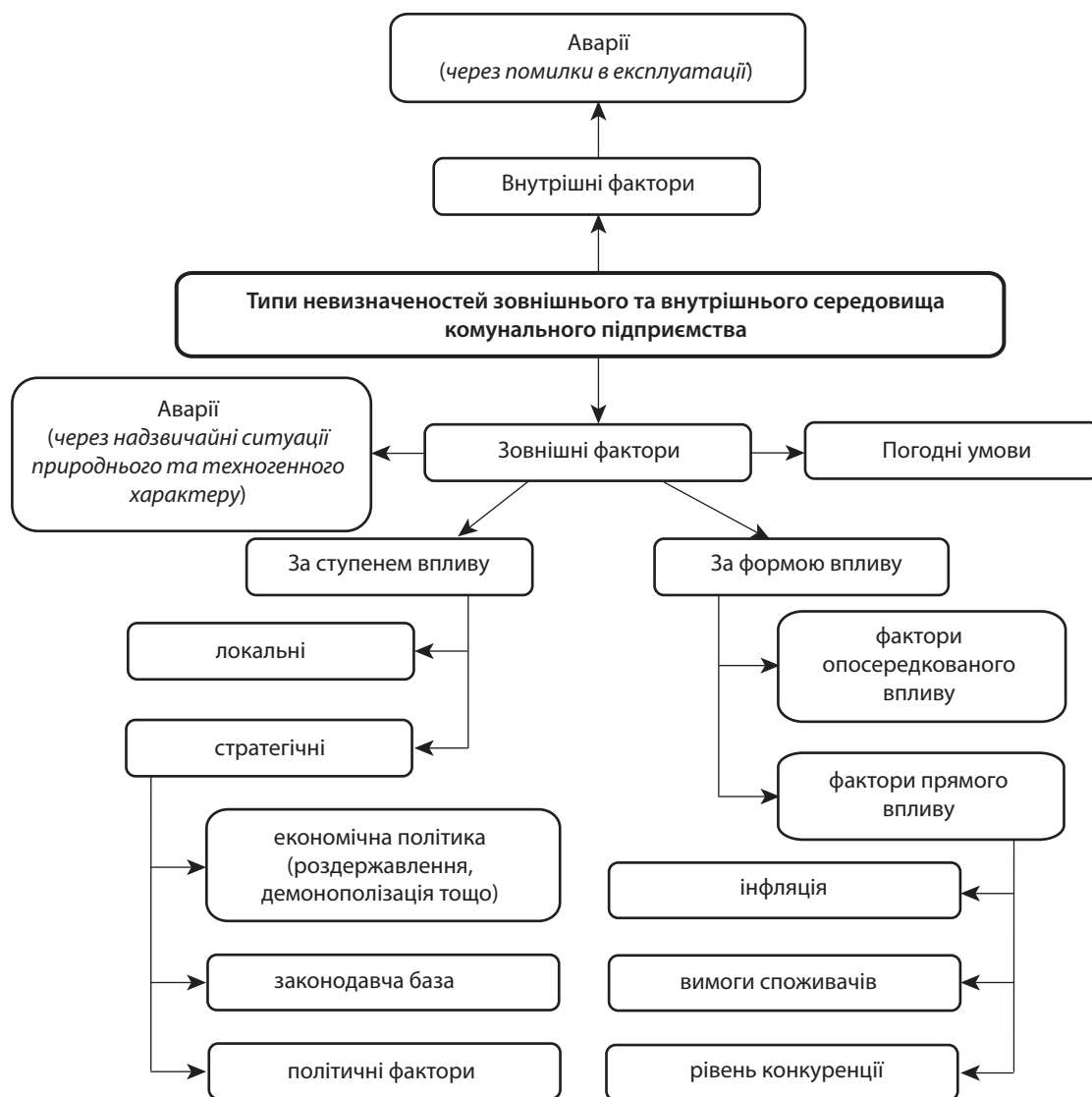


Рис. 1. Класифікація типів невизначеності

Не менш важливе значення має попередня внутрішньовиробнича інформація про ресурси, необхідні для реалізації програм підприємства.

Матеріальні ресурси, які розглядаються як найбільш вагома частина активів, – це витратні матеріали, будівельні деталі та конструкції, енергоносії, комплектуючі вироби, без яких є неможливою ритмічна робота ремонтного підприємства.

