

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 678.027.3

ЖУЧЕНКО А. І., д.т.н., проф.; СПЩИН Є. І., асп.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

СТРУКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ТРЕНАЖЕРНОЇ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКЦІЙНОЇ ПЕЧІ

Розроблено модульну структуру комп'ютерної тренажерної системи радіаційно-конвекційної печі для навчання і атестації персоналу нафтопереробних виробництв.

Ключові слова: радіаційно-конвекційна піч, комп'ютерний тренажер, модульна структура.

Постановка проблеми та аналіз попередніх досліджень. Сучасні нафтопереробні підприємства є однією із основних складових економіки як нашої країни, так і світової економіки загалом. Інтенсифікація технологічних процесів, технічне вдосконалення й ускладнення систем керування зумовлюють не тільки економічне процвітання нафтопереробних виробництв, а й небезпечність виникнення техногенних та екологічних катастроф [1, 2]. Більше половини аварій на нафтопереробних виробництвах є наслідком неправильних дій операторів, причому біля третини всіх аварій припадає на установки радіаційно-конвекційних печей. Складність прогнозування і своєчасного запобігання аваріям створює необхідність розробки ефективних засобів навчання і контролю знань операторів, одним з яких є комп'ютерні тренажерні системи. Для тренажерних систем характерна залежність якісних показників та ефективності застосування від взаємозв'язку моделей, систем керування та інших складових. Це обумовлює необхідність розробки ефективної структури тренажерної системи.

Існуючі варіанти структур комп'ютерних тренажерів для моделювання роботи радіаційно-конвекційних печей [2, 3] містять низку невіршених наукових проблем, а саме:

1. Недостатньо вивчена і розглянута структура інформаційних взаємодій у комп'ютерних тренажерах. Наведені структури не відрізняються повнотою й докладністю.

2. Недостатньо опрацьовані питання механізмів ініціювання нештатних та аварійних ситуацій (порушення технологічного режиму, погіршення характеристик обладнання, порушення тепло- та енергопостачання, елементів системи керування).

3. Відсутність алгоритмів часової синхронізації моделей й завдання системного часу, а також відсутність алгоритму імітаційного моделювання, що визначає часову синхронізацію елементів тренажерної моделі й забезпечує роботу моделі в реальному, прискореному та сповільненому масштабах часу.

4. Недостатньо опрацьовані питання про тимчасову синхронізацію моделей у комп'ютерному тренажері, про вибір кроку інтегрування диференціальних рівнянь, що описують технологічний процес і систему керування.

5. Недостатньо розглянуті питання створення інтерфейсів інструктора та оператора.

3 погляду забезпечення таких характеристик тренажера, як раціональне використання апаратних ресурсів комп'ютера, автоматизація розробки й зміни налаштування тренажерної моделі, суттєвими недоліками існуючих систем [3, 4] є:

1. Відсутність модульної організації тренажерної системи (що призводить до зменшення можливостей для гнучкої зміни конфігурації тренажера та робить складним або неможливим використання систем розподілених розрахунків параметрів тренажера на сучасних ЕОМ).

2. Відсутність класу дискретних моделей і методу моделювання дискретних об'єктів і систем, що базується на побудові таблиць і діаграм можливих станів і переходів, синтезі алгоритмів функціонування.

Застосовувані методи математичного моделювання технологічних процесів і систем керування, що використовуються для оптимального керування, розрахунку систем автоматичного регулювання, проектування технологічного обладнання не забезпечують ефективності використання тренажерної системи як контрольно-навчального засобу. Аналіз роботи з комп'ютерним тренажером обумовлює необхідні якісні характеристики тренажерної моделі, а також дозволяє прийняти певні допущення при моделюванні.

Отже, актуальною сьогодні є задача розробки модульної комп'ютерної тренажерної системи, яка є ефективним засобом для навчання персоналу, що працює з найбільш вибухо- і пожежонебезпечними об'єктами нафтопереробки – радіаційно-конвекційними печами. Якісні показники та ефективність застосування такої системи залежить від взаємозв'язку складових елементів.

Метою статті є розроблення ефективної структури тренажерної системи, що зможе забезпечити якісну, швидку та синхронізовану у часі взаємодію елементів тренажерної системи.

