

## МЕТОД НЕЧІТКОГО ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦЬ ПОВНОЇ КЕРОВАНОСТІ ГІДРОПРИВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН ЗА РАХУНОК ВЛАСНИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ ЙОГО ПЛАНОВОГО РОЗВИТКУ

Леонід Пелевін<sup>1</sup>, Микола Карпенко<sup>1</sup>, Валерія Чемерис<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури,  
03680, Повітофлотський просп. 31, Київ, Україна, e-mail: karpenko\_knuba@ukr.net

<sup>2</sup> Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса, LT-10223,  
вул. Саулетекіо 11, м. Вільнюс, Литва, e-mail: valerija.chemerys@vgtu.lt

## METHOD OF UNCLEAR DEFINITION THE BORDER OF TOTAL CONTROLLABLY THE HYDRAULIC DRIVE OF CONSTRUCTION MACHINERY FROM ITS OWN RESOURCES IN TERMS OF ITS PLANNED DEVELOPMENT

Leonid Pelevin<sup>1</sup>, Mykola Karpenko<sup>1</sup>, Valeriia Chemerys<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kyiv National University of Construction and Architecture, 03680, Povitoflotskyi Prospect 31, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Vilnius Gediminas Technical University, LT-10223, Sauletekio ave. 11, Vilnius, Lithuania

**АНОТАЦІЯ.** У статті розглянуто проблему ймовірного підходу для розв'язку задачі визначення границь повної керованості гідроприводу будівельних машин за рахунок власних ресурсів. Для її вирішення запропоновано метод, який на основі правил нечітких параметрів для будь-якого  $T$ -го часу функціонування приводу дозволяє визначити «довжину» інтервалу його повного керування за рахунок власних ресурсів на  $T + t_i$ -му часовому проміжку його планового розвитку. Наведено приклад нечіткого логічного виведення «довжини» інтервалу, на основі якого зроблено висновок щодо можливостей повної керованості приводу.

**Ключові слова:** керованість, гідропривід, інтервал, будівельні машини, часовий проміжок.

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрена проблема вероятностного подхода для решения задачи определения границ полной управляемости гидропривода строительных машин за счет собственных ресурсов. Для ее решения предложен метод, который на основе правил нечетких параметров для любого  $T$ -го времени функционирования привода позволяет определить «длину» интервала его полного управления за счет собственных ресурсов на  $T + t_i$ -м временном промежутке его планового развития. Приведен пример нечеткого логического вывода «длины» интервала, на основе которого сделан вывод о возможностях полной управляемости поводу.

**Ключевые слова:** управляемость, гидропривод, интервал, строительные машины, временной промежуток.

**ABSTRACT. Purpose.** In the article the problem of probabilistic approach to solving the problem of determining the boundaries of controllability full hydraulic construction machinery from their own resources. **Methodology/approach** Proposed a method that is rule-based of fuzzy productions for any operation over time to determine the "length" of its full range of management from its own resources at  $t$  time interval its planned development. **Findings.** Defined boundary controllability complete hydraulic drive construction machinery from its own resources. **Research limitations/implications.** Based on the research can be designed new hydraulic construction machines with efficient use of energy flows. **Originality/value.** Research in this area will increase the efficiency of energy flows in the hydraulic drive construction machines.

**Key words:** control, hydraulic, spacing, construction machines, the time period.

### ВСТУП

З кожним роком йде постійне удосконалення та оптимізація будівельної техніки, її робочих органів та приводів. У час «обмежених ресурсів» постає актуальним питання максимальної ефективності використання затраченої енергії, завдяки чому постійно розробляються все нові і нові машини з декількома робочими органами з розширеними приводами управління рис. 1 [1].

