ГОСУДАРСТВЕН!® ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОСТОВСКАЯ-НА-ДОНУ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

(РГАСХМ ГОУ)

БОРИСОВА Людмила Викторовна

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

УБОРОЧНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ

05.20.1 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства

05.20.3 - Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Диссертация на соискание ученой степени

доктора технических наук

Ростов-на-Дону - 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ 12

1.1 Информационное обеспечение в системе управления качеством уборочных работ 12

1.2 Управление технологическим процессом, осуществляемым

комбайном 18

1.3 Анализ особенностей предметных областей 24

1.4 Методы моделирования и обоснование используемого подхода 33

1.5 Модели представления знаний и области применения ИИС 44

1.5.1 Модели представления нечетких знаний 47

1.5.2 Модели искусственного интеллекта 53

1.6 Выводы и задачи исследований 56

2 АНАЛИЗ ПРОЦЕДУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ (УПРАВЛЕНИИ) КОМБАЙНОВ 61

2.1 Типы задач при функционировании комбайнов 61

2.2 Характеристика задачи принятия решений при предварительной настройке комбайна 63

2.3 Характеристика задачи принятия решений при корректировке

технологических регулировок комбайна 70

2.4 Метод организации информационной поддержки принятия

решений при функционировании зерноуборочной техники 80

2.5 Построение функций принадлежности 82

2.6 Лингвистическое описание признаков предметных областей

и нечетких высказываний 90

2.7 Оценка оптимального множества значений

лингвистических переменных 98

2.8 Методика экспертной оценки последовательности корректировки технологических параметров комбайна 111

2.9 Выводы 117

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ НАСТРОЙКЕ КОМБАЙНА 118

3.1 Логико-лингвистическое описание задачи 118

3.2. Представление экспертной информации в виде систем

нечетких высказываний 121

3.3 Функции принадлежности для факторов внешней среды

и регулируемого параметра 130

3.4 Нечеткая модель выбора параметров регулирования

на основе дедуктивного логического вывода 136

3.5. Методика определения решения в численном виде 142

3.6. Выводы 155

з

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКЕ КОМБАЙНА 157

4 Л Алгоритм нечеткого логического вывода решений 157

4.2 Логико-лингвистическое описание отношений «регулировочные параметры-показатель качества» 165

4.3 Методика индуктивного логического вывода при решении

задачи корректировки технологических регулировок 192

4.4 Практические аспекты использования методики 202

4.4.1 Потери свободным зерном за соломотрясом 202

4.4.2 Потери щуплым зерном в полове 206

4.4.3 Дробление зерна 211

4.5 Выводы 216

5 ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕДУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ 218

5.1 Этапы разработки ИИС 220

5.2 Архитектура ИИС 225

5.3 Подсистема «Конструкция» 229

5.4 Подсистема «Предварительная настройка» 235

5.5 Подсистема «Корректировка технологических регулировок» 237

5.6 Перспективные направления использования ИИС 247

5.7 Выводы 254

6 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИИС 255

6.1 Области использования ИИС 255

6.2 Анализ результативности использования ИИС 267

6.3 Экономическое обоснование применения ИИС 275

6.4 Выводы 287

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ 289

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 292

ПРИЛОЖЕНИЕ А - Лингвистическое описание факторов внешней среды. 306

ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Лингвистическое описание параметров комбайна .... 320

ПРИЛОЖЕНИЕ В - Лингвистическое описание показателей качества .... 359

ПРИЛОЖЕНИЕ Г - База знаний по настройке молотилки комбайна 370

ПРИЛОЖЕНИЕ Д - Структура базы знаний по технологической

регулировке 444

ПРИЛОЖЕНИЕ Е - База знаний по технологическим регулировкам 451

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж - Руководство пользователя «Электронного эксперта». 469

ПРИЛОЖЕЬЖЕ 3 - Руководство пользователя подсистемы построения

функций принадлежности 483

ПРИЛОЖЕНИЕ И - Свидетельства об интеллектуальной собственности .. 495

ПРИЛОЖЕНИЕ К - Акты практического использования 508

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Совершенствование методов управления технологическим процессом и техническим состоянием машины на основе современных интеллектуальных информационных систем поддержки принятия решений при эксплуатации зер¬ноуборочных машин позволяет значительно повысить эффективность в усло¬виях их массового использования. Реализация данной концепции позволяет снизить затраты ресурсов на проведение уборочных работ, обеспечить увели¬чение сменной производительности машин.

2. Задачи технического и технологического обслуживания, в частности предварительной настройки и корректировки технологических регулировок, представляют собой задачи принятия решений в нечеткой среде. Предлагаемый подход, основанный на моделях экспертных знаний, позволяет объединить всю имеющуюся неоднородную информацию (детерминированную, статистиче¬скую, лингвистическую), характеризующую внешнюю среду, параметры ком¬байна и показатели качества его работы и использовать при построении инно¬вационных систем поддержки принятия решений в области эксплуатации убо¬рочных машин.

3. Метод организации информационной поддержки принятия решений при функционировании и эксплуатации зерноуборочной техники, отличительной особенностью которого является использование нечетких экспертных знаний, значительно расширяет спектр используемых методов управления, позволяет снизить информационную нагрузку на оператора до 40% и повысить техноло¬гическую надежность процесса комбайновой уборки сельскохозяйственных культур.

4. Полученная модель знаний, необходимых для решения задачи предва¬рительной настройки, включает 7 семантических групп, которые полностью раскрывают отношения между факторами уборки и регулируемыми парамет¬рами комбайна, адекватно отображает условия уборки и позволяет формиро¬вать процедуры принятия решений по настройке машины. Модель предметной области «Предварительная настройка» в виде нечетких продукционных правил содержит 1075 зависимостей между факторами внешней среды и регулируе¬мыми параметрами машины.

5. Модель экспертных знаний предметной области «корректировка техно¬логических регулировок» включает 10 семантических групп знаний, которые описывают взаимосвязи между регулировочными параметрами комбайна и по¬казателями качества его работы. Разработанная модель, отличающаяся исполь¬зованием нечетких экспертных знаний, является основой для проектирования механизма вывода решений и базы знаний информационной системы, которая содержит 13686 продукционных правил. Получены экспертные оценки весомо¬сти влияния параметров молотилки на появление внешних признаков наруше¬ния качества работы комбайна, что позволяет выбрать необходимую последо¬вательность корректировок и, как следствие, сократить время, затрачиваемое на принятия решений.

6. Разработан метод построения функций принадлежности терм-множеств семантических пространств на основе расчета коэффициентов нечеткости и ко¬эффициентов согласованности мнений экспертов, позволяющий повысить уро¬вень адекватности моделей экспертного оценивания признаков предметной об¬ласти при описании процессов принятия решений по настройке и технологиче¬ской регулировке комбайна.