Виклад основного матеріалу. Для врахування усіх перерахованих недоліків існуючих моделей запропонована структура тренажерної системи радіаційно-конвекційної печі (рис. 1).

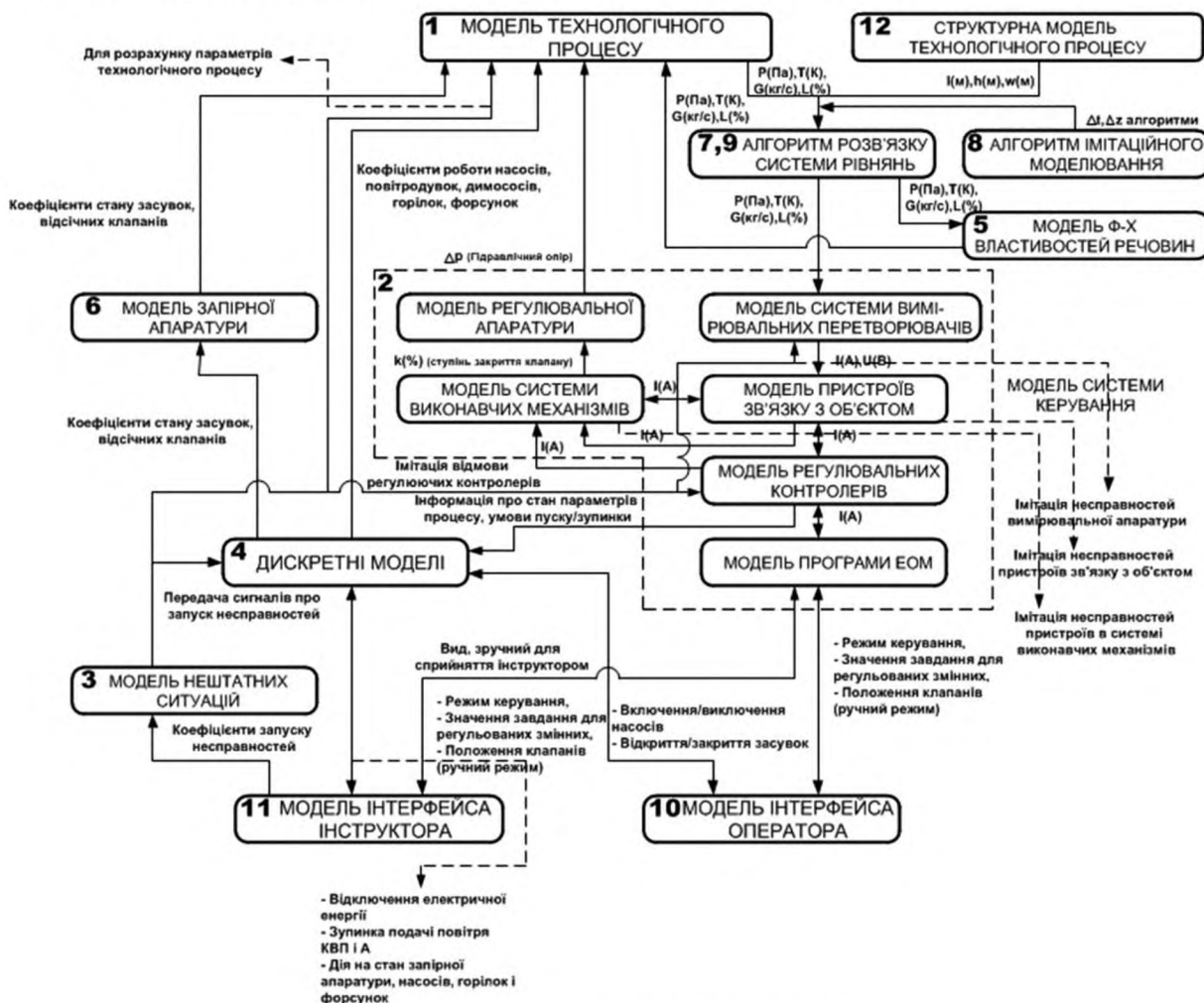


Рис. 1 – Структура тренажерної системи

З метою оптимізації тренажерної системи пропонується її організація у вигляді модульної структури (табл. 1). Така структура має такі переваги:

