

Література

1. Hickman, M. D. Transit Service and Path Choice Models in Stochastic and Time-Dependent Networks [Text] / M. D. Hickman, D. H. Bernstein // *Transportation Science*. — 1997. — Vol. 31, № 2. — P. 129–146. doi:10.1287/trsc.31.2.129
2. Schmöcker, J.-D. A quasi-dynamic capacity constrained frequency-based transit assignment model [Text] / J.-D. Schmöcker, M. G. H. Bell, F. Kurauchi // *Transportation Research Part B: Methodological*. — 2008. — Vol. 42, № 10. — P. 925–945. doi:10.1016/j.trb.2008.02.001
3. Nuzzolo, A. Schedule-based path choice models for public transport networks [Text] / A. Nuzzolo // *Proceedings of Advanced Course on Transit Networks*. — Rome, 2001. — 15 p.
4. Nuzzolo, A. A Doubly Dynamic Schedule-based Assignment Model for Transit Networks [Text] / A. Nuzzolo, F. Russo, U. Crisalli // *Transportation Science*. — 2001. — Vol. 35, № 3. — P. 268–285. doi:10.1287/trsc.35.3.268.10149
5. Tong, C. O. A schedule-based time-dependent trip assignment model for transit networks [Text] / C. O. Tong, S. C. Wong // *Journal of Advanced Transportation*. — 1999. — Vol. 33, № 3. — P. 371–388. doi:10.1002/atr.5670330307
6. Тормоса, Ю. Г. Ціни та цінова політика [Text] / Ю. Г. Тормоса. — К.: КНЕУ, 2001. — 122 с.
7. Дугіна, С. І. Маркетингова цінова політика [Text] / С. І. Дугіна. — К.: КНЕУ, 2005. — 393 с.
8. Лудченко, Я. О. Транспортна політика та управління попитом на послуги міського пасажирського транспорту [Електронний ресурс] / Я. О. Лудченко, І. М. Третяков // *Вісник Національного транспортного університету*. — 2012. — Вип. 26, Ч. 1. — С. 567–573. — Режим доступу: \www/URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_1_2013/567-573.pdf
9. Аналіз еластичності попиту і пропозиції на продукцію та послуги підприємства [Електронний ресурс] // *Бібліотека онлайн*. — Режим доступу: \www/URL: http://readbookz.com/book/147/4147.html
10. Еластичність попиту за ціною [Електронний ресурс] // *Студопедія*. — Режим доступу: \www/URL: http://studopedia.net/4_32932_elastichnist-popitu-za-tsinoyu.html
11. Прожиточный минимум (Украина) [Электронный ресурс] // *Финансовый портал МИНФИН*. — Режим доступа: \www/URL: http://index.minfin.com.ua/index/wage

ОЦЕНКА ЭЛАСТИЧНОСТИ СПРОСА НА УСЛУГИ ПРИГОРОДНОГО ПАССАЖИРСКОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Проведен аналіз факторів, впливаючих на формування пасажиропотоків. Исследованы закономерности распределения объема перевозок пассажиров между железнодорожным и автомобильным транспортом в пригородном сообщении. Установлено влияние параметров транспортного процесса на выбор пассажирами вида транспорта. Разработана регрессионная модель изменения доли пассажиров, которые отдадут предпочтение автомобильному транспорту от общего объема перевозок в пригородном сообщении.

Ключевые слова: транспортное обслуживание, пригородное сообщение, объем перевозок, тариф, спрос, эластичность.

Григорова Тетяна Михайлівна, кандидат технічних наук, докторант, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Україна, e-mail: tagrigorova@yandex.ru.

Давидіч Юрій Олександрович, доктор технічних наук, професор, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Україна, e-mail: kafedra_tsl@ukr.net.

Доля Віктор Костянтинівич, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Україна, e-mail: kafedra_tsl@ukr.net.

Григорова Татьяна Михайловна, кандидат технических наук, докторант, кафедра транспортных систем и логистики, Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, Украина.

Давидич Юрий Александрович, доктор технических наук, профессор, кафедра транспортных систем и логистики, Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, Украина.

Долья Виктор Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортных систем и логистики, Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, Украина.

Grigороva Tatyana, O. M. Beketov National University of Urban Economy, Ukraine, e-mail: tagrigorova@yandex.ru.

Davidich Yuri, O. M. Beketov National University of Urban Economy, Ukraine, e-mail: kafedra_tsl@ukr.net.

