

УДК 004.8:631.2

А.К. ТУГЕНГОЛЬД, Л.В. БОРИСОВА, В.П. ДИМИТРОВ**КОРРЕКТИРОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕГУЛИРОВОК
НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА***Приводится решение одной из задач технологической регулировки зерноуборочного комбайна на основе нечеткого логического вывода.***Ключевые слова:** лингвистическая переменная, экспертная система, зерноуборочный комбайн, регулировка.

Введение. Необходимость в использовании нечеткого описания задачи принятия решений при корректировке технологических регулировок сложной сельскохозяйственной машины обусловлена следующими обстоятельствами.

1. Имеющиеся ограничения на ресурсы моделирования (временные и стоимостные) не позволяют получить в принципе существующую четкую информацию и вынуждают пользователей применять нечеткие экспертные знания [1].

2. Имеющаяся числовая информация не позволяет найти решение формальными методами при существующих ограничениях на ресурсы, но эксперт это решение, тем не менее, находит, используя свой опыт, который он может передать для принятия решений в виде совокупности нечетких правил. Использование нечетких понятий позволяет ввести в рассмотрение качественные описания и учесть неопределенность задачи принятия решений, достигнуть полного описания всех факторов, имеющих отношение к данной задаче и не поддающихся количественному описанию.

Информация о стратегиях принятия решений в типовых ситуациях, получаемая от эксперта, описывается системой условных высказываний в терминах лингвистических переменных, устанавливающих связь между входными и выходными параметрами технологического процесса работы комбайна [2].

Общая схема вывода решений. Приближенные рассуждения представляют собой процесс, при котором из нечетких посылок выводятся некоторые следствия (возможно также нечеткие). Лингвистическая модель рассматриваемого процесса технологической регулировки может быть представлена в виде:

$$\begin{aligned} \text{ЕСЛИ } X_1 \text{ есть } A_{11} \text{ И } \dots \text{ И } X_m \text{ есть } A_{1m}, \text{ ТО } Y_1 \text{ есть } B_{11} \text{ И } \dots \text{ И } Y_n \text{ есть } B_{1n}, \\ \dots \\ \text{ЕСЛИ } X_1 \text{ есть } A_{p1} \text{ И } \dots \text{ И } X_m \text{ есть } A_{pm}, \text{ ТО } Y_1 \text{ есть } B_{p1} \text{ И } \dots \text{ И } Y_n \text{ есть } B_{pn}. \end{aligned} \quad (1)$$

Все параметры модели описываются собственными лингвистическими переменными, значения которых, называемые термами, задаются с помощью средств естественного языка и используются для выражения необходимых качественных оценок. Так, например, лингвистическая переменная

ная <Скорость> может принимать значение из следующего набора: {..., «Малая», «Средняя», «Большая», ...}. При этом каждому значению лингвистической переменной ставится в соответствие нечеткое подмножество со своей функцией принадлежности:

$$\mu_{Aki} \circ F(X_i); \mu_{Bkj} \circ F(Y_j),$$

где $F(X_i)$, $F(Y_j)$ – множества нечетких подмножеств, определенных на базовых шкалах X_i и Y_j .

При составлении лингвистических моделей в общем случае могут использоваться различные виды связей, включая И, ИЛИ и НЕ [3].

С фактической точки зрения совокупность правил типа (1) задает некоторое отображение множества значений входных лингвистических переменных в аналогичное множество выходных:

$$U^m \rightarrow V^n,$$

$$\text{где } U^m = \bigcup_{i \in I} U_i; \quad V^n = \bigcup_{j \in J} V_j. \quad (2)$$

Соотношению (2) в свою очередь можно поставить в соответствие нечеткое отображение [4]:

$$S: F(X) \rightarrow F(Y), \quad (3)$$

$$\text{где } S \cup_{k \in K} \mu_{Ak} \times \mu_{Bk}, \mu_{Ak} = \bigcup_{i \in I} \mu_{Bki}, \mu_{Bk} = \bigcup_{j \in J} \mu_{Bkj}.$$

Обобщение известного в классической логике правила *modus ponens* позволяет получить композиционное правило нечеткого вывода:

$$\mu_{B'} = \mu_{A'} \bullet S, \quad (4)$$

где $\mu_{A'}$ – исходная посылка, получаемая при оценке наблюдаемых данных по входным функциям принадлежности; $\mu_{B'}$ – нечеткий результат логического вывода на основе знаний, получаемый с помощью отображения (3); $\bullet$ – операция композиции.

