УДК 681.514: 622.24.05
DOI: 10.31471/1993-9868-2018-1(29)-11-17

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ЗАСАДАХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

В.С. Борин, І.М. Сагай

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 504521,
e-mail: www.maxwell.7@gmail.com, kafatp@ukr.net

Створено математичну модель технологічного процесу підготовки природного газу.

Розроблено структуру нечіткої моделі, яка відповідає складним багатоетапним технологічним процесам. Для аналізу даного етапу застосовано модель на основі штучних нейронних мереж. Модель побудована за результатами опитування експертів-технологів і описує наскрізну технологію процесу підготовки природного газу.

Значна увага приділена імітаційному моделюванню, а саме здійснено експериментальне визначення динамічних характеристик по заданих каналах та проведено імітаційне моделювання системи з використанням нейронних мереж. За його результатами встановлено, що перехідні характеристики по каналах відповідають фізичним основам процесу підготовки природного газу. Проведено порівняльний аналіз перехідних процесів і визначено, що в каскадній системі регулювання показники якості кращі. Розроблено мнемосхему системи управління процесом.

Ключові слова: підготовки природного газу, нейронна модель процесу підготовки природного газу, імітаційне моделювання, нейронна мережа.

Создана математическая модель технологического процесса подготовки природного газа.

Разработана структура нечеткой модели, соответствующей сложным многоэтапным технологическим процессам. Для анализа данного этапа применена модель на основе искусственных нейронных сетей. Модель построена по результатам опроса экспертов-технологов и описывает сквозную технологию процесса подготовки природного газа.

Значительное внимание уделено имитационному моделированию, а именно осуществлено экспериментальное определение динамических характеристик по заданным каналам и проведения имитационное моделирование системы с использованием нейронных сетей. По его результатам установлено, что переходные характеристики по каналам соответствуют физическим основам процесса подготовки природного газа. Проведен сравнительный анализ переходных процессов и определено, что в каскадной системе регулирования показатели качества лучше. Разработан мнемосхему системы управления процессом.

Ключевые слова: подготовки природного газа, нейронная модель процесса подготовки природного газа, имитационное моделирование, нейронная сеть.

The mathematical model of the technological process of the natural gas preparation is developed.

The structure of the fuzzy model is developed, which corresponds to the complex multi-stage technological processes. For the analysis of a given stage, a model based on artificial neural networks is used. The model is developed based on the results of a survey of production engineers and describes the end-to-end technology of the natural gas preparation process.

Considerable attention is paid to simulation modeling, namely the experimental determination of dynamic characteristics on the given channels has been carried out and simulation modeling of the system using neural networks has been conducted. According to its results, it has been established that the transient characteristics of the channels correspond to the physical bases of the natural gas preparation process. A comparative analysis of transient processes has been carried out and it has been determined that in the cascade control system the quality indicators are better.

Key words: natural gas preparation, fuzzy model of natural gas preparation process, simulation modeling, neural network.

Призначення технологічного процесу і норми вимог до природного газу

Від ступеня підготовки природного газу на промислі залежить ефективність подальшого його транспортування і відповідність фізико-хімічних показників газу вимогам його споживчої цінності відповідно до потреб різних категорій споживачів. Тому нормативні вимоги [1], які визначають рівень підготовки газу і встановлюють значення його показників якості, повинні враховувати всі аспекти, пов'язані з транспортуванням і споживанням природного газу, а саме:

- при транспортуванні будь-якими газопроводами газ має перебувати в однофазному стані, тобто не повинна відбуватись конденсація крапельної рідини в його середовищі;
- компоненти газу не повинні сприяти виникненню корозії трубопроводів, газового устаткування, контрольно-вимірювальних приладів тощо;
- споживчі властивості газу повинні забезпечувати його ефективне і безпечне використання.

Особливе значення при підготовці газу приділяється вмісту вологи, оскільки в присут-

ності вологи в трубопроводі створюються сприятливі умови і для утворення гідратів та корозії обладнання. Тому газ, що подається в газопровід для транспортування, повинен бути осушений до такого стану, при якому за будь-яких термогазодинамічних умов в газопроводі на шляху транспортування газу до споживача волога, яка присутня в газі в пароподібному стані, не буде переходити в рідкий стан. Також важливим показником є температура точки роси вуглеводнів, значення якої показує глибину вилучення важких вуглеводневих фракцій з газу і, при дотриманні її нормованого значення, гарантує транспортування газу без утворення вуглеводневого конденсату.

Для об'єктів, що подають газ до магістральних газопроводів I класу, в тому числі транзитних, температура точки роси повинна відповідати контрактним вимогам.

Для об'єктів, що подають газ до газопроводів-відводів з робочим тиском понад 2,45 МПа (відводи магістральних газопроводів I класу) точка роси:

- не вище мінус 5 °С (при 3,92 МПа) у зимовий період;
- не вище мінус 3 °С (при 3,92 МПа) у літній період.

Для об'єктів, що подають газ до магістральних газопроводів II класу точка роси:

- мінус 5 °С (при 2,45 МПа) з 1 жовтня по 30 квітня;
- 0 °С (при 2,45 МПа) з 1 травня по 31 травня і з 1 вересня по 31 жовтня;
- плюс 5 °С (при 2,45 МПа) з 1 червня по 31 серпня.

Температура точки роси за вуглеводнями не повинна перевищувати 0 °С за температури газу не нижче 0 °С.

Для газу, який потрапляє в газопроводи-відводи з робочим тиском понад 2,45 МПа (цей газ не може потрапити в магістральний газопровід I класу, оскільки газопровід-відвід працює в зворотному напрямку і має тиск менший, ніж в газопроводі, від якого відведений) і в магістральні газопроводи II класу (від 1,18 до 2,45 МПа), норми встановлені за результатами розрахунку мінімально можливого вологовмісту газу за будь-яких можливих термодинамічних умовах в магістральному газопроводі в процесі транспортування газу від моменту його подачі в газопровід і до передачі споживачу.

Метою роботи є:

– проведення детального аналізу підходів до проблем та недоліків існуючих систем автоматизації технологічних процесів підготовки природного газу;

– дослідження основних хімічних та фізичних процесів, що входять у комплекс підготовки природного газу, з подальшим визначенням основних параметрів впливу;

– розробка математичних моделей (у вигляді блок-схем та систем рівнянь) основних процесів підготовки природного газу – підготовки природного газу (НТС), адсорбції, десорбції та охолодження;

– автоматизація процесу підготовки природного газу з використанням штучної нейронної мережі із подальшим імітаційним моделюванням;

– визначення та аналіз потенційно небезпечних зон об'єктів, де відбуваються технологічні процеси, та забезпечення надійної роботи автоматичних систем керування ними;

– складання кошторису витрат на проведення науково-дослідної роботи, а також обґрунтування показників доречності її виконання.

Розробляння нейронної моделі регулятора

Схема підсистеми, яка виконує ідентифікацію процесу, наведена на рис. 1. Вона містить модель процесу підготовки природного газу у вигляді нейронної мережі, яку необхідно «навчати» у автономному режимі. Навчання зводиться до мінімізації помилки між реакціями процесу підготовки природного газу та моделі $e = y_p - y_m$ на послідовність пробних сигналів i.

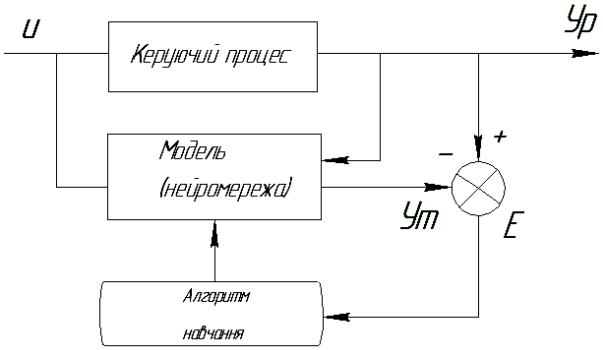

Рисунок 1 – Схема ідентифікації керованого процесу підготовки природного газу

Нейромережа регулятора самого процесу показана на рис. 2. Вона складається із двох шарів нейронів і використовує лінії затримки (ЛЗ), для запам'ятовування попередніх значень входів та виходів процесу з метою реалізації передбачення майбутніх значень на виходах.

Налаштування параметрів цієї мережі виконується автономно шляхом використання методу групового навчання. При цьому використовуються дані, отримані в ході практичних випробувань у реальних умовах. Навчання мережі здійснюється за алгоритмом керування для нейронних мереж.

Керування (з прогнозуванням) використовує принцип горизонту, коли нейромережева модель керованого процесу передбачає реальну реакцію об'єкта керування на зовнішні зміни на певному інтервалі часу в майбутньому. Такі прогнози використовуються програмою чисельної оптимізації для того, щоб обчислити керуючий сигнал, який мінімізує наступний критерій якості управління.

ISSN 1993–9868 print
ISSN 2415–3109 online

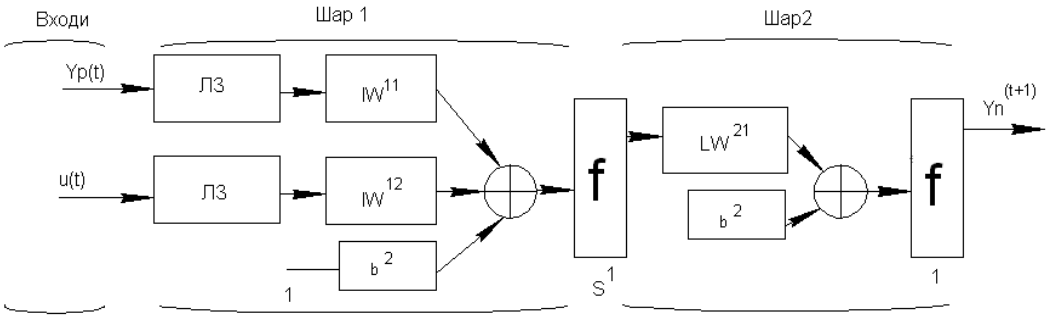

Рисунок 2 – Схема нейронної мережі регулятора

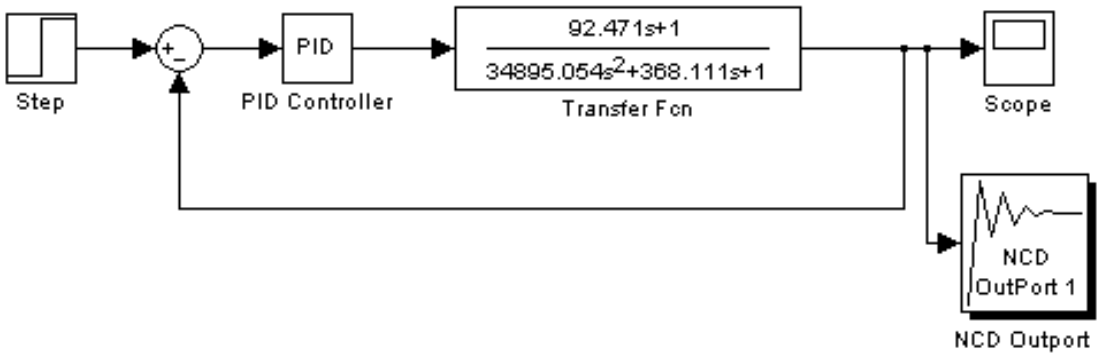

Рисунок 3 – Вигляд змодельованої системи керування по каналу «витрата газу» у «Simulink»

$$J = \sum_{j=N_1}^{N_2}(y_r(t+j) - y_m(t+j))^2 + \rho\sum_{j=1}^{N_u}(u'(t+j-1) - u'(t+j-2))^2, \quad (1)$$

де константи N_1 ,N_2 і N_u задають межі, всередині яких обчислюються помилка стеження та потужність керуючого сигналу. При цьому: змінна u' характеризує пробний керуючий сигнал, y_r – бажаний, y_m – природню реакцію моделі процесу. Параметр ρ визначає внесок потужності керування у критерій якості.

Використання нейромережевої моделі для обробки результатів експерименту

Імітація процесу сепарації природного газу за допомогою нейромережі проводиться для візуального відображення та виконання аналізу його перехідних характеристик. Також можна визначити його показники якості для спостереження за подальшою поведінкою системи при дії на неї збурень різного типу.

Таке моделювання дає можливість за допомогою ЕОМ визначати вплив того, чи іншого параметра, підтримувати їх на оптимальному рівні чи у встановлених межах та прогнозувати поведінку системи у майбутньому. Результат досягається лише за допомогою високоефективних складних АСР із використанням електрообчислюваних машин.

Завдяки встановленню параметрів отриманої нейромережевої моделі (1) проведено імітаційне моделювання процесу підготовки природного газу по основних та допоміжних каналах.

Результатом імітаційного моделювання стали експериментальні дані для знаходження перехідних характеристик, що дало змогу синтезувати систему керування досліджуваного технологічного процесу і отримати якісні показники.

