

Шунькіна О. В.,
аспірант, Львівська комерційна академія, м. Львів
Доманцевич Н. І.,

д.т.н., професор, завідувач кафедри товарознавства непродовольчих товарів, Львівська комерційна академія, м. Львів

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ТРУБ З ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. У статті наведена методика розрахунку комплексного показника якості для труб з поліетиленових матеріалів. За допомогою експертного опитування визначені найвагоміші показники якості для полімерних труб систем водопостачання. Розраховано комплексний показник якості труб із поліетиленових матеріалів, які виготовлені за розробленою нами рецептурою. Проаналізовано результати розрахунку комплексного показника якості полімерних труб. Підтверджено, що полімерні труби із поліетиленових матеріалів для подачі холодної води, виготовлені за нашою рецептурою, мають вищий комплексний показник якості порівняно з поліетиленовими трубами без модифікуючих добавок. Додавання модифікуючих добавок у рецептуру труб із поліетиленових матеріалів забезпечує вищий комплексний показник, що забезпечить конкурентоздатність продукції.

Ключові слова: труби з поліетиленових матеріалів, споживні властивості, показники якості, комплексний показник якості.

Shunkina O. V.,
Postgraduate, Lviv Academy of Commerce, Lviv
Domantsevych N. I.,
Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Commodity Research of Non-food Products, Lviv Academy of Commerce, Lviv

COMPLEX ESTIMATION OF QUALITY OF PIPES MADE OF POLYETHYLENE MATERIALS

Abstract. The methodology of complex indicator of quality calculation for pipes made of polyethylene materials is shown in the article. By means of the expert questionnaire the most important quality indicators for the polymeric pipes used for running water systems has been qualified. The complex quality indicator of polyethylene pipes, that are made according to compounding that we've worked out, is calculated. The results of calculation of complex quality indicator of polymeric pipes have been analysed. It is confirmed, that polymeric pipes made of polyethylene for running cold water that are made according to our compounding have higher complex quality indicator, in comparison with polyethylene pipes without modifiers. Adding modifiers to compounds of pipes made of polyethylene materials provides higher complex index that will promote product competitiveness.

Keywords: pipes made of polyethylene materials, consumer properties, quality indicators, complex quality indicator.

Постановка проблеми. Сьогодні найбільшим попитом для систем водопостачання питної води користуються полімерні труби з поліетиленових матеріалів. Це зумовлено їх споживними властивостями, розвитком водного господарства країни та гострою потребою у заміні зношених діючих комунікацій. Збільшення попиту спричинило зростання вимог споживачів до полімерних труб та актуальності якості даної продукції. Якість має велике значення в сучасних умовах та визнається найважливішою ринковою складовою товару. Однак, не-

зважаючи на високий попит на труби з поліетиленових матеріалів, в Україні не розроблений комплексний підхід до оцінювання їх якості. Якість полімерних труб для водопостачання визначає комплекс показників. Актуальність і проблемність визначення комплексної оцінки полімерних труб для водопостачання зумовили тематику цієї статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Труби з поліетиленових матеріалів, які призначені для подачі холодної води, повинні відповідати вимогам

ДСТУ Б. В.2.7-151:2008 [1]. Однак відповідність продукції лише зазначеним у даному нормативному документі показникам не дає споживачеві повної інформації про їхню якість. Також, на думку експертів, у чинному нормативному документі не нормуються всі вагомні показники для полімерної трубної продукції.

Багато науковців займаються питанням вивчення і дослідження формування споживних властивостей полімерних труб для водопостачання з модифікованих полімерних матеріалів та їх якості, наприклад такі, як: Пахаренко В. О., Пахаренко В. В., Мікульонок І. О., Вознюк В. Т., Соколова М. Д., Соловійова С. В. та ін. [2-5]. Також протягом останніх років запатентовано значну кількість полімерних композицій для труб водопостачання з покращеними фізико-механічними показниками. Наприклад, у патентах РФ № 2509786, № 2428433 РФ, № 2465291 РФ – запропоновані полімерні композиції для труб із підвищеною міцністю [4, 6-7]. Враховуючи кількість наукових досліджень, запатентованих композицій можна зробити висновок, що дослідженню якості полімерних труб із поліетиленових матеріалів приділяється значна увага, однак здебільшого йдеться про вдосконалення окремих фізико-механічних показників.

