

порівняння вимірюваного електричного параметра з встановленим електричним параметром методикою.

На базі отриманих наукових фактів запропоновано метод та спосіб оперативного контролювання концентрації складників багатокомпонентної рідини за одним електричним параметром — вимірним значенням реактивної складової провідності.

Впровадження розробленого методу та способу створює умови для переходу від лабораторних умов контролю до оперативних та дозволяють вирішувати завдання підвищення надійності контролю, сприяє економії матеріальних ресурсів та забезпечує мінімальний вплив на здоров'я людини.

Література

1. Походило, Є. В. Імітансний контроль якості [Текст] : монографія / Є. В. Походило, П. Г. Столярчук. — Львів: Львівська політехніка, 2012. — 164 с.
2. Походило, Є. В. Способи імітансного контролю якості [Текст] / Є. В. Походило, П. Г. Столярчук // Методи та прилади контролю якості. — 2003. — № 11. — С. 105–108.
3. The Impedance Measurement Handbook. A Guide to Measurement Technology and Techniques. Agilent Technologies [Text]. — Inc. Printed in USA, 2006. — P. 5950–3000.
4. Міхалева, М. С. Розвиток нормативно-технічного забезпечення оперативного визначення характеристик рідин для контролю стічних вод [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.01.02 / М. С. Міхалева. — Львів, 2012. — 21 с.
5. Міхалева, М. С. Шляхи вдосконалення нормування показників якості водних середовищ [Текст] / М. С. Міхалева, П. Г. Столярчук, Т. Г. Бойко, Т. З. Бубела // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2008. — № 2. — С. 34–37.
6. Міхалева, М. Проблеми нормування якості водних середовищ, стічних вод, апаратури і метрологічне забезпечення системи гідро моніторингу [Текст] / М. Міхалева, П. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. — 2008. — Вип. 68. — С. 199–203.
7. Majewski, J. Zastosowanie sensorów pojemnościowych do szybkiej kontroli parametrów wzrostów wieloskładnikowych [Text] / J. Majewski, P. Malaczewski, V. Yatsuk, P. Stolyarczuk, M. Michalewa // Przegląd Elektrotechniczny. — 2010. — Nr 10. — P. 92–95.

8. Stolyarczuk, P. Electric Sensors for Express-Method Checking of Liquid Quality Level Monitoring [Text] / P. Stolyarczuk, V. Yatsuk, Y. Pokhodylo, M. Mikhalieva, T. Boyko, O. Basalkevych // Sensors & Transducers Journal. — 2010. — № 2, Vol. 8. — P. 88–98.
9. Міхалева, М. С. Результати експериментальних досліджень модельних водних розчинів новим електричним імпедансним методом [Текст] / М. С. Міхалева // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». — Автоматика, вимірювання та керування. — 2010. — № 665. — С. 169–173.
10. Stolyarchuk, P. Multicomponent Liquids' Research [Text] / P. Stolyarchuk, M. Mikhalieva, V. Yatsuk, Ye. Pokhodylo, O. Basalkevych // Sensors and Transducers Journal. — January 2013. — Vol. 148, Issue 1. — P. 95–99. — e-ISSN 1726-5479, ISSN 2306-8515.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ СОСТАВЛЯЮЩИХ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ЖИДКОСТИ ПО ОДНОМУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ПАРАМЕТРУ

Представлен анализ результатов экспериментальных исследований многокомпонентных жидкостей в широком электромагнитном поле частот. Выявлены индивидуальные спектральные характеристики для жидкостей, которые зависят от химической природы составляющих, их концентраций и конструкции первичного преобразователя. Предложен метод быстрого определения и контроля концентраций составляющих жидкостей по одному измеренному показателю реактивной составляющей проводимости без лабораторных условий и дорогостоящей аппаратуры.

Ключевые слова: многокомпонентная жидкость, измерения и контроль концентраций компонентов, комплексная проводимость, кондуктометрическая ячейка.