1. Завдяки наявності готових автономних програмних модулів та можливості їх поєднання у системі будь-якої складності досягають значного ступеня автоматизації процесу розробки тренажеру.
2. Досягається економічність використання ресурсів комп'ютера за рахунок виділення класу дискретних моделей, використання модульної структури та можливості проведення розподілених обчислень.
3. Оскільки кожен модуль є незалежною структурною одиницею, досягається легкість автономної зміни налаштувань параметрів елементів тренажерної системи.
4. Можливість використання алгоритму імітаційного моделювання для часової синхронізації елементів тренажерної системи.
5. Легкість нарощування і зміни елементів тренажерної системи.

Таблиця 1 – Елементи моделі структури тренажера

Назва блоку	Призначення
1. Модель технологічного процесу	Математичний опис технологічного процесу
2. Модель системи керування	Математичний опис системи керування
3. Модель нештатних ситуацій	Визначає механізми ініціювання аварій
4. Дискретні моделі	Описують об'єкти й системи з дискретним характером роботи
5. Модель фізико-хімічних властивостей речовин	Описує залежність фізико-хімічних властивостей речовин від параметрів технологічного процесу
6. Модель запірної і регулюючої апаратури	Використовується для розрахунку гідравлічних опорів запірної і регулюючої апаратури
7. Алгоритм розв'язку системи рівнянь	Чисельний розв'язок системи рівнянь, що описують технологічний процес, систему керування, регулювальну та запірну апаратуру
8. Алгоритм імітаційного моделювання	Забезпечує часову синхронізацію елементів тренажерної моделі
9. Алгоритм розв'язку системи рівнянь	Знаходження значень параметрів технологічного процесу
10. Модель інтерфейсу оператора	Виконує функції інформаційного обміну між оператором і модельованою системою
11. Модель інтерфейсу інструктора	Контроль дій оператора й задавання аварійних ситуацій
12. Структурна модель технологічного процесу	Містить інформацію про геометричні розміри апаратів та їх орієнтування в просторі

Математична модель технологічного процесу є системою рівнянь (алгебраїчних та диференціальних), для розв'язання якої використовують певний алгоритм (перевагою цієї роботи є те, що в ній застосовують математичний опис розподілу масових витрат і тисків, що використовує рівняння Бернуллі й закон збереження імпульсу). Для знаходження параметрів технологічного процесу необхідні знання про геометричні розміри й розташування апаратів, що відображені у структурній моделі. Результат розв'язку системи рівнянь – параметри технологічного процесу (тиск, температуру, рівень, витрату) – подають на вхід моделі системи вимірювальних перетворювачів. Вихідними параметрами цієї системи є сила струму (вимірювання тиску, перепаду тиску, виштовхувальної сили) і термоЕРС (вимірювання температури), що є вхідними параметрами моделі пристроїв зв'язку з об'єктом. Вихід цієї моделі – уніфіковану силу струму – подають на вхід моделі регулювальних контролерів, що реалізує функції прийняття сигналу, обмеження його величини і швидкості, регулювання технологічних змінних й видачі керівних впливів на модель системи виконавчих механізмів. Усі сигнали, що проходять через модель регулювальних контролерів, подають на вхід моделі програми ЕОМ, де перетворюють відповідно до виду параметра і шкалою у вигляді зручний для сприйняття. Модель системи виконавчих механізмів реалізує функції перетворення сили струму в зміну ступеня відкривання регулювальної апаратури. Значення ступеня відкривання є вхідним сигналом моделі регулювальної апаратури, а вихідним – значення гідравлічного опору, що подається на вхід моделі технологічного процесу.

Вхідними параметрами дискретних моделей є:

– інформація про стан параметрів процесу, задіяних у керуванні дискретними системами та об'єктами (умови блокування, пуску насоса, включення горілки, відкриття та закриття засувки), подається з виходу моделі регулювальних контролерів;

– результати дій оператора з керування процесом, попередження та ліквідації несправностей (відкриття – закриття засувок і відсічних клапанів, розпалення – закриття горілок (форсунок), запуск – зупинка насосів, вмикання – вимикання блокувань), що є виходом моделі інтерфейсу оператора;

– ініціювання інструктором аварійних ситуацій (відключення електроенергії, зупинка подачі повітря КВПіА), дія на стан запірної апаратури, насосів та повітродувки, горілок і форсунок – вихідні сигнали моделі інтерфейсу інструктора.