Закони та державні інститути, що складають правове забезпечення, яке прямо впливає на роботу комунального підприємства, стан законодавчої бази, вимоги органів державного регулювання характеризуються не лише надмірною складністю у практичному застосуванні, але й динамічністю змін.

Усе більшу роль відіграє такий фактор, як споживач, який встановлює підвищені вимоги до якості послуги.

Такий зовнішній фактор прямого впливу, як конкуренція, що має важливе значення для функціонування комерційного підприємства в умовах ринку, не є визначальним для комунального підприємства. Практика господарювання є такою. Проекти ремонтно-

відновлюваних робіт вартістю до 5 млн грн виконуються силами підприємства. Проекти більшої вартості виносяться на тендер, який оголошується виконавчою владою міста.

Таким чином, сфери діяльності чітко розподілені, тому виконавці таких проектів, які обираються за тендером, не є конкурентами в прямому сенсі, точніше партнерами. Відмітимо при цьому, що організація-підрядник, яка виграла тендер, у подальшому під час виконання проекту несе всі ризики самостійно.

Зазначимо ще один важливий фактор зовнішнього впливу на ритм роботи ремонтного підприємства в сфері водопостачання, а саме – погодні умови.

До факторів опосередкованого впливу: політична стабільність, політична воля, стан економіки, науково-технічний прогрес тощо. Значний вплив на стабільне функціонування підприємства має фаза економічного циклу, в якій знаходиться економіка країни.

Основними факторами внутрішнього середовища є технології (у тому числі ступінь надійності технологічних процесів, рівень енергоспоживання, тощо), техніка (рівень фізичного та морального зношення виробничих

фондів), організація ремонтно-будівельного виробництва, персонал підприємства.

Розглядаючи персонал організації як внутрішній фактор, необхідно враховувати інтелектуальний потенціал людини, її психологічні та фізіологічні потреби, відношення до технології, тривалість робочого дня, інші соціальні установки, серед яких фактор престижності професії у суспільстві, наявність соціального пакету, рівень та заборгованість по зарплаті тощо.

Крім того, до множини внутрішніх факторів відносять обсяги непродуктивних втрат і витрат води, баланс кредиторської й дебіторської заборгованостей тощо.

Усі перелічені вище фактори характеризуються тим чи іншим ступенем невизначеності, який необхідно враховувати при формуванні стратегічних та оперативних планів роботи підприємства.

Серед управлінських заходів щодо зменшення невизначеності можна виділити організаційні контрзаходи [8], а саме: ресурсозбереження, робота зі споживачами, боротьба з розкраданням води, форсування інвестиційних програм, проведення антикризових заходів, організаційно-економічна реорганізація, використання нових управлінських технологій та інформаційно-оптимізаційні підходи, серед яких розвиток функцій фінансового аналізу й економічного прогнозування, інформаційного забезпечення, розвиток теоретичного та методологічного фундаменту створення систем підтримки стратегічних та оперативних рішень щодо планування розподілу обмежених ресурсів підприємства в умовах невизначеності.

Одним із важливих заходів щодо зменшення невизначеності щодо термінів виконання робіт та кількості необхідних ресурсів є резервування як засіб підвищення надійності роботи комунального підприємства введенням надлишкових ресурсів, тобто додаткових ресурсів понад мінімально необхідних для виконання виробничої програми підприємства. Так, нормативними документами, які регламентують складання кошторису проекту ремонтно-відновлювальних робіт інженерних комунікацій визначено за необхідне 5% перевищення базового кошторису як сплати за можливі ризики.

Такий ефективний вид управління ризиками та зменшення невизначеності як страхування, що значною мірою представлений у розвинених країнах, де до 90% будівельно-монтажних робіт підлягає страхуванню, у нашій країні тільки починає розвиватися, науково-методичні засади та джерела фінансування ще не є визначеними.

У цілому всі ці фактори впливають як на формування ресурсного потенціалу ремонтного комунального підприємства, так і на вибір проектів ремонтних робіт із множини заявлених, а також на процедуру упорядкування проектів за строком виконання, кількість і строки виконання робіт проектів, величини матеріальних і фінансових ресурсів, які необхідні для виконання кожної роботи множини проектів, запланованих на певний період. Узагальнено кажучи, множина вищезазначених факторів значною мірою впливає на формування екзогенних параметрів оптимізаційної моделі, як коефіці-

єнтів цільового функціоналу, так і коефіцієнтів функцій обмежень.