Міхалева Марина Станіславівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, кафедра метрології, стандартизації та сертифікації, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: galmih@ukr.net.

Михалева Марина Станиславовна, кандидат технических наук, старший научный работник, доцент, кафедра метрологии, стандартизации и сертификации, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.

Mikhalieva Maryna, National University «Lviv Polytechnic», Ukraine, e-mail: galmih@ukr.net

УДК 658.512:661.53

**Бабіченко А. К.,
Красніков І. Л.,
Бабіченко Ю. А.,
Вельма В. І.**

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ В КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ

У статті представлені результати досліджень відділення моноетаноламінової очистки агрегату синтезу аміаку серії АМ-1360 із застосуванням методу технологічного аудиту. Експериментально-статистичною обробкою даних отримані числові характеристики точності і стабільності процесу, що дозволило визначити напрями вдосконалення системи управління, реалізація якої забезпечує стабілізацію температурного режиму відділення і зниження витратних норм енергоносіїв.

Ключові слова: виробництво аміаку, моноетанламінова очистка, технологічний аудит, система управління, енергозбереження.

1. Вступ

Сучасні хімічні виробництва характеризуються великою продуктивністю і являють собою складні хіміко-тех-

нологічні системи. Робота таких систем протікає під впливом величезної кількості факторів. Ці фактори, випадкові по своїй природі, викликають також випадкові відхилення параметрів від норм технологічного режиму $\{T_M\}$,

що характеризують у сукупності якість технологічного процесу. При цьому якість технологічного процесу визначається не тільки власне якістю продукції як такої, але і економічними показниками, що пов'язані з витратними нормами (електроенергія, вода, пара та ін.) на виробництво. При цьому можлива величина відхилення від $\{T_M\}$ в силу випадкового характеру тим більша, чим рідше вона з'являється [1]. Однак дуже часто непотрібні відхилення від $\{T_M\}$ мають не випадковий, а закономірний характер, що суттєво може знижувати якісні показники виробництва. Одним з найбільш характерних прикладів таких виробництв є великотоннажні агрегати синтезу аміаку, де навіть не суттєві відхилення від норм $\{T_M\}$ призводить до значних перевитрат енергоресурсів [2].

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Виробництво більшої частини аміаку в Україні відбувається в агрегатах синтезу серії АМ-1360, побудованих за традиційно прийнятою майже в усіх країнах схемою [3]. Даний агрегат становить собою складний єдиний енерготехнологічний комплекс з великою кількістю зворотних зв'язків і містить вісім основних відділень, деякі з яких пов'язані і з іншими виробництвами. Таким відділенням є моноетаноламінова (МЕА) очистка, що забезпечує вилучення з конвертування газу двооксиду вуглецю, який у вигляді парогазової суміші (ПГС) надходить на виробництво оцтової кислоти [3–5]. Характерна особливість схеми (рис. 1) полягає у тому, що насичений двооксидом вуглецю МЕА розчин з абсорбера трьома потоками надходить до регенератора.

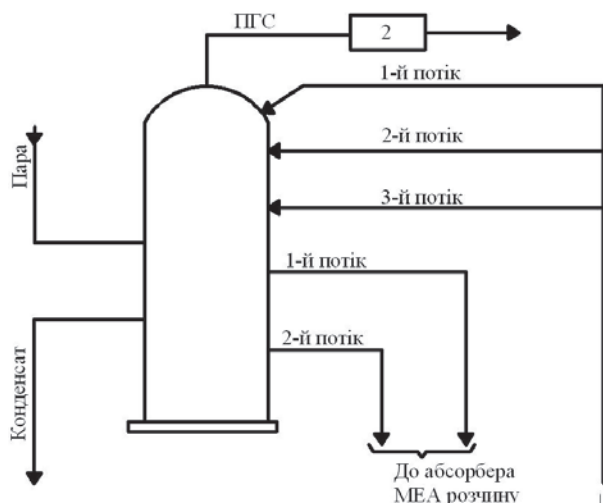


Рис. 1. Технологічна схема дільниці регенерації відділення МЕА очистки: 1 — регенератор; 2 — повітряний холодильник; НМЕА — насичений моноетаноламіновий розчин; ПГС — парогазова суміш