Постановка завдання. Метою дослідження є здійснення комплексної оцінки якості полімерних труб із поліетиленових матеріалів для систем водопостачання, яка включає наступні завдання:

- вибір найвагомніших показників для полімерних труб систем водопостачання;
- встановлення градації розмірних, безрозмірних одиничних показників якості;
- визначення безрозмірних показників якості, функції бажаності одиничних показників якості та комплексного показника якості для полімерних труб із поліетиленових матеріалів;
- оцінка конкурентоздатності виробу за показниками якості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження обрано розроблені нами полімерні труби з поліетиленових матеріалів для подачі холодної води.

Показники якості полімерних труб неоднакові за значущістю у відношенні формування якості труби, тобто мають свою “вагомність”. Перелік споживних властивостей полімерних труб був сформульований на основі показників якості для поліетиленових труб із ПЕ100, регламентованими ДСТУ Б. В.2.7-151:2008. Однак у даному нормативному документі не нормуються такі вагомні показники якості, на думку експертів, як: опір удару падаю-

чого вантажу (показник TIR) – стійкість до удару, температура займання та самозаймання, визначення коефіцієнта димоутворення.

Нами проведено анкетне опитування серед фахівців-експертів, товарознавців, науковців у галузі полімерних труб (15 осіб) з метою встановлення вагомності показників полімерних труб для систем холодного водопостачання. Аналіз результатів опитування дозволяє зробити висновок про те, що визначальними показниками є наступні: відносне подовження при розриві; стійкість при постійному внутрішньому тиску при 80°C при початковому напруженні в стінці труби 5,4 МПа; стійкість при постійному внутрішньому тиску при 20°C при початковому напруженні в стінці труби 12,4 МПа; границя текучості при розтягу; опір удару падаючого вантажу (показник TIR) – стійкість до удару; зміна довжини труб після прогрівання (коефіцієнти вагомності найважливіших показників подано у таблиці 5).

Проте одиничний показник не може повною мірою відобразити якість полімерних труб, тоді як комплексна оцінка якості має суттєву перевагу, яка полягає у використанні сукупності показників якості та виражається однією числовою величиною – комплексним показником якості. Комплексна оцінка характеризує загальний рівень якості досліджуваного об'єкта й дозволяє робити висновки про відповідність споживних властивостей товару потребам споживачів, а також вимогам нормативної документації. Один із найбільш зручних і практичних способів побудови узагальненої характеристики – функція бажаності, запропонована Е. Харрінгтоном.

Вибір та обґрунтування граничних значень для розмірних показників проводили з урахуванням аналізу літературних даних, технічної документації, чинних нормативних документів та результатів проведених авторських досліджень. При цьому дотримувалися наступні вимоги: включення в градацію “незадовільно” – нормативів, нижче яких виробництво труби є недоцільним та економічно невигідним. Інтервал значень функції бажаності поділено на відрізки від 0 до 1, що характеризують: незадовільний (0,00-0,36), задовільний (0,37-0,62), добрий (0,63-0,79) і відмінний (0,80-1,00) рівні показників якості. Рівень “добре” встановлювався як середнє значення показників рівнів “задовільно” та “відмінно”.

Розрахунок комплексної оцінки якості розроблених полімерних труб проводився з урахуванням найвагомніших показників (на думку експертів). Рівні властивостей полімерних труб за градаціями їх якості наведено у таблиці 1.

Рівні властивостей полімерних труб за градаціями їх якості

Показники	Позначення	Градація показників якості			
		незадовільно	задовільно	добре	відмінно
Відносне подовження при розриві, %	X _{1,2}	<350	350-500	501-699	≥700
Границя текучості при розтягу, МПа	X _{1,3}	<21,0	21,0	22,0	≥23,0
Стійкість при постійному внутрішньому тиску при 20°C, при початковому напруженні в стінці труби 12,4 МПа, год.	X _{1,5}	<100	100	101-102	≥103
Стійкість при постійному внутрішньому тиску при 80°C, при початковому напруженні в стінці труби 5,4 МПа, год.	X _{1,6}	<165	165-167	168-169	≥170
Зміна довжини труб після прогрівання, %	X _{1,4}	>3	3	2	≤1
Опір удару падаючого вантажу (показник TIR) – стійкість до удару, %	X _{1,9}	>9	9-7	6-4	≤3

Межі безрозмірного показника розраховувалися, спираючись на верхню межу градації “погано” та нижню межу градації “відмінно”, подані у таблиці 1 за формулами (1) та (2).

$$y_i^{\text{гірше}} = -\ln(-\ln d_{\text{гірше}}) \quad (1)$$

$$y_i^{\text{краще}} = -\ln(-\ln d_{\text{краще}}) \quad (2)$$

де $y_i^{\text{гірше}}$ і $y_i^{\text{краще}}$ – найгірше і найкраще значення безрозмірного показника якості; $d_{\text{гірше}}$ і $d_{\text{краще}}$ – гірше і краще значення функцій бажаності для одиничних показників якості.

Відповідно для полімерних труб функції бажаності склали:

- верхня межа градації “погано”:

$$y_i^{\text{гірше}} = -\ln(-\ln 0,37) = 0$$

- нижня межа градації “відмінно”:

$$y_i^{\text{краще}} = -\ln(-\ln 0,80) = 1,5$$

Безрозмірне значення показника якості y_i визначається за лінійною залежністю (3):

$$y_i' = b_0^i + y_i b_1^i \quad (3)$$

де y_i' – безрозмірне значення показника якості y_i .

З метою переведення розмірних показників у безрозмірні показники якості визначали коефіцієнти рівнянь переведення b_0^i та b_1^i з урахуванням

граничних значень функцій бажаності d (0,37 та 0,8) і відповідних їм значень безрозмірних показників якості, а також найгіршого та найкращого розмірних показників якості. Для визначення використовувалися система рівнянь (4), та визначені лінійні залежності для переведення розмірних значень показника якості y_i у безрозмірні y_i' .

$$\begin{cases} y_i^{\text{гірше}} = b_0^i + y_i^{\text{гірше}} b_1^i \\ y_i^{\text{краще}} = b_0^i + y_i^{\text{краще}} b_1^i \end{cases} \quad (4)$$

Відповідно, коефіцієнти b_0^i та b_1^i залежностей для полімерних труб визначали з системи рівнянь:

$$\begin{cases} 0 = b_0^i + y_i^{\text{гірше}} b_1^i \\ 1,5 = b_0^i + y_i^{\text{краще}} b_1^i \end{cases}$$

де 0; 1,5 – граничні значення безрозмірного показника y_i' .

Розрахунок систем рівнянь та безрозмірного значення для відповідних показників подано у таблиці 2.

Безрозмірне значення показників якості

Показники	Системи	Безрозмірне значення показника якості
Відносне подовження при розриві, %	$\begin{cases} 0 = b_0 + 350 b_1 \\ 1,5 = b_0 + 700 b_1 \end{cases}$	$y'_i = -15 + 0,00 y_i$
Границя текучості при розтягу, МПа	$\begin{cases} 0 = b_0 + 21 b_1 \\ 1,5 = b_0 + 23 b_1 \end{cases}$	$y'_i = -15,75 + 0,75 y_i$
Стійкість при постійному внутрішньому тиску при 20°C, при початковому напруженні в стінці труби 12,4 МПа, год.	$\begin{cases} 0 = b_0 + 100 b_1 \\ 1,5 = b_0 + 103 b_1 \end{cases}$	$y'_i = -50 + 0,50 y_i$
Стійкість при постійному внутрішньому тиску при 80°C, при початковому напруженні в стінці труби 5,4 МПа, год.	$\begin{cases} 0 = b_0 + 165 b_1 \\ 1,5 = b_0 + 170 b_1 \end{cases}$	$y'_i = -49,5 + 0,30 y_i$
Зміна довжини труб після прогрівання, %	$\begin{cases} 0 = b_0 + 3 b_1 \\ 1,5 = b_0 + 1 b_1 \end{cases}$	$y'_i = 2,25 - 0,75 y_i$
Опір удару падаючого вантажу (показник TIR) – стійкість до удару, %	$\begin{cases} 0 = b_0 + 9 b_1 \\ 1,5 = b_0 + 3 b_1 \end{cases}$	$y'_i = 2,25 - 0,25 y_i$

Підставляючи значення експериментальних розмірних одиничних показників якості у рівняння (3), отримуємо безрозмірні показники якості полімерних труб, які наведено у таблиці 3.

Для полімерних труб із поліетиленових матеріалів з модифікуючими добавками функції бажаності одиничних показників становлять:

Таблиця 3

Безрозмірні показники якості полімерних труб

Показник		Безрозмірні значення показників якості y'_i	
позначення	найменування	ПТЗМД	ПТбезМД
X _{1,2}	Відносне подовження при розриві, %	1,63	1,07
X _{1,3}	Границя текучості при розтягу, МПа	4,25	1,50
X _{1,5}	Стійкість при постійному внутрішньому тиску при 20°C, при початковому напруженні в стінці труби 12,4 МПа, год.	4,50	0,50
X _{1,6}	Стійкість при постійному внутрішньому тиску при 80°C, при початковому напруженні в стінці труби 5,4 МПа, год.	1,50	0,30
X _{1,4}	Зміна довжини труб після прогрівання, %	1,50	1,13
X _{1,9}	Опір удару падаючого вантажу (показник TIR) – стійкість до удару, %	1,50	0,00

Примітка. ПТЗМД – полімерні труби з поліетиленових матеріалів з модифікуючими добавками; ПТбезМД – полімерні труби з поліетиленових матеріалів без модифікуючих добавок.

Визначення комплексного показника якості передбачає розрахунок функцій бажаності d_i одиничних показників якості, що розраховували за формулою (5).

$$d_i = \exp \left[-\exp(-y'_i) \right] \quad (5)$$

де d_i – функція бажаності поточної змінної y_i

$$\begin{aligned} d_{1,2} &= \exp \left[-\exp(-y'_{1,2}) \right] = \exp \left[-\exp(-1,63) \right] = 0,82 \\ d_{1,3} &= \exp \left[-\exp(-y'_{1,3}) \right] = \exp \left[-\exp(-4,25) \right] = 0,99 \\ d_{1,5} &= \exp \left[-\exp(-y'_{1,5}) \right] = \exp \left[-\exp(-4,50) \right] = 0,99 \\ d_{1,6} &= \exp \left[-\exp(-y'_{1,6}) \right] = \exp \left[-\exp(-1,50) \right] = 0,80 \\ d_{1,4} &= \exp \left[-\exp(-y'_{1,4}) \right] = \exp \left[-\exp(-1,50) \right] = 0,80 \end{aligned}$$

$$d_{1,9} = \exp[-\exp(-y'_{1,9})] = \exp[-\exp(-1,50)] = 0,80$$

Для полімерних труб із поліетиленових матеріалів без модифікуючих добавок функції бажаності одиничних показників становлять:

$$d_{1,2} = \exp[-\exp(-y'_{1,2})] = \exp[-\exp(-1,07)] = 0,71$$

$$d_{1,3} = \exp[-\exp(-y'_{1,3})] = \exp[-\exp(-1,50)] = 0,80$$

$$d_{1,5} = \exp[-\exp(-y'_{1,5})] = \exp[-\exp(-0,50)] = 0,55$$

$$d_{1,6} = \exp[-\exp(-y'_{1,6})] = \exp[-\exp(-0,30)] = 0,48$$

$$d_{1,4} = \exp[-\exp(-y'_{1,4})] = \exp[-\exp(-1,13)] = 0,72$$

$$d_{1,9} = \exp[-\exp(-y'_{1,9})] = \exp[-\exp(-0,00)] = 0,37$$

Отримані дані з розрахунків d_i функцій бажаності поточної змінної y_i відображено у таблиці 4.

Розрахунок комплексного показника якості спирається на коефіцієнти вагомості та розрахунок інформацію щодо їх співвідношень із функціями бажаності одиничних показників якості (табл. 4). За формулою (6) розраховуємо комплексний показник якості. Результати розрахунку комплексного показника якості полімерних труб подано у таблиці 5.

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^k g_i}{\sum_{i=1}^k \frac{g_i}{d_i}} \quad (6)$$

де j – вид полімерної труби; g_i – вагомість i -го показника якості, що розраховували за відношенням рангів; k – кількість суттєво впливових показників якості; d_i – функція бажаності поточної змінної y_i [8-10].

полімерних труб призводить до значного покращення якості виробу. За комплексним показником якості ПТЗМД за градацією показника бажаності Харрінгтона мають “відмінну” оцінку, а комплексний показник якості ПТбезМД складає 0,565, що свідчить про “задовільний” рівень якості.