Dolya Victor, O. M. Beketov National University of Urban Economy, Ukraine, e-mail: kafedra_tsl@ukr.net

УДК: 664.126.43:681.51

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.44769

**Прокопенко Ю. В.,
Ладанюк А. П.**

ЗАСТОСУВАННЯ БАЗИ ЗНАТЬ ПРИ УПРАВЛІННІ КОМПЛЕКСОМ ВАКУУМ- АПАРАТІВ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Розглянуті і визначені загальні вимоги до складних систем керування технологічними комплексами. Розглянута структура бази знань інтелектуальної системи управління комплексом вакуум-апаратів періодичної дії. Розроблений метод побудови бази знань з використанням фреймових структур. Визначена структура, організація і взаємодія фреймових структур в ієрархічній системі.

Ключові слова: складна система, технологічний комплекс, вакуум-апарат, ситуаційне обчислення, фреймова модель знань.

1. Вступ

Існуючі системи управління масової кристалізації цукру не відповідають сучасним вимогам управління

багатокритеріальними технологічними комплексами. Для цього, останнім часом, розробляються системи інтелектуального управління, які базуються на методах ситуаційного управління. Головним елементом таких

систем повинна стати інтелектуальна база знань. Використання бази знань дає суттєвий ефект при управлінні складними системами, до яких відноситься продуктове відділення цукрового заводу.

При управлінні комплексом вакуум-апаратів періодичної дії необхідно враховувати ряд невизначеностей та виробничих ситуацій, які вникають при його функціонуванні.

Останнім часом (5–8 років) з'явилися роботи по використанню і активному впровадженню дискретних методів математики для вирішення таких задач. Але досвід їх застосування показав, що дискретні методи також мають ускладнення при побудові математичної залежності $Y = F(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ при реальній кількості вхідних параметрів ($n > 10-15$). Це викликано двома факторами:

- відсутність загальних методів вирішення дискретної задачі математики крім повного перебору немає;
- складні системи не являються стаціонарними. Вони увесь час «змінюються» і методи континуальної і дискретної математики не дають бажаного результату [1, 2].

Для побудови бази знань необхідно використовувати інтелектуальні методи.

Розробка бази знань для ситуаційних систем управління дозволить вирішити такі принципові питання:

- розширення функціональності і гнучкості системи ситуаційного управління;
- використання систем ситуаційного управління разом з базами даних дозволить створювати принципово нові агенти системи;
- спростити задачу побудови багаторівневих ієрархічних систем управління.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На цукрових заводах однією із ділянок, яку можна віднести до поняття складна система, є комплекс вакуум-апаратів періодичної дії, які відносяться до продуктового відділення цукрового заводу. На рис. 1 показана спрощена структурна схема комплексу вакуум-апаратів періодичної дії в структурі продуктового відділення цукрового заводу.

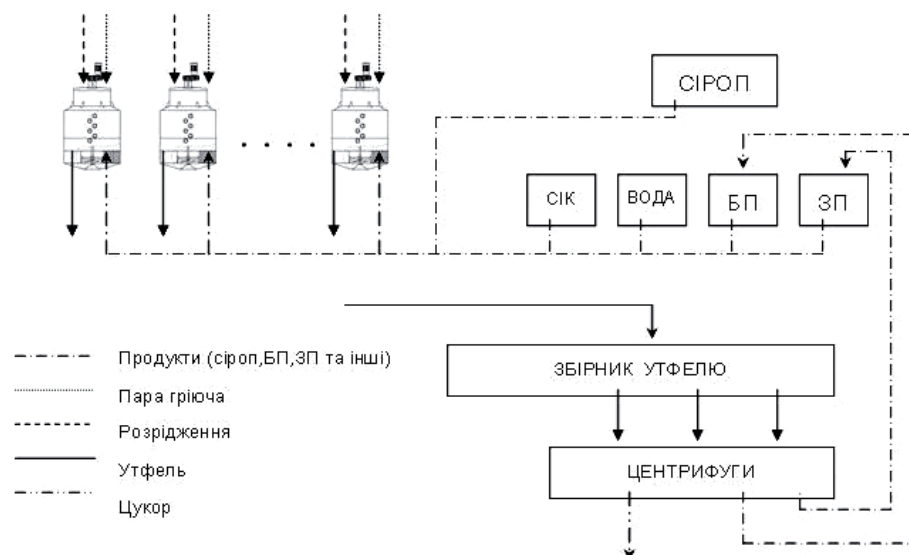


Рис. 1. Комплекс вакуум-апаратів періодичної дії в структурі продуктового відділення (спрощена схема)

Значення питання з'ясується з розгляду спрощеної схеми продуктового відділення і процесу масової кристалізації цукру першого продукту.

