

УДК 628.14:636.5/.6

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПТАХОФАБРИКИ

О.Ю. ПОБЕРЕЗНІЧЕНКО, П.Д. ХОРУЖИЙ

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Виконано аналіз системи водопостачання птахофабрики у басейні р. Ірпінь. Визначено основні проблеми та недоліки під час забору води зі свердловин, водопідготовки, розподілу між споживачами та транспортування. Запропоновано заходи щодо економного і раціонального водопостачання.

© О.Ю. Поберезніченко, П.Д. Хоружий, 2013

Меліорація і водне господарство. 2013. Вип.100

Ключові слова: водопостачання, ресурсозбереження, підземні води, знезалізнення, роздільний водопровід питної і технічної води

Актуальність проблеми. Охорона і раціональне використання водних ресурсів є однією з найважливіших світових проблем, яка все більше ускладнюється в зв'язку з урбанізацією суспільства, інтенсивним розвитком промисловості та сільського господарства [1].

Все це вказує на актуальність і гостроту проблеми водозабезпечення та водокористування, необхідність підвищення ефективності водозберігаючих і водоохоронних заходів щодо захисту водойм від забруднень та виснаження, впровадження маловідхідних технологічних процесів, розробки нових методів технологічних схем, будівництва сучасних споруд водопостачання [2].

Існуюча проблема. Суть ресурсозбереження в системах водопостачання полягає у виконанні їхнього основного завдання – надійного забезпечення всіх споживачів водою потрібної кількості та належної якості за найменших витрат на спорудження таких систем і їхню експлуатацію. Собівартість води тим більша, чим більші витрати на її добування, підготовку і транспортування. Зменшення цих витрат підвищує економічні показники системи водопостачання [3].

Об'єктом для дослідження обрано птахофабрику, яка розміщена в басейні р. Ірпінь. Підприємство ТОВ «Комплекс Агромарс» – це комплекс виробничих підрозділів із замкнутою технологією вирощування бройлерів. До складу комплексу входять філії «Гаврилівський птахівничий комплекс» і Броварська. Для досліджень було обрано філію «Гаврилівський птахівничий комплекс», система виробничого водопостачання якої за характером використання води належать до прямої. Підприємство займається вирощуванням курчат-бройлерів. Птахоферми розташовані в сс. Гаврилівка, Тарасівщина, Димер (Вишгородський район Київської області). Річний план вирощування курчат-бройлерів – 17115 тис. гол. Інкубаторій, цех забою та переробки птиці розташовані в с. Гаврилівка. Проектна потужність цеху забою птиці – 432 тис. гол. на добу.

Витрати води питної якості на виробничих майданчиках дорівнюють у середньому 1810 тис. м³/рік: на господарсько-побутові потреби забирається 200 тис. м³/рік, на виробничі – 1610 тис. м³/рік. Вода на виробничі потреби використовується:

- для напування курчат з ніпельних напувалок (безповоротне споживання), миття пташників (прямоточне водоспоживання), втрати на випаровування;

- в забійному цеху для забою птиці, миття тари, підлоги та панелей;
- на очисних спорудах в с. Гаврилівка.

Аналіз експериментальних досліджень. Водозабезпечення об'єктів здійснюється завдяки видобуванню підземних вод з 76 артезіанських свердловин глибиною від 58 до 135 м на водоносні горизонти бучацьких відкладів середнього палеогену та сеноманських відкладів середньої крейди. Для свердловин передбачено зони санітарної охорони I поясу суворого режиму.

Забезпечення виробничих та господарсько-побутових потреб підприємства відбувається централізованими системами водопостачання, що включають водозабірні свердловини, резервуари чистої води та розподільчу мережу. Оскільки виробничі об'єкти господарської діяльності підприємства розташовані один від одного на значній відстані, для підвищення забезпеченості водою гарантованої якості підрозділів функціонують локальні системи водозабезпечення. Водопостачання виробничих майданчиків, розташованих у с. Гаврилівка, а саме бройлерних птахоферм № 1–9, 11–14, інкубаторію, цехів забою та переробки птиці №1, 2, допоміжних діляниць (автотранспортний парк, котельня, будівельна діляниця), здійснюють центральні водозабори №1 і 2. Водопостачання бройлерних птахоферм №10, 15–30 та племінних птахоферм забезпечують локальні системи водопостачання.

Нами досліджувався центральний водозабір №1, до складу якого входять 14 артезіанських свердловин, станція знезалізнення води, РЧВ і насосна станція II підйому (рис. 1).

Система водопостачання працює так. Вихідна вода із свердловин 1 по напірних трубопроводах з подається на водознезалізнювальну станцію 7, після якої по трубопроводах 13 надходить у РЧВ. Насосною станцією II підняття 9 очищена вода по трубопроводах 15 і 16 подається споживачам. Для регулювання витрат води і стабілізації напорів у водорозвідній мережі встановлено водонапірну башту 10. Водорозподільчим колодязем 4 регулюється подача води із свердловин у РЧВ: по трубопроводу 11 через водознезалізнювальну станцію 7 або по трубопроводах 12 – безпосередньо в РЧВ у випадках, коли водознезалізнювальна станція не працює чи не забезпечує очищення розрахункової витрати води.

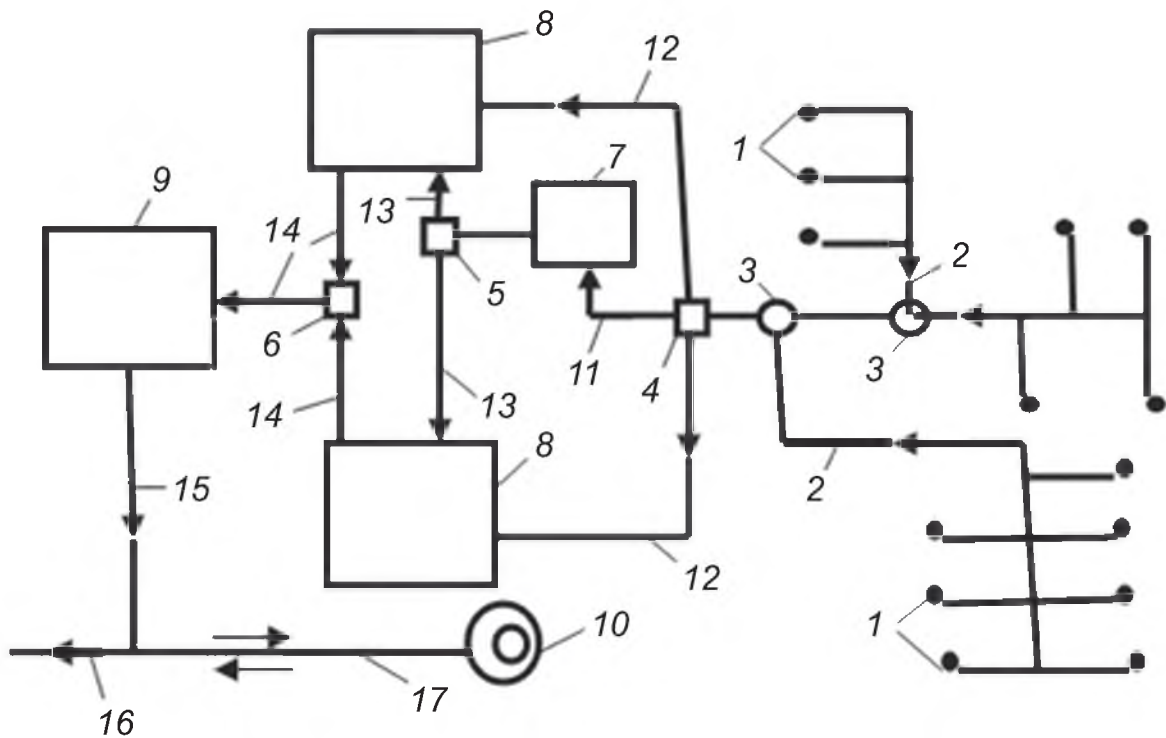


Рис. 1. Схематичний план водопровідних споруд:

1 – водозабірні свердловина; 2 – напірний водовід від свердловин;
 3 – водопровідний колодязь; 4–6 – водорозподільчі колодязі; 7 – водознезалізнювальна станція; 8 – резервуар чистої води (РЧВ); 9 – насосна станція II підняття; 10 – водонапірна башта; 11 – подача сирієї води на знезалізнення; 12 – подача вихідної води в РЧВ; 13 – відведення очищеної води в РЧВ; 14 – всмоктувальні трубопроводи насосів;
 15 – напірний трубопровід насосів; 16 – подача води споживачам;
 17 – трубопровід до водонапірної башти (ВБ)

На рис. 2 показано висотну схему подачі води із водозабірної свердловини через водознезалізнювальну установку в РЧВ.

Свердловини 2 обладнано насосами 3 типу ЕЦВ (продуктивність 6,3–16 м³/год, потужність 4,5–11,0 кВт), дротяно-сітчастими фільтрами 5 з гравійною обсіпкою. Конструкція оголовків 1 свердловин забезпечує повну герметизацію, що унеможливиює надходження в міжтрубний та затрубний простори свердловини поверхневих вод та забруднень. Тиск води на виході із свердловин повинен становити не менше 3,0 кгс/см². Включення та виключення насосів артезіанських свердловин здійснюється автоматично залежно від рівня води в РЧВ (z_1 і z_2). Відповідно до ситуації робота свердловин може бути переведена на ручне управління. Дані про роботу свердловин відобра-

жаються на щиті управління, розташованому на території насосної станції II підйому.

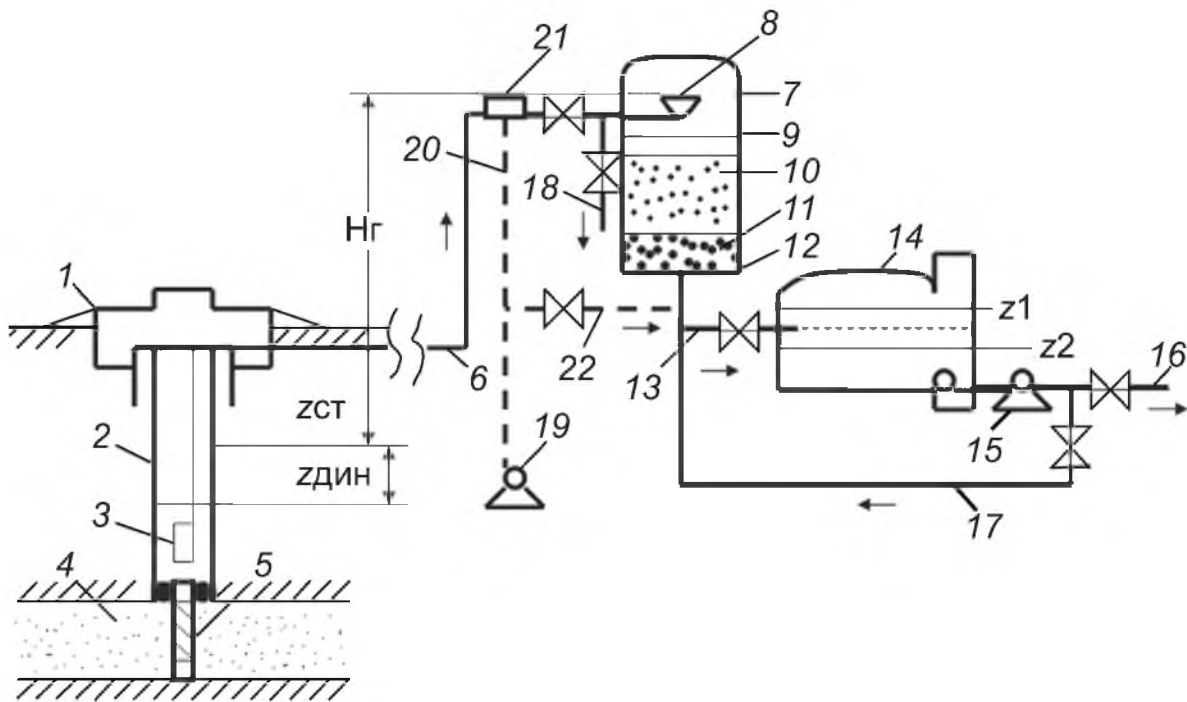


Рис. 2. Висотна схема гідравлічної взаємодії водопровідних споруд:

1 – оголовок свердловини; 2 – експлуатаційна обсадна колона; 3 – заглиблений відцентровий насос; 4 – водоносний пласт; 5 – фільтр; 6 – подача вихідної води; 7 – корпус водознезалізнювальної установки; 8 – лійка (корито) для розподілення води; 9 – шар води на фільтрі; 10 – фільтрувальний шар з кварцевого піску; 11 – підтримувальний гравійний шар; 12 – дренажно-розподільча система; 13 – відведення очищеної води; 14 – резервуар чистої води (РЧВ); 15 – насосна станція II підняття; 16 – подача води споживачам; 17 – подача води на промивання фільтрів; 18 – скидання промивних вод; 19 – компресор з ресивером; 20 – подача повітря у вихідну воду; 21 – змішувач; 22 – подача повітря для промивання фільтра

Вихідна вода із свердловини по трубопроводу 6 подається на водознезалізнювальну станцію 7, насичується киснем повітря, що подається компресором 19 по трубіці 20 у змішувач 21, виливається через лійку 8 на шар води 9 і фільтрується зверху вниз через шар з кварцевого піску 10, засипаного на підтримувальний гравійний шар 11, збирається дренажно-розподільчою системою 12 і по трубіці 13 відводиться в РЧВ 14, звідти насосною станцією II підйому 15 по трубопроводу 16 подається споживачам.

Артезіанські води бучацьких водоносних горизонтів, що використовуються для видобутку води, мають підвищений вміст заліза загального до $1,0 \text{ мг/дм}^3$ (норма $0,2 \text{ мг/дм}^3$ [4]), вміст заліза двовалентного становить понад 50%.

Змішувач виконано у вигляді горизонтального сталевого ресивера. Розміри ресивера: вхідний діаметр 350 мм, вихідний – 150 мм, довжина 1,5 м. Повітря подається компресором BALMA-27 NS39-270ST5,5 (продуктивність $39 \text{ м}^3/\text{год}$, потужність 4,0 кВт). Блок фільтрів складається з трьох фільтрів, на які вода подається паралельно. За конструкцією фільтри є швидкими напірними з фільтрувальним завантаженням із кварцового піску з розміром зерен 0,8–1,8 мм, висота шару завантаження – 1,0 м, підтримувальний шар – щебінь розміром 2,0–40,0 мм, висота – 0,5 м. Швидкість фільтрації становить 5,0–7,0 м/год. Фільтри – сталеві резервуари діаметром 2,0 м, висотою 2,5 м і товщиною стінок 30 мм. Після досягнення граничних витрат напору на фільтрах їх промивають. Для цього промивним насосом вода по трубопроводу 17 подається через дренажно-розподільчу систему 12 і рухається знизу догори, вимиваючи осад з гідроксиду заліза $\text{Fe}(\text{OH})_3$ із фільтрувального завантаження 10, переливається у лійку 8 і скидається по трубопроводу 18 у каналізацію. Для розпушування фільтрувального завантаження 10 від компресора 19 по трубіці 22 подається стиснене повітря, оскільки важке фільтрувальне завантаження із піску і гравію дуже ущільнюється, що створює проблему при його промиванні. Фільтроцикл триває 24–120 год.

Критичний аналіз існуючої системи водопостачання на філії «Гаврилівський птахівничий комплекс» виявив необхідність для покращання її роботи: підготувати рекомендації з оптимізації роботи водозабірних свердловин для забезпечення мінімальних питомих витрат електроенергії на подачу води споживачам; удосконалити технологію знезалізнення підземних вод для забезпечення високої якості очищеної води за мінімальної її вартості.

Для мінімізації питомих витрат електроенергії на подачу води заглибними відцентровими насосами свердловин потрібно забезпечити їхню роботу в зоні максимальних значень ККД, для чого треба скласти математичну модель системи і виконати гідравлічні розрахунки сумісної роботи споруд при різних можливих варіантах гідравлічної взаємодії та вибрати з них найвигідніший варіант [5].

Для найпростішого випадку подачі води від однієї свердловини на напірну водознезалізнювальну установку (рис. 2) подача заглибного відцентрового насоса визначається за формулою:

$$Q_i = \frac{1/q + \sqrt{(1/q)^2 + 4(H_{\phi} - H_r - 10P_i)(S_k + S_b + S_{\phi})}}{2(S_k + S_b + S_{\phi})}, \text{ л/с} \quad (1)$$

де q – питомий дебіт свердловини, л/с·м, що визначається при дослідних випробуваннях свердловини і дорівнює витраті води з неї при зниженні рівня води в ній на 1 м ($q = Q/\Delta h$); H_{ϕ} і S_{ϕ} – параметри гідравлічної характеристики Q - H насоса [5]; H_r – геометрична висота водопідйому від статичного рівня води в свердловині $Z_{ст}$ до відмітки рівня водоприймальної лійки δ у водознезалізнювальній установці 7 (рис. 2); P_i – розрахунковий тиск в i -й момент часу у напірному баку цієї установки; S_k і S_b – гідравлічні опори відповідно у комунікаціях насосної установки і водоводі, (с/л)²м.

Оскільки протягом фільтроциклу втрати напору у фільтрувальному завантаженні зростатимуть, буде зростати і тиск у напірній установці P_i при зменшенні швидкості фільтрування води V_{ϕ} , а отже, і подачі насоса Q_n , що призводить до збільшення питомих витрат електроенергії, кВт · год/м³.

Значно складнішою є задача визначення подачі води від свердловин, з'єднаних між собою системою спільних водоводів, що подають воду в напірну водознезалізнювальну установку (рис. 1). Для таких випадків цю задачу розв'язують методом ітерацій з використанням формули:

$$Q_{i,j} = \frac{-1/B_j q_j + \sqrt{(1/B_j q_j)^2 + 4(H_{\phi j} - H_{ст,j} - \sum h_j)(S_{kj} + S_{bj} + S_{\phi j})}}{2(S_{kj} + S_{bj} + S_{\phi j})}, \quad (2)$$

де B_j – коефіцієнт, що враховує зменшення питомого дебіта j -ї свердловини q_j внаслідок відкачування води з інших свердловин; $H_{ст,j}$ – геометрична висота водопідйому від статичного рівня води в j -й свердловині $Z_{стj}$ до відмітки рівня води в РЧВ в даний (i -й) момент часу протягом фільтроциклу, м; $\sum h_j$ – сума втрат напору на спільних ділянках водоводу, по яких подається вода як із даної (j -ї) свердловини, так і від інших свердловин даної групи, включаючи і втрати напору у водознезалізнювальній установці.

При складанні математичної моделі даної водопровідної системи потрібно визначити аналітичні характеристики всіх свердловин, заглублених відцентрових насосів, трубопроводів і водознезалізнювальної установки. При цьому слід враховувати зміну рівнів води в РЧВ і зміну гідравлічного опору фільтрувального завантаження установки протягом фільтроциклу.

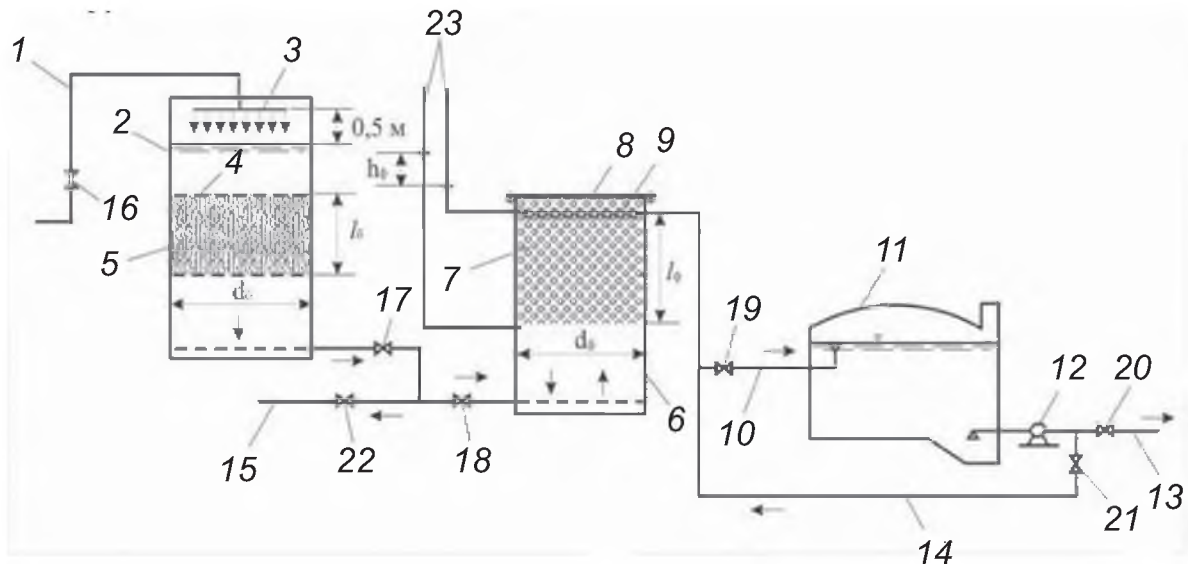


Рис. 3. Технологічна схема установки для знезалізнення води на БР і КПФ:

1 – подача вихідної води; 2 – БР; 3 – аератор; 4 – решітка; 5 – волокнисте завантаження; 6 – КПФ; 7 – пінополістирольне завантаження; 8 – кришка; 9 – ковпачковий дренаж; 10 – відведення очищеної води; 11 – РЧВ; 12 – насосна станція; 13 – подача води споживачам; 14 – подача води на промивання; 15 – скидання промивної води; 16–22 – засувки; 23 – п'єзометричні трубки

Для зменшення водних і енергетичних витрат у даній системі водопостачання пропонується [3] застосування технології знезалізнення підземних вод з використанням біореактора (БР) і контактних прояснювальних фільтрів (КПФ), схему якої наведено на рис. 3. Працює вона так. Вихідна вода по трубі 1 від свердловин надходить на БР, розбрискується в аераторі 3 на дрібні крапельки, які падають вниз з висоти не менше 0,5 м, проходить через тонковолокнисте завантаження 5, на поверхні якого закріплюються специфічні залізобактерії, що швидко окиснюють $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, переводячи його у тривалентну форму в гідроксиді заліза $\text{Fe}(\text{OH})_3$, що швидко коагулюється і випадає в осад.

У підфільтровому просторі КПФ відбувається стиснене осідання колоїдних частинок та їхнє укрупнення, а дрібніші частинки затримуються при висхідному русі у плаваючому пінополістирольному завантаженні 7. Освітлена вода збирається ковпачковим дренажем 9 і відводиться по трубі 10 в РЧВ, з якого насосною станцією подається споживачам. Під час промивання закривають засувки 17, 19 і 20 та відкривають засувки 21, 18 і 22, а промивна вода, рухаючись через фільтрувальне завантаження зверху вниз, розширює його та вимиває з-під фільтрового простору осад з гідроксиду заліза, який скидається по трубі 15 в каналізацію.

Дана технологія знезалізнення підземних вод порівняно з існуючою має такі переваги:

- не кольматується фільтрувальне завантаження, а отже, не потрібно його розрихлювати або застосовувати стиснене повітря для розпушення;
 - значно більша (у 2–3 рази) тривалість фільтроциклу;
 - значно менші інтенсивність, тривалість та частота промивання, а отже, менші витрати промивної води й електроенергії;
 - подача заглибних відцентрових насосів у свердловинах не залежить від втрат напору у фільтрувальному завантаженні, а відтак можлива їхня стабільна робота при високих ККД;
 - не потрібне застосування компресора для аерації води і промивання фільтрів, а отже, знижуються загальні витрати енергії.

Висновок. Запропоновані рекомендації з удосконалення технології знезалізнення підземних вод і оптимізації роботи водозабірних свердловин забезпечать зменшення питомих витрат електроенергії на подачу води споживачам у системі водопостачання птахофабрики.

1. Яковлев С.В. Рациональное использование водных ресурсов: учеб. [для вузов по спец. «Водоснабжение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов»] / С.В. Яковлев, И.В. Прозоров, Е.Н. Иванов, Н.Г. Губий. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.

2. Сташук В.А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / Сташук В.А. – Дніпропетровськ: ВАТ «Видавництво «Зоря», 2006. – 480 с.

3. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – К.: Аграр. наука, 2008. – 534 с.

4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджено наказом МОЗУ 12.05.2010, № 400. Зареєстровано в МЮУ 01.07.2010, №452/17747.

5. Хоружий П.Д. Расчёт гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений / Хоружий П.Д. – Львов: Вища школа, изд-во при Львовском университете, 1983. – 152 с.

Проведён анализ системы водоснабжения птицефермы в бассейне р. Ирпень. Определены основные проблемы и недостатки во время забора воды со скважин, водоподготовки, распределения между потребителями и транспортировки. Предложены мероприятия по экономному и рациональному водоснабжению.

The analysis of the water-supply system at the poultry factory in the Irpin river basin was carried out. It was also specified the main problems and needs during water withdrawing from the wells, water treating, water distribution among the users and transportation. The measures for saving and efficient water supply are proposed.