Зменшення рівня комплексного показника якості ПТбезМД найбільше спричинив одиничний показник – опір удару падаючого вантажу (показник TIR). Покращення рівня якості розроблених полімерних труб із поліетиленових матеріалів відбулося за рахунок покращення стійкості при постійному внутрішньому тиску при 20°C при початковому напруженні в стінці труби 12,4 МПа – 0,989; стійкості при постійному внутрішньому тиску при 80°C при початковому напруженні в стінці труби 5,4 МПа з 0,477 до 0,800 та опору удару падаючого вантажу (показник TIR) з 0,477 до 0,800.

Відповідно, показник “опір удару падаючого вантажу (показник TIR) – стійкість до удару” відзначається на покращенні не тільки одиничного показника, а також і на комплексному показнику якості.

З отриманих результатів дослідження (табл. 5) випливає, що комплексний показник якості модифікованих полімерних труб має суттєво вище його значення порівняно з комплексним показником якості полімерних труб без модифікуючих добавок, вироблених за типовою технологією. Проаналізувавши результати дослідження, можна стверджувати, що розроблені полімерні труби з поліетиленових матеріалів будуть конкурентноздатними на ринку полімерних труб.

Таблиця 5

Розрахунок комплексного показника якості

Позначення показника	Показник	Вагомість показника g_i	Розрахункові дані g_i/d_i	
			ПТЗМД	ПТбезМД
$X_{1,2}$	Відносне подовження при розриві, %	0,140	0,170	0,197
$X_{1,3}$	Границя текучості при розтягу, МПа	0,122	0,124	0,152
$X_{1,5}$	Стійкість при постійному внутрішньому тиску при 20°C, при початковому напруженні в стінці труби 12,4 МПа, год.	0,130	0,131	0,238
$X_{1,6}$	Стійкість при постійному внутрішньому тиску при 80°C, при початковому напруженні в стінці труби 5,4 МПа, год.	0,132	0,165	0,277
$X_{1,4}$	Зміна довжини труб після прогрівання, %	0,086	0,107	0,119
$X_{1,9}$	Опір удару падаючого вантажу (показник TIR) – стійкість до удару, %	0,102	0,127	0,277
Разом			0,826	1,261
Комплексний показник якості, K_j			0,862	0,565

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Проведене товарознавче комплексне оцінювання якості полімерних труб із поліетиленових матеріалів підтверджує, що додавання модифікуючих добавок у склад композиції

ЛІТЕРАТУРА

1. Труби поліетиленові для подачі холодної води. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7.-151:2008. – Чинний від 01-06-2009. – К. : Міністерство регіо-

нального розвитку та будівництва України, 2009. – 33 с. – (Національні стандарти України).

2. Вознюк Т. В. Інтенсифікація процесу виготовлення екструдованих полімерних труб : монографія / Т. В. Вознюк, І. О. Мікульонок. – К. : НТУУ “КПІ”, 2012. – 142 с.

3. Заявка 201003423 Україна, МПК (2009) В 29 С 35/16. Пристрій для охолодження полімерних труб / І. О. Мікульонок, В. Т. Вознюк. – № у 2010 03423; заявл. 24.03.10; опубл. 19.07.10, Бюл. № 9.

4. Пат. 2509786 Российская Федерация, МПК (2012) С 08 L 23/06, С 08 К 7/02, С 08 J 5/04. Способ получения полимерной композиции для труб / Е. С. Петухова, С. Н. Попов, М. Е. Саввинова, М. Д. Соколова, С. В. Соловьева, Л. Я. Морова, патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук. – № 2012118310/05 – заявл. 03.05.2012; опубл. 20.03.2014, Бюл. № 31.

5. Пахаренко В. О. Пластмаси в будівництві : підручник / В. О. Пахаренко, В. В. Пахаренко, Р. А. Яковлева. – К. : “Ліра-К”, 2012. – 352 с.

6. Пат. 2428433 Российская Федерация, МКП⁶ С 08 L 23/06, С 08 F 2/18, С 08 F 10/02. Полимерная композиция / Ян Доминик, Сиберт Фабиан, Амей Томас Ф., заявитель и патентообладатель Инеос Мэньюфехчуринг Белджиум. – № 2008112961/04.