Імітаційне моделювання процесу

Оскільки передавальна функція по каналу “витрата газу” має вигляд: $W(p) = \dfrac{92.471p+1}{34895.054p^2+368.111p+1}$, то проведемо моделювання системи по цьому каналу (рис. 3-4).

Згідно з графіком перехідного процесу по каналу «витрата газу – перерегулювання» становить близько 10 %, а час перехідного процесу – 2960 с.

Тепер проведемо моделювання системи по каналу «тиск газу» враховуючи, що передавальна функція по цьому каналу має такий вигляд (рис. 6-7).

З графіка перехідного процесу (рис. 8) видно, що перерегулювання становить 7.5 %, а час перехідного процесу – 3410 с.

Аналізуючи графіки перехідних процесів (рис. 5, 8), бачимо, що по каналу «витрата газу» перерегулювання не надто більше, проте час перехідного процесу менший. Обернені результати одержано по каналу «тиск газу». Це можна пояснити меншою інерційністю першого каналу у порівнянні з іншим, перехідний процес якого більший, тому, що вихід газу регулюється опосередковано. Різниця перерегулювання за величиною не суттєва.

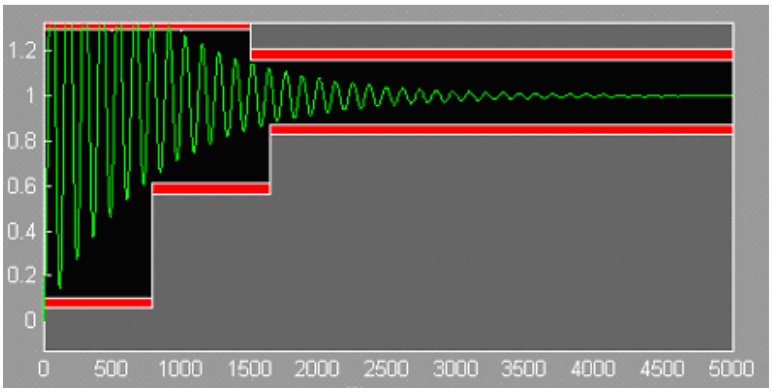

Рисунок 4 – Візуалізація блоку NCD

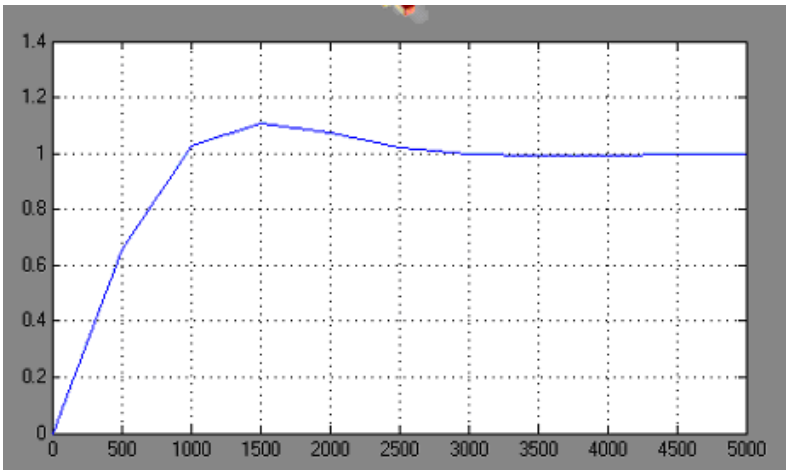

Рисунок 5 – Графік перехідного процесу по каналу «витрата газу» у блоці «Scope»

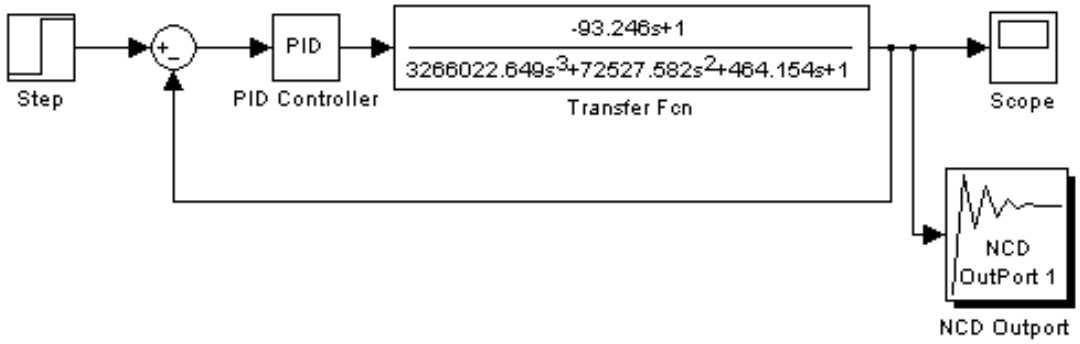

Рисунок 6 – Вигляд змодельованої системи керування по каналу «тиск газу» у «Simulink»