Таким чином, ці невизначеності мають бути враховані в процесі побудови оптимізаційної економіко-математичної моделі планування обмежених ресурсів на множині ремонтних проектів як першого та найбільш важливого в стратегічному плані етапу управління ресурсами.

З точки зору формалізації вказаних типів невизначеностей існують два підходи: статистичний (ймовірнісний), а саме: обробка часових рядів за наявності вихідних даних апіорних спостережень і достатній довжині часового ряду з метою виявлення законів розподілів, точкових та інтервальних оцінок, діапазонів зміни екзогенних параметрів моделі, а також експертне оцінювання за відсутності достатньої інформаційної бази.

Аналіз наявних формальних підходів до врахування невизначеності екзогенних параметрів на етапі показав, що на цей час існує велика кількість різноманітних методик [9, 10]. Як базові з урахуванням специфіки діяльності підприємства, наявної практики господарювання управління ресурсним потенціалом підприємства виступають методологія стохастичного програмування, інтервальний аналіз і сценарний підхід.

У рамках першого підходу вихідна задача зводиться при відповідних припущеннях до детермінованої екстремальної задачі, яка має назву детермінованого еквіваленту і для якої можна визначити точний розв'язок. Спочатку (перший етап) установається попередній оптимальний план (задача виступає як детермінована, її розв'язок є вектором з детермінованими компонентами).

Розв'язання детермінованої задачі здійснюється, зокрема, за допомогою інструментальних засобів теорії оптимізаційного геометричного проектування [11]. У рамках даного підходу мультипроектна задача планування багатьох ресурсів підприємства на заданий період формується як оптимізаційна задача розміщення робіт проектів ремонтних робіт у просторі ресурсів підприємства. Таким чином, робота проекту представляється як геометричний об'єкт з кусково-постійною границею, топологічна вимірність якого визначається кількістю ресурсів, необхідних для виконання роботи. Розміри (метричні характеристики) об'єктів-робіт визначаються власне кількістю необхідних ресурсів. Така формалізація дає можливість представити задачу планування обмежених ресурсів комунального підприємства на множині проектів робіт у визначеному горизонті планування як задачу оптимального розміщення відповідних геометричних об'єктів.

Отже, невизначеність завдання ресурсів робіт інтерпретується як змінність метричних характеристик об'єктів розміщення (робіт) у заданих інтервалах, причому метричні характеристики об'єктів розміщення змінюються незалежно один від одного.

На другому етапі (третьому і т. д.) етапі розв'язання оптимізаційної задачі план коректується відповідно до реальних умов. На цих етапах залежно від ступеню визначеності вихідної інформації застосовується непрямий метод стохастичного програмування або інтер-

вальный анализ, идеологичні засади застосування якого для урахування наведеного типу невизначеності у оптимізаційних задачах розміщення запропоновані в [12]. Ця схема добре узгоджується з прийнятою у практиці господарювання комунальних підприємств технологією управління обмеженими ресурсами підприємства.

ВИСНОВКИ

У роботі проведений аналіз факторів впливу на форми та зміст виробничого процесу ремонтного комунального підприємства у сфері водопостачання та водовідведення, що спричиняють невизначеність первинної інформації під час управління обмеженими ресурсами комунального підприємства водопостачання. Побудовано класифікацію чинників невизначеності зовнішнього та внутрішнього середовища підприємства, які впливають на строки та значення необхідних обсягів різних ресурсів для виконання проектів ремонтно-відновлюваних робіт. Розглянуто методологічні підходи до розв'язання задач управління обмеженими ресурсами ремонтного підприємства, включаючи задачі планування та моніторингу. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. **Sargaonkar A.** Model study for rehabilitation planning of water supply network / A. Sargaonkar, S. Kamble, R. Rao // *Computers, Environment and Urban Systems*. – 2012. – Режим доступу : <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.08.002>
2. **Turner J. P.** Mitigating shortage and distribution costs in damaged water networks / J. P. Turner, J. Qiao, M. Lawley, J. – P. Richard, D. M. Abraham // *Socio-Economic Planning Sciences* – 2012. – № 46. – С. 315 – 326.
3. CRS Report RL31294. Safeguarding the nation's drinking water: EPA and congressional actions. – 2003. – Режим доступу : <http://www.ncseonline.org/NLE/CRSreports/03Jan/RL31294.pdf>
4. **Гончаренко Д. Ф.** Технологические решения замены трубопроводов водоснабжения / Д. Ф. Гончаренко, О. В. Старкова, Х. Вевелер // *Научный вестник строительства*. – 2009. – № 54. – С. 46 – 51.
5. **Алексеева М. М.** Планирование деятельности фирмы: монография / М. М. Алексеева. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 176 с.
6. **Рыжук С. Г.** Ресурсный потенциал организации / С. Г. Рыжук, Е. И. Овачук // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2012. – № 11. – С. 115 – 120.
7. **Деева А. И.** Экономика ремонтно-строительного производства / А. И. Деева. – М.: МИКХиС, 2005. – 587 с.
8. **Петросов В. А.** Эколого-экономическая безопасность хозяйственно-питьевого водоснабжения / В. А. Петросов, Г. К. Агаджанов, С. Л. Василенко, В. Я. Кобылянский // *Коммунальное хозяйство городов*. – 2004. – № 55. – С. 9 – 19.
9. **Luong H. T.** Fund allocation model for pipe repair maintenance in water distribution networks / H. T. Luong, O. Fujiwara // *European Journal of Operation Research*. – 2002. – № 136. – С. 403 – 421.
10. **Слепцов А. И.** Метод нечеткого расчета характеристик операций в задаче нечеткого сетевого планирования и управления / А. И. Слепцов, Т. А. Тыщук // *Кибернетика и системный анализ*. – 2003. – № 3. – С. 58 – 71.

