

Давідч Юрій Олександрович, доктор технічних наук, професор, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61005

E-mail: kafedra_tsl@ukr.net

Доля Віктор Костянтинович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61005

УДК 66.067.1:66.086.2

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.44367

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЛІ ДИСПЕРСНИХ ВКЛЮЧЕНЬ, ЗДАТНИХ ДЛЯ ЇХ ВИЛУЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРУВАННЯМ КРИЗЬ ПОЛЯРИЗОВАНУ НАСАДКУ

© В. Л. Дахненко

Розглянуто задачу визначення долі частинок, здатних до електричної взаємодії між поляризованою діелектричною насадкою при електрофільтраційному способі вилучення домішок із рідких середовищ. Одержані залежності і пропорційності зміни основних параметрів, на підставі яких розраховується частка дисперсних включень, яка може бути вилучена електрофільтраційним способом

Ключові слова: поляризація, сегнетокерамічна насадка, електрична індукція, коефіцієнт поглинання

It is considered the task of determining the quantity of particles capable for electrical interaction between polarized dielectric nozzles at electrofiltrational method for removing impurities from the liquid fluids. Dependence and proportional changes in key parameters on which determined the fate of particles that can be removed by electrofiltrational method

Keywords: polarization, segnetoceramic nozzle, electric induction, absorption coefficient

1. Вступ

Актуальною проблемою є вилучення дисперсних включень із рідких та газових середовищ. Наприклад, експлуатація електротехнічного трансформаторного обладнання вимагає використання електроізоляційного мастила у якості ізолятора-охолоджувача. З часом масло окислюється і в його складі з'являються тверді й рідкі продукти окислення, вода. Наявність цих включень приводить до зниження його основних експлуатаційних характеристик, таких, як електрична міцність (зменшується пробивна напруга), та тангенс кута діелектричних втрат $tg(\delta)$.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Враховуючи те, що розміри частинок аерозолі можуть становити 10...0,1 мкм і менше використання механічних фільтруючих перегородок, які забезпечують відділення є неефективним.

Але слід звернути увагу на електростатичні властивості дисперсних включень, їх здатність набувати власного поверхневого електростатичного заряду, а також до поляризації [1–3], що обумовлює стабільність дисперсного середовища з одного боку, але електростатичні властивості дисперсних часток, особливо тих, що знаходяться в діелектричному несучому середовищі.

Виявлено, що в полярних діелектричних рідинах (прикладом може бути синтетичний аміак) спостерігається поява жорсткого дипольного моменту частинок і у відсутності зовнішнього електричного поля [3]. Електростатичні властивості частинок дозволяють

використати для їх вилучення силовий вплив на них з боку зовнішнього електричного поля для.

Відомі спроби реалізації такого підходу із використанням непровідних насадок. В [4] описані дослідження по вилученню дисперсних часток шляхом фільтрування крізь діелектричні волокна, що створюють електричне поле із зонами його локалізації, в яких осаджуються заряджені та поляризовані частки. У якості діелектричних насадок використовувалися іоніти ХКА-2х4, КБ-4Пх2, КУ-2х8, скловолокно.

Але слід зазначити, що для цього дослідження неможливо виділити й оцінити реальний вплив саме електричного поля на процес очищення, тому що іонообмінні волокна самостійно використовуються для очищення. Більш реально відображає вплив поля на процес очищення насадка із поляризованого скловолокна, котра не має іонообмінної поверхні.

Скловолокно відноситься до діелектричних матеріалів і поляризується у зовнішньому електричному полі [5], величина якої пропорційна значенню електричного поля E і коефіцієнту діелектричної сприйнятливості:

$$D = \chi E. \quad (1)$$

Діелектричні властивості матеріалів характеризує величина діелектричної проникливості:

$$\varepsilon = \frac{D}{E} = \frac{E + 4\pi P}{E} = 1 + 4\pi\chi. \quad (2)$$

Величина $D = E + 4\pi P$ називається індукцією або величиною електричного зсуву [5].

