

---

**Нізієнко Б.І., Бердник П.Г.**

### **МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ ДЛЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ**

*У статті запропоновано метод формалізації модальних висловлювань з використанням математичного апарату нечітких множин. Метод забезпечує підвищення достовірності результатів логічного висновку при виробленні рішень в експертних системах управління складними об'єктами.*

*Розроблений метод дозволить підвищити описові можливості розроблюваних апаратів формалізації знань, отримувати узагальнені результати можливості вирішення задачі управління на всіх етапах її рішення, що дозволить будувати гнучкі процедури вирішення завдань управління в різних умовах невизначеності.*

**Ключові слова:** *формалізації знань, математичний апарат нечітких множин, експертні системи управління, процедури.*

**Nizienko B.I., Berdник P.G.**

### **METHOD OF FORMALIZATION OF KNOWLEDGE FOR EXPERT SYSTEMS**

*In the article the method of formalization of modal utterances with the use of the mathematical apparatus of fuzzy logic is proposed. The method provides an increase in the reliability of the results of logical conclusion in the development of solutions in expert systems for managing complex objects.*

*The developed method will allow to increase the descriptive capabilities of the developed knowledge formalization apparatuses, to obtain generalized results of the possibility of solving the management problem at all stages of its solution, which will allow to build flexible procedures for solving management tasks under different conditions of uncertainty.*

**Keywords:** *formalization of knowledge, mathematical apparatus of fuzzy sets, expert control systems, procedures*

Рецензент: д.т.н., професор М.А. Павленко

УДК 623.765:681.513.6

**Бердник П.Г., Калмыков М.Н., Капранов В.О.**

### **ОСОБЛИВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

*Розглядаються питання пов'язані з проектуванням системи інформаційного забезпечення в автоматизованих системах управління при використанні системи підтримки прийняття рішення. У статті наведено, що існуючий перелік задач проектування системи інформаційного забезпечення не враховує використання система підтримки прийняття рішень, що в свою чергу обумовлює необхідність перегляду цього переліку.*

*Системний підхід до проектування інформаційних моделей дозволяє сформулювати принципи, на яких базуються всі основні процедури формування інформаційних моделей: відбір інформаційних ознак, їхній розподіл між окремими пристроями відображення, розміщення в межах інформаційного поля.*

**Ключові слова:** *системний підхід, системи інформаційного забезпечення, інформаційні моделі*

**Введення.** При розробці сучасних автоматизованих систем управління різного

---

призначення все частіше розробники зтикаються з необхідністю введення в склад спеціального і математичного забезпечення алгоритмів вирішення слабо структурованих задач. До таких задач можна віднести [1, 2]:

- виявлення та аналізу ситуацій, що виникають у ході функціонування автоматизованої системи управління (АСУ);
- вироблення варіантів рішень в ситуаціях, які не задані системі на етапі її розробки;
- виробка управляючих впливів в невизначених умовах обстановки (ситуаціях) та ін.

Можливим виходом з такої ситуації може бути введення до складу функціональних підсистем АСУ (комплексу засобів автоматизації (КЗА)) – інформаційно-аналітичної підсистеми, основою якої може служити система підтримки прийняття рішень (СППР) з використанням інтелектуальних методів обробки інформації.

СППР - це інформаційна (інформаційно-управляюча система [2, 3]), яка надає оператору АСУ можливості отримання, зберігання, відображення, представлення та обробки інформації відповідно до задач управління.

Під інтелектуальною системою розуміється система, яка забезпечує рішення неформалізованих (неструктурованих) або слабо структурованих завдань користувача в деякій предметній галузі з використанням методів штучного інтелекту та організовує його взаємодію з комп'ютером у звичних поняттях, термінах, образах [4]. В той же час інформаційно-управляюча система забезпечує рішення лише структурованих завдань.

З метою виділення завдань управління АСУ, для вирішення яких потрібне використання СППР як інтелектуальної системи, необхідно визначити, які з цих завдань є, по-перше, слабо структурованими (неструктурованими), і, по-друге, вирішуються у рамках зазначених можливостей СППР. З метою виділення таких завдань доцільно визначити, які з цих завдань є структурованими.

Слабо структурованими завданнями називають завдання, які вирішуються з використанням неформалізованих (неточних) знань, тобто знань, які є результатом, в першу чергу, узагальнення досвіду та інтуїції спеціалістів (експертів) [1-4] про предметну область.

До слабо структурованих завдань відносять ті, які мають одну або декілька наступних особливостей [4-5]:

алгоритмічне рішення завдання невідомо або не може бути використано через апаратні обмеження електронно-обчислювальної машини;

завдання не можуть бути визначені в чисельній формі (необхідне символічне позначення);

мета завдання не може бути виражена в термінах чітко визначеної цільової функції.

Також, як правило, слабо структуровані завдання мають такі риси, як неповнота, помилковість, неоднозначність та (або) суперечність знань (як даних, так і правил перетворення).

Для вирішення слабо структурованих завдань використовуються логіко-аналітичні методи (методи штучного інтелекту), або такі завдання, які мають логіко-аналітичний спосіб (характер) вирішення.

Структурованими завданнями називають завдання, які вирішуються з використанням формалізованих (точних) знань, тобто універсальних знань, які формулюються у вигляді загальних та точних суджень (законів, формул, алгоритмів тощо) [3-5].

Для вирішення структурованих завдань використовуються алгоритмічні методи (завдання мають алгоритмічний спосіб вирішення).

Виходячи з визначення слабо структурованих та структурованих завдань, перелічених відмінностей, характерних для слабо структурованих завдань, а також згідно переліку завдань управління визначимо групи завдань, для вирішення яких потрібне використання СППР [4].

Перша група завдань відноситься до класу завдань, що безпосередньо зв'язані з наповненням та корегуванням БД та традиційно мають алгоритмічний спосіб вирішення.

Друга група завдань відноситься до класу завдань, що зв'язані з відображенням інформації на АРМ та засобах колективного користування. Для вирішення цього класу завдань

теж традиційно використовуються алгоритмічні методи.

Третя група завдань відноситься до класу завдань, які вирішуються шляхом постановки формалізованих та неформалізованих команд управління.

Четверта група завдань відноситься до класу завдань прийому/передачі інформації та має алгоритмічний спосіб вирішення.

П'ята група завдань відноситься до класу завдань обробки інформації (розрахункові завдання). Для вирішення цих завдань, як правило, використовуються алгоритмічні методи. Але, якщо у ході вирішенні завдань використовується неповна, неоднозначна та (або) суперечлива інформація, то для вирішення цих завдань повинні використовуватися логіко-аналітичні методи [4].

Шоста група завдань відноситься до класу завдань розпізнавання ситуацій. Вирішення даного класу задач не можливо без використання методів штучного інтелекту.

Завдання контролю функціонування і діагностики стану технічних засобів комплексу засобів автоматизації відноситься до завдань розпізнавання ситуацій при функціонуванні технічних засобів.

Розглянутий перелік вирішуваних задач з використанням засобів автоматизації та СППР потребує детального аналізу процесу розробки таких систем. Типовий перелік задач, що вирішується при розробці таких систем приведений на рис. 1.

