



МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИЛЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ В УМОВАХ ВІДНОСНО НЕЕЛАСТИЧНОГО ПОПИТУ НА ВОДОПОСТАЧАННЯ

П. І. Анпілогов^а, Л. В. Науменко^б

^аКиївський національний університет будівництва і архітектури.

^бВАТ «Акціонерна компанія «Київводоканал».

E-mail: panpi@rambler.ru

Отримана 30 жовтня 2007, прийнята 17 листопада 2007

Анотація. Розглянуто економіко–математичні моделі побудови схеми регулювання природної монополії в умовах зменшення обсягів водоспоживання. Проведено аналіз методів встановлення тарифів на водоспоживання. Аналіз показує, що головним недоліком метода «витрати плюс» є створення умов, при яких підприємство не зацікавлене у зменшенні операційних витрат, а потребує збільшення інвестиційних витрат понад необхідний рівень. В умовах зменшення водоспоживання такий підхід неминуче приводить до безпідставного зростання тарифу. Наведені математичні дослідження доводять, що єдиним засобом втримання ціни при постійному рівні прибутку є зменшення змінних витрат за рахунок впровадження ресурсозберігаючих технологій. Існуючі на цей час методи регулювання природної монополії в повній мірі не вирішують цю задачу. Запропоновано схему «витрати плюс ресурсозбереження», яка створює такі умови для регуляції природної монополії, при яких збереження і підвищення реального прибутку здійснюється за рахунок заохочення підприємства до ресурсозбереження.

Ключові слова: тариф, дилема регулювання, водопостачання, природна монополія.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЛЕММЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕЭЛАСТИЧНОГО СПРОСА НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ

П. И. Анпилогов^а, Л. В. Науменко^б

^аКиевский национальный университет строительства и архитектуры.

^бОАО «Акционерная компания «Киевводоканал».

E-mail: panpi@rambler.ru

Получена 30 октября 2007, принята 17 ноября 2007

Аннотация. Рассмотрены экономико–математические модели создания схемы регулирования естественной монополии в условиях уменьшения объемов водопотребления. Проведен анализ методов определения тарифов на водопотребление. Анализ показал, что главным недостатком метода «затраты плюс» является создание условий, при которых предприятие не заинтересовано в уменьшении операционных затрат, а требует увеличения инвестиционных затрат более необходимого уровня. В условиях уменьшения водопотребления такой подход обязательно приведет к необоснованному повышению тарифа. Приведенные математические исследования показали, что единственным способом сдерживания цены при постоянном уровне прибыли является уменьшение переменных затрат за счет внедрения ресурсосберегающих технологий. Существующие в настоящее время методы регулирования естественной монополии не решают этой задачи в полном объеме. Предложена схема «затраты плюс ресурсосбережение», которая создает такие условия для регуляции естественной монополии, при которых сохранение и повышение реальной прибыли осуществляется за счет создания у предприятия интереса в ресурсосбережении.

Ключевые слова: тариф, дилемма регулирования, водоснабжение, естественная монополия.

A MATHEMATICAL MODEL OF DILEMMA OF CONTROLLING UNDER A NON-ELASTIC DEMAND FOR WATER CONSUMPTION

P.I. Anpilogov ^a, L.V. Naumenko ^b

^aKiev National University of Construction and Architecture.

^bOpen Society «Joint-Stock Company «Kyivvodokanal».

E-mail: panpi@rambler.ru

Received 30 October 2007, accepted 17 November 2007

Abstract. There are considered economic–mathematical models of developing a scheme of controlling a natural monopoly under decreasing the volumes of water consumption. There has been done an analysis of methods of determining water consumption prices. The analysis has shown, that the main drawback of the method "expenses plus" is creation of conditions when an enterprise is not interested in reducing operational expenses and needs an increase of investment expenses of a more necessary level demands. Water consumption being reduced, such an approach will necessarily result in an unreasonable increase of the price. The mathematical researches presented have shown that the only way of controlling the price at a fixed profit level is a reduction of variable expenses due to the introduction resource-saving technologies. The methods of controlling the natural monopoly existing now do not solve this problem in full measure. There is suggested a scheme "expenses plus resource economy" which creates such conditions for controlling natural monopoly at which reservation and increase of a real profit is carried out due to the creation of interest at the enterprise in resource saving.

Keywords: price, dilemma of controlling, water supply, natural monopoly.

Вступ

Другий етап «Загальнодержавної програми реформування і розвитку житлово–комунального господарства на 2004-2010 роки» передбачає «запровадити ефективну систему державного регулювання діяльності суб'єктів природних монополій у сфері водо– теплопостачання та водовідведення». При цьому необхідно «наблизити необліковані втрати води і теплової енергії та витрати енергоресурсів на виробництво житлово–комунальних послуг до рівня країн Європейського Союзу» [1].

Оскільки більшості населення рахунки за послуги водопостачання виставляються на основі норм водоспоживання (190...300 л/люд/добу залежно від рівня благоустрою будинків), це призводить до збільшення різниці між обсягами видобутої і реалізованої води. Аналіз об'ємів споживання питної води в Україні показує, що втрачається від 20 до 50% поданої в будинки води [6]. З економічної точки зору така ситуація повинна влаштувати водоканали. Дійсно, стабільний рівень об'ємів послуг, який обумовлено діючими нормами водоспоживання, гарантує підприємству відносну еластичність кривої споживання. Але підвищення тарифів примушує споживачів встановлювати квартирні лічильники та економно викори-

стовувати питну воду, що приводить до зниження водоспоживання в цілому.

Для збереження економічної ефективності в умовах суттєвого скорочення водоспоживання водопостачальнику потрібно або підвищувати тариф, або скорочувати змінні витрати на забезпечення технологічного процесу [3]. Підвищення тарифу без принципової зміни технології водопостачання з часом приведе до нового підвищення.

Мета і постановка задачі

Метою цієї статті є спроба побудови економіко–математичної моделі управління інноваційними інвестиціями у підприємство з водопостачання. Побудова такої моделі надасть можливість вирішити проблему раціонального регулювання тарифами в умовах природної монополії, якими є підприємства з водопостачання і водовідведення міста.

1. Аналіз проблеми зменшення водоспоживання

Розглянемо економічні наслідки зменшення споживання питної води на наступному прикладі. Прибуток, який має отримати підприємство у момент часу t :

$$, \quad (1.1)$$

де $p(t)$ – тариф на водоспоживання, $c(t)$ – змінні і постійні витрати, $q(t)$ – об’єм споживання питної води.

Необхідною умовою для досягнення оптимального значення для прибутку є значення похідної, яке дорівнює 0.

$$R'(t) = (p(t) - c(t))' q'(t) = 0 \quad (1.2)$$

За умови постійно діючого тарифу $p(t) = p_0 = \text{const}$ після відповідних математичних перетворень отримуємо наступний вираз:

$$p_0 q'(t) - c'(t) q(t) - c(t) q'(t) = 0 \quad (1.3)$$

Якщо функція $q(t)$ має лінійну форму, то можливо підставити в рівняння 1.3 значення $q(t) = at + b$. Тоді отримуємо:

$$p_0 a - c'(t) at - c'(t) b - c(t) a = 0 \quad (1.4)$$

Після перетворень отримуємо неоднорідне диференційне рівняння першого порядку відносно $c(t)$:

$$c'(t) + \frac{c(t)}{t + \mu} = \frac{p_0}{t + \mu} \quad (1.5)$$

де $\mu = \frac{b}{a}$. Рішенням рівняння 1.5 буде:

$$c(t) = \frac{1}{e^{\int \frac{1}{t+\mu} dt}} \left(\int \frac{p_0}{t+\mu} e^{\int \frac{1}{t+\mu} dt} dt + A \right) = \frac{1}{t + \mu} \left(\int \frac{p_0}{t + \mu} (t + \mu) dt + A \right) \quad (1.6)$$

Після спрощення та інтегрування остаточно отримуємо функцію витрат:

$$c(t) = \frac{p_0 t + A}{t + \mu} \quad (1.7)$$

Тут A деяке постійне значення, яке вираховуються у відповідності до початкових умов $(t_0; c(t_0))$.

Наприклад, для $p_0 = 0.52$ і виходячи з рівня рентабельності 12% для $t_0 = 1$,

$$c(t_0) = p_0 \times (1 - 0.12) = 0.52 \times 0.88 = 0.4576.$$

Визначимо параметри для лінійної функції зниження водоспоживання – $a = -4.000$, $b = 104.000$, $\mu = -26.000$, що відповідає зменшення об’єму споживання на 4% на рік. Тоді значення дорівнює:

$$A = c(t_0) \times (t_0 + \mu) - p_0 t_0 = 0.4576 \times (1 - 26.000) - 0.52 \times 1 = -11.960 \quad (1.8)$$

Загальний вираз для $c(t)$ у цьому випадку буде (рис.1):

$$c(t) = \frac{0.52 \times t - 11.96}{t - 26.0} \quad (1.9)$$

На рис. 1 побудовано поліном другого порядку для апроксимації $c(t)$:

$$c(t) = -0.0001t^2 - 0.0019t + 0.462 \quad (1.10)$$

У виразі 1.10 параметр часу t виконує функцію співвідношення між зміною об’ємів водоспоживання та значенням витрат $c(t)$. Наприклад, якщо

$$\text{для } t_0 = 1 \quad q(t_0) = 100 \text{ млн. куб. м,}$$

$$\text{а для } t_4 = 5 \quad q(t_4) = 84 \text{ млн. куб. м}$$

при постійних витратах прибуток може впасти з 6.24 млн. грн. до 5.2416 млн. грн. (зменшення майже на 1 млн. грн.). В той же час, зменшення змінних витрат згідно 1.9-1.10 з $c(1) \approx 0.4576$ до $c(1) \approx 0.4457$ (приблизно на 2.6%) дасть прибуток 6.2412 млн. грн., що ще і трохи більше ніж при $t_0 = 1$. Так, для цього прикладу, зменшення об’єму водоспоживання на 16% і відповідне зменшення витрат на 2.6% залишає той самий рівень прибутку.

Загальні витрати $c(t)$ складаються з постійних витрат $k(t)$ та змінних витрат $z(t)$:

$$c(t) = k(t) + z(t) \quad (1.11)$$

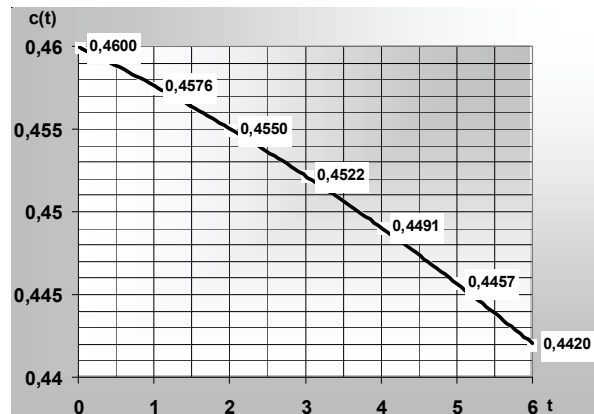


Рис. 1. Апроксимація функції витрат.

До постійних витрат входять витрати на амортизацію, на податки, капітальні витрати. Очевидно, що $k(t)$ може змінюватися в основному за рахунок капітальних витрат.

Таким чином, для природної монополії, якими є підприємства з водопостачання, суттєвим є застосування таких методів регулювання, які були б направлені на зменшення змінних витрат шляхом цільових капіталовкладень.

2. Застосування сучасних методів регулювання природної монополії

Порівняльний аналіз методів регулювання природної монополії, який наведено у статті [4,5], показує, що в Україні була зроблена спроба змінити схему встановлення граничного рівня рентабельності («витрати плюс») на методики розрахунку планового прибутку залежно до інвестиційних потреб водно-каналізаційного господарства [8]. Але, як зазначає А.В. Бабак [5], «більшість міст продовжують використовувати саме старий підхід до регулювання тарифів в частині планування прибутку».

В розгорнутому вигляді формула «витрати плюс», яка застосовується у сфері комунального господарства, визначається наступним чином [5]:

$$RR_{i,t} = (OE_{i,t} + D_{i,t} + T_{i,t} + CC_{i,t}) \times (1 + ROR_{i,t}) \quad (2.1)$$

Де $RR_{i,t}$ – необхідний рівень доходів у плановому періоді, $OE_{i,t}$ – витрати від операційної діяльності, $D_{i,t}$ – амортизація, $T_{i,t}$ – витрати на податках, $CC_{i,t}$ – капітальні витрати в розмірах чистого планового прибутку, $ROR_{i,t}$ – норма рентабельності.

Як відомо, головним недоліком метода «витрати плюс» є створення умов, при яких підприємство *не зацікавлене у зменшенні операційних витрат, а потребує збільшення інвестиційних витрат понад необхідний рівень*.

Існує група заохочувальних методів регулювання природної монополії. Це метод встановлення граничного рівня ціни, метод встановлення граничного рівня доходів, метод плаваючої шкали, метод умовної конкуренції, метод часткового коригування витрат, метод регулювання шляхом низки заохочень, тощо. Всі ці методи мають певні недоліки, основним з яких є відокремленість від технологічного процесу. Для підприємств, основною метою діяльності

яких є забезпечення відповідного рівня водоспоживання, пряме їх застосування не може дати відповідного результату.

Формування витратної та прибуткової складових на водопостачання та водовідведення, яке базується на моделюванні технологічних процесів, надає можливість точно визначити змінні витрати і, відповідно, загальні витрати. При цьому тариф визначається за формулою [2]:

$$T_{cp} = C_{cp} (1 + N) \quad (2.2)$$

Тут T_{cp} – узагальнений тариф за деякий інтервал часу, C_{cp} – середнє значення загальних витрат, N – норма прибутку на одиницю витрат. У випадку, коли $N = 0$, вираз 2.2 відповідає моделі вирішення дилеми регулювання із застосуванням суспільно-оптимальної ціни. При $N \geq 0$ впроваджується модель на основі справедливого прибутку.

Вирази 2.1 і 2.2 мають один і той самий економічний зміст, якщо записати:

$$C_{cp} = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} \sum_{i \in I} (OE_{i,t} + D_{i,t} + T_{i,t} + CC_{i,t}) dt, \quad (2.3)$$

де Δt – деякий інтервал часу, I – множина видів наданих послуг.

На формування цін на продукцію природних монополій значний вплив справляє зростання інших операційних витрат, які займають найбільшу частку в структурі витрат [9]. Так, за даними енергоаудиту систем водопостачання та водовідведення [7] скорочення капітальних витрат приводить до підвищення енерговитрат, які входять до операційних витрат. Загальні операційні витрати складають 84% від собівартості виробництва послуг із водопостачання і каналізації, яка складається: електроенергія – 51 %, витрати на експлуатацію – 19%, оплата праці – 14%, амортизація – 11%, податки – 5%.

На думку авторів, недоцільно повністю відмовлятися від існуючої схеми «витрати плюс». Її потрібно модифікувати і розробити гібридну схему, яка б базувалась на деякій функції регулювання норми рентабельності в залежності від капітальних вкладень, які були спрямовані на зменшення операційних витрат:

$$N = ROR = f(OE, CC) \quad (2.4)$$

Така схема буде гібридом між засобом обчислення тарифу «витрати плюс» і застосуванням функції заохочення типу 2.4.