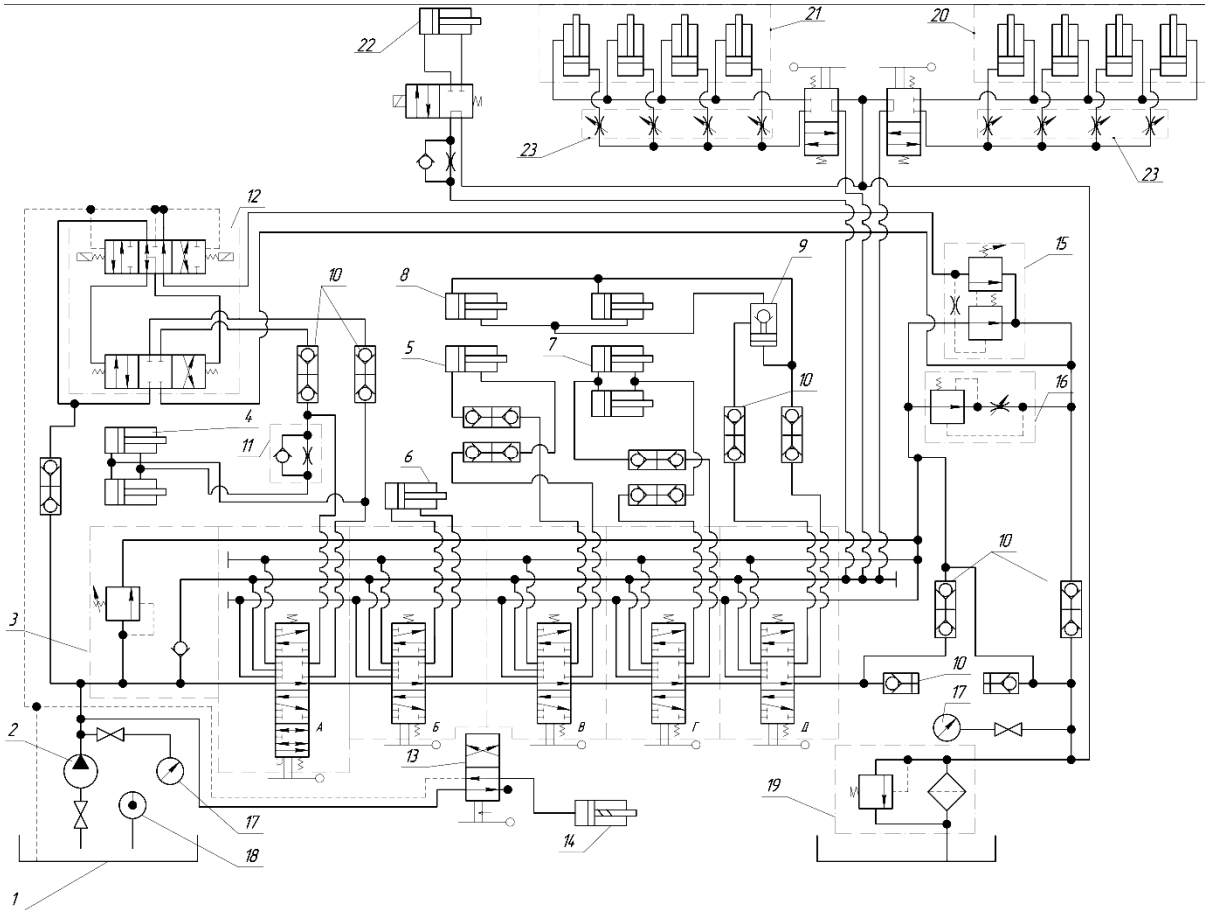
В той же час мало приділяється уваги ефективному управлінню гідроприводами будівельних машин, які, розвиваючись, стають більш складними та менш передбачуваними із зростаючою кількістю невизначеностей. Для успішного виконання поставлених цілей при проектуванні необхідно розробляти нові стратегії управління приводами, які спрямовані на можливість частих нововведень, гнучкість, ефективно розподілення потоків та зменшення фінансових витрат.