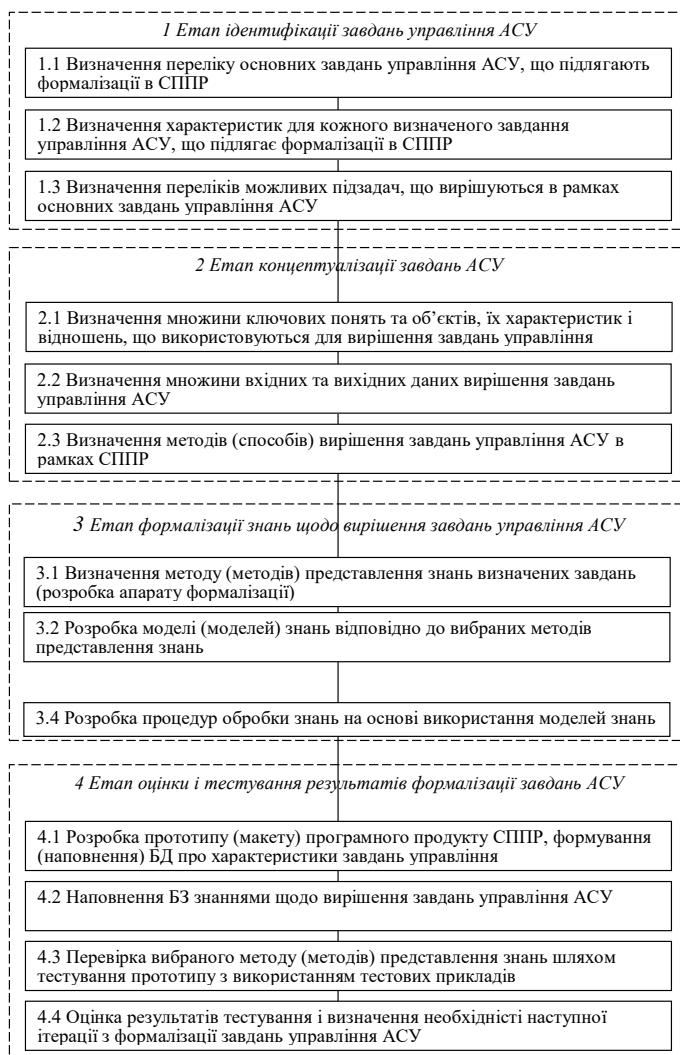


Рис.1. Методика формалізації завдань управління АСРК

При цьому розглянемо загальну структуру СППР [3-4]:

Якщо провести порівняльний аналіз між складом задач приведеним на рис.1 та складом

структурних компонентів СППР приведених на рис. 2, можна зазначити, що процес розробки СППР не передбачає вирішення такої задачі як розробка діалогового компоненту.

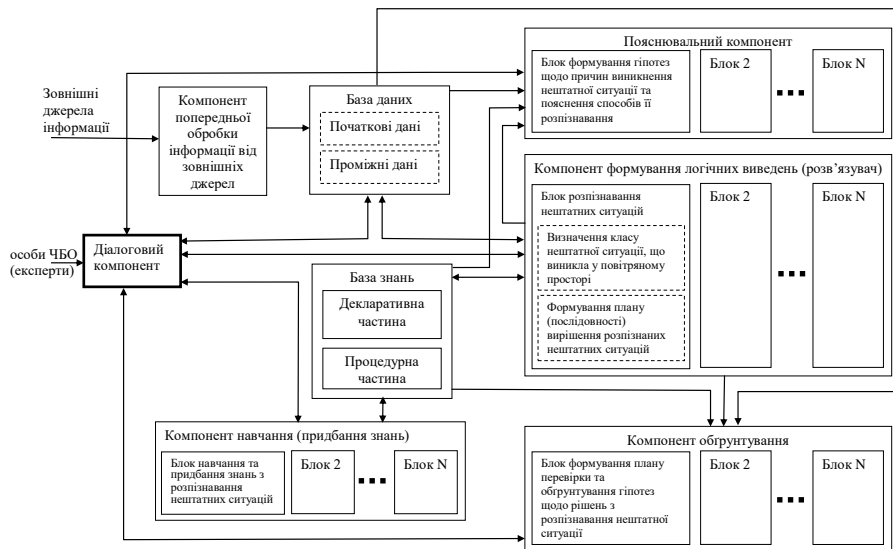


Рис. 2. Узагальнена структурна схема програмних компонентів СППР АСУ

При цьому, основним завданням СППР є інформаційна підтримка процесу виробки рішень оператором АСУ. Але використання СППР розуміє під собою те, що оператор працює в складній обстановці при неповній та неточній інформації, що досить часто приводить до стресових умов роботи оператора. В таких умовах підвищується інформаційне навантаження на оператора, а прийняті рішення можуть потягти за собою значні збитки різної природи (матеріальні, людські та ін.).

В таких умовах на перший план виходять задачі інформаційного забезпечення діяльності оператора АСУ. Під такими задачами розуміються задачі пов'язані з побудовою формуванням та модифікацією інформаційних моделей (ІМ), як колективного, так і індивідуального використання. А це важливе питання як раз і залишається поза межами інтересів розробників СППР. Але від того наскільки ІМ буде відповідати ергономічним вимогам до їх побудови та бути при цьому інформативною в значній мірі буде залежати те, чи зможе оператор виконувати свої обов'язки в різних умовах обстановки.

**Аналіз літератури.** Дослідженню методів створення і управління ІМ при організації інформаційної підтримки процесу прийняття рішення присвячені роботи [7-9]. Розглянемо ці методи.