Развернутая форма нечеткого логического вывода для системы знаний вида (1) может быть представлена так [4]:

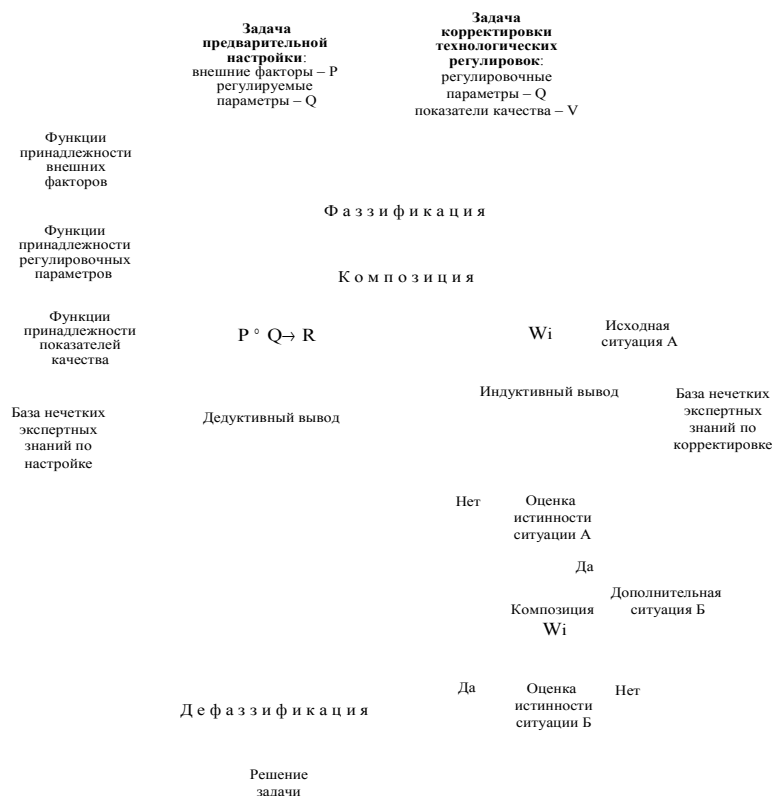
$$\mu_{B'} = \bigcup_{k \in K} \left(\bigwedge_{j \in J} \mu_{Bkj} Y_j \right) \bigwedge_{i \in I} \mu_{Aki} (X'_i), \quad (5)$$

где X'_i – наблюдаемое значение входного параметра.

Решение задач управления с использованием методов нечеткой логики предполагает определение конкретных значений выходных переменных. Этот этап, называемый дефаззификацией, может осуществляться многими способами, наиболее распространенный из которых основан на отыскании «центра тяжести» полученного нечеткого соответствия B' [3]:

$$Y'_j = \left(\int Y_j Y_j \mu_{B'}(Y_j) dY_j \right) / \left(\int \mu_{B'}(Y_j Y_j) dY_j \right). \quad (6)$$

Последовательность этапов нечеткого логического вывода при решении задач предварительной настройки и корректировки технологических регулировок показана на рисунке. Общими этапами процессов принятия решений являются этапы фаззификации, композиции и дефаззификации.



Обобщенная схема процесса принятия решений

Моделирование предметной области. При появлении внешнего признака нарушения технологического процесса зерноуборочного комбайна – повышенные потери щуплого зерна с половой – необходимо рассмотреть следующие регулировочные параметры: скорость движения комбайна; частоту вращения крыла вентилятора; зазор жалюзи верхнего решета; зазор жалюзи удлинителя верхнего решета.