Більшість відомих діелектричних матеріалів, до яких належить і скловолокно, характеризуються постійними значеннями $\varepsilon(\chi)$, тому вони одержали назву лінійних діелектриків, по виду рівнянь (1–2). Поляризація скловолокна залежить, в основному, від величини електричного поля E . Через малі значення ε для насадок зі скловолокна, їх використання у якості сорбенту дисперсних часток малоефективно. Ефективність вилучення часток з їхнім використанням становить до 30 % (по даним [5]). Причиною є неможливість формування зон захоплення, що характеризуються високим значенням електричного поля і його неоднорідності.

Вид залежностей (1) і (2) аналогічний (зовні) рівнянням, що описують закономірності розповсюдження магнітного поля в речовині: залежність намагніченості речовини.

Зовнішній вигляд залежностей наштовхує на пошук аналогії із магнітофільтраційним методом вилучення магнітних частинок [6], а для створення електричного поля високої напруженості й неоднорідності в зонах захоплення необхідні діелектричні матеріали із високими значеннями $\chi(\varepsilon)$.

Ці унікальні властивості притаманні сегнетоелектрикам. На відміну від більшості діелектричних матеріалів (для яких $\varepsilon = const$, для сегнетоелектриків електрична проникність сама залежить від зовнішнього електричного поля, тобто $\varepsilon = f(E)$, має нелінійний характер залежність D від E (аналогічно B від H для ферромагнетиків), а значення $\chi(\varepsilon)$, досягають сотень тисяч одиниць. Також спостерігається гістерезис при поляризації сегнетоелектриків [7], що аналогічно поведінці феромагнітних матеріалів у магнітному полі. З цієї аналогії в закордонній літературі сегнетоелектрики одержали назву фероелектриків.

В [8] запропонований пристрій для очищення текучих середовищ від дисперсних домішок з використанням поляризованої сегнетоелектричної гранульованої насадки.

3. Ціль і завдання дослідження

В [9] описані пробні експерименти, котрі показали перспективність застосування методу із використанням гранульованої сегнетокерамічної насадки, із титанату барію ($BaTiO_3$).

Визначення ефективності ψ вилучення дисперсних включень із діелектричної рідини уздовж довжини L поляризованого сегнетокерамічної насадки показали, що осадження дисперсних часток має експоненційний характер (рис. 1).

На це вказують результати обробки даних у координатах ξ від L , які дали пряму пропорційну залежність:

$$\xi = -\ln\left(1 - \frac{\psi}{\lambda}\right) = \alpha \cdot L, \quad (3)$$

де ξ – логарифмічний показник очищення, λ – частка дисперсних включень, схильних до електрич-

ної взаємодії (спочатку приймалося $\lambda = 1$), α – коефіцієнт поглинання.

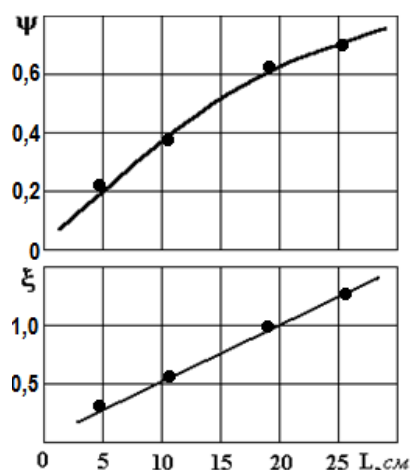


Рис. 1. Залежність ефективності й логарифмічного показника електрофільтраційного очищення від довжини фільтр-матриці

Експериментальні дослідження також показали, що частина домішок є такими, що не осаджуються в насадці навіть за найбільш сприятливих умов (мала швидкість фільтрування v , відносно високі значення довжини насадки L і індукції поля D).

Не торкаючись особливостей таких часток (для цього потрібен фізико-хімічний аналіз їх більшої частини), усі домішки можна поділити на частки, схильні до електроосадження й такі, що важко осаджуються, а то і не можуть бути осаджені із використанням електричного поля.

Для використання електрофільтраційного методу очищення принципове значення має частка електросприйнятливих дисперсних включень λ . Таке узагальнене формулювання можливе у зв'язку із досить складною і різноманітною природою силової взаємодії між дисперсними включеннями і сорбційною насадкою. Сегнетоелектрична насадка створює в поровому просторі неоднорідне електричне поле.