МЕТА РОБОТИ

Побудова алгоритму нечіткого логічного виведення «довжини області керованості» гідравлічного приводу будівельних машин на  $T+t_i$ -му часовому етапі його функціонування за рахунок власних ресурсів визначених на  $T$ -му часовому етапі його планового розвитку.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Спіральна модель управління, запропонована в [2], найбільш забезпечує управління гідроприводом у відповідності до обраної стратегії шляхом розбиття на послідовні ітерації - витки спіралі, де кожен виток містить всі фази проектування, а саме, ініціалізацію, проектування, конструю-



**Рис. 1.** Гідравлічна схема бульдозера-розпушувача

1 – бак; 2 – насос постійної подачі; 3 – секційний розподільник; 4 – гідроциліндри підйому і опускання відвалу бульдозера; 5, 6 – гідроциліндри нахилу і перекосу відвалу; 7 – гідроциліндри блокування підвіски ходового механізму гусеничного рушія; 8 – гідроциліндри підйому і опускання рами розпушувача; 9, 10 – гідрозамок; 11 – дросель зі зворотним клапаном; 12 – трипозиційний золотник з електрогідравлічним керуванням; 13 – двопозиційний золотник; 14 – гідроциліндр односторонньої дії з пружинним поверненням; 15 – додатковий запобіжний клапан; 16 – дросель з регулятором; 17 – манометри; 18 – термометр; 19 – фільтр з переливним клапаном; 20 – вібророзбудники відвалу; 21 – вібророзбудники динамічних зубів розпушувача; 22 – гасник динамічних коливань; 23 – блок регульованих дроселів

**Fig. 1.** The hydraulic circuit bulldozer-ripper

1 – tank; 2 – pump a constant supply; 3 – sectional distributor; 4 – hydraulic lifting and lowering the blade bulldozer; 5, 6 – hydraulic tilt and skew blade; 7 – lock suspension cylinders navigation mechanism caterpillar mover; 8 – hydraulic lifting and lowering a ripper frame; 9, 10 – hidro lock; 11 – Throttle with return valve; 12 – three-position valve with electro-power management; 13 – two-position valve; 14 – cylinder single-acting with spring revert; 15 – additional safety valve; 16 – throttle with regulator; 17 – pressure gauges; 18 – thermometer; 19 – filter with overflow valve; 20 – vibrofeeders dump; 21 – vibrofeeders dynamic ripper teeth; 22 – quencher dynamic fluctuations; 23 – block variable throttle

вання, випробування і закінчується експлуатацією.

Для реалізації такого підходу на кожному  $i$ -му витку спіралі необхідно визначити границі можливостей по управлінню приводом за рахунок власних ресурсів на  $i+1$ -му витку.

Розв'язок такої задачі з позицій ймовірного підходу було запропоновано в роботі [3]. Згідно цьому підходу стан приводу на  $T$ -му часовому етапі функціонування характеризують величини  $q_i$ ,  $Q_e^{(3)}$ ,  $Q_e^{(u)}$  де  $q_i$  витрати на  $i$  - й ділянці приводу,  $Q_e^{(3)}$  - витрати, що отримує джерело запасів продукту (бак робочої рідини) БРР, розташовано в  $e$  - й вершині,  $Q_e^{(u)}$  - витрати, що отримує споживач, розташований в  $e$  - й вершині.

Умовою повної працездатності приводу є виконання ним для споживачів технологічних вимог, тобто

$$q_{i,\min} \leq q_i \leq q_{i,\max}; \quad (1)$$

$$h_{i,\min} \leq h_i \leq h_{i,\max}, \quad (2)$$

де обмеження (1) і (2) визначають область керованості  $\Omega(\vec{q})$  приводу за рахунок власних ресурсів на  $T$ -му часовому етапі його функціонування.

В процесі прогнозованого розвитку випадкові величини  $q_i^*$ ,  $Q_e^{(3)*}$ ,  $Q_e^{(u)*}$  пов'язані співвідношеннями

$$q_i^* = \alpha_i q_i; \quad Q_e^{(3)*} = \beta_e Q_e^{(3)}; \quad Q_e^{(u)*} = \varepsilon_e Q_e^{(u)},$$

де  $\alpha_i, \beta_e, \varepsilon_e$  - параметри невідповідних величин, які відображають зміни внутрішньої структури.

