

А.Єжовська, к.т.н., ад'юнкт

Я.Єжовський, д.т.н., проф.

Жешувський технологічний університет, Польща

О.О. Квітка, к.х.н., доц.

Г.О. Статюха, д.т.н., проф.

А.М. Шахновський, к.т.н., ст. викл.

Національний технічний університет України "КПІ"

ЗБИРАННЯ ТА ОБРОБКА ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВОДОСПОЖИВАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Робота присвячена деяким аспектам розробки наукових засад збирання вихідних даних при проектуванні технологічних схем водоспоживання та водовідведення промислових підприємств. Розглянуто застосування методів статистичної обробки зібраних на виробництві вихідних даних для модернізації підприємства. Як приклад наведено параметричну ідентифікацію математичних моделей одиниць водоспоживання ділянки фармацевтичного виробництва.

Вступ. Впровадження водозберігаючих технологій у водному господарстві промислових підприємств, скорочення обсягів водоспоживання та утворення стічних вод набуває все більшої ваги серед інших еколого-економічних проблем сучасного промислового виробництва. Зазначене завдання вимагає пильного розгляду, насамперед через різке скорочення запасів чистої води, зростання вартості свіжої води у світі взагалі й у нашій країні зокрема, через безпосередній вплив ступеню виснаження водних джерел, їхнього забруднення на стан природи і здоров'я людини.

Постановка проблеми. Аналіз досліджень. Сьогодні запропоновано багато підходів до технологічного проектування схем промислового водоспоживання та водовідведення із застосуванням повторно-багаторазового водопостачання. Зокрема авторами цієї роботи розроблено методологію, що включає концептуальний аналіз схеми водоспоживання та синтез оптимальної схеми із використанням математичної моделі схеми водоспоживання і техніко-економічного критерію оптимальності [1–4]. При цьому генерування принципів технічних рішень для підвищення ефективності промислового водоспоживання включає наступні етапи:

- 1) підготовки вихідних даних;
- 2) визначення критерію оптимізації (мінімальне споживання свіжої води) із застосуванням концептуального підходу;
- 3) складання узагальненої схеми водоспоживання, що враховує всі варіанти перерозподілу потоків води;
- 4) формулювання на основі узагальненої схеми задачі математичного програмування, та розв'язання цієї задачі;
- 5) Подання результатів розрахунків у зручній для інженера (технолога) формі – у вигляді таблиць і схем.

Збір даних на підприємстві, що функціонує (при модернізації підприємства) передувє переведенню задачі з технологічної в інформаційну площину і має на меті складання матеріального балансу схеми водоспоживання у необхідній для подальших розрахунків формі, ідентифікацію математичного опису складових частин схем водоспоживання. Беззаперечним фактом є те, що адекватність вихідних даних має безпосередній вплив на оптимальність рішень, прийнятих на всіх етапах розрахунку схем водоспоживання та водовідведення.

Як показує досвід авторів, значна частина потрібної інформації знаходиться на виробництві поза широким вжитком. Зокрема не всі з необхідних даних підлягають регулярному контролю; наявні дані є подекуди неповними, неузгодженими тощо. Тому підготування "якісної" вихідної інформації для розрахунку схем водоспоживання вимагає застосування широкого спектра специфічних методів збирання інформації (апріорний аналіз виробництва з вивченням нормативної документації та експертними опитуваннями, експериментальні дослідження у режимі нормальної експлуатації, або за спеціальними планами експерименту тощо), та обробки отриманих даних (для їх систематизації, дослідження достовірності й узгодженості).

Мета. Ця стаття присвячена окремим аспектам застосування методів статистичного аналізу до дослідження зібраних на виробництві вихідних даних для розрахунку схем водоспоживання, водовідведення та водоочищення.

Аналіз апріорної інформації. Непрямі методи збирання інформації передбачають аналіз наявної нормативно-технічної документації (технологічні регламенти, технічні паспорти апаратів тощо), а також застосування інформації із бази знань проектуючої програми.

Недолік непрямих методів – у їхньому теоретичному характері. На відміну від безпосереднього (“за фактом”) аналізу стану технологічної схеми, що досліджується, непрямі методи переважно дозволяють визначити стан системи (склад потоків тощо) “за нормою”. Очевидно, що останні характеристики можуть відрізнятися від фактичних.