Зададим лингвистические переменные β_R , β_O , β_N , β_M и β_V :

β_R – < скорость движения комбайна, км/час >, <СДК>

β_O – < частота вращения крыла вентилятора, мин⁻¹ >, <ЧВКВ>

β_N – < зазор жалюзи верхнего решета, мм >, <ЗЖВР>

β_M – < зазор жалюзи удлинителя верхнего решета, мм >, <ЗЖУВР>

β_v – < повышенные потери щуплого зерна с половой, % >, <ПЩЗ>

Рассмотренным ЛП соответствуют терм-множества: T_R , T_O , T_N , T_M , T_V (таблица). При выборе базового терм-множества ЛП «повышенные потери щуплого зерна с половой» первый терм – «низкие потери» означает не превышение конкретного значения потерь щуплым зерном выше допустимого (согласно агротребованиям).

Функции принадлежности $\mu_{R1}, \mu_{R2}, \mu_{R3}, \mu_{O1}, \mu_{O2}, \mu_{O3}, \mu_{N1}, \mu_{N2}, \mu_{N3}, \mu_{M1}, \mu_{M2}, \mu_{M3}, \mu_{V1}, \mu_{V2}$ (таблица) и параметры функций принадлежности, определяющие семантику соответствующих базовых значений переменных $\beta_R, \beta_O, \beta_N, \beta_M$ и β_V , приведены в [5].

Функции принадлежности термов лингвистических переменных

Лингвистические переменные	Терм-множества, Т	Значения термов ЛП	Функции принадлежности термов ЛП		
β_{R_i} , <СДК>	{низкая; номинальная; высокая}	$\{a_{R1}; a_{R2}; a_{R3}\}$ {4; 5,5; 7}	a_{R1} $\mu_{R1} = 1$ $\mu_{R2} = 0,05$ $\mu_{R3} = 0$	a_{R2} $\mu_{R1} = 0$ $\mu_{R2} = 1$ $\mu_{R3} = 0$	a_{R3} $\mu_{R1} = 0$ $\mu_{R2} = 0,05$ $\mu_{R3} = 1$
β_{O_i} , <ЧВКВО>	{пониженная; номинальная; повышенная}	$\{a_{O1}; a_{O2}; a_{O3}\}$ {640; 740; 810}	a_{O1} $\mu_{O1} = 1$ $\mu_{O2} = 0$ $\mu_{O3} = 0$	a_{O2} $\mu_{O1} = 0$ $\mu_{O2} = 1$ $\mu_{O3} = 0$	a_{O3} $\mu_{O1} = 0$ $\mu_{O2} = 0,05$ $\mu_{O3} = 1$
β_{N_i} , <ЗЖВР>	{малый; средний; большой}	$\{a_{N1}; a_{N2}; a_{N3}\}$ {6; 14; 18}	a_{N1} $\mu_{N1} = 1$ $\mu_{N2} = 0$ $\mu_{N3} = 0$	a_{N2} $\mu_{N1} = 0$ $\mu_{N2} = 1$ $\mu_{N3} = 0$	a_{N3} $\mu_{N1} = 0$ $\mu_{N2} = 0,2$ $\mu_{N3} = 1$
β_{M_i} , <ЗЖУВР>	{малый; средний; большой}	$\{a_{M1}; a_{M2}; a_{M3}\}$ {8; 15; 20}	a_{M1} $\mu_{M1} = 1$ $\mu_{M2} = 0,2$ $\mu_{M3} = 0$	a_{M2} $\mu_{M1} = 0$ $\mu_{M2} = 0,75$ $\mu_{M3} = 0,25$	a_{M3} $\mu_{M1} = 0$ $\mu_{M2} = 0,02$ $\mu_{M3} = 1$
β_{V_i} , <ПЩЗ>	{низкие; высокие}	$\{a_{V1}; a_{V2}\}$ {0,2; 0,6}	a_{V1} $\mu_{V1} = 1$ $\mu_{V2} = 0$	a_{V2} $\mu_{V1} = 0,35$ $\mu_{V2} = 0,7$	

Обобщенная лингвистическая переменная β_w определена на множестве $W=R \times O \times N \times M$ с базовыми значениями

$$T_w = \{a_{w1}; a_{w2}; a_{w3}..... a_{w81}\},$$

где α_{wji} – возможные значения обобщенной лингвистической переменной β_w .

Нечеткие высказывания $\tilde{A}_1^*$, $\tilde{A}_2^*$ имеют вид:

$$\begin{array}{ccccccc} \tilde{A}_1 : & & & & & & \\ & * & & * & & * & \\ & < \beta_w \text{ есть } a_w & \text{или } \beta_w \text{ есть } a_w & \text{или } \beta_w \text{ есть } a_w & \text{или } \beta_w \text{ есть } & & \\ & & 1 & & 2 & & 3 \\ & * & & * & & * & \\ a_w & \text{или } \beta_w & \text{есть } a_w & \text{или } \beta_w \text{ есть } a_w & \text{или } \beta_w \text{ есть } a_w & \text{или } \beta_w \text{ есть } & \\ & 4 & & 5 & & 6 & & 7 \\ & * & & * & & * & \\ a_w & \text{или } \beta_w \text{ есть } a_w & & \text{или } \beta_w \text{ есть } a_w & \text{или } \beta_w \text{ есть } a_w & \text{или } \beta_w & \\ & 8 & & 9 & & 10 & & 11 \end{array}$$

167

или β_w есть a_w^* ₆₅ или β_w есть a_w^* ₇₃ или β_w есть a_w^* ₇₄ или β_w есть a_w^* ₇₆ или β_w есть a_w^* ₇₇ или β_w есть a_w^* ₇₉ или β_w есть a_w^* ₈₀ или β_w есть a_w^* ₈₁ >

Здесь a_w^* – обобщенные переменные возможных сочетаний.

Если один из показателей качества технологического процесса уборки «потери щуплого зерна с половой <ПЩЗП>» характеризуется пониженным значением, то примем комбинацию регулировочных параметров, соответствующую нечеткой выходной ситуации B_1 , установив истинность высказываний с помощью правила *modus ponens*.

Например, сложившаяся ситуация характеризуется экспертным высказыванием вида

$E_{1.41} : \langle \beta_R \text{ есть } a_{R2} \text{ и } \beta_O \text{ есть } a_{O2} \text{ и } \beta_N \text{ есть } a_{N2} \text{ и } \beta_M \text{ есть } a_{M2} \rangle$.

«Скорость движения комбайна номинальная

И частота вращения крыла вентилятора очистки номинальная

И зазор жалюзи верхнего решета средний

И зазор жалюзи удлинителя верхнего решета средний »

и одним из возможных и соответствующих ему высказыванием с конкретными количественными данными вида:

«Скорость движения комбайна 5.5 км/час

И частота вращения крыла вентилятора очистки 740 мин⁻¹

И зазор жалюзи верхнего решета 14 мм

И зазор жалюзи удлинителя верхнего решета 15 мм »

Данной комбинации регулировочных параметров комбайна соответствует величина потерь щуплого зерна с половой 0.2 %.

Указанным значениям термов ЛП соответствуют числовые значения, попадающие в соответствующую область определения:

$a_R = 5,5 \text{ км/час}$; $a_O = 740 \text{ мин}^{-1}$; $a_N = 14 \text{ мм}$; $a_M = 15 \text{ мм}$; $a_V = 0,2 \text{ \%}$.

Вычислим значения функций принадлежности для обобщенной лингвистической переменной β_w :

$\mu_{w_j}(w)$ для $w = W = R \times O \times N \times M = (5,5; 740; 14; 15)$.