Область керованості  $\Omega(\vec{q}^*)$  на  $T+t_i$ -му часовому етапі функціонування як по потоку, так і по тиску описуються виразами

$$q_{i,\min}^* \leq q_i^* \leq q_{i,\max}^*; \quad (3)$$

$$h_{i,\min}^* \leq h_i^* \leq h_{i,\max}^*. \quad (4)$$

Зміни області керованості обумовлені ентропією безперервного розподілу ймові-

рностей змінної  $q_i$ , яка з класичного визначення [4] ентропії безперервного розподілу ймовірностей змінних  $q_1(t_0), \dots, q_n(t_0)$  має вигляд

$$H = \log_2 \sqrt{(2\pi e)^n |K|}, \quad (5)$$

де  $|K|$  – визначник матриці кореляції  $K$ , елементи якого відбивають ступінь залежності між математичним очікуванням та дисперсією витрат потоку у гілках приводу, що визначають ймовірнісні стани приводу. Оскільки отримати числові значення елементів визначника коваріаційної матриці на етапі проектування для споживачів і джерел неможливо [5] (їх можна визначити лише експериментально в процесі експлуатації, вимірявши значення випадкових величин у різні моменти часу на входах та виходах системи, а далі статистично обробивши їх), то на практиці для формування коваріаційної матриці вдаються до досвіду експертів. Апарат теорії нечітких множин та нечітких системи є більш ефективним інструментом для розв'язку задач, де для пошуку рішень застосовуються експертні знання та оцінки [5].

Застосуємо нечіткий підхід та розробимо метод визначення границь можливостей по управлінню приводом на  $T+t_i$ -му часовому етапі його функціонування за рахунок власних ресурсів, визначених на  $T$ -му часовому етапі його планового розвитку.

Розглянемо теоретичні аспекти побудови алгоритму нечіткого логічного виведення. Алгоритм нечіткого логічного виведення визначається наступними кроками [6].

1. Перетворення чітких вхідних змінних на нечіткі, тобто визначення ступеня відповідності входів кожній із нечітких множин.

2. Обчислення правил нечітких продукцій на основі використання нечітких операторів та застосування імплікації для отримання вихідних значень правил.

3. Агрегування нечітких виходів правил у загальне вихідне значення.

4. Перетворення нечіткого виходу правил на чітке значення.

Перетворення чітких вхідних змінних на нечіткі здійснюється на основі синглетон-

ної моделі. Синглетон чіткого значення  $x_s$  є нечітка множина.

$$T = \{x_1 / \mu_T(x_1), \dots, x_m / \mu_T(x_m)\}, \quad (6)$$

де  $\mu_T(x)$  - функція належності кожного  $x$  множині  $T$ .

Під правилами нечітких параметрів (або просто нечітким параметром) розуміють вираз виглядом:  $(i) : Q; P; A \Rightarrow B, S, F, N$ , в якому всі компоненти визначені, за винятком того, що умова ядра (антецедент)  $A$  і висновок ядра (консеквент)  $B$  становлять нечіткі лінгвістичні висловлювання вигляду  $\beta \in \alpha$ , де  $\beta$  - найменування лінгвістичної змінної, а  $\alpha$  - її значення, якому відповідає окремий лінгвістичний терм з базової терм-множини  $T$  лінгвістичної змінної  $\beta$ .

База правил нечітких параметрів становить кінцеву множину правил нечітких параметрів, що погоджені відносно використовуваних в них лінгвістичних змінних. База правил вважається заданою, коли визначено множину правил нечітких параметрів  $R = \{R_k | k = 1..N\}$ , множину вхідних лінгвістичних змінних  $T = \{T_t | t = 1..M\}$  і множину вихідних лінгвістичних змінних  $B = \{B_t | t = 1..M\}$ .

