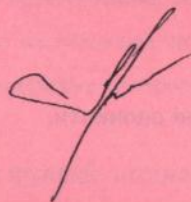


ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*На правах рукопису*

ТРИШИН Федір Анатолійович



**РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ АГРЕГАТАМИ, ЩО ГАРАНТУЮТЬ  
БЕЗАВАРІЙНІСТЬ**

Спеціальність 05.13.07 - автоматизація технологічних  
процесів та виробництв

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Одеса - 1996

ДВ 34.876

Дисертація є рукописом.

Робота виконана в Одеській державній академії харчових технологій (ОДАХТ).

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент  
**Хобін Віктор Андрійович.**

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,  
член-кореспондент ІА України  
**Карповський Юхим Якович,**  
доктор технічних наук, професор  
**Остапчук Микола Васильович.**

*Провідна організація:* Головне управління комбікормової промисловості Міністерства сільського господарства та продовольства, м. Київ

Захист відбудеться "7" червня 1996 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.16.02 при Одеській державній академії харчових технологій за адресою:

*270039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.*

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеської державної академії харчових технологій.

Автореферат розіслано "6" Гравал 1996р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доцент

*Л. М.*  
З. Стефанюк Сичук Л. М.  
Україні

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00740513 (К)

**Актуальність.** Інтенсифікація ряду технологічних процесів (ТП) пов'язана з імовірністю порушення вимог регламенту через близькість оптимальних режимів роботи технологічних агрегатів (ТА) до гранично припустимих.

Перевищення змінними ТП своїх гранично припустимих значень призводить до спрацьовування систем захисту, що запобігають перетворенню аварійної ситуації (АС) на аварію та переривають протікання ТП.

Ефективне керування об'єктами, екстремум функції оптимального функціонування яких лежить поблизу чи за межами виникнення АС, можливо лише через використання систем автоматичного керування гарантуючих безаварійність (САК ГБ) їх функціонування. Такі системи враховують поточні оцінки статистичних характеристик регулюємих змінних, поперш за все поточну оцінку імовірності виникнення АС, забезпечуючи гарантовано з заданою імовірністю ефективне функціонування ТА.

Існуючі САК ГБ мають ряд недоліків, поперш за все пов'язаних з їх швидкодією, виключення яких дозволить підвищити ефективність керування означеним класом об'єктів.

Таким чином, задача дослідження та удосконалення систем автоматичного керування, що гарантують безаварійність, з привязкою їх реалізації до сучасних технічних засобів, є актуальною.

Роботу виконано у відповідності до основного наукового напрямку № 3 ОДАХТ "Створення та розробка нового вискоелективного обладнання, теорії, методів його розрахунків та проектування; автоматизація виробничих процесів харчових та зернопереробних виробництв", зокрема, за темами №ДР 01.86.0024370, №ДР 0193U035077, №ДР 0193U035078.

**Мета дисертації** полягає в удосконаленні систем автоматичного керування, що гарантують безаварійність, підготовці їх до різних варіантів реалізації на сучасних технічних засобах.

### **Наукова новина роботи:**

- вперше проведено порівняльний аналіз ефективності роботи систем автоматичного керування, що гарантують безаварійність, за п'ятьма альтернативними варіантами їх структур, визначено найкращий варіант використання, запропоновано методику його налагодження;
- розроблено та досліджено алгоритм координації роботи контурів регулювання та корекції заданого значення регульованої змінної, що забезпечує зниження інтенсивності власного руху системи і, як наслідок, підвищення її ефективності;
- запропоновано варіанти апроксимації нелінійних частин розроблених алгоритмів керування та досліджено їх вплив на ефективність роботи САК ГБ.

### **Практична цінність** роботи полягає в тому, що:

- розроблені алгоритми та методика їх налагодження дозволяють при збереженні заданої імовірності безаварійної роботи наблизити робочі режими функціонування ТА до гранично припустимих, за рахунок чого підвищується ефективність (техніко-економічні показники) роботи цих агрегатів;
- алгоритм координації роботи контурів САК ГБ дозволяє суттєво зменшити кількість включень до роботи виконавчих механізмів, що збільшує їх надійність та строк експлуатації, скорочує простой та витрати на їх ремонт;
- розроблені алгоритми можуть бути втілені як у комплексі з алгоритмами регулювання (на одних технічних засобах), так і окремо. Перший варіант доцільніший при розробці нових систем, другий - при модернізації вже існуючих САК. В цьому випадку гарантуючі алгоритми доцільно реалізовувати на ЕОМ (контролері), де вирішуються задачі більш високого рівня ієрархії керування.

Ефективність розроблених алгоритмів керування підтверджується результатами їх впровадження у складі системи безпосереднього цифрового керування молотковими дробарками та пресами-грануляторами

комбікормового заводу Новопоплавського КХП.