Відповідно перший потік (10 % від загальної кількості) надходить безпосередньо на верх регенератора, другий потік (приблизно 45 % від загальної кількості) — на тарілку N20, а третій потік — на тарілку N15 регенератора. При цьому другий і третій потоки попередньо нагріваються за рахунок теплоти грубо регенованого розчину МЕА (на рис. 1 не показано), що надходить до абсорбера.

Аналіз літературних даних [5, 6] та умов експлуатації свідчать про суттєве відхилення параметрів тем-

пературного режиму відділення МЕА очистки особливо у весняно-літній період від норм технологічного регламенту, що згідно розрахунків керівництва одного з таких виробництв призводить до перевитрати МЕА розчину на підживлення, перевитрати енергоносіїв та корозії теплообмінних труб регенератора внаслідок збільшення температури. Визначення закономірностей, що обумовлюють небажані відхилення температурного режиму від норм технологічного регламенту та усунення їх за рахунок удосконалення системи управління процесом в контексті загальної проблеми підвищення енергоефективності і становить предмет досліджень.

3. Методика дослідження

Дослідження проводились експериментально-статистичним методом контролю якості технологічного процесу відділення МЕА очистки.

Попередньо по архівним даним інформаційно-керуючого мікропроцесорного комплексу ТДС-300, яким оснащений агрегат, була сформована об'єднана вибірка по окремих режимах роботи дільниці регенерації. Об'єм вибірки складав 200 режимів. Основні контрольовані параметри, що визначають режими роботи дільниці регенерації, були такі: витрата насиченого МЕА розчину по трьох потоках, тиск ПГС, температура ПГС на виході регенератора та після повітряного холодильника, температура потоків розчинів МЕА до абсорбера та після абсорбера.

По технологічному регламенту були встановлені норми технологічних параметрів по переліченим вище показникам процесу регенерації, а далі здійснювалося оцінювання статистичними методами показників точності технологічного процесу. З метою встановлення закону розподілу контрольованих показників якості технологічного процесу вибірка зазнавала упорядкування. Після чого по кожному з параметрів визначалися розмах вибірки, кількість інтервалів розбиття, ширина інтервалів розбиття, межа цих інтервалів, абсолютна частота і густина ймовірності за експериментальними значеннями [7]. Результати обчислень цих показників для одного з технологічних параметрів, — температури НМЕА розчину після абсорбера, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати статистичної обробки експериментальних даних для температури НМЕА розчину після абсорбера ($T_M = 65 \text{ }^\circ\text{C}$)

| Номер інтервалу, I | Межа інтервалів, $^\circ\text{C}$ | Середина інтервалу, $X_i, \text{ }^\circ\text{C}$ | Абсолютна частота, n_i | Густина ймовірності, $f'(X_i) = n_i/n$ | Добутки | |
|--------------------|-----------------------------------|---|--------------------------|--|-----------|-------------------------------------|
| | | | | | $X_i n_i$ | $n_i X_i^2, \text{ }^\circ\text{C}$ |
| 1 | 65—67 | 66 | 1 | 0,005 | 66 | 4356 |
| 2 | 67—69 | 68 | 5 | 0,025 | 340 | 23120 |
| 3 | 69—71 | 70 | 4 | 0,02 | 280 | 19600 |
| 4 | 71—73 | 72 | 18 | 0,09 | 1296 | 93312 |
| 5 | 73—75 | 74 | 86 | 0,43 | 63644 | 470936 |
| 6 | 75—77 | 76 | 62 | 0,31 | 7412 | 358112 |
| 7 | 77—79 | 78 | 14 | 0,07 | 1092 | 85176 |
| 8 | 79—81 | 80 | 6 | 0,03 | 480 | 38400 |
| 9 | 81—83 | 82 | 3 | 0,015 | 246 | 20172 |
| 10 | 83—85 | 84 | 1 | 0,005 | 84 | 7056 |

4. Результати досліджень відділення моноетаноламінової очистки

За результатами експерименту визначилися основні параметри розподілу. Центр розподілу \bar{X} та середньоквадратичне відхилення S знаходили за загально відомими формулами [1]:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_i X_i; \quad S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^k n_i X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k n_i X_i)^2}{n} \right]}. \quad (1)$$

Після обчислення встановлено, що $\bar{X} = 74 \text{ }^\circ\text{C}$, а $S = 2,487 \text{ }^\circ\text{C}$.

У відповідності із отриманими числовими характеристиками визначилися показники точності: коефіцієнт точності K_T і точність настроювання процесу K_H [8].

$$K_T = \frac{6S}{\Delta}; \quad K_H = (\bar{X} - T_M) / \Delta, \quad (2)$$

де Δ — допуск зміни температури за регламентом. Отримані значення $K_T = 1,492$ та $K_H = 1,0$ доводять, що $K_T > 1$, а $K_H > 0,5(1 - K_T)$ і свідчать про незадовільну точність процесу та велике зміщення центру розподілу \bar{X} від потрібної норми T_M . Це наглядно ілюструється графіком, що наведений на рис. 2.

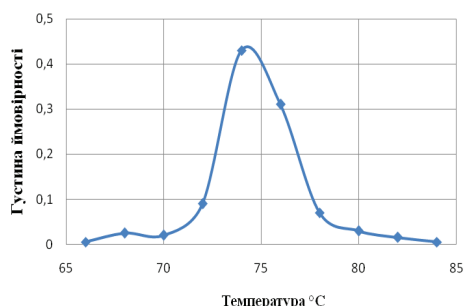


Рис. 2. Графік густини ймовірності за експериментальними даними для температури НМЕА розчину після абсорбера

Перевірка на відповідність експериментального розподілу до нормального по критерію узгодження Пірсона дозволили зробити висновок, про нестабільність процесу [7].

Подальше вивчення стабільності процесу у різні періоди часу (літній та зимовий) виявило значні відхилення параметрів розподілу. Так у літній час параметр \bar{X} складає $80 \text{ }^\circ\text{C}$, а у зимовий — $64 \text{ }^\circ\text{C}$, що свідчить про нестійкість процесу.

Аналогічні розрахунки при статичній обробці експериментальних значень були виконані і для інших параметрів. Вони довели, що коефіцієнти точності й точності настроювання по таких параметрах, як температура розчину МЕА другого потоку з регенератору та ПГС після апаратів повітряного охолодження (АПО) незадовільні. При цьому зміщення центру настроювання \bar{X} від T_M складають відповідно $7 \text{ }^\circ\text{C}$ і $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Аналіз отриманих функціональних залежностей параметрів по дільниці регенерації дозволив встановити основний постійний збурюючий фактор, що порушує точність і стабільність — це температура атмосферного

повітря, що охолоджує в АПО, зміна якої не урахувалась при проектуванні як технологічного обладнання, так і систем управління процесом. До того ж розрахунки дозволили встановити значення відхилень від норм, по яких необхідно провести корегування за рахунок розробки технічних рішень.

Технічні рішення були направлені на вдосконалення технологічного оформлення і системи управління процесом. З метою настроювання температури першого потоку НМЕА розчину у регенератор на рівні $65 \text{ }^\circ\text{C}$ було встановлено на цьому потоці водяний холодильник, поверхня теплопередачі якого розраховувалась з урахування відхилення $|\bar{X} - T_M| = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ і склала біля 300 м^2 . При цьому обрано теплообмінник типу ТНГ-40-М21-В (ДГСТ 15122-79). Удосконалення системи управління пов'язано насамперед у додатковому вимірюванні температур атмосферного повітря на вході у повітряний холодильник, НМЕА розчину першого потоку після абсорбера, та ПГС із регенератора, і по зміні цих температур здійснюється регулювання потоків води до водяного холодильника з корегуванням по температурі у кубі регенератора, а регульовану витрату пари до кип'ятильника регенератора корегують по температурі атмосферного повітря [9, 10].

Розроблені технічні рішення були впроваджені у промисловості стосовно до агрегату синтезу аміаку потужністю 1360 т/добу ПАТ «Северодонецьке об'єднання Азот». У підсумку це дозволило зменшити швидкість корозії трубок регенератора, витрату МЕА розчину та енергоносіїв: МЕА розчину на $0,03 \text{ кг/т NH}_3$, пари на $0,015 \text{ Гкал/т NH}_3$, знесолоної води на $0,1 \text{ м}^3/\text{т NH}_3$, електроенергії на $0,76 \text{ кВт/т NH}_3$. На підставі наведеної методики може бути запропонований алгоритм проведення технологічного аудиту якості, блок схема якого представлена на рис. 3.

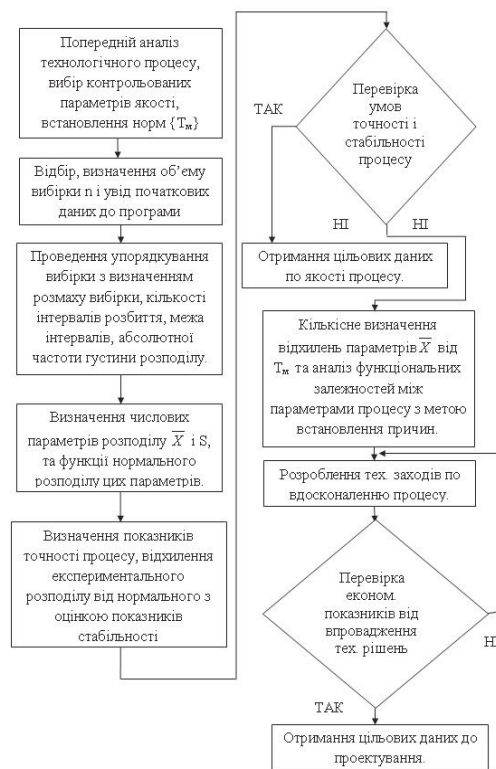


Рис. 3. Алгоритм проведення технологічного аудиту

5. Висновки

Розроблено алгоритм проведення технологічного аудиту, що дозволяє навіть не вдаючись до ретельного аналізу технології процесу визначити кількісно відхилення параметрів технологічного процесу від нормативних показників і розробити технічні рішення по підвищенню якості технологічного процесу, за рахунок удосконалення як апаратурно-технологічного оформлення процесів, так і систем управління.

Представлені результати досліджень відділення моноетаноламінової очистки типового агрегату синтезу аміаку у відповідності з розробленим алгоритмом. Отримані числові характеристики параметрів роботи відділення, які характеризують коефіцієнт точності, точність настроювання і стабільність технологічного процесу, що дозволило визначити причину нестабільності і зміщення центрів настройок температурних потоків від нормативних значень в сторону їх збільшення. Застосування розробленої системи дозволило зменшити витрату моноетаноламінового розчину, пари, знесоленої води і електроенергії.