Правила  $R$  акумулюють знання у вигляді нечіткої імплікації  $R = T \rightarrow B$ , яку можна розглядати як нечітку множину на декартовому добутку носіїв вхідних та вихідних розмитих множин. Процес отримання нечіткого результату  $B'$  з нечітких вхідних множин  $T'$  на основі знань  $T \rightarrow B$  можна зобразити у такому вигляді:

$$B' = T' \bullet R = T' \bullet (T \rightarrow B), \quad (7)$$

де  $\bullet$  - композиційне правило нечіткого виведення.

Для кожного правила визначається рівень його істинності  $\alpha_k$  стосовно входів. Рівень істинності є дійсним числом, яке характеризує ступінь відповідності нечітких входів системи  $T'_i, i = 1..n$  заданим у правилах нечітким множинам  $T_{i,j}, j = 1..m_i$ :

$$\alpha_k = \min_{i=1}^n \left[ \max_{X_i} (T'_i \wedge T_{i,j}) \right], \quad (8)$$

де  $X_i$  - простір визначення входів  $T'_i, i = 1..n$ ; операція  $\wedge$  - нечітка кон'юнкція.

Кожне із правил є нечіткою імплікацією, яка визначає вихідне значення залежно від рівня істинності лівої частини правила. Нечітка імплікація за Мамдані визначається як мінімум лівої й правої частин:

$$B'_k = \min(\alpha_k, B_k), \quad k = 1..N. \quad (9)$$

Завершальним етапом є агрегування виходів правил - нечітка диз'юнкція вихідних множин:

$$B'_k = \max(\alpha_k, B'_k), \quad k = 1..N. \quad (10)$$

Після визначення індивідуальних виходів правил здійснюється дефазифікація агрегованого виходу. В загальному етап дефазифікації є необов'язковим і в даній статі не буде застосований.

Побудуємо алгоритм нечіткого логічного виведення «довжини інтервалу керованості» приводу.

Прийmemo, що множина вхідних змінних описується лінгвістичними змінними  $T = \{T_1, T_2\}$ , де  $T_1$  - «зміни координат витрат, що отримує споживач, розташований в  $e$ -й вершині,  $Q_e^{(u)}$ »,  $T_2$  - «зміни координат витрати, що отримує БРР, розташоване в  $e$ -й вершині,  $Q_e^{(s)}$ », які визначаються на універсальній множині  $[0..1]$  і складаються з термів: "низькі", "середні", "високі". Вихідною лінгвістичною змінною є «довжина інтервалу керованості», що визначатиметься на універсальній множині  $[0..1]$  і складатиметься з термів: «коротка», «середня», «довга».

Функції належності вхідних змінних  $T = \{T_1, T_2\}$  визначають нечіткі значення «низькі», «середні», «високі» наступними нечіткими множинами:

$$\mu_{\langle\text{низькі}\rangle}(x) = e^{-\frac{(x-0,2)^2}{0,08}} = T_{\langle\text{низькі}\rangle} = \{0/0,61; 0,2/1; 0,4/0,61; 0,6/0,14; 0,8/0,01; 1/0\};$$

$$\mu_{\langle\text{середні}\rangle}(x) = e^{-\frac{(x-0,5)^2}{0,08}} = T_{\langle\text{середні}\rangle} = \{0/0,04; 0,2/0,32; 0,4/0,88; 0,6/0,88; 0,8/0,32; 1\};$$

$$\mu_{\langle\text{високі}\rangle}(x) = e^{-\frac{(x-0,7)^2}{0,08}} = T_{\langle\text{свисокі}\rangle} = \{0/0; 0,2/0,04; 0,4/0,32; 0,6/0,88; 0,8/0,88; 1/0,32\}$$

Вихідна змінна «довжина інтервалу керуваності» описується нечіткими множинами:  $T_{\langle\text{коротка}\rangle} = \{0/0; 0,2/0; 0,4/0; 0,6/0,5; 0,8/0,8; 1/0\};$

$T_{\langle\text{середня}\rangle} = \{0/0; 0,2/0; 0,4/0,3; 0,6/0,5; 0,8/0,8; 1/0\};$

$T_{\langle\text{довга}\rangle} = \{0/0; 0,2/0,2; 0,4/0,3; 0,6/0,5; 0,8/0,8; 1/0\}.$

Для вироблення нечіткого висновку щодо «довжини інтервалу керуваності» наведемо декілька з множини правил  $R = \{R_k | k = 1..N\}$  (табл. 1).