4. Матеріали й методи досліджень

Пропонується використати компактну мобільну установку (рис. 2).

В корпусі 1 розташовувалася сегнетокерамічна насадка 3, котра поляризувалася зовнішнім електричним полем шляхом подачі напруги блоком живлення 6 на електроди 3. Вихідна суспензія з ємності 4 подавалася на фільтрування крізь поляризовану насадку і збиралася в ємності 5. Вміст домішок в ємностях 4 і 5 визначалася ваговим методом.

Для дослідження використовувалася модельна суспензія, приготовлена із високодисперсних фарфорових частинок, зважених в гасі (керосині).

Досліди підтвердили залежність (3), яку можна описати у вигляді:

$$\frac{\psi}{\lambda} = 1 - \exp(-\alpha \cdot L). \quad (4)$$

Коефіцієнт поглинання α з точністю до індивідуального (для кожного середовища) коефіцієнта

α_o , крім довжини фільтрування ще залежить від таких параметрів, як швидкість v фільтрування, середня електрична індукція D насадки.

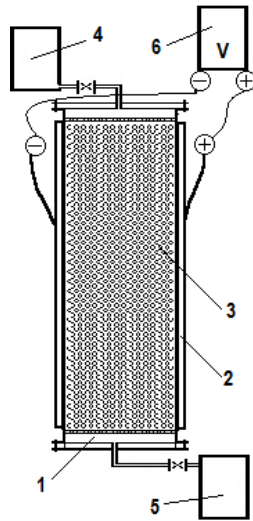


Рис. 2. Схема установки електрофільтраційного очищення: 1 – корпус; 2 – електроди; 3 – гранульована насадка (ВаТіО₃); 4, 5 – ємності подачі і збору сереловища, відповідно, 6 – блок живлення

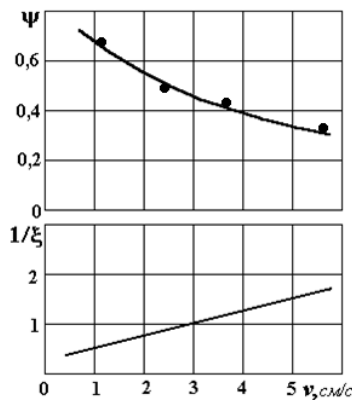


Рис. 3. Залежність ефективності й логарифмічного показника електрофільтраційного очищення від швидкості фільтрування

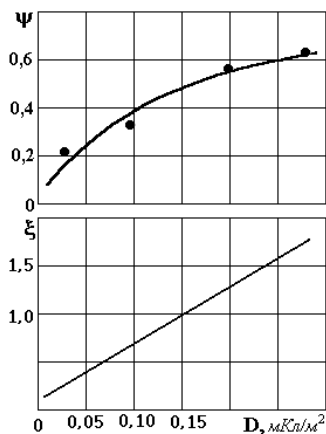


Рис. 4. Залежність ефективності й логарифмічного показника електрофільтраційного очищення від середньої індукції фільтр-матриці

5. Результати досліджень

Проведені дослідження $\psi \sim v$; $\psi \sim D$ (рис. 3, 4), а також вплив в'язкості потоку η ; $\alpha_\eta \sim \eta$ і середній розмір гранул: $\alpha_d \sim d$, до індивідуального коефіцієнта α_o , відкриваючи α ($\alpha = \alpha_o \cdot \alpha_L \cdot \alpha_v \cdot \alpha_D \cdot \alpha_\eta \cdot \alpha_d$) отримаємо:

$$\alpha = \alpha_o \cdot \left(\frac{DL}{\eta v d^2} \right) \quad (5)$$

Досліди показали, що загальна залежність осадження частинок дисперсної фази у поляризованій сегнеоелектричній насадці описується експонентним законом, саме ж рівняння електрофільтраційного очищення має вигляд:

$$\frac{\psi}{\lambda} = 1 - \exp\left(\alpha_o \cdot \frac{DL}{\eta v d^2} \right). \quad (6)$$