Вихідними параметрами дискретних моделей є індикатори стану об'єктів (положення засувки, відсічного клапана, стан насоса, повітродувки, горілки, форсунок; табл. 2), що надходять на подальші моделі. Вхідними змінними моделі нештатних ситуацій є значення коефіцієнтів запуску тієї чи іншої несправності, що надходять з виходу інтерфейсу інструктора (табл. 3).

Модель інтерфейсу оператора взаємодіє з рештою моделей за допомогою моделі програми ЕОМ і дискретних моделей. Модель інтерфейсу оператора отримує від моделі програми ЕОМ значення техно-

логічних змінних, інформацію про положення регульовальної апаратури і задає режим керування, значення завдання для регульованих змінних, керує положенням клапанів у ручному режимі. Від дискретних моделей на модель інтерфейсу оператора передаються значення станів об'єктів. Модель інтерфейсу оператора, у свою чергу, посилає на дискретні моделі сигнали зміни станів цих об'єктів (вмикання/вимикання насосів, відкриття/закриття засувки тощо).

Таблиця 2 – Вихідні параметри дискретних моделей

Модель	Вихідні параметри
Інтерфейсу оператора	Індикація стану об'єктів
Інтерфейсу інструктора	Індикація стану об'єктів
Запірної апаратури	З метою розрахунку опору запірної апаратури (коефіцієнти стану засувки, відсічних клапанів)
Технологічного процесу	Для розрахунку параметрів технологічного процесу (коефіцієнти роботи насосів, повітродувок, димососів, горілок, форсунок)

Таблиця 3 – Вхідні параметри моделі нештатних ситуацій

Модель	Вихідні параметри дискретної моделі
Технологічного процесу	Для розрахунку параметрів технологічного процесу
Системи вимірювальних перетворювачів	З метою імітації несправності вимірювальної апаратури
Пристроїв зв'язку з об'єктом	Для імітації несправностей пристроїв зв'язку з об'єктом
Регульовальних контролерів	З метою імітації відмови регулюючих контролерів
Системи виконавчих механізмів	Для імітації несправності пристроїв у системі виконавчих механізмів
Дискретні моделі	Передача сигналів про запуск тієї чи іншої несправності

Розробляючи модель технологічного процесу, слід враховувати залежність фізико-хімічних властивостей речовини від тиску, температури й концентрації. Для цього розроблено відповідну модель. Вхідними параметрами цих моделей є параметри технологічного процесу, які отримують після розв'язання системи рівнянь, а вихідними – розраховані значення фізико-хімічних властивостей, що надходять на вхід моделі технологічного процесу.

Висновки. Розроблено структуру комп'ютерного тренажера для радіаційно-конвекційної печі, що має модульну архітектуру та окремий клас дискретних моделей. Це дозволяє більш раціонально використовувати ресурси комп'ютера, автономно змінювати параметри налаштування окремих елементів, а також з легкістю змінювати та нарощувати кількість елементів тренажерної системи. До складу структури входить алгоритм імітаційного моделювання, що дає змогу синхронізувати у часі елементи тренажерної моделі та забезпечити їх роботу в нормальному, прискореному або сповільненому режимі. Завдяки запропонованому в структурі механізму ініціювання нештатних та аварійних ситуацій забезпечується точне відпрацювання порушень у роботі системи, що моделюється.

Перспективи подальших досліджень. На базі створеної структури можуть бути розроблені моделі основних елементів тренажерної системи, що забезпечують її якісні характеристики: технологічного процесу, системи керування, об'єктів і систем з дискретним характером роботи, нештатних ситуацій, алгоритму імітаційного моделювання, часову синхронізацію елементів системи.