**Апробація роботи.** Основні результати досліджень доповідались на: семінарі 20.4 “Кибернетика и автоматическое управление” наукової ради АН УРСР за проблемою “Кибернетика” (Одеса, 1990р.); Другій Всесоюз. конф. молодих вчених та фахівців з міжнародною участю “Контроль, управление и автоматизация в современном производстве” (Мінськ, 1990р.); Всесоюз. науково-практичній конф. “Ученые и специалисты в решении социально-экономических проблем страны” (Ташкент, 1991р.); V Всесоюз. нараді “Надежность, живучесть и безопасность автоматизированных комплексов” (Суздаль, 1991р.); VШ конф. молодих вчених та фахівців МТХП “Экономические проблемы пищевой промышленности в условиях развития рыночных отношений” (Москва, 1991р.); Науково-технічних конф. країн СНД “Контроль и управление в технических системах” (Вінниця, 1992р., 1993р.); Міжнародній науково-технічній конф. “Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК” (Київ, 1993р.); I-й національній науково-практичній конф. “Хлебопродукты-94” (Одеса, 1994р.); щорічних науково-технічних конф. ОТХП ім. Ломоносова (Одеса, 1990-94р.р.); науково-технічній конф. ОДАХТ (Одеса, 1995р.).

**Публікації.** Основний зміст дисертації викладено у 16 друкованих роботах.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літератури зі 128 найменувань вітчизняних та іноземних авторів, 12 додатків. Основний зміст роботи викладено на 80 сторінках машинописного тексту, містить 37 малюнків, 12 таблиць. Додатки викладено на 44 сторінках; вони містять акт про впровадження алгоритмів керування до експлуатації, програми досліджень на ЕОМ.

**На захист виносяться:**

- результати порівняльного аналізу ефективності роботи п'яти

альтернативних варіантів систем автоматичного керування, що гарантують безаварійність функціонування ТА з потрібною імовірністю та методика налагодження доцільної до використання системи;

- алгоритм координації роботи контурів регулювання і корекції заданого значення регулюємої змінної;

- варіанти апроксимації (в залежності від засобу технічної реалізації) нелінійних частин алгоритмів керування, що гарантують безаварійність.

## КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, наукову новину, практичну цінність роботи, наукові положення, що виносяться на захист.

**В першому розділі** розглянуто задачу безаварійного функціонування ТА і шляхи її вирішення.

Обґрунтовано, що для окремого класу об'єктів керування (ОК), що мають обмеження типу "аварійна ситуація" (АС), екстремум функції ефективності функціонування знаходиться поблизу чи поза межами виникнення АС. На прикладах таких ОК (зокрема характерних для зернопереробної промисловості) сформульовано особливості вимог до керування ними. В ході аналізу відомих принципів керування об'єктами, зокрема, що враховують наявність обмежень типу АС, обґрунтовано, що для позначеного класу ОК найбільш ефективнішими САК є САК ГБ. Такі системи забезпечують ефективні режими функціонування ТА, протікаючи в зонах близьких до гранично припустимих, гарантуючи безаварійність функціонування з заданою імовірністю. Найкращою з відомих на даний час, є САК ГБ, що враховує імовірні властивості випадкової складової регулюємої змінної. Головним недоліком відомої системи є її низька швидкодія, пов'язана, перш за все, з відсутністю врахування нестационарності математичного очікування регу-

люємої змінної.

Використовуючи математичний апарат теорії викидів випадкових процесів, що є нестационарними за математичним очікуванням, можливо отримати вираз для розрахунку поточного значення інтенсивності викидів випадкового процесу  $\tilde{x}(t)$  за гранично припустимий рівень  $x_{пр}$ :

$$n^{\pm}(x_{пр}, t) = \frac{dN^{\pm}(x_{пр}, T)}{dt} = \frac{\sigma_x(t)}{2\pi\sigma_x(t)} \cdot \exp\left(-\frac{(x_{пр} - \tilde{x}(t))^2}{2\sigma_x^2(t)}\right) \cdot \left(\exp\left(-\frac{\dot{x}^2(t)}{2\sigma_{\dot{x}}^2(t)}\right) \mp \frac{\sqrt{2\pi}}{\sigma_{\dot{x}}(t)} \cdot \dot{x}(t) \cdot \Phi\left(-\frac{\dot{x}(t)}{\sigma_{\dot{x}}(t)}\right)\right) \quad (1)$$

де  $N(x_{пр}, T)$  - кількість викидів за рівень  $x_{пр}$  на інтервалі  $T$ ;

$\dot{x}(t)$  - похідна різниці  $x_{пр} - \tilde{x}(t)$ ;

$\sigma_x^2(t), \sigma_{\dot{x}}^2(t)$  - оцінки дисперсії та дисперсії похідної  $\tilde{x}(t)$ ;

$\Phi(\ )$  - інтеграл імовірності;

$\pm$  - знак викиду.

Враховуючи, що викид за гранично припустимий рівень означає виникнення АС та характер його походження випадковий, велику увагу до себе звертає оцінка імовірності відсутності викидів на інтервалі часу  $T$ , що розглядається. Оскільки в такій постановці може цікавити ситуація, коли викиди є рідкими подіями, то моменти виникнення викидів можливо враховувати приблизно незалежними та розподіленими за законом Пуассона. Тоді можливо отримати вираз розрахунку поточного значення  $x(t)$ , яке з відомою (заданою чи такою, що вимагається) імовірністю ( $P_T$ ) не буде викидом, тобто буде знаходитися в зоні нормального функціонування ТА:

$$x^{\Gamma}(t) = x_{\text{нр}} - \sigma_x(t) \cdot \sqrt{2 \cdot \ln \left[ -T \cdot \frac{\sigma_x(t)}{\sigma_x(t)} \cdot \frac{\exp\left(-\frac{\dot{x}^2(t)}{2\sigma_x^2(t)}\right) - \frac{\sqrt{2\pi}}{\sigma_x(t)} \cdot \dot{x}(t) \cdot \Phi\left(-\frac{\dot{x}(t)}{\sigma_x(t)}\right)}{2\pi \cdot \ln(P_T)} \right]} \quad (2)$$

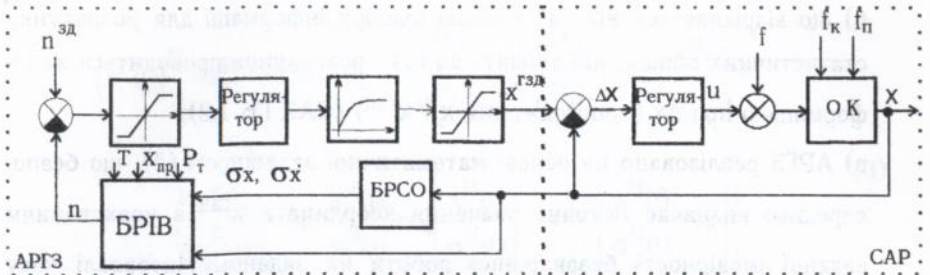
Оскільки, випадковий процес  $x(t)$  нестационарний за математичним очікуванням  $m_x(t)$ , то вимога до незмінності  $m_x$  на інтервалі часу  $T$ , що розглядається, не виконується. Це також відноситься і до інших статистичних оцінок процесу  $x(t)$ . Тому необхідно розрахунок статистичних оцінок проводити за ковзаючим інтервалом часу.

Проаналізовано технічні засоби, на яких доцільно проводити реалізацію САК ГБ. Найбільш перспективними визначено мікропроцесорні засоби (РЕМІКОНТ, В10 та інші), на базі яких можлива побудова гнучких ієрархічних систем з цільовою та централізованою координацією.

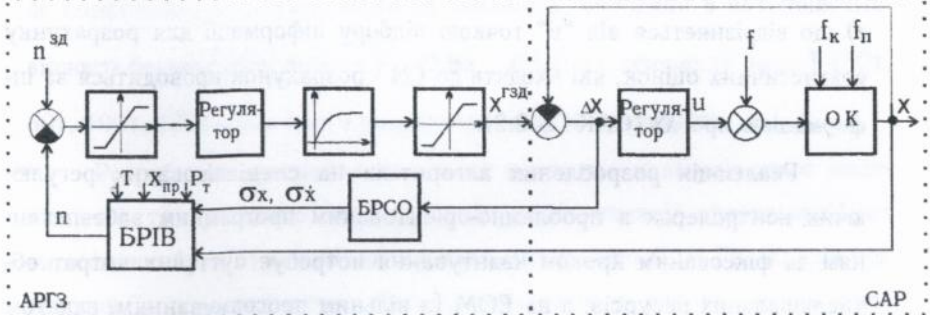
**В другому розділі** проведена розробка та порівняльний аналіз базових алгоритмів САК ГБ.

На основі математичних залежностей, приведених в першому розділі, було розроблено наступні варіанти САК ГБ, структурні схеми яких зображено на мал. 1:

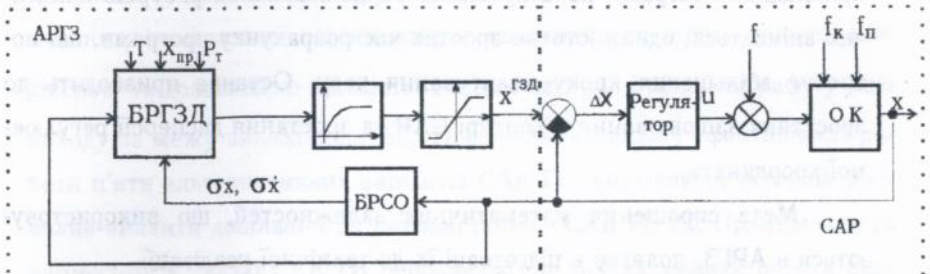
а) алгоритм розрахунку гарантуючого заданого значення (АРГЗ) реалізовано на основі математичної залежності (1), що визначає поточну інтенсивність викидів регулюємої координати за рівень виникнення АС. Результат непогодження оцінки поточного значення цієї інтенсивності із заданим значенням, що визначається з потрібних умов (задана імовірність безаварійної роботи на заданому інтервалі часу), є входом регулятора інтенсивності викидів, керуюча дія якого - значення  $x^{\Gamma\text{зд}}$ , що гарантує відсутність викидів  $x$  за рівень виникнення АС (САК ГБ 1.1);