Дисперсні частинки здатні набувати власного поверхневого електричного заряду в результаті тертя в потоці несучого середовища [2-3], схильні до поляризації, заряд і поляризаційний потенціал можуть призводити до утворення подвійного електричного шару [3] (характерно для часток, що перебувають в середовищі з вільними зарядами), що породжує зв'язаний дипольний момент [10]. Для дисперсії, що перебуває у діелектричному середовищі (особливо для полярних діелектриків) поляризуються самі частинки. Таким чином, природа властивостей частинок, на яких впливає зовнішнє електричне поле складна і залежить від природи дисперсної фази та дисперсного середовища, їх взаємодії та технологічних параметрів їх взаємодії. Саме тому частка електросприйнятливих дисперсних включень використовується у якості узагальненого параметра, що характеризує потенційно можливе використання методу очищення, а не як характеристика природи взаємодії елементів із використанням електричного поля.

Для визначення λ можна використати основні закономірності електрофільтраційного очищення (6). Для цього слід провести експерименти із використанням відповідного середовища на модельній електрофільтраційній установці (рис. 2), наприклад, з використанням насадки різної довжини L_1, L_2 і одержання даних ψ_1, ψ_2 стає можливим записати систему двох рівнянь типу (6) або рівність:

$$1 - \frac{\psi_1}{\lambda} = \left(1 - \frac{\psi_2}{\lambda} \right)^f, \quad (7)$$

для якого розв'язок у явному виді відносно λ існує при показнику ступеня $f=2$ і $f=3$ (тобто $L_2=2 \cdot L_1$ і $L_2=3 \cdot L_1$) і описуються залежностями двох параметричних точок:

$$\lambda = \frac{\psi_1}{2 - \psi_2 / \psi_1}, \quad (8)$$

$$\lambda = \psi_1 \frac{3 + \sqrt{4(\psi_2 / \psi_1) - 3}}{2 - \psi_2 / \psi_1}. \quad (9)$$

Залежності (8, 9) слід використовувати для середовищ, в яких дисперсність частинок коливається в межах одного порядку, для більш широкого спектру дисперсності слід використовувати формули для визначення λ . Для цього необхідно експериментально визначити дані ψ_1 , ψ_2 і ψ_3 для трьох значень довжин L_1 , L_2 і L_3 , записавши систему із трьох рівнянь типу (6), привівши їх до рівності:

$$\left(\frac{1-\psi_1/\lambda}{1-\psi_2/\lambda}\right)^f = \left(\frac{1-\psi_2/\lambda}{1-\psi_3/\lambda}\right). \quad (10)$$

Залежність (8) для визначення λ має явний вигляд лише при $f=1$, коли $f=(L_3-L_2)/(L_2-L_1)=1$ або $L_3-L_2=L_2-L_1$ (тобто L_1 , L_2 і L_3 зв'язані між собою арифметичною прогресією) або $L_3=2L_2-L_1$.

$$\lambda = \frac{\psi_2^2 - \psi_1 \cdot \psi_3}{2\psi_2 - \psi_1 - \psi_3}. \quad (11)$$

Залежність трьох параметричних точок. Згідно вказаних пропорцій, вибираючи, наприклад, $L_1=0,3$ м і $L_2=0,5$ м, необхідно обов'язково встановлювати $L_3=0,7$ м.

Але зміна L не завжди може бути єдиним оптимальним параметром визначення λ .

Доцільним слід використати інші параметри з (4), таких D , η , v , d також отриманих із (8), (9) і (11) за винятком функціонального виду показників степені f при тих же числових значеннях взаємозв'язків. Наприклад, стосовно трьох параметричних точок по параметру D : $D_1=0,1$ Кл/м² і $D_2=0,17$ Кл/м², необхідно в третій серії експериментів значення D_3 довести до $D_3=0,24$ Кл/м². Аналогічно слід використовувати й інші параметри, при цьому зміна в'язкості η можна здійснити, зокрема, підігрівом середовища, що фільтрується, а зміна діаметра гранул d – заміною насадки.