Текстові ІМ [1,3] використовуються при відображенні статичної інформації. Основним завданням таких простих інформаційних моделей є подання статичних текстових даних, необхідних у процесі роботи оператора. Прикладом таких ІМ можуть бути інструкції, алгоритми роботи, переліки розв'язуваних завдань, представлені операторові у вигляді текстових документів.

Алгоритмічні методи створення і управління ІМ [7] дозволяють сформувати моделі, що відбивають алгоритм діяльності оператора, вони у свою чергу підрозділяються на інформаційно-логічні і командно-інформаційні. Ці моделі використовуються для управління одним складним об'єктом, наприклад, енергоблоком, ядерним реактором і т.і.

По способу відтворення інформації і застосовуваному методу управління ІМ можна виділити [8] образотворчий підхід до відображення інформації без обліку алгоритму діяльності оператора. Недоліками цього підходу до створення ІМ є: ІМ відбиває інформацію, необхідну для рішення 1-2 завдань управління; відображувана інформація не відповідає логіці роботи оператора; аналіз моделі вимагає великих витрат часу.

Наступний метод управління ІМ, заснований на образотворчому підході до відображення інформації з обмеженим обліком алгоритму діяльності оператора [9]. Такий

---

підхід дозволяє створювати більш досконалі ІМ у порівнянні з методом розглянутим вище. Недоліками такого підходу є: обмежена кількість програм управління ІМ; не реалізована підтримка розпізнавання оперативних ситуацій; не передбачена можливість адаптивного управління параметрами відображення ІМ; реалізована підтримка діяльності оператора по обмеженому набору алгоритмів рішення завдань управління.

Таким чином, питання пов'язані зі створенням системи інформаційного забезпечення (множини ІМ) оператора з урахуванням особливостей його роботи в умовах використання СППР в літературі не розглянуто, що вимагають проведення досліджень в напрямку виявлення часткових задач розробки ІМ та методів управління ними з урахуванням використання СППР.

**Ціль.** Визначити та обґрунтувати перелік задач, вирішення яких необхідне для розробки системи інформаційних забезпечення (СІЗ) діяльності оператора АСУ за умовою використання СППР.

**Основна частина.** В існуючих АСУ при розробці СІЗ головна увага була приділена антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним особливостям оператора [7-9]. Це, у свою чергу, визначило структуру СІЗ, склад засобів відображення, набір ІМ і форм подання інформації. Всі перераховані складові розроблялися з погляду адаптації процесів обробки інформації в КЗА до оператора, тобто оператору представляється та інформація, що оброблена в КЗА, без обліку [9]:

- необхідності даної інформації оператору;
- можливостей оператора по обробці інформації;
- способів обробки інформації оператором;
- відповідності інформації завданням, які він вирішує;
- умов діяльності оператора;
- обстановки, що складається.

При проектуванні ІМ існуючих КЗА не здійснювався аналіз інформаційних потреб ОПР при рішенні тих або інших завдань управління [8]. ІМ існуючих КЗА відображає однаковий набір ІМ у незалежності від умов її функціонування (черговий режим, режим аварійного функціонування тощо), що не відповідає діяльності оператора у тих або інших умовах і завданням які він вирішує [4-9].

Таким чином, метод синтезу ІМ для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеної повинен містити в собі наступні складові:

- аналіз інформаційного забезпечення процесу оцінки обстановки оператором;
- визначення переліку інформаційних ознак (ІО), що забезпечують процес ухвалення рішення і обґрунтування складу інформаційних елементів, представлених на засобах відображення інформації (ЗВІ), які забезпечать оперативну оцінку інформації;
- ІМ, що забезпечують інформаційну підтримку прийняття рішень по оцінці обстановки;
- розробка вимог до форми подання інформаційних елементів (ІЕ), які б найбільше повно відповідали характеру діяльності ОПР в ході його діяльності.

Далі не будемо розглядати підсистеми збору обробки й передачі інформації про ПО, а під СІЗ - будемо розуміти множину ІМ й сукупність засобів введення й відображення інформації індивідуального й колективного користування.

Розробка ІМ передбачає вирішення великої кількості задач більшість яких наведена на рис. 3 [4-5].

Принципи проектування ІМ розглянуті в роботах [3, 4, 6]. Варто відмітити, що ці принципи розроблені відносно тих ІМ, структура яких стійка (ІМ стану технічних засобів системи). Багато які з них можуть бути реалізовані й у ІМ АСУ з СППР. Принципи, розглянуті в літературі, не систематизовані, а іноді мають неоднозначне тлумачення.