Адаптувати результати теоретичних розвідок до конкретного випадку проектування дає змогу опитування експертів-виробничників. Для цієї мети можна використати опитувальні листи, зокрема у розробленій авторами формі (рис. 1).

3. Інформація про процеси-водоспоживачі			
№, назва процесу/апарата	Витрата свіжої води КГ _{води} /год	Вимоги до води ^{***)} мг/л	Пов'язаний із процесами №:
2. Дані про джерела води			
№, назва джерела води	Ліміт постачання КГ _{води} /год	Якість [*] , мг/л	
1 Волопоповітряна вода	Не обм		
1.Значимість забруднюючих домішок у системі			
№, назва характеристики	Ступінь впливу на процеси (1-14 балів)		
1 Температура			
2 Твердість загальна			
3 Твердість карбонатна			

Рис. 1. Фрагменти листів для опитування експертів

Врахування думки експертів є корисним, зокрема, при поділі на технологічні групи забруднюючих домішок у схемі водоспоживання, відсіюванні порівняно незначущих забруднювачів (лист 1 на рис. 1), об'єднанні у групи процесів-водоспоживачів (лист 3 на рис. 1).

Для оцінки значущості й ранжування та групування забруднювачів і водоспоживачів на основі на основі думок експертів авторами було використано процедури рангової кореляції [5–7].

Експериментальні дослідження. Однією з цілей експериментальних досліджень при підготовці вихідних даних є визначення параметрів математичних моделей технологічних одиниць водоспоживання (параметрична ідентифікація математичних моделей складових частин схем водоспоживання).

З урахуванням прийнятої системи припущень і спрощень (зокрема припущення про відсутність грубих та систематичних похибок виміру, про статичний характер процесів водоспоживання), ідентифікація моделі і-того технологічного процесу, що споживає воду, зводиться до знаходження параметру m_{ci} у рівнянні (1) матеріального балансу цього технологічного процесу.

$$m_{ci} = f(C_{c,вх} - C_{c,вих}), \quad c = \overline{1, Nc}, \quad i = \overline{1, No}, \quad (1)$$

де m_{ci} – характеристика масообміну, що являє собою кількість маси даної забруднюючої домішки, що має перейти з технологічного потоку до води при заданій витраті (масове навантаження); f – витрата води; $C_{c,вх}, C_{c,вих}$ – концентрації забруднюючої домішки c відповідно у воді на вході та на виході з процесу; Nc – кількість забруднюючих домішок у системі; No – кількість водоспоживачів у системі.

Значення масового навантаження можна визначити за даними вимірів величин $C_{c,вх}, C_{c,вих}, f$. Останні можуть бути отримані в процесі нормальної експлуатації об'єкта.

Виходячи із того, що вибіркоче середнє є ефективною оцінкою генерального середнього у випадку, коли генеральна сукупність, з якої взято дану вибірку, розподілена нормально, ставиться вимога нормальності статистичного розподілу вимірюваної величини. На практиці це означає, що про надійність результатів, отриманих за методом безпосереднього аналізу, можна говорити лише у випадку добре налагодженого технологічного процесу, мінімального впливу на вимірювальні величини зовнішніх факторів.

Застосувавши до технологічних даних відомі методи встановлення типу закону розподілу вибіркової сукупності (критерії згоди Колмогорова-Смирнова, χ -квадрат Пірсона, ω -квадрат, тощо [6–8]), можна зробити висновок про узгодженість або неузгодженість даних із теоретичним нормальним розподілом.

Позитивний результат статистичної перевірки дає право використовувати результати експериментів у подальших розрахунках (згаданим вище чином). Негативний же результат (розподіл експериментальних даних відмінний від нормального) у даному контексті може свідчити, зокрема, про значне відхилення режиму водоспоживання від статичного, наявність значимих похибок вимірювання, наявність неврахованих факторів, що значно впливають на процес водоспоживання. Такий результат статистичної перевірки вихідних даних вимагає продовження експериментів та застосування спеціального методологічного апарату моделювання похибок вимірювання. Останній випадок є темою окремих досліджень [9, 10].

