

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ВОЛОДІН СЕРГІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ



УДК 621.646:664.1

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ
ЗАПРНО-РЕГУЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ
ОБЛАДНАННЯ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

05.18.12 – Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних
та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Миرونчук Валерій Григорович,
Національний університет харчових технологій
МОН України, завідувач кафедри технологічного
обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Вітенько Тетяна Миколаївна,
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя
МОН України, завідувач кафедри обладнання
харчових технологій

кандидат технічних наук, доцент
Муштрук Михайло Михайлович,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України МОН України,
доцент кафедри процесів і обладнання переробки
продукції АПК

Захист відбудеться 13 травня 2021р. об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 26.058.02 Національного університету харчових технологій, за
адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська,68, ауд. А-311.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету
харчових технологій, за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська,68.

Автореферат розісланий « 09 » квітня 2021 року.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д26.058.02, к.т.н., доц.



С.І.Літвинчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищені вимоги до якості цукру і зниження його собівартості, за умови оптимального рівня капітальних вкладень, можуть бути забезпечені впровадженням системи ефективного регулювання технологічними потоками цукрового виробництва і його енерговитратами.

Отримання максимального виходу цукру високої якості в значній мірі залежить від ефективності роботи запірно-регулювальних пристроїв в системі трубопроводів, які з'єднують обладнання в єдину безперервно працюючу апаратурно-технологічну лінію. Так, довжина технологічних трубопроводів цукрового заводу сягає декілька десятків кілометрів. Трубопроводи оснащені сотнями одиниць запірно-регулювальних пристроїв різних конструкцій. За цих умов, необхідно забезпечити оптимальні умови безперервної роботи технологічного обладнання виробництва цукру, відповідно до норм технологічного регламенту, а також швидкості реагування для робочих органів на керуючі сигнали потоками трубопроводів. Розвитку теоретичних основ та удосконаленню конструкційних, експлуатаційних характеристик запірно-регулювальних пристроїв присвячені роботи провідних науковців: Хоменко М.Д., Реви Л.П., Литвака І. М, Василенко С.М. Яхін С.В., Гуревич Д.Ф., С. І. Косих, Гавриленко І.О., Рудя І.О., Протопопової В.П., John Delanty, Gary J. Morris, George M. Palmer та ін. Враховуючи сучасний стан запірно-регулювальних пристроїв, рівень методів та засобів аналізу і синтезу приводів такого обладнання, додання параметризації та оптимізації дасть можливість одержати суттєве підвищення показників ефективності роботи трубопровідної мережі цукрового підприємства в цілому.

Тому, з метою забезпечення ефективної роботи цукрового заводу, *актуальною* є науково-прикладна проблема удосконалення конструкційних і експлуатаційних характеристик запірно-регулювальних пристроїв із використанням адаптованого до їх специфіки математико-програмного апарату. Такий підхід дає можливість у мінімальні терміни із високою достовірністю здійснити вибірковий аналіз та покращити синтез допустимих варіантів елементів запірно-регулювальних пристроїв, оцінити робочі параметри та обрати кращі варіанти для їх інтеграції в технологічні системи цукрового виробництва. Отже, поглиблення існуючих та розроблення нових методів оцінки синтезу та експлуатації запірно-регулювальних елементів за заданими характеристиками на основі системного підходу до їх якості та конкурентоспроможності є актуальним і надзвичайно важливим науково-прикладним завданням для цукрової галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до основних напрямів науково-інноваційної діяльності України, відповідно до закону «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» із змінами, внесеними згідно із Законом № 848-VIII (від 26.11.2015, ВВР, 2016, № 3, ст.25).

А також, дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетного напрямку наукових робіт НУХТ, зокрема тем «Розроблення наукових основ технологічних процесів харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв з метою створення високоефективних технологій та обладнання, засобів механізації і авто-

матизації для харчових та переробних галузей АПК» (2011-2015 рр.) та «Розроблення високотехнологічних процесів та обладнання харчових виробництв» (2016-2020 рр.) в межах кафедральної теми «Інтенсифікація тепломасообмінних процесів з метою створення вискоефективного обладнання харчових виробництв (номер державної реєстрації 0112U006800)» кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування.

Мета і завдання досліджень.

Мета — удосконалення конструкцій та підвищення ефективності роботи запірно-регулювальних пристроїв шляхом створення умов, які забезпечують заданий технологічний регламент, норми герметичності, ресурс та зменшення енерговитрат на виробництво.

Досягнення поставленої мети потребує формулювання, наукового обґрунтування та вирішення в дисертації таких основних **завдань дослідження**:

- Виконати аналіз сучасних проблем вибору та інтеграції запірно-регулювальних пристроїв в апаратурно-технологічну схему цукрового виробництва.
- На основі наукового аналізу відомих методів та методик математичного, фізичного моделювання роботи запірно-регулювальних пристроїв, побудувати математичні моделі і здійснити з використанням розроблених алгоритмів і методів, синтез позиційних модулів керування елементами запірно-регулювальних пристроїв.
- Розробити математичні моделі електропневматичного приводу з розподіленим зовнішнім навантаженням на вихідні ланки (вал, шток).
- Дослідити вплив гідрогазодинамічних параметрів робочого середовища на роботу дискових міжфланцевих заслінок із електропневматичним позиційним приводом.
- Розробити узагальнену математико-статистичну модель роботи кульового крану із V- подібним вирізом сумісно із приводом, яка враховує змінні характеристики робочого середовища.
- Перевірити розроблені математичні моделі на адекватність з результатами натурних досліджень запірно-регулювальних елементів сумісно із приводами.

Об'єкт дослідження — процес керування запірно-регулювальними пристроями з електропневмоприводом позиційного типу у трубопроводах технологічного обладнання цукрового виробництва.

Предмет дослідження — експлуатаційні та конструкційні параметри запірно-регулювальних пристроїв із електропневматичним приводом

Методи дослідження. У дисертації проведено комплексні дослідження, пов'язані із теоретичним та фізичним моделюванням на базі теорії гідрогазодинаміки, динаміки машин та цифрових технологій під час побудови математичних моделей і дослідження динамічних параметрів запірно-регулювальних пристроїв.

Фізичне моделювання проведено на власно розроблених експериментальних стендах із застосуванням новітніх вимірювальних комплексів та застосуванням методів математичного планування експерименту під час планування і опрацювання результатів експериментів.

Використані методи комп'ютерної симуляції (пакети MathCAD, SOLIDWORKS та ін.) на всіх стадіях досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

- розроблені математичні моделі електропневматичного приводу з розподіленим зовнішнім навантаженням на вихідні ланки;
- встановлені наслідки гідрогазодинамічного впливу на запірно-регулювальні елементи обладнання цукрового виробництва та на роботу електропневматичного приводу.
- розроблений метод комплексної параметричної оцінки ефективності роботи розроблених фізичних моделей зразків запірно-регулювальних пристроїв сумісно із приводом; запропоновано методику оцінки ефективності роботи запірно-регулювальних пристроїв;
- обґрунтовані основні шляхи удосконалення систем керування запірно-регулювальними елементами для забезпечення нормативних показників технологічного процесу;

Отримали подальший розвиток:

- наукові підходи до аналізу структури та методів вдосконалення запірно-регулювальних пристроїв у цукровому виробництві;
- методи визначення динаміки і точності позиціонування робочої вихідної ланки електропневматичного позиційного приводу для забезпечення заданих витратних характеристик на виході запірно-регулювального пристрою.

Практичне значення отриманих результатів. Вдосконалено типові конструкції запірно-регулювальних пристроїв із позиційними пневматичними та електропневматичними приводами у складі технологічного обладнання цукрового виробництва. Розроблено методику перевірки запірно-регулювальних пристроїв щодо енергетичних витрат їх приводів та визначення зміни технологічних параметрів процесу регулювання подачі ньютонівських рідин.

За результатами використання запропонованого методу оцінки ефективності роботи запірно-регулювальних пристроїв, внесені конструктивні зміни щодо запірно-регулювальних пристроїв на ряді підприємств цукрової галузі.

Розроблено методику та програму технологічного й динамічного аналізу запірно-регулювальних елементів та їх приводів реалізовані ТОВ «ІНВЕСТПРОМ-ХОЗ» (акт впровадження від 11.09.2019р.) та впроваджені в на Філії «Яреськівський цукровий завод» ТОВ Цукрагропром (акт впровадження від 20 липня 2020р.).

Результати виконаних наукових досліджень можуть бути використані для удосконалення запірно-регулювальних пристроїв у споріднених галузях промисловості та застосовані в навчальному процесі Національного університету харчових технологій.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні та експериментальні результати досліджень, які виносяться на захист, отримані автором самостійно та опубліковані в наукових працях. У працях, опублікованих у співавторстві, дисертанту належать постановка задач, виведення основних рівнянь і співвідношень, розроблення пакетів підпрограм, участь в аналізі отриманих результатів і формулюванні висновків.