Список використаної літератури

1. *Маршал В.* Основные опасности химических производств / В. Маршал ; пер. с англ. – М. : Мир, 1991. – 672 с.
2. *Garrison W. G.* Major fires and explosions analyzed for 30 year period / W. G. Garrison // *Hydrocarbon Processing*. – 1988. – Vol. 67. – № 9. – P. 115-120.
3. *Дозорцев В. М.* Динамическое моделирование в оптимальном управлении и автоматизированном обучении операторов технологических процессов. Компьютерные тренажеры реального времени / В. М. Дозорцев // *Приборы и системы управления*. – 1996. – № 8. – С. 41-50.
4. *Алтунин В. К.* Обучающие системы и тренажеры / В. К. Алтунин // *Приборы и системы управления*. – 1996. – № 6. – С. 13-14.

Надійшла до редакції 27.02.2012.

Zhuchenko A. I., Spitsyn Ye. I.

STRUCTURE OF COMPUTER SIMULATION SYSTEM OF REFORMER FURNACE

The structure of computer simulation system of reformer furnace for training and certification of oil refineries personnel is developed. The modular structure of training system is got.

Keywords: reformer furnace, computer simulator, modular structure.

References

1. Marshal V. Osnovnye opasnosti himicheskikh proizvodstv [Main dangers of chemical productions] / V. Marshal ; per. s angl. – M. : Mir, 1991. – 672 s.
 2. Garrison W. G. Major fires and explosions analyzed for 30 year period / W. G. Garrison // Hydrocarbon Processing. – 1988. – Vol. 67. – № 9. – P. 115-120.
 3. Dozorcev V. M. Dinamicheskoe modelirovanie v optimal'nom upravlenii i avtomatizirovannom obuchenii operatorov tehnologicheskikh processov. Komp'yuternye trenazhery real'nogo vremeni [Dynamic modeling in optimum control and the automated training of operators of technological processes. Computer simulators of real time] / V. M. Dozorcev // Pribory i sistemy upravleniya. – 1996. – № 8. – S. 41-50.
 4. Altunin V. K. Obuchajushhie sistemy i trenazhery [Training systems and exercise machines] / V. K. Altunin // Pribory i sistemy upravleniya. – 1996. – № 6. – S. 13-14.
-

УДК 681.5.03

КОВАЛЮК Д. О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ В МАТЕМАТИЧНОМУ ПАКЕТІ MATLAB

Розглянуто дослідження стійкості систем керування засобами математичного пакету Matlab. Показано основні моменти створення моделей систем, наведено власні реалізації критеріїв стійкості, що дозволяє проводити дослідження довільної складності.

Ключові слова: стійкість систем керування, моделювання систем, Matlab, Control System Toolbox.

Постановка проблеми. Функціонування систем керування повинно задовольняти деяким вимогам, важливе місце серед яких має показник стійкості. Дослідженню стійкості систем керування присвячено багато робіт, в яких наводяться різні групи критеріїв та область їх застосування. Дані дослідження вимагають як математичних розрахунків, так і графічної інтерпретації. Проте на практиці реалізація цих критеріїв є непростим завданням, яке важко вирішити інженеру-розробнику без суттєвих знань програмування або використання спеціальних програмних засобів.

Аналіз попередніх досліджень. Серед наявних засобів моделювання та розрахунку систем керування – найперспективнішим є використання математичних пакетів, а особливо інструментарію Control System Toolbox у Matlab. Його перевагою є велика кількість вбудованих функцій, виклик яких дозволяє за одну інструкцію побудувати перехідну чи частотну характеристику, об'єднати елементи систем керування різними типами зв'язків. Проте цей Toolbox не містить реалізації деяких критеріїв та підходів дослідження стійкості (основною причиною є використання різних методів теорії автоматичного керування на заході та в пострадянських країнах). Крім того, різним дослідникам необхідно зосередитися на окремих аспектах.

Метою статті є підвищення ефективності дослідження стійкості систем керування за рахунок реалізації критеріїв стійкості та методик дослідження на базі готової платформи для моделювання.

Виклад основного матеріалу. У статті для наочності розглянуто клас SISO-систем (single-input/single-output), тобто система має один вхід та один вихід. Проте результати досліджень без зайвих труднощів можуть бути поширені на системи, що мають декілька пар вхід – вихід (MIMO-системи). У цій роботі можливості Control System Toolbox будуть досліджені для одноконтурних замкнених систем автоматичного керування, в яких об'єкт задається передатною функцією: