

ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Радин В.В., проф.; Пономарёв А.С., аспирант

(Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия)

На основе ранее разработанной целевой функции для оптимального управления технологическим процессом зерноуборочного комбайна предложена новая целевая функция, которая содержит новые параметры: транспортные запаздывания параметров состояния техпроцесса. Разработана имитационная модель функционирования адаптивной системы управления техпроцессом комбайна с новой целевой функцией и проведены имитационные испытания нового алгоритма управления. Доказано, что новая модель управления в 5-6 раз сокращает время поиска оптимума техпроцесса зерноуборочного комбайна.

Для повышения производительности зерноуборочных комбайнов путём оптимальной загрузки их рабочих органов была предложена новая информационная адаптивная система управления технологическим процессом [1].

Целью оптимального управления адаптивной системы является обеспечение оптимальной технологической загрузки зерноуборочного комбайна. Эта цель реализуется путем оперативного отыскания компромиссов между подачей сельскохозяйственного продукта $q(t)$ и загрузкой двигателя, оцениваемой через изменение угловой скорости двигателя $\omega(t)$ в пределах агродопусков на интенсивность потерь зерна $\gamma(t)$, для конкретных условий уборки.

Для обеспечения поставленной цели управления был выбран критерий качества техпроцесса $K(t)$, численное значение которого определяет близость достижения поставленной цели управления. Так как между датчиками $q(t)$, $\omega(t)$ и $\gamma(t)$ существует транспортное запаздывание (они разнесены по времени прохождения техпроцесса), то в настоящем исследовании целевая функция $K(t)$ представлена в следующем виде:

$$K(t) = \left| \frac{\omega(t - \tau_1)}{\omega_0} - R \frac{\gamma(t)}{q(t - \tau_1 - \tau_2)} \right|, \quad (1)$$

где ω_0 – угловая скорость двигателя на холостом ходу (при скорости техники $V=0$ м/с);

$\omega(t - \tau_1)$ – угловая скорость двигателя комбайна, рад/с;

$q(t - \tau_1 - \tau_2)$ – подача убираемой культуры в молотилку комбайна, кг/с;

$\gamma(t)$ – интенсивность потерь зерна за молотилкой, г/с;

τ_1 – время запаздывания от датчика процесса $q(t)$ до датчика $\omega(t)$, с;

τ_2 – время запаздывания от датчика процесса $\omega(t)$ до датчика $\gamma(t)$, с;

R – коэффициент адаптивной настройки техпроцесса зерноуборочного комбайна на оптимальный режим.

Имитационные испытания адаптивной системы управления технологическим процессом работы зерноуборочного комбайна были выполнены по методике, изложенной в работе [5].

Цель имитационных испытаний состоит в оценке эффекта повышения производительности уборочной техники при использовании новой целевой функции системы управления технологическим процессом с учётом транспортных запаздываний.

Исследованиями, выполненными ранее, установлено, что в реальном режиме времени для накопления достоверной информации для принятия правильного решения об управлении требуется время, примерно, 20 с. Сократить это время нельзя, т.к. технологический процесс «растянут» по длине комбайна почти на семь метров, что во времени составляет примерно 7-

10 с. Поэтому необходимо время для усреднения получаемой с датчиков информации, перекрывающее хотя бы вдвое время транспортного запаздывания техпроцесса комбайна. Время транспортного запаздывания техпроцесса в реальных условиях эксплуатации комбайна есть величина вероятностная, зависящая от множества факторов. Датчики, измеряющие параметры техпроцесса, входящие в функцию качества $K(t)$, могут быть разнесены по длине комбайна и по времени транспортного запаздывания техпроцесса на любую величину в пределах указанных выше значений. Однако для вычисления истинного значения критерия $K(t)$ (рис. 1), необходимо, чтобы в формуле (1) эти параметры были вычислены с учётом истинного времени транспортного запаздывания в данный момент измерения параметра.



Рисунок 1 – Значение целевой функции $K(t)$

Для решения этой проблемы была разработана методика расчёта транспортных запаздываний сигналов, снимаемых с датчиков $q(t)$, $\omega(t)$, $\gamma(t)$ и построена имитационная модель управления техпроцессом зерноуборочного комбайна [5], реализованная на языке высокого уровня Turbo Pascal 7.0. Метод определения транспортных запаздываний сигналов с датчиков основан на определении максимума взаимной корреляционной функции двух процессов, изложенный в работах [2], [3], [4]. Проведены статистические эксперименты, результаты которых изложены в настоящей работе (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Результаты имитационных испытаний системы адаптивного управления зерноуборочного комбайна

№ серий опытов	V , м/с	τ_1 , с	$\tau_1 + \tau_2$, с	$R_{q\omega}^{\max}(\tau)$	$R_{q\gamma}^{\max}(\tau)$	$T_{\text{наб}}$, с	S	$T_{\text{общ}}$, с
1	1,0	-	-	-	-	20,00	15	300,0
2	1,1	2,0	9,27	4,471	8,153	18,72	9	168,48
3	1,2	1,91	9,17	4,332	9,259	18,01	7	126,07
4	1,3	1,79	9,07	4,298	15,798	16,25	8	130,00
5	1,4	1,68	8,55	4,258	12,436	14,33	6	85,98
6	1,5	1,50	7,21	5,013	9,827	10,01	5	50,05
7	1,6	1,52	7,35	4,211	5,627	10,08	7	70,56
8	1,7	1,48	7,15	5,018	7,801	11,02	8	88,16
9	1,8	1,47	7,22	5,024	11,341	12,07	7	84,49
10	1,9	1,50	7,11	5,866	14,481	13,01	9	117,09
11	2,0	1,52	7,20	5,938	15,742	14,53	8	116,24

В столбцах 7, 8, 9 представлены данные соответственно по времени наблюдения $T_{\text{наб}}$, числу шагов системы до выхода на «оптимум» техпроцесса и общему времени поиска оптимума. В первой строке показаны данные без учёта транспортных запаздываний. Группа опытов со 2 по 6 строку включают процедуры оптимального управления при обработке информации с исключением тренда. Группа опытов с 7 по 11 такой процедуры не имела.

Анализ результатов проведённого статистического эксперимента позволил найти оптимальное время наблюдения техпроцесса, обеспечивающее достоверность события выхода системы на оптимум техпроцесса. Эта информация содержится в строке 6. Оптимальный объём выборки для любого параметра состояния техпроцесса определяется выражением:

$$N_i^{\text{opt}} = \frac{T_n^{\text{min}}}{f_i}, \quad (2)$$

где $T_n^{\text{min}} = 10,01 \text{ с}$ (см. табл. 1, строка 6); f_i - скважность процесса измерения, с; $i = \omega, \gamma, \dots$.

На основании проведенных исследований можно сформулировать выводы:

1. Эффективность работы системы адаптивного управления техпроцессом уборочной техники в первую очередь зависит от быстродействия системы.

2. Быстродействие системы определяется временем наблюдения, необходимым и достаточным для сбора достоверной информации об истинном значении параметров состояния техпроцесса.

3. Стремление сократить время наблюдения приводит к возрастанию вероятности получения недоброкачественной выборки, и наоборот, с ростом времени наблюдения возрастает вероятность попадания системы в режим постоянного поиска оптимума техпроцесса (режима «рыскания»). В работе с помощью методов имитационного моделирования получено значение времени наблюдения, обеспечивающее компромисс между этими противоречивыми стремлениями (см. таблицу 1, серия опытов № 6).

4. Установлено, что в условиях нормальной эксплуатации уборочной техники, все параметры состояния техпроцесса могут быть описаны оценками, исчисляемыми в предложении, что они являются стационарными случайными процессами с линейным трендом. Для таких условий определено оптимальное время наблюдения, которое составляет 10 секунд.

5. Общее время поиска оптимума техпроцесса при работе системы с учётом транспортных запаздываний наблюдаемых параметров сокращается в пять-шесть раз по сравнению со временем поиска оптимума без учёта транспортных запаздываний. Это имеет большое практическое значение.

Перечень ссылок

1. Способ автоматического управления технологическим процессом зерноуборочного комбайна: а. с. 1720545 СССР: МКИ А 01 D 41/12 / Ю.А.Песков и др. - № 4155968/63; заявл. 01.10.86; опубл. 23.03.92, Бюл. № 11. – 8 с. : ил.

2. Разработка принципов и внедрение алгоритмов оптимального управления техпроцессом зернокомбайнов для базового программного обеспечения бортовых компьютеров: отчёт о НИР : х/д № 1.00.00. / Ростовский-на-Дону завод-ВТУЗ при ПО «Ростсельмаш»; рук. Радин В.В.; исполн.: Радин В.В. и др. - Ростов-на-Дону, 1990. - 156 с.

3. Козубовский С.Ф. Корреляционные экстремальные системы. – Киев: Наукова думка, 1973. – 223 с.

4. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1971. - 408 с.

5. Имитационная модель адаптивного управления технологическим процессом зерноуборочного комбайна. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012613492. Российская Федерация.-заявки2012611368;заявл.27.02.2012.30 с/26 с .Радин В.В. Соавтор Скоробогатов А.М.