Основні результати аналітичних та експериментальних досліджень, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно.

Постановка завдань досліджень, обговорення результатів виконано разом з науковим керівником д.т.н., проф. Мирончуком В.Г.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й схвалені на таких наукових конференціях і конгресах: XXII, XXIII Міжнародних науково-технічних конференціях НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»: «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», (2016, 2018pp.); 82 Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів: «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», (2018р); 8th Central European for Wellbeing Kyiv, (2017р.); Міжнародних науково-технічних конференціях цукровиків України «Перспективи розвитку цукрової промисловості України», (2016, 2017pp.); 56th Science Conference of Ruse University, Bulgaria (2015pp.); II, VII Міжнародних спеціалізованих науково-практичних конференціях: «Ресурсо та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції - основні засади її конкурентоздатності», (2016, 2019pp.);

Публікації. Основні результати досліджень, опубліковані у 21 науковій праці: 1 стаття – з базою цитування Web of Science, 4 статті у наукових фахових виданнях, 4 – іноземних наукових виданнях та 12 тезах доповідей наукових конференцій та конгресів.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків та додатків. Основний зміст роботи викладено на 165 сторінках. Повний список використаних літературних джерел містить 155 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Дисертація присвячена розробленню методів підвищення ефективності роботи запірно-регулювальних пристроїв на етапі компонування з приводом, шляхом створення моделей, які максимально забезпечують заданий технологічний регламент роботи обладнання та зменшення енерговитрат на виробництво.

У *вступі* розкрито сучасний стан науково-прикладної проблеми, визначено актуальність, мету, задачі роботи, наукову новизну і практичну цінність роботи, особистий внесок здобувача, апробацію, описано структуру дисертації.

У *розділі 1 «Аналіз сучасних проблем вибору та інтеграції запірно-регулювальних пристроїв в апаратурно-технологічних схемах цукрового виробництва»* виконано аналіз сучасних тенденцій розвитку запірно-регулювальних пристроїв у складі із електропневматичним приводом, проблеми їх адаптації відповідно до вимог технологічного регламенту цукрового виробництва.

На основі аналізу науково-технічної інформації щодо роботи запірно-регулювальних пристроїв, в залежності від вимог герметичності, ресурсу, заданого технологічного регламенту конкретного обладнання та апаратурно-технологічної схеми підприємства в цілому, сформульовано завдання досліджень та визначено шляхи їх вирішення.

Другий розділ «Методики експериментальних досліджень роботи запірно-регулювальних пристроїв» присвячений опису методики та складу експериментальних стендів для дослідження оптимальних режимів керування запірно-регулювальних елементів у складі із поворотними пневматичними та електропневматичними позиційними приводами, для забезпечення заданих технологічних пара-

метрів. З метою дослідження ефективності роботи запірно-регулювальних пристроїв, що використовуються у виробництві цукру, нами розроблено експериментальний стенд (рис.1), в якому передбачено можливість зміни законів руху вихідної ланки, а саме диску, кулі, клапану, що дозволяє задавати та відстежувати кінематичні і динамічні параметри запірно-регулювального пристрою в умовах змінної продуктивності технологічної ділянки.