Програмне забезпечення. Для статистичних розрахунків авторами було використано пакет статистичної обробки результатів експериментів STAT-SENS (рис. 2), розроблений на кафедрі кібернетики хіміко-технологічних процесів НТУУ “КПІ” [11]. Вибір згаданого пакета у якості середовища розрахунків було зумовлено можливістю його інтеграції з програмним забезпеченням “Екологія” для розрахунку хіміко-технологічних схем водоспоживання, водовідведення та водоочищення, створеному в тому ж дослідницькому колективі [12].

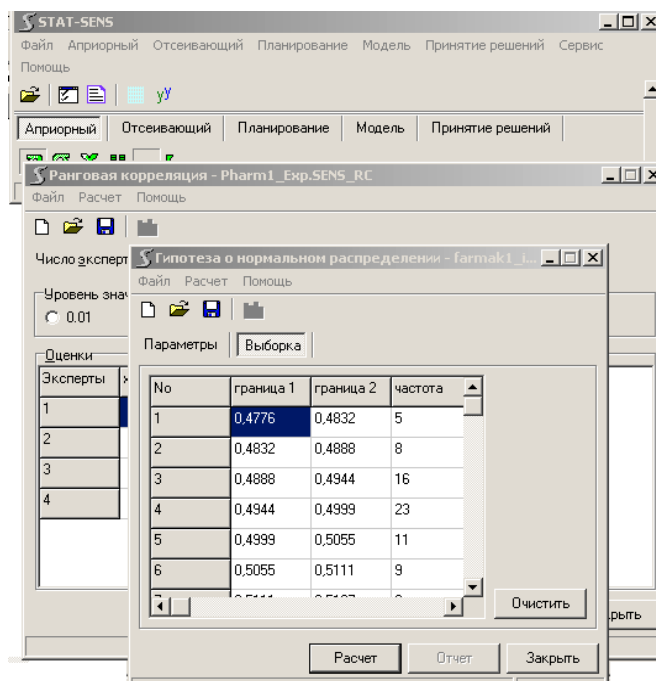
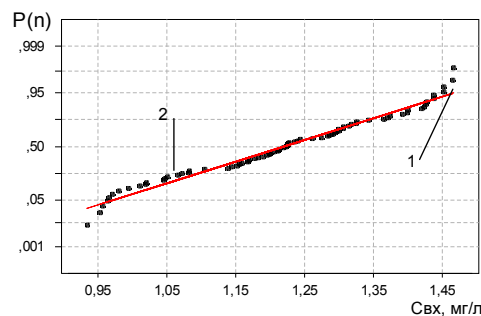
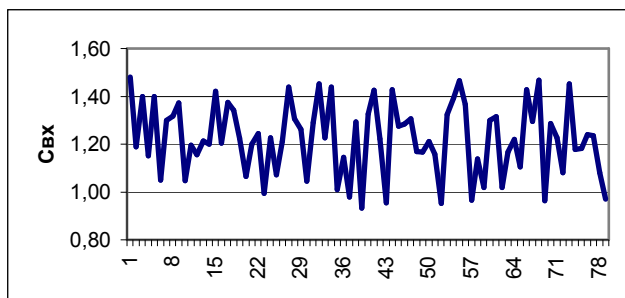


Рис. 2. Вікно програмного пакета STAT-SENS

Таким чином забезпечується інформаційна цілісність і безперервний характер проектування технологічних схем водоспоживання, водовідведення та водоочищення.

Приклад. Параметрична ідентифікація математичних моделей одиниць водоспоживання ділянки фармацевтичного виробництва. Вивчалось масове навантаження по завислих речовинах для однієї з груп водоспоживачів – автоматичних машин миття флаконів препарату А. З метою ідентифікації даної характеристики вивчено 78 проб води. Експеримент проводився наступним чином: одночасно вимірювались концентрації завислих речовин на вході та виході процесу та відповідне значення витрати води (рис. 3, а–в).

Оскільки масове навантаження не вимірювалося безпосередньо, в першу чергу було оцінено близькість розподілу результатів прямих вимірів до нормального розподілу (рис. 3, д–е).



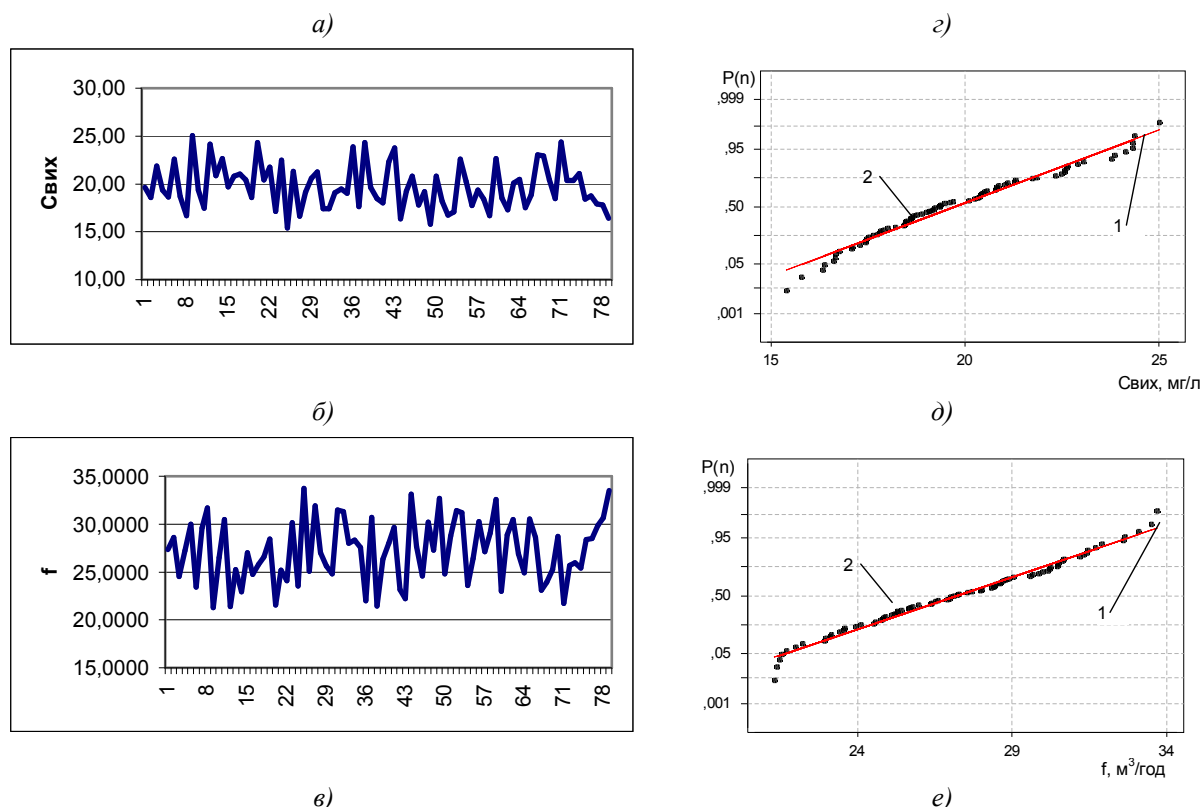


Рис. 3. Експериментальні дані до визначення масового навантаження по завислих речовинах: а-в – результати вимірювань; г-е – порівняння експериментальних даних із теоретичним нормальним розподілом (у координатах “імовірнісного паперу”); 1 – експериментальні значення (точки); 2 – лінія теоретичного нормального розподілу

Перевірка гіпотези про нормальний розподіл генеральної сукупності масових навантажень здійснювалася за критерієм згоди Пірсона. Статистичні характеристики досліджуваної вибірки (рис. 4) наступні: об'єм вибірки $n = 78$; вибіркове середнє $0,49715$ мг/л; дисперсія $S_m^2 = 7,83 \cdot 10^{-5}$ (мг/л)²; стандартне відхилення $S_m = 0,0088504$ мг/л; асиметрія $A_m = -9,42 \cdot 10^{-5}$ мг/л; ексцес $C_m = -2,5973$ мг/л; варіативність $V = 0,017802$ мг/л.

Розрахункове значення критерію Пірсона: $\chi_p^2 = 3,1286$. Рівень значущості для визначення табличного значення критерію Пірсона прийнято 5%; кількість ступенів свободи $f = 4$. Табличне значення критерію Пірсона: $\chi_T^2 = 9,5$.

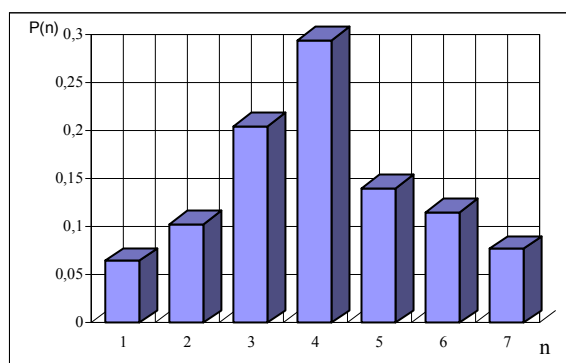


Рис. 4. До перевірки гіпотези про розподіл масового навантаження по завислих речовинах: гістограма відносних частот P_i – частота i -тої варіанти; $P(n)$ – ймовірність; t – масове навантаження.

За результатами перевірки при рівні значимості $q = 0,05$ гіпотеза про нормальний розподіл приймається. Отже як оцінка величини масового навантаження може бути прийняте вибіркове середнє \bar{m} відповідних вимірів.

Висновки. Підсумовуючи, наголосимо, що успіх проектування технологічних схем, зокрема схем водоспоживання, водовідведення та водоочищення, значною мірою визначається якістю вихідних даних. Тому актуальним є підвищення якості збирання інформації, впровадження описаних у роботі системних методів її обробки, розробка та впровадження процедур прийняття рішень за результатами статистичної обробки вихідних даних.

Зауважимо також, що можливості застосування методів прикладної статистики при обробці вихідних даних для проектування схем раціонального водоспоживання та водовідведення, схем знешкодження шкідливих промислових викидів не вичерпуються описаними у цій роботі. Перспективним є, зокрема, перехід від пасивного експерименту (збирання даних у режимі експлуатації об'єкта) до активного, заздалегідь спланованого експерименту, дослідження динаміки процесів водоспоживання тощо.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Статюха Г.О., Квітка О.О., Шахновський А.М. Моделювання схем промислового водоспоживання на основі методу структурних параметрів // Эко-технологии и ресурсосбережение. – 2003. – № 5. – С. 57–62.
2. Шахновський А.М., Статюха Г. А., Квітка А.А. Структурная оптимизация схем промышленного водопотребления // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2004. – № 3. – С. 149–153.
3. Shakhnovskij A., Jezowski J., Kvitka A., Jezowska A., Statiukha G. Optymalizacja sieci wody procesowej przy zastosowaniu programowania matematycznego. // Inżynieria chemiczna i procesowa. – 2004. – Tom 25. – Pp. 1607–1612.
4. Статюха Г.А., Квітка А.А., Ежовски Я., Шахновський А.М. Повышение эффективности схем промышленного водопотребления (на примере из содовой промышленности). // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2003. – № 3. – С. 57–65.
5. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии (основные положения, примеры и задачи). – К.: Высшая школа, 1976. – 183 с.
6. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Высшая школа, 1978. – 319 с.
7. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере / Под ред. В.Э.Фигурнова. – 3-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 544 с.
8. Santen A., Koot G.L.M., Zullo L.C. Statistical data analysis of a chemical plant // Computers and chemical engineering. – 1997. – V. 21. – Suppl. – Pp. S1123–S1129.
9. Tan R.R., Cruz D.E. Synthesis of robust water reuse networks for single-component retrofit problems using symmetric fuzzy linear programming // Computers and Chemical Engineering. – 2004. – 28. – Pp. 254–255.
10. Bagajewicz M.J., Jiang Q. Gross error modeling and detection in plant linear dynamic reconciliation. // Computers and Chemical Engineering. – 1998. – Vol. 22. – No. 12. – Pp. 1789–1809.
11. Статюха Г.О., Петрань А.Г. Розробка комп'ютерної системи підготовки та обробки даних у межах застосування експериментально-статистичної методології для хіміко-технологічних систем // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – № 1. – 2000. – С. 100–106.
12. Шахновський А.М. До питання комплексного розрахунку технологічних схем водоспоживання та водоочищення // Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – Том 1. – 2005. – № 6. – С. 59–62.