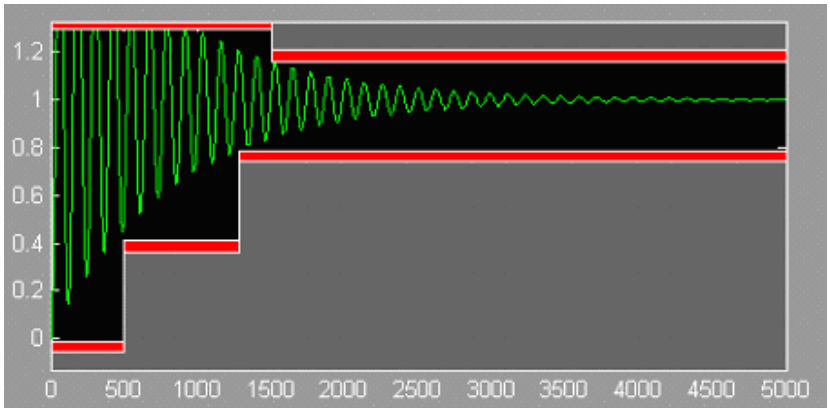

Рисунок 7 – Візуалізація блоку NCD

ISSN 1993–9868 print
ISSN 2415–3109 online

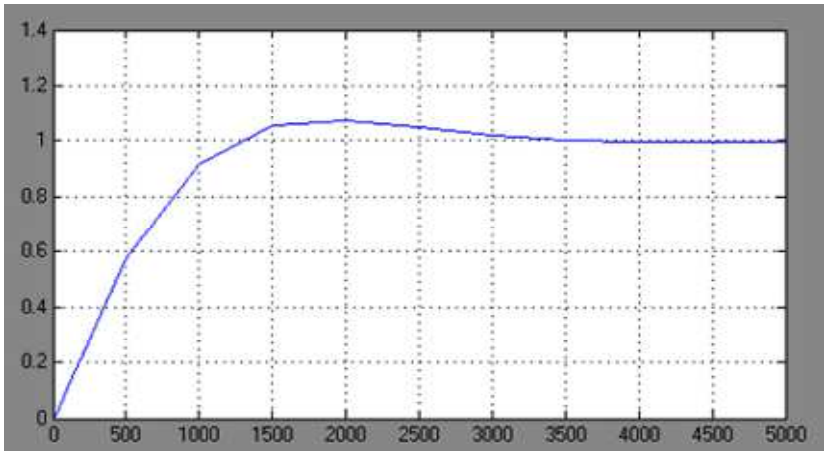

Рисунок 8 – Графік перехідного процесу по каналу «тиск газу» у блоці «Scope»

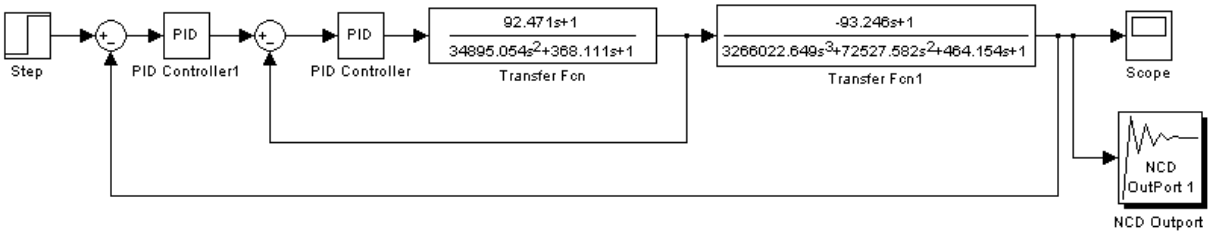

Рисунок 9 – Імітаційне моделювання каскадної системи регулювання по основному каналу