Література

1. Пустыльник, Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений [Текст] / Е. И. Пустыльник. — М.: Наука, 1968. — 288 с.
2. Бабиченко, А. К. Оптимизация режимных параметров нагрузки отделения синтеза производства аммиака [Текст] / А. К. Бабиченко // Технологический аудит и резервы производства. — 2013. — № 5/2(13). — С. 4–7.
3. Аммиак: обзор современных технологий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: \www/URL: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=682. — Назва з екрану.
4. Лобойко, О. Я. Технология зв'язаного азоту [Текст] / Л. Л. Товажянський, О. Я. Лобойко, Г. І. Гринь та ін.; за ред. О. Я. Лобойка. — Харків: НТУ «ХПИ», 2007. — 536 с.
5. Постоянный технологический регламент производства аммиака цеха 1-Б, № 114 [Текст]. — Северодонецк: СГПП «Объединение «Азот», 2000. — 784 с.
6. Кузнецов, Л. Д. Синтез аммиака [Текст] / Л. Д. Кузнецов, А. М. Дмитренко, П. Д. Рабина, Ю. А. Соколинский; под ред. Л. Д. Кузнецова. — М.: Химия, 1982. — 296 с.
7. Грубов, В. И. Математическое моделирование непрерывных технологических процессов [Текст] / В. И. Грубов. — Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1971. — 175 с.
8. Гончаров, Э. Н. Контроль качества продукции [Текст] / Э. Н. Гончаров, Е. Д. Круглова. — М.: Издательство стандартов, 1987. — 120 с.
9. А. с. № 1142437 СССР, МКИ С 01 В 3/02, G 05 D 27/00. Способ управления процессом моноэтанолламинаковой очистки газов / А. К. Бабиченко, В. П. Василенко, В. Я. Нестеренко и др. (СССР). — № 3615327/23-26; Заявл. 28.03.1983; Оpubл. 28.02.1985, Бюл. № 8.
10. А. с. № 1386256 СССР, МКИ В 01 D 53/14, G 05 D 27/00. Способ управления процессом моноэтанолламинаковой очистки газов / А. К. Бабиченко, Б. Н. Блох и др. (СССР). — № 4086356/23-26; Заявл. 22.05.1986; Оpubл. 07.04.1988, Бюл. № 13.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВ АММИАКА

В статье представлены результаты исследований отделения моноэтанолламинаковой очистки агрегата синтеза аммиака серии АМ-1360 с применением метода технологического аудита. Экспериментально-статистической обработкой данных получены числовые характеристики точности и стабильности процесса, позволившие определить направления совершенствования системы управления, реализация которой обеспечивает стабилизацию температурного режима отделения и снижение расходных норм энергоносителей.

Ключевые слова: производство аммиака, моноэтанолламинаковая очистка, технологический аудит, система управления, энергосбережение.

Бабиченко Анатолий Костянтинович, кандидат технических наук, профессор, кафедра автоматизации химико-технологических систем та екологічного моніторингу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: svetkrasnikova@yandex.ua.

Красніков Ігор Леонідович, кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизации химико-технологических систем і екологічного моніторингу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: ikligor@gmail.com.

Бабиченко Юлія Анатоліївна, кандидат технических наук, доцент, кафедра теплотехніки та теплових двигунів, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, Україна, e-mail: juliette-ua@mail.ru.

Вельма Володимир Іванович, кандидат технических наук, доцент, кафедра процеси та апарати хіміко-фармацевтичних виробництв, Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна, e-mail: nfau.zaycev@email.com.

Бабиченко Анатолий Константинович, кандидат технических наук, профессор, кафедра автоматизации химико-технологических систем и экологического мониторинга, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.

Красников Игорь Леонидович, кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизации химико-технологических систем и экологического мониторинга, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.

Бабиченко Юлия Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра теплотехники и тепловых двигателей, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Украина.

Вельма Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент, кафедра процессы и аппараты химико-фармацевтический производств, Национальный фармацевтический университет, Харьков, Украина.

Babichenko Anatoliy, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: svetkrasnikova@yandex.ua.

Krasnikov Igor, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: ikligor@gmail.com.

Babichenko Juliya, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: juliette-ua@mail.ru.

Velma Vladimir, National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine, e-mail: nfau.zaycev@email.com.