

УДК 628.17

### ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ КОНТРОЛЮ ПИТОМИХ НОРМ ВОДОСПОЖИВАННЯ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

**В. О. Орлов, Л. А. Волкова, Л. Л. Литвиненко**

Національний університет водного господарства та природокористування  
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна. E-mail: katarina55@mail.ru

**Р. М. Науменко**

ПАТ “Волинь–цемент”

вул. Шевченка, 1, м. Здолбунів, Рівненська обл., 35700, Україна.

Характерною особливістю виробництва цементу є значне використання води на охолодження обертових печей та іншого обладнання. Використання води залежить від кількості печей випалу, що працюють, тому при зменшенні обсягів виробництва може спостерігатися тенденція збільшення питомої норми водоспоживання. Питома норма водоспоживання як середнє значення витрат води для виробництва одиниці продукції при визначених організаційно-технічних умовах виробничого процесу є головним показником використання водних ресурсів. Із застосуванням звітно-статистичного методу, проведено уточнення фактичної питомої норми водоспоживання на ПАТ “Волинь–цемент”. Це має теоретичне і практичне значення, так як сприяє раціональному, економічно обгрунтованому використанню водних ресурсів при можливих змінах технологічних процесів, а також при зміні обсягів виробництва.

**Ключові слова:** питома норма водоспоживання, вода технічна, обсяг виробництва.

### ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ КОНТРОЛЯ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**В. О. Орлов, Л. А. Волкова, Л. Л. Литвиненко**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования  
ул. Соборная, 11, г. Ровно, 33028, Украина: E-mail: katarina55@mail.ru

**Р.Н. Науменко**

ПАТ “Волинь–цемент”

ул. Шевченко, 1, г. Здолбунов, Ровенская обл., 35700, Украина.

Характерной особенностью производства цемента является значительное использование воды для охлаждения вращающихся печей и другого оборудования. Использование воды зависит от количества печей обжига, которые работают, поэтому при снижении объемов производства может наблюдаться тенденция увеличения удельной нормы водопотребления. Удельная норма использования воды, как среднее значение расходов воды для производства единицы продукции при установленных организационно-технических условиях производственного процесса, является основным показателем использования водных ресурсов. Применяя отчетно-статистический метод, проведено уточнение фактической нормы водопотребления имеет теоретическое и практическое значение, так как способствует рациональному, экономически обоснованному использованию водных ресурсов при возможных изменениях технологических процессов, а также при изменении объемов производства.

**Ключевые слова:** удельная норма водопотребления, техническая вода, объем производства.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Питома норма водоспоживання, як середнє значення витрат води для виробництва одиниці продукції при визначених організаційно-технічних умовах виробничого процесу, є головним показником використання водних ресурсів.

Значення питомої норми залежить не тільки від виду продукції що випускається а й від особливостей технологічного процесу. Так при виробництві цементу використання води залежить від кількості печей випалу, що працюють у постійному режимі, тому при зменшенні обсягів виробництва може спостерігатися тенденція збільшення питомих норм водоспоживання.

Встановлення фактичних питомих норм є актуальним питанням, сприяє раціональному, економічно обгрунтованому використанню водних ресурсів, має теоретичне і практичне значення. Дослідження в цій галузі проводять як вчені різних регіонів України, зарубіжних країн так і самі підприємства.

Метою роботи є обгрунтування питомих норм споживання води залежно від фактичних обсягів виробництва.

### МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Вихідними даними для проведення досліджень був створений банк даних щодо використаних об'ємів води та обсягів виробництва за період 2004-2010 роки на ПАТ “Волинь–цемент”. Для обгрунтування та розрахунку питомої норми водопостачання використовувалися теоретичний, розрахунково-аналітичний, експериментальний та звітно-статистичний методи. Теоретичний метод базувався на матеріалах обробки технологічних регламентів, рецептури сировини, розрахунку теоретичних витрат сировинних компонентів тощо. Розрахунково-аналітичний та експериментальний методи передбачали визначення питомих норм за результатами математичної обробки даних, з використанням кореляційного і регресійного аналізу та на підставі відповідно проведеного обліку використання води. Звітно-статистичний метод полягав у визначенні питомих норм витрат технічної води на одиницю продукції за даними фактичного використання водних ресурсів за період дослідження з урахуванням факторів, що впливали на зміну норм споживання водних ресурсів [1, 2].

Процес виробництва портландцементу складається з виробництва клінкеру та виробництва безпосередньо цементу. Шлам отримується з крейди, суглинку, глини Кривинської, каоліну, залістистих домішок, які змішуються та розмелюються в присутності води (мокрый спосіб). Отримана таким чином суміш проходить випал в обертових печах при температурі 1400–1450 °С з утворенням клінкеру. Після виходу з печі клінкер швидко охолоджується. Куски охолодженого клінкера розмелюють з іншими домішками, що зумовлює отримання цементу з різними властивостями.

На підприємстві використовується вода технічної та питної якості. Джерелами водопостачання технічної води є кар'ерна вода та поверхневі води річки Устя.

При підготовці сировини використовують значну кількість води. Теоретична витрата води на виробництво однієї тони клінкеру, з врахуванням коефіцієнта співвідношення цементу і клінкеру дорівнює 0.385 м<sup>3</sup> на тону цементу, тобто, кількість використаної води буде прямопропорційно залежить від обсягів підготовленої сировини. Для приготування крейдяної пульпи на бовтанки гірничого цеху подається кар'ерна вода.

Крім приготування шламу, у процесі виробництва цементу технічна вода використовується для охолодження обладнання (компресорів, підшипників обертових печей), охолодження маслостанції вугільного млина і для уприскування води у млин, сушильних барабанів, охолодження газів, що відводяться, потреб мінікотелень та поливу територій. Вода для охолодження знаходиться у замкнутому циклі без скиду за межі території виробництва. Охолоджена вода збирається у резервуарі градирні, сюди ж, на підживлення зворотної води (за рахунок втрат на випаровування, унесення вітром та безповоротні втрати), подається технічна вода з річки Устя насосами насосної станції першого підйому. З резервуару градирні охолоджена вода насосами насосної станції другого підйому подається на технологічні потреби (безповоротно) та на охолодження обладнання. Нагріта вода від обладнання по самопливним трубопроводам надходить в резервуари нагрітої води та в градирню для охолодження.

Режим роботи обертових печей, млинів, сушильних барабанів не залежить від кількості поданої сировини, а вода на охолодження повинна надходити постійно. Таким чином вода, яка використовується в технологічному процесі включає оборотні води, витрати кар'ерної води та витрати води з р.Устя для підживлення.

За результатами обробки статистичної звітності було встановлено, що забір технічної води з поверхневих джерел значно коливається як за окремими роками, так і впродовж календарного року (рис. 1).

Результати аналізу рис. 1 дали змогу зробити висновок, що споживання води підприємством та забір з різних джерел упродовж року є дуже нерівномірним, а за останні роки, в цілому, спостерігається загальна тенденція зменшення використання води.

Це зумовлено, в першу чергу, обсягами виробництва, а також упровадженням заходів щодо раціонального використання водних ресурсів.

Згідно з нормативами питома норма використання технічної води на тону продукції для мокрого способу виробництва цементу становить 1,9 м<sup>3</sup>/т [5, т. 21, п. 24]. Норми водоспоживання залежать в основному від таких факторів як спосіб виробництва; призначення води в процесі виробництва; рівня використання водних ресурсів; системи водопостачання, умов використання води.

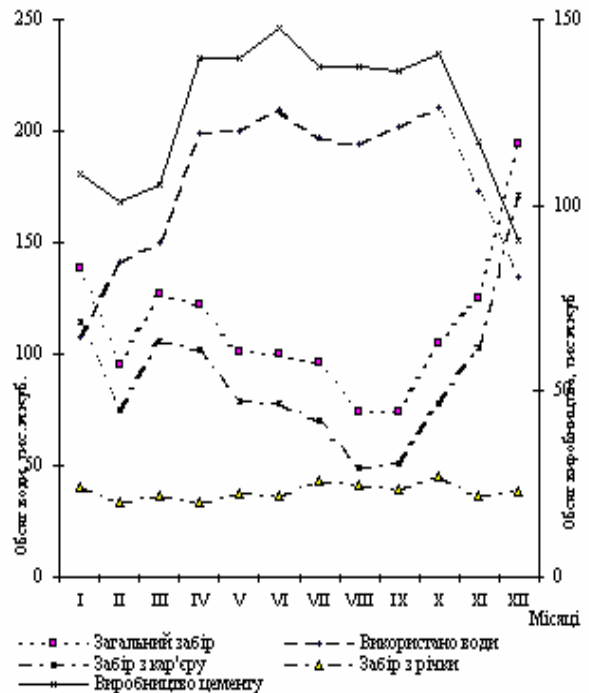


Рисунок 1 – Характер використання водних ресурсів при виробництві цементу

Ці норми розробляються для підприємств, об'єднань і галузі в цілому. Вони використовуються для цілей поточного планування, визначення планової потреби у воді, розробки водних балансів, а також контролю за використанням води в окремих ланках промислового виробництва. Поточні норми діють із моменту їх встановлення до зміни умов виробництва, що впливають на величину норм. Зі зміною умов виробництва поточні норми повинні бути переглянуті [3].

Нерівномірність виробництва цементу впродовж року, його різка зміна призводить до того, що планові показники використання води не відповідають встановленим питомим нормам. Враховуючи, що виробничі води знаходяться в оборотній системі водопостачання, то питома норма використання технічної води на тону продукції для мокрого способу виробництва цементу може бути визначена за формулою:

$$q_{tex} = \frac{Q_k + Q_p}{N}, \quad (1)$$

де  $q_{\text{тех}}$  – питома норма,  $\text{м}^3/\text{т}$  у середньому за рік,  $Q_{\text{к}}$ ,  $Q_{\text{р}}$  – витрати технічної води, які забираються з кар'єру і річки Устя,  $N$  – обсяг виробництва цементу за відповідний період часу.

За даними статистичної обробки даних використання водних ресурсів та випуску продукції встановлено, що питомі норми знаходяться у оберненої залежності від кількості продукції, що була вироблена (рис. 2, 3). При цьому чітко прослідковується залежність, що при обсягах виробництва продукції на ПАТ “Волинь-цемент” до 100 тисяч тон на місяць значення питомої норми коливаються в межах від 1,5 майже до 4,0  $\text{м}^3/\text{т}$ , тобто відмічається перевищення нормативного значення питомої норми використання технічної води на тону продукції для мокрого способу виробництва цементу [5] майже в два рази.

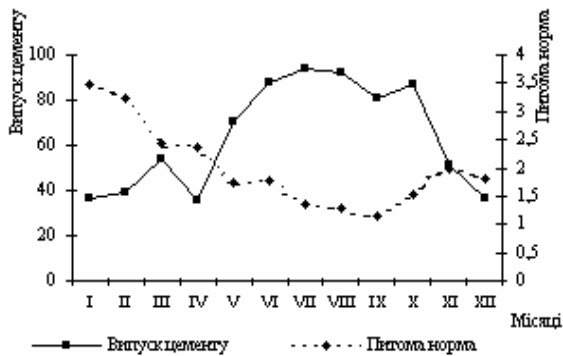


Рисунок 2 – Залежність між питомою нормою та обсягом виробництва цементу до 100 тис. т

При обсягах щомісячного виробництва цементу які перевищують 100 тисяч тон значення питомої норми становлять в межах 1,5–2,5  $\text{м}^3/\text{т}$ . Таким чином, можна встановити, що нормативне значення питомої норми в межах 1,9  $\text{м}^3/\text{т}$  може бути забезпечено при обсягу виробництва цементу не менше 120 тисяч тон за місяць.

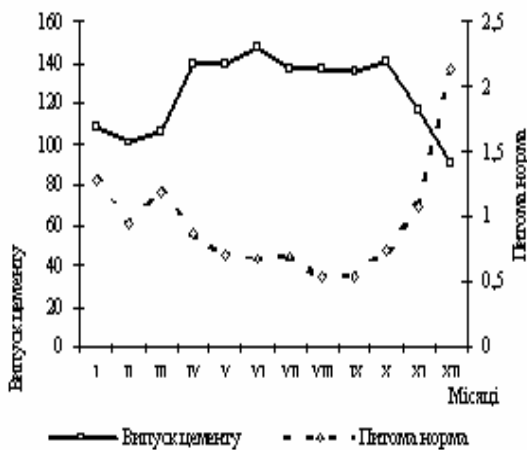


Рисунок 3 – Залежність між питомою нормою та обсягом виробництва цементу більше 100 тис. т

З метою встановлення залежності питомої норми технічної води від обсягу виробництва цементу було проведено регресійний та кореляційний аналіз бази даних, як для окремих років, так і в цілому за період досліджень. При проведенні математичного аналізу даних спостережень були побудовані графіки залежності питомої норми від обсягу виробництва для окремих років спостереження, проведено регресійний та кореляційний аналіз. Значення коефіцієнтів детермінації для різних років досліджень коливалися в межах 0,438–0,821.

Крім того, було проведено аналіз взаємозв'язку між питомою нормою використання технічної води і обсягом виробництва для усієї сукупності даних спостережень за 2004–2010 роки що склало 78 пар. Було виконано розрахунок різних видів апроксимацій: лінійної, ступеневої, другого, третього ступеня, логарифмічної, експоненціальної (табл. 1); розраховано рівняння регресії; визначено коефіцієнт детермінації; розраховано апроксимацію для максимальних та мінімальних обсягів виробництва, були побудовані лінії тренду.

Таблиця 1 – Кореляційний та регресійний аналіз даних залежності виробництва цементу та питомих норм за 2004–2010 роки

Вид апроксимації	Рівняння регресії	Коефіцієнт детермінації
лінійна	$y = -31,153x + 150,79$	$R^2 = 0,572$
ступенева 1-го ступеня	$y = 114,22x^{-0,7966}$	$R^2 = 0,5736$
поліноміальна 2-го ступеня	$y = 7,5393x^2 - 70,229x + 185,64$	$R^2 = 0,6803$
поліноміальна 3-го ступеня	$y = -0,5606x^3 + 12,555x^2 - 81,943x + 192,67$	$R^2 = 0,6814$
логарифмічна	$y = -61,35\ln(x) + 119,91$	$R^2 = 0,6551$
експоненціальна	$y = 174,2e^{-0,4185x}$	$R^2 = 0,536$

Як свідчать дані досліджень, найбільш тісний зв'язок встановлено між питомою нормою використання технічної води і обсягом виробництва для поліноміальної залежності третього ступеня ( $R^2 = 0,68$ ), яка представлена на рис.4.

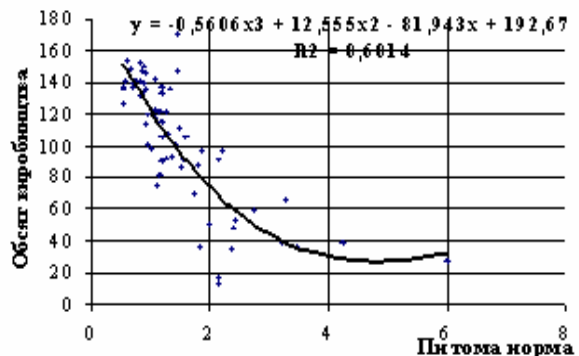


Рисунок 4 – Характер зв'язку між обсягом виробництва та питомою нормою

**ВИСНОВКИ.** Технічна вода на ПАТ “Волинь-цемент” використовується для приготування шламу та для охолодження. Вода для охолодження знаходиться у замкнутому циклі без скиду за межі території виробництва.

За результатами досліджень вперше для ПАТ “Волинь-цемент” було обґрунтовано норми споживання технічної води залежно від обсягів виробництва. Встановлено, що питома норма використання технічної води знаходиться у тісному зв’язку з обсягом виробництва цементу.

Отримані результати мають практичну цінність, так як підтверджують необхідність корегування питомої норми в промисловості при можливих змінах технологічних процесів, а також при зміні обсягів виробництва, забезпечуючи раціональне використання води та її економію при розширенні виробництва.

Автори статті висловлюють вдячність керівництву ПАТ “Волинь-цемент” за можливість проведення наукових досліджень.

1. Сучасна схема водопостачання цементного заводу. / В.О. Орлов, Л.А. Волкова, Л.Л. Литвиненко // Матеріали за VII міжнародна научна практична конференція, «Настоящи изследвания и развитие – 2011», 17–25 януари 2011 г. – Т. 6. Икономики. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2011. – С. 34–36.

2. Раціональне використання водних ресурсів на цементних заводах / В.О. Орлов, Л.А. Волкова, Л.Л. Литвиненко // Materiály VII mezinárodní vědecko – praktická konference «Moderni vymoženosti vědi – 2011», 27.01. – 05.02.2011. – Díl 14. Ekologie. Chemie a chemická technologie. Zemědělství. Zvěrolékařství: Praha: Publishing House «Education and» s.r.o. – S. 28–32.

3. Отраслевая методика по разработке норм и нормативов водопотребления и водоотведения с учетом качества потребляемой и отводимой воды на предприятиях. – Донецк: НОП Промтехкомплекс, 1998. – 242 с.

4. Водопостачання / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – К.: Знання, 2009. – 735 с.

5. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности, СЭВ, ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1982. – 527 с.

#### ЛІТЕРАТУРА

#### ARGUMENTS TO SUPPORT THE CONTROL OF SPECIFIC WATER CONSUMPTION AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

**V. Orlov, L. Volkova, L. Litvinenko**

National University of Water Management Nature Resources Use  
vul. Soborna, 11, Rivne, 33028, Ukraine. E-mail: katarina55@mail.ru

**R. Naumenko**

PAT “Volyn-cement”

vul. Shevchenko, 1, Zdolbunov, Rovenskiu, 35700, Ukraine.

The considerable water consumption for cooling the revolving furnaces and other equipment is the characteristic feature of cement production. The rate of water consumption depends on the amount of furnaces working. Thereby, the tendency to increase the specific water consumption while the decline of production volumes can occur. The specific rate of water consumption implies the mean value of water charge per unit of products with the organizational and - technical terms of technological process specified. The specific rate of water consumption is the basic index of water management. The clarification of attained duty of water consumption is conducted on the basis of statistical reporting method. It has both theoretical and practical values because of supporting the rational and economically feasible water management under the varying conditions of technological processes and production volumes.

**Key words:** specific rate of water consumption, technical water, production volume.

#### REFERENCES

1. Modern chart of water-supply of cement plant. / V.O. Orlov, L.A. Volkova, L.L. Litvinenko // *Materials of VII of international scientific practical conference, "Real researches and development – 2011"*, 17–25 January 2011 year, – Volume 6. Economy. Sofia., «Bial Grad-BG» OOD – PP. 34–36. [in Ukrainian]

2. The rational use of water resources is on cement plants./ V.O. Orlov, L.A. Volkova, L.L. Litvinenko // *Materials VII of international research and practice conference are "Modern possibilities of water – 2011"*, 27.01.–05.02. – Vol. 14. Ecology. Chemistry and chemical technology. Agriculture. Veterinary science. – Prague: Publ. House «Education and» s.r.o. – PP. 28–32. [in Chehian]

3. *The particular branch method for the development of rates and norms of water consumption and sewage taking into account the quality of consumable and waste waters at enterprises.* – Donetsk: NOP Promtekhkompleks, 1998. – 242 p. [in Russian]

4. *Water-supply* / A.M. Tugay, V.O. Orlov. – K.: Znannia, 2009. – 735 p. [in Ukrainian]

5. *Large-sized norms of water consumption and taking of water for different industries of industry*, SEV, VNIИ VODGEO. – M.: Stroyizdat, 1982. – 527 p. [in Russian]

Стаття надійшла 12.04.2012.

Рекомендовано до друку

к.т.н., доц. Бахарєвим В.С.