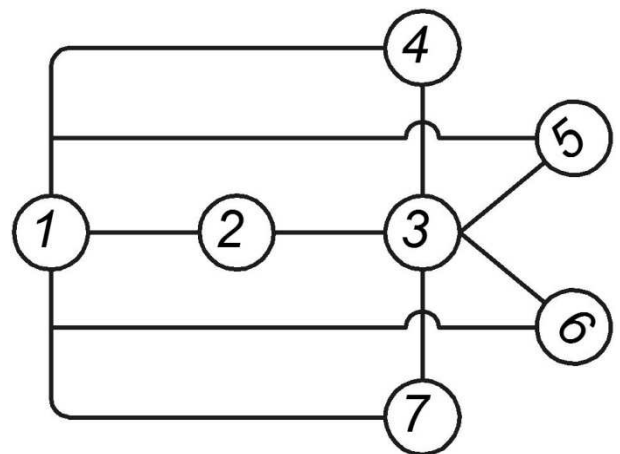
**Таблиця 1.** Множина правил нечітких параметрів нечіткого логічного виведення «довжини інтервалу керуваності»

**Table 1.** The set of indistinct rules of fuzzy logic output parameters "length of the interval control"

№	Правила
1	<b>Якщо</b> «зміни координат витрати, що отримує БРР» = "низькі" <b>І</b> «зміни координат витрат, що отримує споживач» = "низькі" <b>Тоді</b> «довжина інтервалу керуваності» = "довга";
2	<b>Якщо</b> «зміни координат витрати, що отримує БРР» = "середні" <b>І</b> «зміни координат витрат, що отримує споживач» = "середні" <b>Тоді</b> «довжина інтервалу керуваності» = "середня";

3	<b>Якщо</b> «зміни координат витрати, що отримує БРР» = "високі" <b>І</b> «зміни координат витрат, що отримує споживач» = "високі" <b>Тоді</b> «довжина інтервалу керуваності» = "коротка";
4	<b>Якщо</b> «зміни координат витрати, що отримує БРР» = "високі" <b>І</b> «зміни координат витрат, що отримує споживач» = <b>НІ</b> "високі" <b>Тоді</b> «довжина інтервалу керуваності» = "середня";

Для наочності роботи алгоритму нечіткого виведення розглянемо деякий тестовий гідропривід будівельної машини, що містить бак робочої рідини (БРР) 1, насос 2, блок розподільників 3, робочі органи 4-7 (рис 2).



**Рис. 2.** Тестовий гідропривід

**Fig. 1.** Testing of hydraulic drive

В результаті розрахунку потокорозподілу отримані значення витрат  $Q_e^{(u)}$ , що несуть споживачі, розташовані в вузлах мережі, м<sup>3</sup>/с. Вузол № 1: 0,096; № 2: 0,2; № 3: 0,47; № 4: 0,77; № 5: 0,56; № 6: 0,79; № 7: 0,4.

Значення витрат  $q$  на ділянках мережі, м<sup>3</sup>/с: ділянка 1–2: - 0,08; ділянка 2–3: - 0,12; ділянка 3–4: - 0,55; ділянка 3-5: - 0,54; ділянка 3-6: - 0,48; ділянка 3-7: - 0,6.

Витрати БРР  $Q^3$  дорівнюють 0,2м<sup>3</sup>/с.