Використання в АСУ СППР впливає на такі процеси, як: виробка рішень та розподіл задач між оператором та КЗА. Це в свою чергу впливає на склад та призначення ІМ, зміну (розширення) складу ІО та ІЕ. В свою чергу виникає ряд задач відображення інформації та управління інформаційними моделями в умовах використання СППР, яка може оперувати неповними, нечіткими поняттями, і виробляти рішення як чисельного (кількісного) характеру,

так і якісного характеру (наприклад – можливо, багато, можливо з ступенем впевненості 0,8).

Результати аналізу робіт у предметній області "інформаційне забезпечення діяльності оператора" [4 - 8] дозволяють сформулювати положення, яке можна вважати визначальним при проектуванні ІМ. Інформаційні моделі і їхні фрагменти повинні забезпечувати не тільки ефективний пошук і сприйняття інформації про проблемну ситуацію, але й формування оперативного образу цієї ситуації у свідомості оператора, тобто її концептуальної моделі. В такому разі, необхідно використовувати можливості СППР по формуванню якісних оцінок та узагальнюючих характеристик. Це в свою чергу призводить до необхідності вирішення задач розробки алфавітів кодування інформації про якісні відмінності середовища, поняття (багато, напрямок, можливість), комплексні елементи, які характеризують обстановку з підлеглими задачами та чинниками.



Рис. 3. Перелік задач, що вирішуються при розробці системи інформаційної підтримки прийняття рішень (множини ІМ)

Таким чином до складу задач розробки ІМ необхідно на ряду з існуючими задачами (рис.3) ввести наступні:

- визначення розподілу задач між оператором та КЗА з урахуванням задач, що вирішуються СППР;

- виявлення задач, що вирішуються СППР та встановлення понять, якими вони оперують та формування алфавіту їх кодування;
- визначення інформаційної «ємності» засобів відображення;
- визначення «інформаційної» ємності інформаційних ознак та понять, якими оперує СППР та їх погодження з можливостями оператора;
- уточнення алгоритмів роботи оператора в умовах використання СППР. Врахування загальної невизначеності результатів роботи СППР, особливо в критичних умовах функціонування;
- узгодження можливостей оператора по переробці інформації та інформаційної ємності засобів інформації та інформаційних моделей.

Таким чином уточнений перелік задач, вирішення яких необхідно при розробці СІЗ при веденій на рис.4.



Рис.4. Уточнений перелік задач, що вирішуються при розробці системи інформаційної підтримки прийняття рішень (множини ІМ)

Таким чином, аналіз задач по розробці СІЗ діяльності оператора АСУ з використанням СППР показав, що існуючий перелік задач не враховує використання СППР, що в свою чергу обумовлює необхідність перегляду цього переліку. Перегляд переліку задач показує, що дані задачі в такому розумінні не формулювалися і відповідно не вирішувалися.

Даний перелік задач не можна розглядати як раз і назавжди встановлену догму. Враховуючи те, що в процесі експлуатації СППР є етапи її модифікації, то і процес створення та вдосконалення СІЗ повинен носити циклічний характер та враховувати набутки СППР. Приклад такого процесу модифікації наведений на рис. 5.

**Висновки.** Системний підхід до проектування ІМ дозволяє сформулювати принципи, на яких базуються всі основні процедури формування ІМ: відбір ІО, їхній розподіл між окремими пристроями відображення, розміщення в межах інформаційного поля, тощо.