3. Гібридна модель «витрати плюс ресурсозбереження»

В затвердженому порядку формування тарифів на централізоване водопостачання та водовідведення передбачається наявність програми ресурсозбереження, яка може бути частиною програми здійснення капітальних вкладень, тому що впровадження нових технологій, обладнання веде за собою, у більшості випадків, економію трудових, матеріальних та інших ресурсів [8]. У програмах ресурсозбереження повинні бути розрахунки прогнозованої економії від виконання заходів, спрямованих на економію ресурсів через реалізацію інвестиційних проєктів, удосконалення технологій, реконструкцію об'єктів, підвищення їх екологічної безпеки і надійності тощо.

Припустимо, що існує коефіцієнт ефективності впливу капітальних вкладень на загальні витрати :

$$\varepsilon = -\frac{\Delta c(t)}{\Delta CC(t)} = -\frac{\Delta c(t)}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta CC(t)}{\Delta t}, \quad (3.1)$$

де $c(t)$ – загальні витрати на момент часу t , $CC(t)$ – капітальні вкладення, орієнтовані на зменшення витрат. При $\Delta t \rightarrow 0$ отримуємо співвідношення похідних:

$$\varepsilon = -\frac{c'(t)}{CC'(t)} \Rightarrow CC'(t) = -\frac{1}{\varepsilon} c'(t) \quad (3.2)$$

Підставляючи у 3.2 формулу 1.7 для визначення витрат, послідовно диференціюємо, інтегруємо і отримуємо функцію зміни капітальних вкладень орієнтованих на зменшення загальних витрат:

$$CC(t) = -\frac{p_0\mu - A}{\varepsilon} \int \frac{1}{(t+\mu)^2} dt = -\frac{p_0\mu - A}{\varepsilon(t+\mu)} + B \quad (3.3)$$

Тут деяке постійне значення, яке вираховується у відповідності до початкових умов $(t_0; CC(t_0))$.

Таким чином, в умовах зменшення водоспоживання для забезпечення відповідного прибутку за рахунок інвестицій, які орієнтовані на зменшення загальних витрат, необхідно здійснювати капітальні вкладення за правилами, що визначаються залежністю 3.3.

Для впровадження принципу заохочення підприємства у зменшенні витрат шляхом

застосування ефективних капітальних вкладень пропонується використовувати модифіковані співвідношення 2.2, 2.3:

$$p_0 = T_{cp} = RR_e = C_{cp} (1 + \phi(\varepsilon)) \quad (3.4)$$

Функція $\phi(\varepsilon)$ відповідає виразу 2.4. При прямому застосуванні коефіцієнта можна записати:

$$\phi(\varepsilon) = N_0 + \varepsilon, \quad (3.5)$$

де N_0 – фіксована норма прибутку.

Формула 3.4 має наступний регулюючий зміст. Фіксується норма прибутку N_0 , але за впровадження інноваційних інвестицій можливо отримати додатковий прибуток, який залежить від коефіцієнту ефективності капітальних вкладень, які направлені на зниження загальних витрат. Тобто додатковий прибуток можливо отримати шляхом ресурсозбереження. Регуляторному органу потрібно знайти розумне співвідношення між p_0 , N_0 , а підприємство буде зацікавлене у впровадженні інвестиційних проєктів, які надають максимальне значення для.