ЄЖОВСЬКА Аліна – ад'юнкт кафедри хімічної інженерії Жешувського технологічного університету, Польща.

Наукові інтереси:

- інструментальні методи хімічного аналізу;
- моделювання та оптимізація хіміко-технологічних процесів і систем із використанням програм-симуляторів.

Тел.: (+48017) 865-13-80.

E-mail: ichjj@prz.rzeszow.pl

ЄЖОВСЬКИЙ Яцек Марія – доктор технічних наук, професор кафедри хімічної інженерії Жешувського технологічного університету, Польща.

Наукові інтереси:

– проектування складних технологічних систем тепло- та масообміну, систем водоспоживання.

Тел.: (+48017) 865-13-80.

E-mail: ichjj@prz.rzeszow.pl

КВІТКА Олександр Олександрович – кандидат хімічних наук, доцент кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– методи обчислювальної математики у хімічній технології та інженерії;

– технології дистанційної освіти.

Тел.: (044) 241-76-12.

E-mail: kxtp@xtf.ntu-kpi.kiev.ua

СТАТЮХА Геннадій Олексійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– стійкий розвиток;

– аналіз складних систем;

– математичні методи планування експерименту.

Тел.: (044) 241-76-12.

E-mail: gen.statjuha@mail.ru

ШАХНОВСЬКИЙ Аркадій Маркусович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– синтез складних хіміко-технологічних систем;

– математичні методи оптимізації.

Тел.: (044) 454-94-01.

E-mail: kxtp@xtf.ntu-kpi.kiev.ua

Подано 21.01.2007

Єжовська А., Єжовський Я., Квітка О.О., Статюха Г.О., Шахновський А.М. Збирання та обробка вихідних даних для проектування технологічних схем водоспоживання та водовідведення

Ejzowska A., Ejzowski J., Kvitka A.A., Statyukha G.A., Shakhnovsky A.M. Сбор и обработка исходных данных для проектирования технологических схем водопотребления и водоотведения

Jezowska A., Jezowski J., Kvitka O.O., Statyukha G.A., Shakhnovsky A.M. Collecting and processing the source data for the industrial water usage networks design

628.17+658.26+83.77

Збирання та обробка вихідних даних для проектування технологічних схем водоспоживання та водовідведення / А. Єжовська, Я. Єжовський, О.О. Квітка, Г.О. Статюха, А.М. Шахновський

Робота присвячена деяким аспектам розробки наукових засад збирання вихідних даних при проектуванні технологічних схем водоспоживання та водовідведення промислових підприємств. Розглянуто застосування методів статистичної обробки зібраних на виробництві вихідних даних для модернізації підприємства. Як приклад наведено параметричну ідентифікацію математичних моделей одиниць водоспоживання ділянки фармацевтичного виробництва.

628.17+658.26+83.77

Сбор и обработка исходных данных для проектирования технологических схем водопотребления и водоотведения / А.Ежовска, Я.Ежовски, А.А.Квитка, Г.А.Статюха, А.М.Шахновский.

Работа посвящена некоторым аспектам разработки научных основ сбора исходных данных при модернизации технологических схем водопотребления и водоотведения промышленных предприятий. Рассмотрено применение методов статистической обработки исходных данных, собранных на производстве. В качестве примера приведена параметрическая идентификация математических моделей единиц водопотребления участка фармацевтического производства.

628.17+658.26+83.77

Collecting and processing the source data for the industrial water usage networks design. A. Jezowska, J. Jezowski, O.O. Kvitka, G.A. Statyukha, A.M. Shakhnovsky.

The paper is dedicated to some aspects the elaboration of scientific basis for collecting the source data while retrofit designing industrial water usage networks. The statistical methods of processing the data collected at the plants are considered. Parametric identification of mathematical models of water usage units of pharmaceutical plant is given as an example.