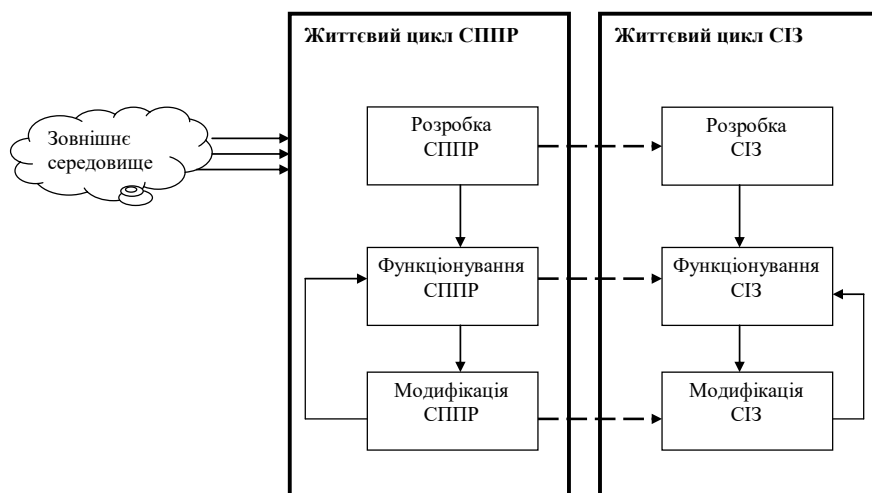


Рис.5. Етапи життєвого циклу СІЗ в залежності від СППР

Реалізацію цього положення на практиці можна забезпечити, якщо при проектуванні ІМ повною мірою врахувати основні ергономічні принципи проектування [7-9] та особливості діяльності оператора в умовах використання АСУ, побудованих з використанням різних підходів.

Використання при побудові АСУ СППР призводить до необхідності переосмислення діяльності оператора, а як слідство до перегляду переліку задач розробки СІЗ та пошуку рішень тим задачам, що сформульовані вперше, або раніше в даній області не розглядалися. Таким чином, при розробці СППР вже на етапі проектування необхідно притягувати спеціалісті з ергономіки. Це дозволить розробляти СІЗ яка б відповідала як ергономічним вимогам, так і повністю використовувати всі можливості СППР по обробці інформації та представлення її оператору.

Вирішення розширеного переліку задач розробки СІЗ дозволить врахувати особливості діяльності оператора в умовах розробки перспективних АСУ та використання в них СППР.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Айламазян А.К. Информация и информационные системы. – М.: Радио и связь, 1982. – 160 с.
2. Искусственный интеллект: В 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы: Справочник /Под. ред. Э.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.
3. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления /В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров и др. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.



4. Герасимов Б.М., Дивизинюк М.М., Субач И.Ю. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности. – Севастополь: Издательский центр, 2004. – 318 с.
5. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. – 183 с.
6. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 288 с.
7. Низиенко Б.И., Павленко М.А., Шило С.Г., Бердник П.Г. Разработка метода адаптивного управления информационными моделями в подсистеме информационного обеспечения процесса принятия решения по управлению сложными динамическими системами // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ.- 2004.- Вип. 11(39).- С. 126-132.
8. Павленко М.А., Александров А.В., Бердник П.Г., Першин А.В. Обоснование структуры информационной модели АРМ оператора АСУ специального назначения // Проблеми інформатики і моделювання. Матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції. – Х.: НТУ ХПІ, 2005. – С. 32.
9. Першин А.В., Павленко М.А., Александров А.В. Анализ процесса взаимодействия пользователя с экспертной системой // Проблеми інформатики і моделювання. Матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції. – Х.: НТУ ХПІ, 2005. – С. 32.

**П. Г. Бердник, М.Н. Калмыков, В.А. Капранов**

### **ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

*Рассматриваются вопросы, связанные с проектированием системы информационного обеспечения в автоматизированных системах управления при использовании системы поддержки принятия решения. В статье приведены, что существующий перечень задач проектированием системы информационного обеспечения не учитывает использования система поддержки принятия решений, что в свою очередь обуславливает необходимость пересмотра этого перечня.*

*Системный подход к проектированию информационных моделей позволяет сформулировать принципы, на которых базируются все основные процедуры формирования информационных моделей: отбор информационных признаков, их распределение между отдельными устройствами отображения, размещенные в пределах информационного поля.*

***Ключевые слова:** системный подход, системы информационного обеспечения, информационные модели*

**P. Berdник, M. Kalmykov, V. Kapranov**

### **PECULIARITIES OF INFORMATION MODELS IN SOLUTION SUPPORT SYSTEMS**

*Issues related to the design of the information support system in automated control systems using the decision support system are considered. The article states that the existing list of tasks for the design of the information support system does not take into account the use of the decision support system, which in turn necessitates the revision of this list.*

*The system approach to the design of information models allows us to formulate the principles on which all the basic procedures for the formation of information models are based: the selection of information features, their distribution between individual display devices, placement within the information field.*

***Key words:** system approach, systems of informational support, information models*

Рецензент: д.т.н., профессор М.А. Павленко