6. Аналіз результатів експериментів

Конкретні пропорційності зміни зазначених параметрів, щодо яких вирішуються рівняння (8), (9), (11) відносно λ .

Використання залежності (8) передбачає наступний взаємозв'язок параметрів:

$$D_2=2D_1; v_2=v_1/2; \eta_2=\eta_1/2; d_2=d_1/1,41.$$

Застосуванню (9) відповідають наступні пропорційності:

$$D_2=2D_1; v_2=v_1/3; \eta_2=\eta_1/3; d_2=d_1/1,73.$$

За трьома параметричними точками із використанням (11) пропорційність параметрів:

$$D_3=2D_2-D_1; v_3=v_1 \cdot v_2/(2v_1-v_2);$$

$$\eta_3 = \frac{\eta_1 \cdot \eta_2}{2\eta_1} - \eta_2; d_3 = d_1 d_2 \sqrt{2d_1^2 - d_2^2}.$$

7. Обговорення результатів

Дослідження підтвердили доцільність використання моделі експоненційного поглинаючого

екрану для як залежності, що описує закономірності осадження дисперсних частинок в поляризованій сегнетокерамічній насадці. Використовуючи закономірності основної залежності осадження частинок, запропоновано вирішення зворотної задачі: визначення розміру частки дисперсних включень, що мажуть бути вилучені із рідкого середовища за допомогою електросорбційного фільтрування.

Спосіб полягає в експериментальному дослідженні за допомогою фільтрування крізь гранульовану сегнетокерамічну насадку із використанням мобільної (лабораторної) фільтраційної установки. При цьому, залежно від умов і середовища, можна змінювати різні параметри, по відношенню яких визначається показник λ . Проведення експериментальних досліджень може бути поєднано із визначенням технологічних характеристик очищення середовища (визначення експлуатаційних L , v , E) із дотриманням вказаних пропорційностей між зміною параметрів. При такому підході визначення λ (коли визначається пропорційною зміною різних параметрів) буде більш точним. Отримані дані дають підстави для прогнозування ефективності очищення і доцільності використання вказаного способу очищення. Однак слід відзначити, що електросорбційний спосіб може бути використаний для очищення діелектричних середовищ, у тому числі і від електропровідних дисперсних включень. Були отримані позитивні результати вилучення високодисперсних частинок алюмінію, зважених у гасі (керосині).

8. Висновки

Можливість, ефективність використання електросорбційного способу очищення залежить від частки дисперсних включень λ , що здатна вилучатися в поляризованій насадці. Визначення цього параметру досягається шляхом експериментальних досліджень із використанням лабораторної електрофільтраційної установки (котру можна застосувати і на промисловому об'єкті) разом із дослідженням експлуатаційних параметрів. Для цього слід використати запропоновані залежності (8, 9, 11) із дотриманням пропорцій зміни технологічних параметрів.

Література

1. Дацко, Т. Я. Зависимость поверхностного заряда и адсорбции фтора γ -окисью алюминия от температуры раствора [Текст] / Т. Я. Дацко, В. И. Зеленцов. // Электронная обработка материалов. – 2009. – № 5. – С. 65–73.
2. Ardizzone, S. Electrochemical features of zirconia polymorphs. The interplay between structure and surface OH species [Текст] / S. Ardizzone, C. Bianchi // Journal of Electroanalytical Chemistry. – 1999. – Vol. 465. – P. 136–141. doi: 10.1016/s0022-0728(99)00069-8
3. Духин, С. С. Электропроводимость и электрокинетические свойства дисперсных систем [Текст] / С. С. Духин. – К.: Наукова думка, 1976. – 194 с.
4. Кульский, Л. А. Электрохимия в процессах очистки воды [Текст] / Л. А. Кульский, В. Д. Грабанюк, О. С. Савчук. – К.: Техніка, 1987. – 324 с.

5. Тареев, Б. Н. Физика диэлектрических материалов [Текст] / Б. Н. Тареев. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.
6. Сандуляк, А. В. Магнитофльтрационная очистка жидкостей и газов. [Текст] / А. В. Сандуляк. – М.: Химия, 1988. – 137 с.
7. Смоленский, Г. А. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики [Текст] / Г. А. Смоленский. – Л.: Наука, 1971. – 476 с.
8. Separator for separating fluid media fromminu teparticles of impurities [text] / Sandylyak A., Garaschenko V., Yatskov N. – Patent 4492633 (USA), 1985.
9. Сандуляк, А. В. Использование сегнетоэлектрических насадок для очистки от высокодисперсных примесей [Текст] / А. В. Сандуляк, В. Л. Дахненко // Химическая технология. – 1986. – № 4. – С. 38–44.
10. Ребиндер, П. А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах [Текст] / П. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1978. – 368 с.

References

1. Dacko, T. J., Zelentsov, V. I. (2009). Dependence of surface charge and adsorption of fluorine γ -aluminum oxyhydroxide from temperature of solution. Electronic processing of materials, 5, 65–73.

2. Ardizzzone, S., Bianchi, C. (1999). Electrochemical features of zirconia polymorphs. The interplay between structure and surface OH species. Journal of Electroanalytical Chemistry, 465 (2), 136–141. doi: 10.1016/S0022-0728(99)00069-8
3. Duhyn, S. (1976). Conductivity and electrokinetic properties of the dispersion-systems. The scientific opinion, 194.
4. Kulski, L., Grabanyuk, V., Savchuk, O. (1987). Electrochemistry in the process of water purification. Tehnika, 324.
5. Tareev, B. (1982). Physics of dielectric materials. Energoizdat, 320.
6. Sandulyak, A. V. (1988). Magnetic filtration purification of liquids and gases. Chemistry, 137.
7. Smolensky, G. (1971). Ferroelectrics and antiferroelectrics. Nauka, 476.
8. Sandylyak, A., Garaschenko, V., Yatskov, N. (1985). Separator for separating fluid media fromminu teparticles of impurities. Patent 4492633 (USA).
9. Sandulyak, A., Dahlenko, V. (1986). Using Ferroelectric nozzles for cleaning vysokodispers-impurities. Hymycheskaya technology, 4, 38–44.
10. Rebinde, P. (1979). Favourites Proceedings. Surface phenomena in disperse systems. Kolloidnaya chemistry. Science, 368.

*Рекомендовано до публікації д-р техн.наук Корнієнком Я. М.
Дата надходження рукопису 22.05.2015*

Дахненко Валерій Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра машин і апаратів хімічних та нафтопереробних виробництв. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: dvl2@meta.ua

УДК 681.5.015:628.21

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.43328

СИСТЕМА НЕЧЕТКО-НЕЙРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

© В. Н. Кузнецов, В. С. Есилевский, С. В. Дядюн, А. В. Белогурова

Рассмотрена система управления канализационной насосной станцией с регуляторами на основе нейронной сети с нечеткой логикой. Разработаны лингвистические правила для регулятора на основе нечеткой логики, поддерживающего уровень стоков в приемном резервуаре в заданных пределах. Показано применение генетических алгоритмов для обучения нейронной сети

Ключевые слова: генетический алгоритм, управление, нейронная сеть, система водоснабжения, насосная станция

It is considered the system of management of sewage pumping station with regulators based on a neuron network with fuzzy logic. Linguistic rules for the controller based on fuzzy logic, maintaining the level of effluent in the receiving tank within the prescribed limits are developed. The use of genetic algorithms for neuron network training is shown

Keywords: genetic algorithm, control, neural network, water supply system, pumping station

1. Введение

Решение задач энергосберегающего управления технологическими объектами, вообще, и насосными агрегатами на канализационных насосных станциях, в частности, в последнее время часто рассматривается с точки зрения использования нечеткой логики [1]. Такой подход дает положительные результаты в случае, когда исходное описание системы является неточным или неполным, что соответствует характеристике рассматриваемой задачи. Попытка

решения этой задачи классическими методами приводит к задачам большой размерности с неточно определенными параметрами, что может сделать систему управления неэффективной.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Проектирование систем управления на основе нечеткой логики предполагает использование правил вывода, которые заранее подготовлены в результате