$$\begin{aligned} \mu_{w_1}(w) = & \mu_{w1} \vee \mu_{w2} \vee \mu_{w3} \vee \mu_{w4} \vee \mu_{w5} \vee \mu_{w6} \vee \mu_{w7} \vee \mu_{w8} \vee \mu_{w9} \vee \mu_{w10} \vee \mu_{w11} \vee \mu_{w12} \vee \mu_{w13} \vee \mu_{w14} \vee \mu_{w15} \\ & \vee \mu_{w16} \vee \mu_{w17} \vee \mu_{w18} \vee \mu_{w19} \vee \mu_{w20} \vee \mu_{w21} \vee \mu_{w22} \vee \mu_{w23} \vee \mu_{w24} \vee \mu_{w25} \vee \mu_{w26} \vee \mu_{w27} \vee \mu_{w28} \vee \mu_{w29} \vee \mu_{w30} \vee \mu_{w31} \vee \mu_{w32} \vee \mu_{w33} \vee \mu_{w34} \vee \mu_{w35} \vee \mu_{w36} \vee \mu_{w37} \vee \mu_{w38} \vee \mu_{w39} \vee \mu_{w40} \vee \mu_{w41} \vee \mu_{w42} \vee \\ & \mu_{w43} \vee \mu_{w44} \vee \mu_{w45} \vee \mu_{w46} \vee \mu_{w47} \vee \mu_{w48} \vee \mu_{w49} \vee \mu_{w50} \vee \mu_{w51} \vee \mu_{w52} \vee \mu_{w53} \vee \mu_{w54} \vee \mu_{w55} \vee \mu_{w56} \vee \mu_{w57} \vee \mu_{w58} \vee \mu_{w59} \vee \mu_{w60} \vee \mu_{w61} \vee \mu_{w62} \vee \mu_{w63} \vee \mu_{w64} \vee \mu_{w65} \vee \mu_{w66} \vee \mu_{w67} \vee \mu_{w68} \vee \mu_{w69} \vee \mu_{w70} \vee \mu_{w71} \vee \mu_{w72} \vee \mu_{w73} \vee \mu_{w74} \vee \mu_{w75} \vee \mu_{w76} \vee \mu_{w77} \vee \mu_{w78} \vee \mu_{w79} \vee \mu_{w80} \vee \mu_{w81} \vee \mu_{w82} \vee \mu_{w83} \vee \mu_{w84} \vee \mu_{w85} \vee \mu_{w86} \vee \mu_{w87} \vee \mu_{w88} \vee \mu_{w89} \vee \mu_{w90} \vee \mu_{w91} \vee \mu_{w92} \vee \mu_{w93} \vee \mu_{w94} \vee \mu_{w95} \vee \mu_{w96} \vee \mu_{w97} \vee \mu_{w98} \vee \mu_{w99} \vee \mu_{w100} = \\ & = \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N1} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N1} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N1} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N2} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N2} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N2} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N3} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N3} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O1} \& \mu_{N3} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N1} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N1} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N1} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R1} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O1} \& \mu_{N1} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O1} \& \mu_{N1} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O1} \& \mu_{N2} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O1} \& \mu_{N2} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O1} \& \mu_{N2} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O1} \& \mu_{N3} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O1} \& \mu_{N3} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O1} \& \mu_{N3} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \vee \mu_{R2} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M3} \\ & \vee \mu_{R2} \& \mu_{O3} \& \mu_{N1} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R2} \& \mu_{O3} \& \mu_{N1} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R3} \& \mu_{O2} \& \mu_{N1} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R3} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M1} \\ & \vee \mu_{R3} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M2} \vee \mu_{R3} \& \mu_{O2} \& \mu_{N2} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R3} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M1} \vee \mu_{R3} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M2} \vee \\ & \mu_{R3} \& \mu_{O2} \& \mu_{N3} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R3} \& \mu_{O3} \& \mu_{N1} \& \mu_{M3} \vee \mu_{R3} \& \mu_{O3} \& \mu_{N2} \& \mu_{M3}. \end{aligned}$$

Аналогично раскрывается выражение для $\mu_{W_2}(w)$.

После подстановки и вычислений получаем:

$$\mu_{W_1}(w) = 0,75; \quad \mu_{W_2}(w) = 0.$$

Определим функции принадлежности $\mu_{W_j}^*$ и $\mu_{V_j}^*$:

$$\mu_{W_1}^*(w) = 1 - \mu_{W_1}(w) = 1 - 0,75 = 0,25;$$

$$\mu_{W_2}^*(w) = 1 - \mu_{W_2}(w) = 1 - 0 = 1;$$

$$\mu_{V_1}^*(v) = 1 - \mu_{V_1}(v) = 1 - 1 = 0;$$

$$\mu_{V_2}^*(v) = 1 - \mu_{V_2}(v) = 1 - 0 = 1.$$

Задача принятия решений заключается в выборе возможного сочетания регулировочных параметров комбайна, обуславливающего отклонения показателя качества технологического процесса работы комбайна - потери щуплого зерна с половой, при этом степень $\mu_{mp}(v)$ правила *modus ropens* для нечеткой схемы вывода должна принимать наибольшее значение.