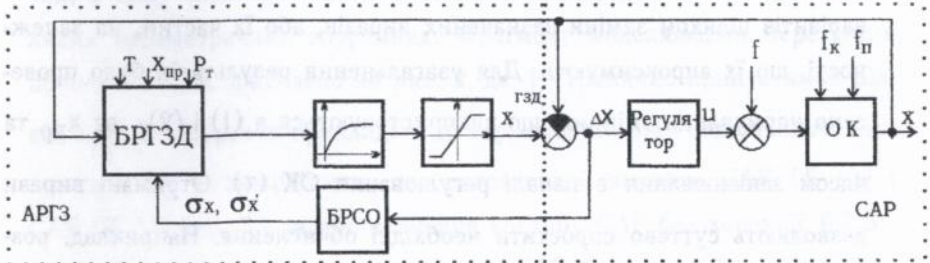
а)



б)



в)



г)

Мал. 1. Структурні схеми варіантів САК ГБ (БРСО, БРІВ, БРГЗД - блоки розрахунку: статистичних оцінок; інтенсивності викидів; заданого значення, що гарантує безаварійність)

б) що відрізняється від "а" точкою відбору інформації для розрахунку статистичних оцінок, які входять до (1) - розрахунок проводиться за інформацією про  $\Delta x$  (непогодження  $x$  і  $x^{\text{ГЗД}}$ ) (САК ГБ 1.2);

в) АРГЗ реалізовано на основі математичної залежності (2), що безпосередньо визначає поточне значення координати  $x^{\text{ГЗД}}$  з урахуванням заданої імовірності безаварійної роботи на заданому інтервалі часу (САК ГБ 2.1);

г) що відрізняється від "в" точкою відбору інформації для розрахунку статистичних оцінок, які входять до (2) - розрахунок проводиться за інформацією про  $\Delta x$  (САК ГБ 2.2).

Реалізація розроблених алгоритмів на спеціалізованих регулюючих контролерах з проблемно-орієнтованим програмним забезпеченням та фіксованим кроком квантування потребує суттєвих витрат обчислювальних ресурсів, а на ЕОМ (з вільним програмуванням, пакетом прикладних програм), хоча проблема обчислювальних ресурсів практично знімається, однак істотно зростає час розрахунку програми, що потребує збільшення кроку квантування часу. Останнє призводить до зростання запізнювання в контурі САР та зростання дисперсії регулюємої координати.

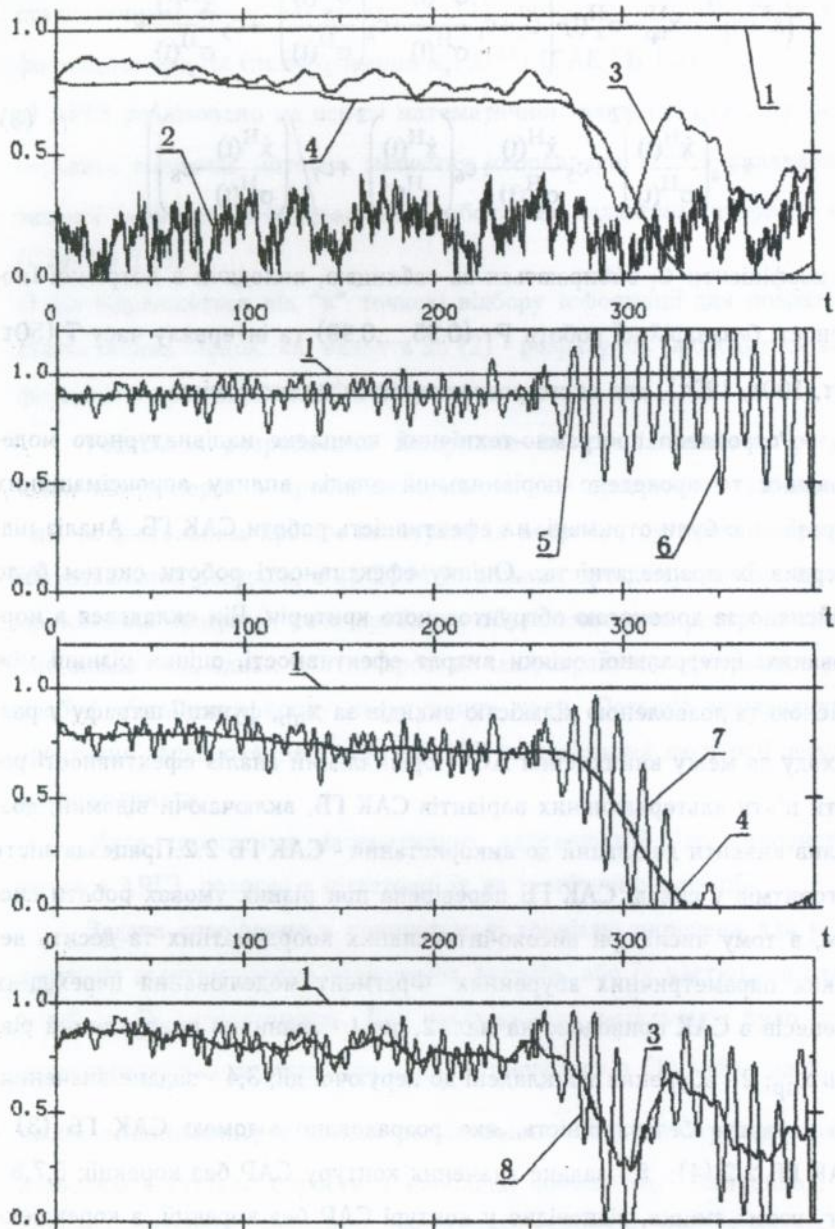
Мета спрощення математичних залежностей, що використовуються в АРГЗ, полягає в підготовці їх до технічної реалізації.