7. Пат. 2465291 Российская Федерация, F 16 L 9/12, С 08 L 23/08, С 08 L 23/04, С 08 F 297/08. Соплимер етилена, композиция, включающая сополимер етилена, способ получения сополимера, применение сополимера и труба / Пальмлеф Магнус, Турпейнен Тарья-Тууликки, Эк Карл-Густав, Пакканен Аннели, Серверн Джон, Бекман Матс, заявитель и патентообладатель Бореалис АГ.

8. Методы исследований и организация экспериментов / [под ред. проф. К. П. Власова]. – Х. : Гуманитарный центр, 2002. – 256 с.

9. Хамханов К. М. Основы планирования эксперимента : метод. пособ. / К. М. Хамханов. – Улан-Удэ, 2001. – 50 с.

10. Ахназарова С. Л. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии : учебно-методическое пособие / С. Л. Ахназарова, Л. С. Гордеев. – М. : РХТУ им. Д. С. Менделеева, 2003. – 76 с.

REFERENCES

1. Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrayiny (2009), DSTU В V.2.7.-151:2008 “Truby polietylenovi dlya podachi kholodnoyi vody. Tekhnichni umovy” – Chynnyy vid 01-06-2009. – 33 s. – (Natsional'ni standarty Ukrayiny).

2. Voznyuk, T. V. and Mikul'onok I.O. (2012), Intensyfikatsiya protsesu vyhotovlennya ekstrudovanykh polimernykh trub : monohrafiya [The intensification of the process of manufacturing extruded polymer pipes: monograph], NTUU “KPI”, Kyiv, Ukraine.

3. Zayavka 201003423 Ukrayina, MPK (2009) В 29 С 35/16. Prystriy dlya okholodzhennya polimernykh trub / I. O. Mikul'onok, V. T. Voznyuk. – № u 2010 03423; zayavl. 24.03.10; opubl. 19.07.10, Byul. № 9.

4. Pat. 2509786 Rossijskaja Federacija, MPK (2012) С 08 L 23/06, С 08 К 7/02, С 08 J 5/04. Sposob poluchenija polimernoj kompozicii dlja trub / E. S. Petuhova, S. N. Popov, M. E. Savvinova, M. D. Sokolova, S. V. Solov'eva, L. Ja. Morova, patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut problem nefiti i gaza Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk. – № 2012118310/05 – zayavl. 03.05.2012; opubl. 20.03.2014, Bjul. № 31.

5. Pakharenko, V.O Pakharenko, V.V. and Yakovleva, R.A. (2012), Plastmasy v budivnytstvi [Plastics in construction], “Lira-K”, Kyiv, Ukraine.

6. Pat. 2428433 Rossijskaja Federacija, МКП⁶ С 08 L 23/06, С 08 F 2/18, С 08 F 10/02. Polimernaja kompozicija / Jan Dominik, Sibert Fabian, Amej Tomas F., zjavitel' i patentoobladatel' Ineos Mjen'jufekchuring Beldzhium. – № 2008112961/04.

7. Pat. 2465291 Rossijskaja Federacija, F 16 L 9/12, С 08 L 23/08, С 08 L 23/04, С 08 F 297/08. Sopolimer jetilena, kompozicija, vkljuchajushhaja sopolimer jetilena, sposob poluchenija sopolimera, primenenie sopolimera i truba / Pal'mlef Magnus, Turpejnen Tar'ja-Tuulikki, Jek Karl-Gustav, Pakkanen Anneli, Servern Dzhon, Bekkman Mats, zjavitel' i patentoobladatel' Borealis AG.

8. pod red. prof. Vlasova, K.P. (2002), Metody issledovanij i organizacija jeksperimentov [Research methods and organization of experiments], Gumanitarnyj centr, Har'kovd, Ukraine.

9. Hamhanov, K.M. (2001), Osnovy planirovanija jeksperimenta : metod. posob [Basics of experimental design: Manual], Ulan-Udje, Russia.

10. Ahnazarova, S.L. and Gordeev, L.S. (2003), Ispol'zovanie funkcii zhelatel'nosti Harringtona pri reshenii optimizacionnyh zadach himicheskoy tehnologii. Uchebno-metodicheskoe posobie [Using the desirability Harrington in solving optimization problems of chemical technology. Training handbook], RHTU im. D. S. Mendeleeva, Moscow, Russia.