11. **Стоян Ю. Г.** Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю. Г. Стоян, С. В. Яковлев. – К.: Наукова думка, 1986. – 267 с.

12. **Новожилова М. В.** Моделирование задачи управления проектами в условиях неопределенности исходных данных / М. В. Новожилова, Н. А. Попельных // *Новое в экономической кибернетике*. – 2005. – № 1. – С. 62 – 70.

REFERENCES

- Alekseeva, M. M. *Planirovanie deiatelnosti firmy* [Planning of the company]. Moscow: Finansy i statistika, 2003.
- Deeva, A. I. *Ekonomika remontno-stroitel'nogo proizvodstva* [Economy repair and construction of production]. Moscow: MIKKhIS, 2005.
- Goncharenko, D. F., Starkova, O. V., and Veveler, Kh. "Tekhnologicheskiye resheniya zameny truboprovodov vodosnabzheniya [Technological solutions replace water pipes]". *Naukovyi visnyk budivnytstva*, no. 54 (2009): 46-51.
- Luong, H. T., and Fujiwara, O. "Fund allocation model for pipe repair maintenance in water distribution networks". *European Journal of Operation Research*, no. 136 (2002): 403-421.
- Novozhilova, M. V., and Popelniukh, N. A. "Modelirovanie zadachi upravleniia proektami v usloviakh neopredelennosti iskhodnykh dannykh [Modeling of project management in an uncertain input data]". *Novoe v ekonomicheskoy kibernetike*, no. 1 (2005): 62-70.
- Petrosov, V. A. and others. "Ekologo-ekonomicheskaya bezopasnost khoziaystvenno-pitevogo vodosnabzheniia [Ecological and economic security of drinking water supply]". *Kommunalnoe khoziaystvo gorodov*, no. 55 (2004): 9-19.
- Ryzhuk, S. G., and Ovachuk, E. I. "Resursnyy potentsial organizatsii [The resource potential of the organization]". *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta*, no. 11 (2012): 115-120.
- "Safeguarding the nation's drinking water: EPA and congressional actions". CRS Report RL31294. <http://www.ncseonline.org/NLE/CRSreports/03Jan/RL31294.pdf>
- Sleptsov, A. I., and Tyshchuk, T. A. "Metod nechetkogo rascheta kharakteristik operatsiy v zadache nechetkogo setevogo planirovaniia i upravleniia [The method for calculating the characteristics of fuzzy operations in the problem of fuzzy network planning and management]". *Kibernetika i sistemnyy analiz*, no. 3 (2003): 58-71.
- Stoian, Yu. G., and Yakovlev, S. V. *Matematicheskie modeli i optimizatsionnye metody geometricheskogo proektirovaniia* [Mathematical models and optimization methods geometric design]. Kyiv: Naukova dumka, 1986.
- Sargaonkar, A., Kamble, S., and Rao, R. "Model study for rehabilitation planning of water supply network". *Computers, Environment and Urban Systems*. – 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.08.002>
- Turner, J. P. and others. "Mitigating shortage and distribution costs in damaged water networks". *Socio-Economic Planning Sciences*, no. 46 (2012): 315-326.