Задача спрощення з припустимою точністю вирішена для різних варіантів шляхом заміни зазначених виразів, або їх частин, на залежності, що їх апроксимують. Для узагальнення результатів було проведено нормування змінних, що використовуються в (1) і (2), за  $x_{\text{пр}}$  та часом запізнювання в каналі регулювання ОК ( $\tau$ ). Отримані вирази дозволяють суттєво спростити необхідні обчислення. Наприклад, розрахунок заданого значення регулюємої змінної, що гарантує безаварійність, можливо отримати за виразом:

$$\begin{aligned}
 (x^{\Gamma}(t))^H = x_{\text{пр}}^H - \sigma_x^H(t) \cdot & \left( c_0 + c_1 \frac{\dot{x}^H(t)}{\sigma_x^H(t)} + c_2 \left( \frac{\sigma_x^H(t)}{\dot{x}^H(t)} \right)^2 + c_3 \frac{\dot{x}^H(t)}{\sigma_x^H(t)} + \right. \\
 & \left. + c_4 \left( \frac{\dot{x}^H(t)}{\sigma_x^H(t)} \right)^2 + c_5 \frac{\dot{x}^H(t)}{\sigma_x^H(t)} + c_6 \left( \frac{\dot{x}^H(t)}{\sigma_x^H(t)} \right)^2 + c_7 / \left( \frac{\dot{x}^H(t)}{\sigma_x^H(t)} - c_8 \right) \right), \quad (3)
 \end{aligned}$$

де коефіцієнти  $C_i$  вибираються за таблицею, виходячи з потрібної імовірності безаварійної роботи  $P_t$  (0.95,...,0.99) та інтервалу часу  $T$  (50т, 80т, 100т, 120т), для якого розраховується ця імовірність.

Розроблено програмно-технічний комплекс напівнатурного моделювання та проведено порівняльний аналіз впливу апроксимаційних виразів, що були отримані, на ефективність роботи САК ГБ. Аналіз підтвердив їх працездатність.. Оцінку ефективності роботи систем було здійснено за допомогою обґрунтованого критерія. Він складався з нормованих: інтегральної оцінки витрат ефективності, оцінки різниці між дійсною та дозволеною кількістю викидів за  $X_{\text{пр}}$ , функції штрафу у разі виходу за межу виникнення АС. Порівняльний аналіз ефективності роботи п'яти альтернативних варіантів САК ГБ, включаючи відомий, дозволив виявити доцільний до використання - САК ГБ 2.2. Працездатність алгоритмів у складі САК ГБ перевірена при різних умовах роботи систем, в тому числі при високо-інтенсивних координатних та досить великих параметричних збуреннях. Фрагмент моделювання перехідних процесів в САК приведено на мал. 2, де: 1 - гранично припустимий рівень  $x_{\text{пр}}$ ; 2 - збурення прикладені до керуючої дії; 3,4 - задане значення, що гарантує безаварійність, яке розраховано відомою САК ГБ (3) і САК ГБ 2.2 (4); 5 - задане значення контуру САР без корекції; 6,7,8 - регулюєма змінна, відповідно у контурі САР без корекції, з корекцією, що здійснюється відомою САК ГБ, з корекцією, що здійснюється



Мал. 2. Фрагменти моделювання роботи САК

САК ГБ 2.2. Перехідні процеси відображають ситуацію, коли базовий контур САР стає нестійким (час запізнювання в каналі регулювання збільшується в момент часу  $100\tau$  в 2 рази, в момент часу  $250\tau$  - в 4 рази).

Порівняльний аналіз роботи САК ГБ 2.2 з відомим варіантом САК ГБ підтвердив перевагу першої:

- поточний інтервал часу розрахунку статистичних оцінок регулюємої змінної зменшився у 25 разів, що значно знизило інерційність системи в цілому;
- середні втрати ефективності зменшились в 1.8 раза при незначном (на 1%) зменшенні імовірності безаварійної роботи на заданому інтервалі. Останнє пояснюється наближенням в середньому до межі виникнення АС.

Як варіант, розглянуто реалізацію САК ГБ на мікропроцесорном контролері РЕМІКОНТ Р-130.

**В третьому розділі** розглядаються питання підвищення ефективності та розробки методики налагодження САК ГБ.

Розроблені САК ГБ можливо розглядати як двоконтурні, в яких зовнішнім контуром буде контур корекції поточного значення задаючої координати для внутрішнього контуру регулювання. Оскільки корекція заданого значення для внутрішнього контуру виконує роль збурення, то, крім забезпечення безаварійного функціонування ОК, вона викличе додаткові перехідні процеси і зростання дисперсії регулюємої координати. Очевидно, що таке явище небажано, тому що воно знижує якість керування, зокрема: - погіршується значення критерія оптимальності функціонування ОК; - зростає спрацювання вузлів виконавчих механізмів та пристроїв керування ними.