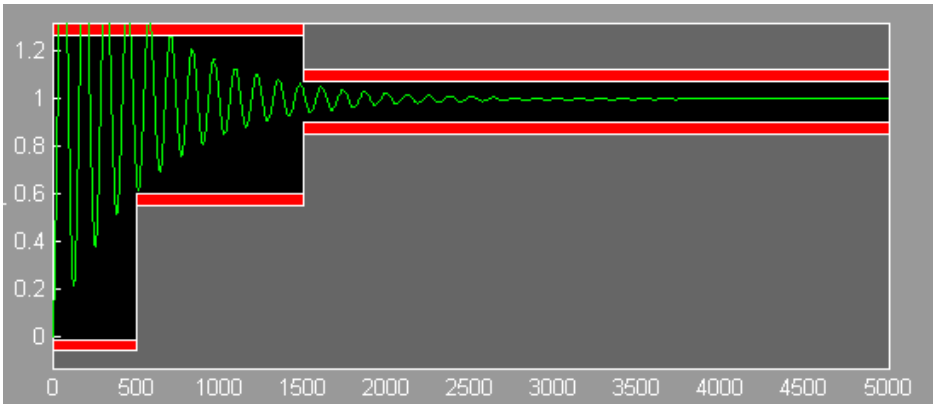

Рисунок 10 – Візуальне відображення процесу для каскадної системи по допоміжному каналу

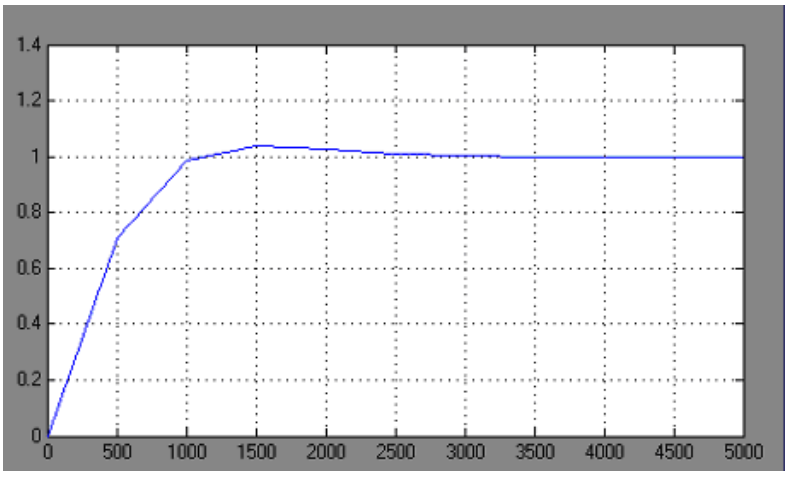

Рисунок 11 – Графік системи регулювання якості сепарації каскадною системою (перехідний процес)

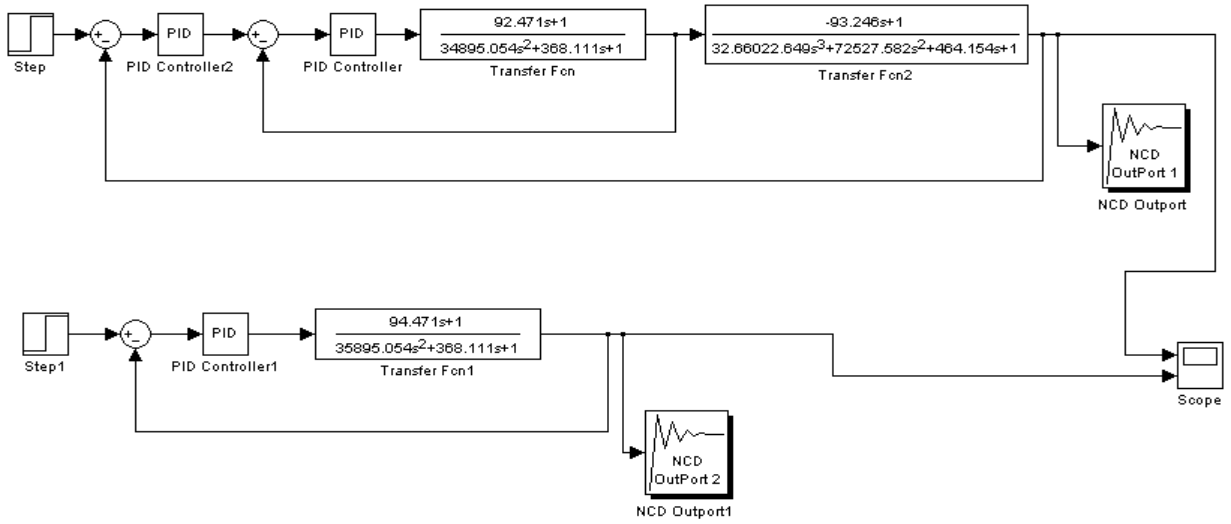

Рисунок 12 – Схема каскадної системи регулювання по допоміжному каналу у «Simulink»