Підготовлений сироп цукру з вмістом сухих речовин 68–72 % з випарної станції, через проміжний збірник, подається до вакуум-апарату, де проводиться процес кристалізації цукру в розрідженому середовищі випарюванням води із утфелю. Постачання матеріалу для забезпечення росту кристалів виконується шляхом підкачок свіжих порцій сиропу. Випарювання води із утфелю виконується за допомогою пари, яка постачається випарною станцією. Зварений утфель випускають у збірник-кристалізатор, де відбувається додаткова кристалізація за рахунок охолодження. Потім утфель надходить у фільтруючі центрифуги, де кристали цукру відділяються від патоки (рідкої фази утфелю). Цукор направляється в сушильне відділення і на склад, а патока (відтік) далі у виробництво.

В загальних рисах процес масової кристалізації у вакуум-апаратах періодичної дії характеризується такими параметрами. Він складається з трьох загальних стадій:

- Початковий набір і згущення сиропу до стану перенасичення. Об'єм початкового набору апарату і ступінь перенасичення повинні забезпечувати необхідні умови для утворення і зростання потрібної кількості кристалів цукру.
- Заведення кристалів. У вакуум-апаратах періодичної дії найчастіше застосовується «шокове» введення затравки (пудра, паста, суспензія) для створення вибухоподібного процесу народження кристалів.
- Зростання кристалів. Після заведення кристалів, на стадії зростання, забезпечується ріст кристалічної маси за рахунок підкачок свіжого сиропу і випарювання води [3].

Це три основні стадії. Кожна стадія складається з декількох етапів, які не розглядаються в даній роботі.

Система управління кожного вакуум-апарату працює по своїй програмі, яка аналогічна для всіх апаратів. Виходячи з терміну «складна» система управління процесу масової кристалізації цукру відноситься саме до таких систем:

- кількість вхідних параметрів більше восьми;
- кількість вихідних параметрів (керування) три;
- відсутня формальна модель масової кристалізації цукру;
- система має всі ознаки динамічної. Постійна зміна параметрів продукту, грючої пари, розрідження в апараті, що змінює головні засади процесу кристалізації.

3. Об'єкт, мета і задачі дослідження

Об'єктом дослідження є комплекс вакуум-апаратів періодичної дії. Виходячи з опису і аналізу технологічного процесу ставиться задача розробити інтелектуальну базу знань для системи управління комплексом вакуум-апаратів, для масо-

вої кристалізації цукру. Виконавши аналіз задачі автори статті прийшли до висновку про доцільність розробки мультиагентної системи управління. Структура такої системи показана на рис. 2.

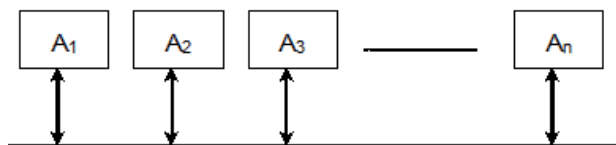


Рис. 2. Структура мультиагентної системи: $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ — незалежні агенти системи

Кожен із агентів (програма управління вакуум-апаратом періодичної дії) використовує однотипну модель опису середовища і алгоритм управління процесом масової кристалізації цукру, (агенти A_2, \dots, A_n), а агент A_1 (агент-субординатор) координує їх роботу в залежності від параметрів загального стану виробництва (стан випарної станції, відділення центрифуг, запасів продуктів для роботи (сироп, патока), стану кожного агента) [4, 5].

Метою дослідження є розробка бази знань для ситуаційної системи управління вакуум-апаратом періодичної дії, яка б використовувалась як модель реального середовища.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- розглянути методи побудови бази знань;
- визначити основні технологічні параметри процесу;
- розробити і побудувати фрейм бази знань для ситуаційної системи управління.

4. Матеріали і метод дослідження побудови бази даних

Як відмічалось вище, одним із важливих елементів агента є опис середовища об'єкта (база знань). Під описом середовища мається на увазі модель реального світу об'єкта. Для побудови бази знань в інтелектуальних системах використовується декілька методів: методи фреймів, логіка предикатів першого порядку, ситуаційне обчислення, онтології. Ситуаційне обчислення виходить з методу логіки предикатів першого порядку і представляє собою опис середовища в трьох площинах: категорії дій A , категорії ситуацій S , категорії об'єктів середовища D .

В даній статті розглядається структура організації бази знань за допомогою фреймів. Застосування фреймової моделі бази знань має такі переваги:

- розгалуженість типів фреймів: фрейми прототипи, фрейми технологій, фрейми продукцій, фрейми конфліктності, фрейми показників;
- гнучкість взаємодії фреймів між собою;
- простота побудови фреймів, яка базується на застосуванні мови природного середовища з подальшим переходом на мову представлення баз знань;
- можливість застосування дискретних ситуаційних моделей (ДСМ) для діагностики і побудовання фреймів продукцій, а також розробки сценаріїв.

Далі приводиться приклад розробки фрагменту бази знань агента управління вакуум-апаратом за допомогою фрейму технологій [6].

1. Опис процесу початкового набору вакуум-апарату і згущення сиропу у вакуум-апараті періодичної дії мо-

же виконуватися за допомогою спеціально розробленої опитувальної карти, або використовуючи природну мову опису [7].

Автори статті застосовують природну мову опису. Нижче приведений фрагмент опису середовища об'єкта.

При готовності вакуум-апарату до роботи і отриманні сигналу на початок роботи (може видаватися автоматично або оператором) відкривається дискретний клапан подачі сиропу в апарат і запускається інтервальний таймер підрахунку часу набору. При досягненні значення рівня набору 15 % необхідно ввімкнути циркулятор на мінімальні обороти. При досягненні 99 % заданого рівня набору поступово відкривається клапан подачі гріючої пари, щоб «не зірвати» тиск пари на випарній станції. При досягненні заданого рівня набору закривається клапан подачі сиропу і зупиняється таймер набору. Запам'ятовується значення СР на початку згущення і запускається секундомір часу згущення. Згущення ведеться до досягнення заданого значення СР сиропу. Якщо при згущенні знижується рівень в апараті, то робиться підкачка для доповнення рівня до заданого. При досягненні попереднього значення СР до заданої величини підкачки припиняються.

2. Визначення основних і додаткових технічних параметрів.

Основні параметри: початковий рівень набору сиропу в апараті, заданий рівень початкового набору в апараті, поточний рівень в апараті, значення рівня вмісту СР на кінець набору апарату.

Додаткові параметри: температура у вакуум-апараті, розрідження, тиск гріючої пари, швидкість обертів циркулятора, потужність на валу циркулятора.

3. Визначення інтервальних параметрів.

Час набору апарату граничний, час набору останній, час згущення сиропу до заданої величини вмісту СР, час згущення сиропу до заданої величини вмісту СР останній, кількість підкачок на згущенні.

4. Визначення додаткових відомостей.

Клапан подачі сиропу — дискретний, клапан подачі пари гріючої — аналоговий, клапан регулювання температури (розрідження) — аналоговий, пар подається повільно, оберти циркулятора на даному етапі — постійні, потужність електропривода циркулятора не повинна перевищувати 30 % від максимальної (регулюється обертами).

5. Побудова фрейму технологічного типу.

Для спрощення обробки, отриманих від експертів, даних будується структурна схема фрейму, де у вигляді дерева відображаються структуровані параметри технологічного об'єкта [8]. Застосування спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє автоматизувати цей процес.

5. Результати досліджень і розробки фрейму бази знань

На рис. 3 відображене вікно програми, за допомогою якої будується структурна схема технологічного фрейму.

У випадку застосування опитувальної карти для експерта також доцільно застосовувати структурну схему для більш детального відображення технологічних параметрів системи (рис. 4).