Для рассматриваемой задачи степень истинности высказывания с заключением о высоких потерях щуплого зерна с половой равна

$$\begin{aligned} \mu_{mp}(v_2) &= \min \{1, [1 - \mu_{W_1}^*(w) + \mu_{V_1}^*(v_j)], [1 - \mu_{W_2}^*(w) + \mu_{V_2}^*(v_j)]\} \\ &= \min \{1, [1 - 0,25 + 0,65], [1 - 1 + 0,3]\} = \min \{1 \& 1,4 \& 0,3\} = 0,3, \end{aligned}$$

а для высказывания о низких потерях щуплого зерна с половой равна

$$\begin{aligned} \mu_{mp}(v_1) &= \min \{1, [1 - \mu_{W_1}^*(w) + \mu_{V_1}^*(v_j)], [1 - \mu_{W_2}^*(w) + \mu_{V_2}^*(v_j)]\} \\ &= \min \{1, [1 - 0,25 + 0], [1 - 1 + 1]\} = \min \{1 \& 0,75 \& 1\} = 0,75, \end{aligned}$$

т.е. $\mu_{mp}(v_1) = 0,75; \mu_{mp}(v_2) = 0,3,$

что подтверждает правильность приведенных рассуждений.

Заключение. Созданные на основе модели база знаний и механизм вывода решений составляют основу экспертной системы, использование которой в полевых условиях позволяет снизить время на технологические простои и сократить потери урожая. Практической реализацией разработанных алгоритмов является создание программных средств для автоматизированного решения задачи, на которые получены свидетельства об официальной регистрации (№ 2006613272, №2006612454, № 2006613274, № 2007610651). Использование экспертной системы в практических условиях при проведении технологической настройки с использованием ЭС позволи-

ло уменьшить затрачиваемое время в 2 – 5 раза по сравнению с традиционными методами.

Библиографический список

1. Пугачев А.Н. Советы комбайнеру. / А.Н. Пугачев. – М.: Колос, 1984.- 224 с.
2. Борисова Л.В. Методика моделирования предметной области «технологическая настройка» в нечеткой постановке / Л.В. Борисова. // Докл. РАСХН, 2005. – №6. – С. 62-65.
3. Прикладные нечеткие системы; пер с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
4. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов. – М.: Наука, 2006. – 333 с.
5. Борисова Л.В. Особенности формализации знаний при логико-лингвистическом описании сложных технических систем. / Л.В. Борисова, В.П. Димитров. – Ростов н/Д: РГАСХМ, 2006. – 234 с.

Материал поступил в редакцию 11.05.09.

A.K. TUGENGOLD, L.V. BORISOVA, V.P. DIMITROV

TECHNOLOGICAL ADJUSTMENTS UPDATING ON THE BASIS OF FUZZY LOGIC CONCLUSION

One of the combine harvester's technological adjustment task's solving is carrying out on the basis of fuzzy logic conclusion.

ТУГЕНГОЛЬД Андрей Кириллович (р.1937), профессор кафедры «Робототехника и мехатроника», доктор технических наук (1983). Окончил РИСХМ (1960).

Сфера научных интересов: интеллектуальное управление технологическими системами, динамика и точность мехатронных систем.

Имеет 203 научных публикации (в том числе 18 учебных пособий и монографий).

БОРИСОВА Людмила Викторовна, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент машиностроения» Ростовской государственной академии сельскохозяйственного машиностроения, доктор технических наук (2008), профессор. Окончила РГАСХМ (1991).

Сфера научных интересов: статистика, системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, менеджмент качества.

Имеет 198 научных публикаций (в том числе 14 учебных пособий и монографий).

ДИМИТРОВ Валерий Петрович (р.1953), заведующий кафедрой «Управление качеством» ДГТУ, доктор технических наук (2002), профессор. Окончил РИСХМ (1975).

Сфера научных интересов: системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, экспертные системы, техническое обслуживание машин.

Имеет 325 научных публикаций (в том числе 32 учебных пособий и монографий).

akt0@yandex.ru

borisovalv09@mail.ru

vdimitrov@dstu.edu.ru