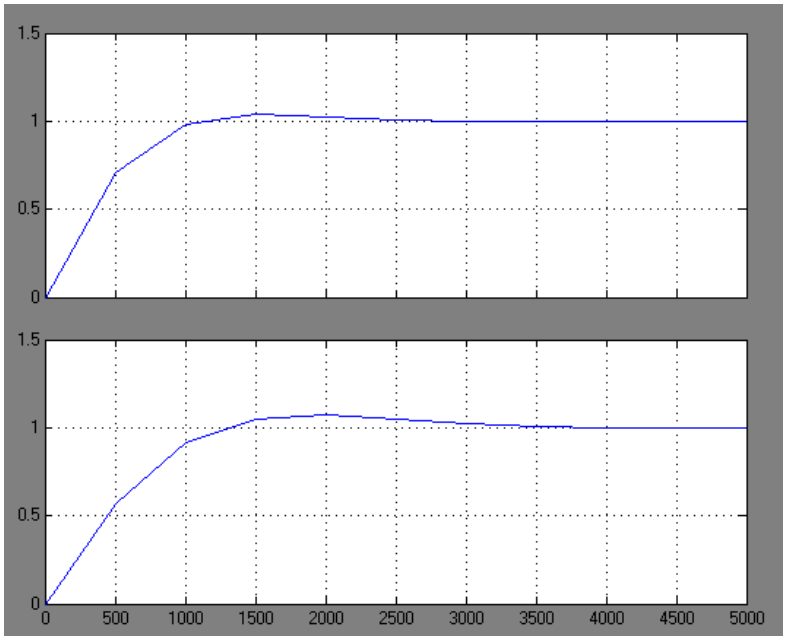

Рисунок 13 – Перехідні процеси каскадної системи регулювання по основному та допоміжному каналах

Оскільки тиск газу регулюється побічним параметром – температурою газу. Тобто якість вихідного продукту безпосередньо не контролюється.

У цьому випадку моделюємо каскадну систему регулювання якості вихідного продукту і проводимо порівняльний аналіз її по заданих каналах.

Канал «тиск газу» є основним (рис. 9), більш інерційним, коректуючим, а канал «витрата газу» допоміжним (рис. 10, 12), має меншу інерцію і є стабілізуючим.

Із графіка перехідного процесу (рис. 11): перерегулювання становить 3.8 %, а час перехідного процесу – 2410 с.

Порівнюючи графіки перехідних процесів (рис. 13), можна зробити висновок, що у каскадній системі показники якості кращі. Так, перерегулювання становить 3.8 % (порівняно з 7.5 %), час перехідного процесу – 2410 с (порівняно з 3410 с).

Отже, вихідний продукт – сухий газ регулюється не безпосередньо, а тиск газу залежить від впливу побічних параметрів, таких як «витрата газу».

Висновки

Виконано огляд та аналіз недоліків існуючих АСК технологічним процесом підготовки природного газу. Їх аналіз показав, що велика частка застосованого обладнання і технічних засобів є застарілими, потребує ремонту або взагалі заміни на нову, більш сучасну автоматику. Це дозволить встановити відповідність сучасним вимогам і стандартам до автоматизованих систем керування технологічними процесами у даній галузі.

ISSN 1993–9868 print
ISSN 2415–3109 online

Література

1 Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.

2 Борин В.С. Автоматизація технологічного процесу підготовки природного газу / В.С. Борин, Ю.В. Козак // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «DIRECTION OF SCIENTIFIC THOUGHT». – 2017

3 Борин В.С. Створення математичної моделі технологічного процесу підготовки газу / В.С. Борин, О.О. Ониськів // Матеріали четвертої міжнародної науково-практичної конференції «Молодих учених, аспірантів і студентів - 2017» Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – 2017. – С.171-172.

Стаття надійшла до редакційної колегії 10.05.18
Рекомендована до друку професором ***Семенцовим Г.Н.*** *(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)*
професором ***Петришиним Л.Б.*** *(Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ)*