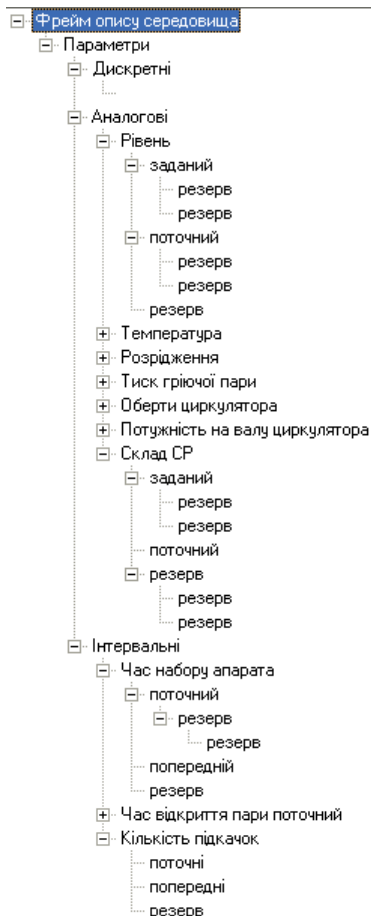


Рис. 3. Фрагмент структурної схеми технологічного фрейму

```

(НАБІР (СИРОП (Рівень (поточний ( ), заданий ( ), резерв ( )
(Температура (поточний ( ), заданий ( ), резерв ( ))
(Вміст СР (поточний ( ), заданий ( ), резерв ( ))
)
(АПАРАТ (Рівень (поточний ( ), заданий ( ), резерв ( ))
(Температура ( ), поточний ( ), заданий ( ), резерв ( ))
(Вміст СР (поточний ( ), заданий ( ), резерв ( ))
(Розрідження ( ), поточний ( ), заданий ( ), резерв ( ))
(Тиск пари (поточний ( ), заданий ( ), резерв ( ))
(Циркулятор оберти (поточний ( ), заданий ( ), резерв ( ))
(Циркулятор потужність(поточний ( ), заданий ( ), резерв(
))
)
(ТАЙМЕРИ (Час набору (поточний ( ), заданий ( ), останній ( ))
(Кількість підкачок (поточний ( ), заданий ( ), останній ( ))
(Час відкриття пари (поточний ( ), заданий ( ), останній ( ))
)
)
)

```

Рис. 4. Технологічний фрейм операції початкового набору

Наступною дією є кодування даних, які будуть розміщуватися у фреймі.

Наприклад:

НАБІР (ім'я фрейму) — I ; **СИРОП** (ім'я слоту) — S_i ; **Рівень**, **Температура**, **Розрідження** та інші (ім'я стільника) — f_i ; **поточний**, **заданий**, **резерв** (дані) — d_i ; **значення параметрів**, які поміщені в (), це коментарі — c_i .

Таким чином повідомлення, або значення параметрів у фреймі кодуються із застосуванням методу «пошук по зразку», що дає можливість не використовувати лічильники або індекси бази.

Повідомлення, яке знаходиться у першому коментарі до другого даного другого стільника сьомого слоту у фреймі з ім'ям I записується таким чином:

$$(I; s_2; f_1; d_2; c_1).$$

Це відповідає значенню параметра (коментар), що знаходиться у даних «заданий», стільника «Рівень», слоту «АПАРАТ», фрейму «НАБІР».

Однією з можливостей фреймової організації бази знань є можливість гнучкого додавання або видалення, а також зміни любого фрагмента фрейму [9].

6. Обговорення результатів роботи по розробці бази знань для агентної системи управління

Результатом проведеної роботи по розробці бази знань для агентної системи управління стали наступні висновки:

- розглянуті різні методи побудови бази знань, які підходять для поставленої задачі управління технологічним комплексом;

- за результатами аналізу об'єкту визначена будова бази знань — фреймова структура категорії об'єктів середовища типу **D**.

Отримані результати показали, що запропонована методика і структура бази знань містить в собі як переваги, так і недоліки. Переваги утворюються при використанні систем такого виду:

- добра інформативність опису процесу;
- універсальність. Можливість використовувати фреймові структури різних типів;
- можливість застосування в багаторівневих ієрархічних системах і комплексах;
- висока швидкість побудови.

Поряд з перевагами використання фреймових структур також виявлені і деякі недоліки розробленої структури:

- наявність сильної деталізації;
- використання структур такого типу тільки в складі систем ситуаційного управління;
- недостатність висвітлення питання розширення бази знань за допомогою сценаріїв.

Проведені роботи дозволили побудувати методик створення фреймових баз знань для використання з системами ситуаційного управління (агентні системи), які дозволяють використовувати методи інтелектуальних систем управління.

Наряду з цим цілий ряд питань потребує подальшого вирішення. Це питання інтеграції фреймових структур з іншими системами інтелектуального управління: нейронні мережі, нечіткі системи управління, синергетичні системи управління. Окремим стоїть питання імітаційного моделювання роботи бази знань [10].

Наведені результати проведеної роботи можуть бути розглянуті в подальших роботах, щоб підвищити якість використання фреймових структур баз знань.

7. Висновки

Результатом виконаної роботи стала розробка технологічного фрейму бази знань для системи ситуаційного управління (агентної системи) комплексом вакуум-апаратів періодичної дії.

В ході виконання робіт були розглянуті і вирішені такі питання:

- проведений аналіз існуючих моделей і принципів побудови бази знань;
- визначені технологічні критерії роботи вакуум-апарата періодичної дії;
- вперше розроблений фрагмент бази знань у вигляді технологічного фрейму для ситуаційної системи управління (агентної системи);
- визначена форма кодування запису інформації у фреймі, що дає можливість відмовитися від лічильників і індексації бази знань.

Подальший розвиток, доповнення і корекція бази знань на засадах фреймового підходу дасть можливість підвищити ефективність систем управління комплексом вакуум-апаратів періодичної дії, а також створення багаторівневих ієрархічних систем управління цукровим виробництвом.

Література

1. Ладанюк, А. П. Методи сучасної теорії управління [Текст] / А. П. Ладанюк, В. Д. Кишенько, Н. М. Луцька, В. В. Івашук. — К.: НУХТ, 2010. — 196 с.
2. Ладанюк, А. П. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навч. посіб. / А. П. Ладанюк, Я. В. Смітюх, Л. О. Власенко та ін. — К.: НУХТ, 2013. — 274 с.
3. Ладанюк, А. П. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст] / А. П. Ладанюк, В. М. Решетюк, В. Д. Кишенько, Я. В. Смітюх. — К.: Центр учбової літератури, 2014. — 280 с.
4. Котенко, И. В. Командная работа агентов в реальном времени [Текст] / И. В. Котенко, Л. А. Станкевич // Новости искусственного интеллекта. — 2003. — № 3(57). — С. 25–31.
5. Девятков, В. В. Системы искусственного интеллекта [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. В. Девятков. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. — 352 с.
6. Эндрю, А. Искусственный интеллект [Текст]: пер. с англ. / А. Эндрю. — М.: Мир, 1985. — 460 с.
7. Уэно, Х. Представление и использование знаний [Текст]: пер. с япон. / Х. Уэно, М. Исидзука; под ред. Х. Уэно. — М.: Мир, 1989. — 280 с.
8. Минский, М. Фреймы для представления знаний [Текст]: пер. с англ. / М. Минский. — М.: Энергия, 1979. — 130 с.
9. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление: теория и практика [Текст] / Д. А. Поспелов. — М.: Наука, 1986. — 380 с.
10. Петровский, А. Б. Теория принятия решений [Текст] / А. Б. Петровский. — М.: Академия, 2009. — 400 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КОМПЛЕКСОМ ВАКУУМ-АППАРАТОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Рассмотрены и определены общие требования к сложным системам управления технологическими комплексами. Рассмотрена структура базы знаний интеллектуальной системы управления комплексом вакуум-аппаратов периодического действия. Разработан метод построения базы знаний с использованием фреймовых структур. Определена структура, организация и взаимодействие фреймовых структур в иерархической системе.

Ключевые слова: сложная система, технологический комплекс, вакуум-аппарат, ситуационные вычисления, фреймовая модель знаний.

Прокопенко Юрій Володимирович, здобувач, кафедра автоматизації технологічних процесів, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, e-mail: yv_prokopenko@ukr.net, yv_prokopenko@mail.ru.

Ладанюк Анатолій Петрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації технологічних процесів, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, e-mail: ladanyuk@ukr.net.

Прокопенко Юрій Владимирович, соискатель, кафедра автоматизации технологических процессов, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Ладанюк Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Prokopenko Yuri, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: yv_prokopenko@ukr.net, yv_prokopenko@mail.ru. Ladanyuk Anatoly, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: ladanyuk@ukr.net

УДК 681.5.015:628.21

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.44779

**Дядюн С. В.,
Нестеренко Л. В.**

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ

В статье рассмотрена задача оптимального подбора состава агрегатов насосных станций при проектировании и реконструкции. Приведена постановка задачи, предложен метод ее решения. В качестве критерия оптимизации принято минимум суммы капитальных и эксплуатационных затрат на насосной станции на весь проектный период.

Ключевые слова: проектирование, реконструкция, критерий, трубопроводные системы, насосная станция, метод, оптимальный подбор.

1. Введение

Повышение качества и эффективности функционирования трубопроводных систем (ТС) возможно за счет

разработки и широкого применения ресурсосберегающих технологий проектирования и реконструкции ТС, в основе которых лежит использование современных математических методов и средств вычислительной техники.