Подолати протиріччя, що виникло, можливо за допомогою координації роботи контурів регулювання і корекції завдання. При цьому "команда" на зміну заданого значення (коректуюча дія) буде зді-

новатися тільки тоді, коли зміна регулюємої координати ОК, що викликана дією на нього збурень, буде співпадати з необхідною її зміною при корекції. В дискретному часі координація роботи контурів регулювання і корекції завдання здійснюється за наступним виразом:

$$X_i^{\text{гзд}} = \begin{cases} \min(x_i^k, x_i), \text{ при } x_i^k \geq x_{i-1}^{\text{гзд}}, x_{i-1} \leq x_{i-1}^{\text{гзд}} \text{ та } x_i \geq x_{i-1}^{\text{гзд}} \\ \max(x_i^k, x_i), \text{ при } x_i^k \leq x_{i-1}^{\text{гзд}}, x_{i-1} \geq x_{i-1}^{\text{гзд}} \text{ та } x_i \leq x_{i-1}^{\text{гзд}} \\ x_{i-1}^{\text{гзд}}, \text{ при інших умовах} \end{cases}, (4)$$

де  $X_i$ ,  $x_i^k$ ,  $x_i^{\text{гзд}}$  - поточні значення відповідно регулюємої координати, заданого значення, що скореговано у відповідності з вимогами до безаварійності, заданого значення регулюємої координати після координації;  $x_{i-1}$ ,  $x_{i-1}^{\text{гзд}}$  - їх попередні значення.

Порівняльний аналіз роботи САК ГБ 2.2 і САК ГБ 2.2 з координацією контурів регулювання та корекції завдання показав, що:

- дисперсія помилки регулювання зменшується в 4.3 раза, дисперсія керуючої дії зменшується в 1.95 раза, середні втрати ефективності знижуються на 5%;
- при використанні алгоритму координації, коли внутрішній контур регулювання використовує виконавчий механізм с постійною швидкістю, вдається зменшити кількість включень цього механізму в 1.5 раза.

Однак, при роботі в зоні близькій до границі виникнення АС, використання приведеного принципу може призвести до того, що при дії на систему достатньо тривалих і великих координатних збурень вимогу до безаварійності буде порушено. Для позбавлення від такого небажаного явища алгоритм координації, який запропоновано, декілька ускладнюється, нарощуванням його логічною вибіркою умови застосування координації. Для чого розраховується прогнозуєме значення регу-

люємої координати  $x(t)$  на час  $t_{\text{прг}}$  вперед за виразом:

$$x(t_{\text{прг}}) = \frac{x(t) - x(t - \Delta t)}{\Delta t} t_{\text{прг}} + x(t) \quad (5)$$

У випадку перевищення прогнозуємим значенням регулюємої координати на час  $t_{\text{прг}} = \tau$  значення  $0.95X_{\text{пр}}$  (значення визначені в ході досліджень) - використання координації припиняється і корекція задавальної дії здійснюється за використовуваною залежністю, наприклад за (3).

Вірний вибір кроку квантування визначає в цілому якість керування з одного боку і ефективність розподілу обчислювальних ресурсів з іншого. Причому перша зростає зі зменшенням кроку квантування, а друга при його збільшенні. Очевидно, що для практичного використання САК ГБ необхідно мати рекомендації до вибору кроку квантування. При цьому можливі два підходи до реалізації алгоритмів керування, що гарантують безаварійність ТА. Перший, коли алгоритми керування реалізуються безпосередньо на мікропроцесорних регулюючих контролерах з проблемно-орієнтованим програмним забезпеченням і фіксованим кроком квантування. Другий, коли алгоритми керування реалізуються на верхньому рівні в ЕОМ (ієрархічна структура), яка формує уставки контурам регулювання. В першому випадку необхідно визначити максимально велике значення кроку квантування для всіх розрахункових виразів алгоритма керування без втрат точності керування і зниження вимог до безаварійності функціонування ТА. В другому випадку виникає задача максимального звільнення обчислювальних ресурсів ЕОМ верхнього рівня, для їх ефективного розподілу між задачами, що рівнобіжно вирішуються. В ході досліджень розроблено рекомендації до вибору кроку квантування.

Розроблено методики налагодження параметрів САК ГБ для двох варіантів їх реалізації: а) з розрахунком заданого значення, що гаран-

тує безаварійність, по спрощеним виразам; б) без спрощення основних розрахункових залежностей.

**В четвертому розділі** розглянуто використання алгоритмів керування, що гарантують безаварійність, у складі систем безпосереднього цифрового керування молотковими дробарками і пресами-грануляторами Новополтавського комбіната хлібопродуктів.

Обґрунтовано і підтверджено імітаційним моделюванням на цифрових моделях доцільність застосування розроблених алгоритмів гарантуючого керування для молоткових дробарок і пресів-грануляторів.

САК ГБ молотковими дробарками і пресами-грануляторами, що було разроблено, включають до себе: а) контур регулювання струму навантаження приводу електродвигуна (ПЕД) дробарки і контур корекції заданого значення струму навантаження з використанням АРГЗ з координацією; б) контур регулювання струму навантаження ПЕД матриці преса з контуром корекції заданого значення струму навантаження і контуром регулювання температури гранулята з відповідною корекцією заданого значення температури.

В якості базових алгоритмів керування контурів регулювання використовуються ПД-алгоритми з прогнозуємою корекцією. Так як в зазначених ділянках ТА обладнані виконавчими механізмами постійної швидкості, то всі регулятори виробляють широтно-імпульсно модульований вихідний сигнал.

Система керування, що відладжена на вирогідних моделях, впроваджена на Новополтавському КХП. В період дослідної експлуатації отримано практичні підтвердження її вискоефективної роботи, що дозволяє рекомендувати її для широкого практичного застосування в системах автоматичного керування молотковими дробарками і пресами-грануляторами.

## ВИСНОВКИ

1. Для ТП, у яких підвищення ефективності пов'язано з ризиком

виникнення аварійної ситуації, запропоновано удосконалити системи автоматичного керування, що гарантують безаварійність функціонування технологічних агрегатів з потрібною імовірністю.

2. Порівняльний аналіз ефективності роботи варіантів систем гарантуючого керування дозволив відокремити найбільш доцільніший до застосування - безпосередній розрахунок поточного заданого значення регулюємої змінної за оцінками статистичних характеристик, отриманих за інформацією про помилку регулювання.

3. Розроблений алгоритм координації роботи контурів регулювання і корекції заданого значення регулюємої змінної забезпечив зниження інтенсивності власного руху системи і, як наслідок, підвищив її ефективність. Використання алгоритма координації дозволяє суттєво знизити кількість включень до роботи виконавчих механізмів, що збільшує їх надійність та термін експлуатації, скорочує простой та витрати на їх ремонт.

4. Узагальнення результатів проведених досліджень дозволило розробити методику налагодження параметрів систем автоматичного керування, що гарантують безаварійність.

5. Розроблені алгоритми можуть бути реалізовані:

а) при розробці нових систем автоматичного керування, в комплексі з алгоритмами регулювання (на одних технічних засобах);

б) при модернізації вже існуючих систем, з їх реалізацією на ЕОМ (контролери), що є доцільнішим, де вирішуються задачі більш високого ієрархічного рівня керування.

6. Промислові випробування САК ГБ молотковими дробарками і пресами-грануляторами підтвердили їх ефективність, також в умовах, коли традиційні системи стабілізації були непрацездатні.

7. Впровадження алгоритмів керування, що були розроблені, у складі системи безпосереднього цифрового керування молотковими дробарками і пресами-грануляторами комбікормового заводу Ново-Полтавського КХП дозволило підняти продуктивність зазначених техно-

логічних агрегатів при збереженні вимагаємої імовірності безвідмовної роботи, автоматизувати пускові режими, усунути примушені зупинки ходу технологічного процесу за причиною виникнення АС, знизити кількість нерегламентних обслуговувань виконавчих механізмів постійної швидкості.

8. Розроблені алгоритми можуть бути легко реалізовані на базі сучасної мікропроцесорної техніки, вони є підставою до впровадження безлюдних технологій.

### **Основні результати дисертації опубліковано в роботах:**

1. Хобин В.А., Тришин Ф.А., Жуков А.О. Управление потенциально опасными объектами, гарантирующее безаварийность // Тез. докл. V Всесоюзного совещания "Надежность, живучесть и безопасность автоматизированных комплексов", Суздаль, ноябрь 1991г. - М.: институт проблем управления, 1991. - с. 27.

2. Хобин В.А., Тришин Ф.А. Учет ограничений типа "аварийная ситуация" при оптимизации технологических процессов в реальном времени // Тез. докл. Всесоюзной научно-практической конференции "Ученые и специалисты в решении социально-экономических проблем страны", Ташкент, 1991г. - Ташкент: НИИ АСАТ, 1991. - с. 133.

3. Хобин В.А., Тришин Ф.А., Жуков А.О. САУ, гарантирующие безаварийность функционирования объектов управления // Тез. докл. 2-й Всесоюзной конференции молодых ученых и специалистов с международным участием "Контроль, управление и автоматизация в современном производстве", Минск, 15-19 октября 1990г. - М.: НПО "Магистр", 1990. - с.165.

4. Хобин В.А., Тришин Ф.А., Жуков А.О. Организация машинных экспериментов на цифро-аналоговом комплексе по анализу и синтезу систем автоматического управления для объектов с неопределенными параметрами // Тез. докл. 52-й научной конференции ОТИПП, Одесса, 22-25 апреля 1992г. - Одесса, 1992. - с. 164.

5. Тришин Ф.А., Жуков А.О., Щетинина Ю.Л. Программно-технический комплекс для цифро-аналогового моделирования динамических систем на базе АВК-32 и IBM PC/AT // Тез. докл. Научно-технической конференции стран СНГ "Контроль и управление в технических системах", Винница, 8-10 сентября 1992г. - Винница, 1992. - с. 133.