Висновки

Проведений аналіз методів встановлення тарифів на водоспоживання показує, що головним недоліком метода «витрати плюс» є створення умов, при яких підприємство не зацікавлене у зменшенні операційних витрат, а потребує збільшення інвестиційних витрат понад необхідний рівень. В умовах зменшення водоспоживання такий підхід неминуче приводить до безпідставного зростання тарифу. Проведені математичні дослідження надають можливість зробити висновок, що єдиним засобом втримання ціни при постійному рівні прибутку є зменшення змінних витрат за рахунок впровадження ресурсозберігаючих технологій. Необхідність цього очевидна. Але, існуючі на цей час методи регулювання природної монополії в повній мірі не вирішують цю проблему.

Використовуючи схему «витрати плюс ресурсозбереження» можливо надати регуляторному органу інструмент, застосування якого при збереженні або підвищенні прибутку, зберігало середній тариф, за рахунок заохочення підприємства до ресурсозбереження.

Література

1. Загальнодержавна програма реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2004 - 2010 роки. Затверджено Законом України від 24 червня 2004 року N 1869-IV.
2. Анпілогов П.І., Науменко Л.В. Формування витратної та прибуткової складових на водопостачання та водовідведення в АСУ «Тариф»// Економіка будівництва і міського господарства. – 2007. – Т.3. №3. – С.115-119.
3. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономические принципы, проблемы и политика. Пер. с англ. 11-го изд. – К.: Хагар-Демос: «Бунчук» и ООО «Хагар». – 1993. – 785с.
4. Королькова Е.И. Естественная монополия: регулирование и конкуренция // Экономический журнал ГУ-ВШЭ Т.. – Москва: ГУ-ВШЭ – 2000. – т. 4. № 2. – с.235-273.
5. Бабак А.В., Романюк О.П. Ефективне регулювання цін природних монополістів. (Теорія і практика міжнародного досвіду)// Інформаційно-аналітичне видання: Аспекти тарифної реформи – Київ: ІМР – 2003. – №1. – С.1-9.
6. Хомко В.Є., Царинник О. Ю. Скорочення водоспоживання населенням – пріоритетний шлях до зменшення втрат води // Інформаційно-аналітичне видання: Аспекти тарифної реформи – Київ: ІМР. – 2003. – №2. – с.1-5.
7. Гіпп Т.Р., Царинник О. Ю. Енергоаудит систем водопостачання і водовідведення // Інформаційно-аналітичне видання: Аспекти тарифної реформи. – Київ: ІМР. – 2004. – №3. с. 1-4.
8. Порядок формування тарифів на послуги централізованого водопостачання та водовідведення // Наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики №139 від 27.06.2001, зареєстрований в Міністерстві юстиції 23.08.2001 №748/5939.
9. Венгер В.В. Організаційно-економічний механізм регулювання цін у природних монополіях: Дис. канд. економ. наук: 08.02.03. – Київ, 2005. – 187 с.

Анпілогов Павло Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної математики Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проблеми автоматизації технологічних процесів в інженерних мережах, ГІС-технології, теорія мов програмування.

Науменко Людмила Вячеславівна – начальник відділу ВАТ «Акціонерна компанія «Київводоканал», Здобувач вченого ступеню кандидата економічних наук. Наукові інтереси: економіка житлово-комунального господарства, теорія регулювання в інтересах суспільства.

Анпілогов Павел Іванович – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: проблемы автоматизации технологических процессов в инженерных сетях, ГИС-технологии, теория языков программирования

Науменко Людмила Вячеславовна – начальник отдела ОАО «Акционерная компания «Киевводоканал», соискатель ученого звания кандидата экономических наук. Научные интересы: экономика жилищно-коммунального хозяйства, теория регулирования в интересах общества.

Anpilogov Paul – Ph.D. (Eng.), an Associated Professor of the department of applied mathematics of Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, the faculty of automation of information technologies. Scientific interests: problems of automation of technological processes in engineering networks, GIS-technologies, the programming languages theory.

Naumenko Lyudmyla – chief of the department of the public corporation «Joint-Stock Company «Kyivvodokanal», an applicant for the academic degree of the economic sciences candidate. Scientific interests: housing and communal economy, the control theory in the society interests.