Прийmemo, що експертні оцінки щодо параметрів не випадкових величин  $\alpha_i, \beta_e, \varepsilon_e$ , які відображають зміни внутрішньої структури на  $(T + t_i)$ -му етапі розвитку дорівнюють 1, а щодо області керованості потоками за рахунок внутрішніх ресурсів нечіткі терми визначені інтервалами: «довгий» –  $[0.02 \dots 0.8]$ ; «середній» –  $[0.35 \dots 0.6]$ ; «вузький» –  $[0.5 \dots 0.65]$ .

Виконаємо кроки алгоритму нечіткого виведення для визначення «довжини інтервалу керованості» ділянка «1-2».

Обчислення виходів правил:

$$B_1' = \{0 / \min(0, 0.87), 0.2 / \min(0.2, 0.87), 0.4 / \min(0.3, 0.87), 0.6 / \min(0.5, 0.87), 0.8 / \min(0.8, 0.87), 1 / \min(0, 0.87) = \{0 / 0, 0.2 / 0.2, 0.4 / 0.3, 0.6 / 0.5, 0.8 / 0.8, 1 / 0\};$$

$$B_2' = \{0 / \min(0, 0.13), 0.2 / \min(0, 0.13), 0.4 / \min(0.3, 0.13), 0.6 / \min(0.5, 0.13), 0.8 / \min(0.8, 0.13), 1 / \min(0, 0.13) = \{0 / 0, 0.2 / 0, 0.4 / 0.13, 0.6 / 0.13, 0.8 / 0.13, 1 / 0\};$$

$$B_3' = \{0 / \min(0, 0.01), 0.2 / \min(0, 0.01), 0.4 / \min(0, 0.01), 0.6 / \min(0.5, 0.01), 0.8 / \min(0.8, 0.01), 1 / \min(0, 0.01) = \{0 / 0, 0.2 / 0, 0.4 / 0, 0.6 / 0.01, 0.8 / 0.01, 1 / 0\};$$

$$B_4' = \{0 / \min(0, 0.04), 0.2 / \min(0, 0.04), 0.4 / \min(0.3, 0.04), 0.6 / \min(0.5, 0.04), 0.8 / \min(0.8, 0.04), 1 / \min(0, 0.04) = \{0 / 0, 0.2 / 0, 0.4 / 0.04, 0.6 / 0.04, 0.8 / 0.04, 1 / 0\}.$$

Агрегування виходів:

$$B' = B_1' \vee B_2' \vee B_3' \vee B_4' = \{0 / 0, 0.2 / 0.2, 0.4 / 0.3, 0.6 / 0.5, 0.8 / 0.8, 1 / 0\}.$$

Нечіткий висновок: «довжина інтервалу керованості» мережі за рахунок власних ресурсів на ділянці 1-2 - «довга».

Аналогічно, півторюючи кроки 1-3 алгоритму нечіткого логічного виведення для кожної ділянки, отримуємо наступні нечіткі висновки щодо «довжини області керованості», ділянка №: 1-2: - «довга»; 2-3: - «середня»; 3-4: - «вузька»; 3-5: «середня»; 3-6: «вузька»; 3-7: «середня».

Перевірка виконання технічної умови повної керованості мережі (3)-(4-7) для ділянок:

$$1-2: 0.02 \leq 0.08 \leq 0.8 \quad 2-3: 0.02 \leq 0.12 \leq 0.8; \\ 3-4: 0.35 \leq 0.55 \leq 0.6; \quad 3-5: 0.5 \leq 0.54 \leq 0.65; \\ 3-6: 0.35 \leq 0.48 \leq 0.6; \quad 3-7: 0.5 \leq 0.6 \leq 0.65.$$

Так як для кожної ділянки мережі (рис.2) виконуються умови повної керованості (3)-(4-7), то приводом можна буде управляти за рахунок власних ресурсів на  $T + t_i$ -му часовому етапі його планового розвитку.

## ВИСНОВКИ

В статі проведено аналіз проблем застосування ймовірносного підходу для розв'язку задачі визначення границь повної керованості гідроприводу на  $T + t_i$ -му часовому етапі його функціонування за рахунок власних ресурсів, визначених на  $T$ -му часовому етапі його планового розвитку.

Запропоновано метод нечіткого логічного виведення «довжини інтервалу керованості», що дозволяє в умовах планового розвитку проектувати гідроприводи будівельних машин з максимальним використанням енергопотоків.

Наведено приклад нечіткого логічного виведення «довжини інтервалу керованості», на основі якого зроблено висновок щодо можливостей повної керованості приводу на  $T + t_i$ -му часовому етапі його планового розвитку, що дозволяє оптимально використовувати запаси рідини для функціонування всіх споживачів при мінімальному допустимому об'ємі баку за умови зберігання температурного режиму.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пелевін Л.Є., Карпенко М.М., Лаврик С.В., Пристайло М.О./ Дослідження енергосилових навантажень на робочі органи бульдозера-розпушувача / Зб. "Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини", вип. 85. Всеукраїнський збірник наукових праць. Київ, 2014. - С. 79-90
2. Соловей О.Л. Спиральна модель управління довгостроковим розвитком системи водопостачання міста. 8 міжнародна конференція «Управління проектами у розвитку суспільства» м.Київ, 19-20 травня.
3. Форкун Ю.В., Михайленко В.М. Андрущак О.В. Оптимальное планирование на многомерных сетях в условиях неопределенности.

- Тезиси доповідей другої науково-практичної конференції "Ком'ютерні технології в учбо-во-методичній, науковій та зовнішньоекономічній діяльності вищих навчальних закладів в Україні". - К.: УФІМБ.-1996.- С.19.
4. *Красовский А.А, Поспелов Г.С.* Основы автоматизации и технической кибернетики.-М.: Государственное энергетическое издательство, 1962. – 597 с.
  5. *Борисов А.Н.* и др.: Модели принятия решений на основе лингвистической переменной. - Рига: Зинатне. – 1982. – 256 с.
  6. *Леви Л.И.* Формализм нечетких множеств в моделировании автоматизации процессов оперативного управления инженерными сетевыми системами// Сб. научи. Тр. ЛСХИ. Часть 3.-Луганск: Изд-во ЛСХИ, 1997. – С.39-40.
- REFERENCES
1. *Pelevin L.E., Karpenko M.M., Lavrik S.V., Pristaylo M.O., 2014.* Doslidzhennya energosilovih navantazhen na robochi organi buldozera-rozpushuvacha [Research energy-power loads on the working bodies bulldozer crop]. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioration machines], No. 85, Kyiv, 79-90. – (in Ukrainian)
  2. *Solovey O.L.* Spiralna model upravlinnya dovogostrokovim rozvitkom sistemi vodopostachannya mista. 8 midnarodna konferentsiya «Upravlinnya proektami u rozvitku suspilstva» m.Kiev, 19-20 travnya.
  3. *Forkun Yu.V., Mihaylenko V.M. Andruschak O.V. 1996.* Optimalnoe planirovanie na mnogomernyih setyah v usloviyah neopredelennosti. Tezisi dopovidey drugoyi naukovopraktichnoyi konferentsii "Kom'yuterni tehnologiyi v uchbovometodichniy, naukoviy ta zovnishnoekonomichny diyalnosti vischih navchalnih zakladiv v Ukrayini". Kyiv, UFIMB, 19.
  4. *Krasovskiy A.A, Pospelov G.S. 1962.* Osnovy avtomatiki i tehniceskoy kibernetiki. Moscow, Gosudarstvennoe energe-ticheskoe izdatelstvo, 597.
  5. *Borisov A.N.* i dr. 1982. Modeli prinyatiya resheniy na osnove lingvisticheskoy peremennoy. Riga, Zinatne, 256.
  6. *Levi L.I. 1997.* Formalizm nechetkih mnozhestv v modelirovani avtomatizatsii protsessov operativnogo upravleniya inzhenernyimi setevyimi sistemami. Sb. nauchi. Tr. LSHI. Chast 3.-Lugansk: Izd-vo LSHI, 39-40. – (in Russian)