6. Тришин Ф.А. Интеграл вероятности в задачах гарантированно-го безаварийного управления, варианты его аппроксимации // Тез. докл. 54-й научной конференции ОТИПП, часть П, Одесса, 19-22 апреля 1994г. - Одесса, 1994. - с. 72.

7. Хобин В.А., Жуков А.О., Тришин Ф.А. Программное обеспечение АЦВК для задач моделирования систем управления // Тез. докл.

юбилейной 50-й научно-практической конференции ОТИПП им. Ломоносова "Научно-технические проблемы развития агропромышленного комплекса", Одесса, 15-19 мая 1990г. - Одесса, 1990. - с. 147.

8. Хобин В.А., Тришин Ф.А., Жуков А.О. Управление загрузкой норрии, транспортирующей материалы с широким диапазоном изменения объемной массы // Тез. докл. 8-й конференции молодых ученых и специалистов МТИПП, Москва, 11-14 июня 1991г., - Москва, 1991. - с. 161-163.

9. Хобин В.А., Жуков А.О., Тришин Ф.А. Система непосредственного цифрового управления прессами-грануляторами и молотковыми дробилками комбикормового завода // Тез. докл. 52-й научной конференции ОТИПП, Одесса, 22-25 апреля 1992г. - Одесса, 1992. - с. 165.

10. Хобин В.А., Тришин Ф.А. Алгоритмы гарантирующего управления в системах НЦУ молотковыми дробилками и прессами-грануляторами Новополтавского КХП // Тез. докл. 55-й научной конференции ОГАПТ, Одесса, 11-14 апреля 1995г. - Одесса, 1995. - с. 214.

11. Хобин В.А., Тришин Ф.А. и др. Алгоритмическое, программное и техническое обеспечение системы НЦУ участками дробления и гранулирования // Тез. докл. 1-й национальной научно-практической конференции "Хлебопродукты-94", Одесса, 14-16 сентября, 1994г. - Одесса, 1994. - с. 184.

12. Хобин В.А., Тришин Ф.А. Упрощенная реализация алгоритма расчета безопасного заданного значения в САУ гарантирующих безаварийность // Тез. докл. 53-й научной конференции ОТИПП, Одесса, 20-23 апреля 1993г. - Одесса, 1993. - с. 210.

13. Хобин В.А., Плева А.Г., Тришин Ф.А. и др. Цифровая централизованная система управления участками дробления и гранулирования Новополтавского комбината хлебопродуктов // Тез. докл. 2-й научно-технической конференции стран СНГ "Контроль и управление в технических системах", Винница, 25-28 октября 1993г. - Винница, 1993. - с. 2.

14. Хобин В.А., Тришин Ф.А., Щетинина Ю.Л. Координация контуров оптимизации и регулирования как средство повышения эффективности САУ // Тез. докл. 53-й научной конференции ОТИПП, Одесса, 20-23 апреля 1993г. - Одесса, 1993. - с. 208.

15. Хобин В.А., Тришин Ф.А., Жуков А.О. Система непосредственного цифрового эффективного управления равнобжно-работующими прессами-грануляторами комбикормового производства // Тез. доп. міжнародної науково-технічної конференції "Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК", Київ, 19-21 жовтня 1993р. - Київ: КТХП, 1993. - с. 463.

16. Выполнить комплекс работ по разработке и внедрению трех модификаций устройств управления прессами-грануляторами.: Отчет по НИР./Одесская гос.акад.пищевых техн.; Руковод. В.А.Хобин. Исполнит.: А.Г. Плева, Ф.А. Тришин, М. Хилал и др. - № ГР 0133U035-078, Одесса, 1995. - 54 с.

Тришин Ф. А. Разработка и реализация алгоритмов управления технологическими агрегатами, гарантирующих безаварийность.

Диссертация (рукопись) на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - автоматизация технологических процессов и производств, Одесская государственная академия пищевых технологий, Одесса, 1996.

Работа содержит теоретические и экспериментальные исследования вопросов эффективного управления технологическими агрегатами. Усовершенствованы алгоритмы управления, гарантирующие с заданной вероятностью безаварийность функционирования ТА, экстремумы функции эффективности которых находятся вблизи или за границей допустимых режимов. Алгоритмы повышают качество работы системы, технико-экономические показатели ТА в целом, в частности, срок эксплуатации исполнительных механизмов.

#### ABSTRACT

Trishin F.A. The elaboration and realization of the accidentless guaranteeing control algorithms for the technological units.

The thesis for Master of technical Science degree, speciality 05.13.07 - Automation of the technological processes and productions, Odessa State Academy of Food Technologies.

The thesis comprises the theoretical and experimental researches into the problems of efficient control of the technological units. There had been modernized the control algorithms, guaranteeing the accidentless functioning with the preassigned probability of the technological units, having their efficiency function extremums near or over the boundary of admissible regimes. The algorithms elaborated increase the quality of system's operating, the technical and economical indices of the technological units on the whole, and, specifically, the exploitation period of actuation mechanisms.

Ключові слова: ефективність, безаварійність, алгоритм керування.