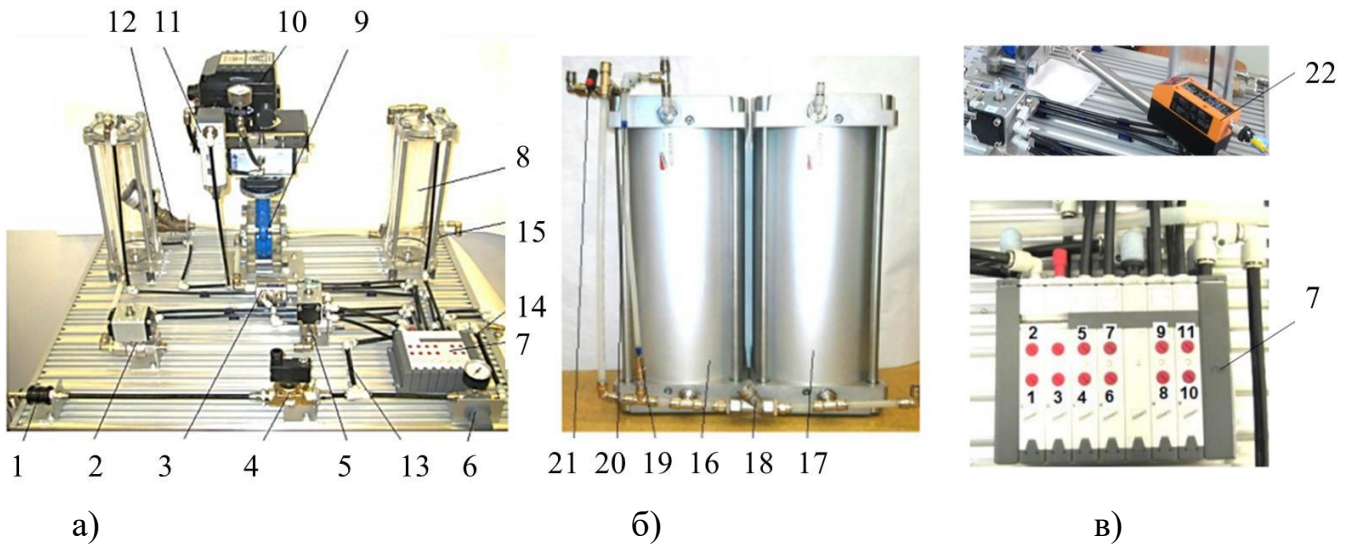


Рис.1. Експериментальний стенд для дослідження кінематичних і динамічних параметрів запірно-регулювальних пристроїв в умовах змінної продуктивності: а) загальний вид установки (1- клапан VMS-114-1/4 подачі стисненого повітря; 2 - кран кульовий двоходовий D100H004; 3 - клапан коаксіальний VNC10003; 4 - клапан електромагнітний; 5 – кран кульовий триходовий L-портовий; 6 – регулятор тиску; 7 – пневматичний острів; 8 – ресивер для збору рідини, 10л; 9 – засувка дискова міжфланцева D376; 10 – електропневматичний позиційний привод(4..20 мА); 11 – фільтр коалісцентний; 12 – клапан сідельний H3; 13 – магістраль високого тиску; 14 – магістраль низького тиску; 15 – зворотній клапан; 16 – ресивер подачі рідини; б) циркуляційний модуль безперервної подачі продукту(води) 17 – ресивер збору рідини; 18 – зворотній клапан G1/2”XVNR–212–1/2; 19 – контроль нижнього рівня заповнення ресивера; 20 – контроль верхнього рівня заповнення ресивера; 21 – кран шаровий A202–3/8); в) контрольно–керуючий модуль (22 – цифровий витратомір; 7 – пневмоострів)

Основні елементи експериментального стенду, працюють в двоконтурній мережі: зона середовища керування – стиснене повітря 6 бар, (температура 20°C), позиції 1,3,6,7,10,11,13,14,; зона робочого середовища – вода 0,2 – 4 бар (температура 20 – 70 °C), всі інші позиції.

У ході проведення експериментів, досліджувалась робота запірно-регулювальних пристроїв 2,5,9,10,12,21. за допомогою цифрового витратоміра, датчиків тиску, датчиків прискорення фіксувались основні кінематичні і динамічні параметри роботи запірно-регулювальних пристроїв. Визначались втрати тиску на ділянках повітропроводів та трубопроводу подачі води, проводилось узгодження тисків у вузлових точках стенду за допомогою корегування сигналів електропневматичного позиційного приводу, який забезпечує оптимальний закон руху дискової міжфлан-

цевої заслінки. На експериментальному стенді нами досліджено роботу міжфланцевої дискової заслінки DN 40, оснащеної позиційним електропневматичним приводом керування та отримано узагальнені характеристики впливу кута повороту диску на пропускну здатність (рис. 1), та визначено оптимальну витратну характеристику для плавного регулювання витрат робочого середовища. Результати дослідження дозволяють визначити уточнені коефіцієнти витрати технологічних рідин та гідравлічного опору. Також надано рекомендації щодо раціональної експлуатації дискових заслінок, які полягають у забезпеченні сигналу керування на здійснення плавних кінематичних характеристик їх роботи з метою усунення гідравлічних ударів.

Проведені дослідження впливу окремих видів запірно-регулювальних пристроїв під час їх роботи в паралельних контурах трубопроводу на умови роботи трубопровідного транспортування робочих рідин технологічного процесу. Схема та загальний вид стенду наведено на рис.2.

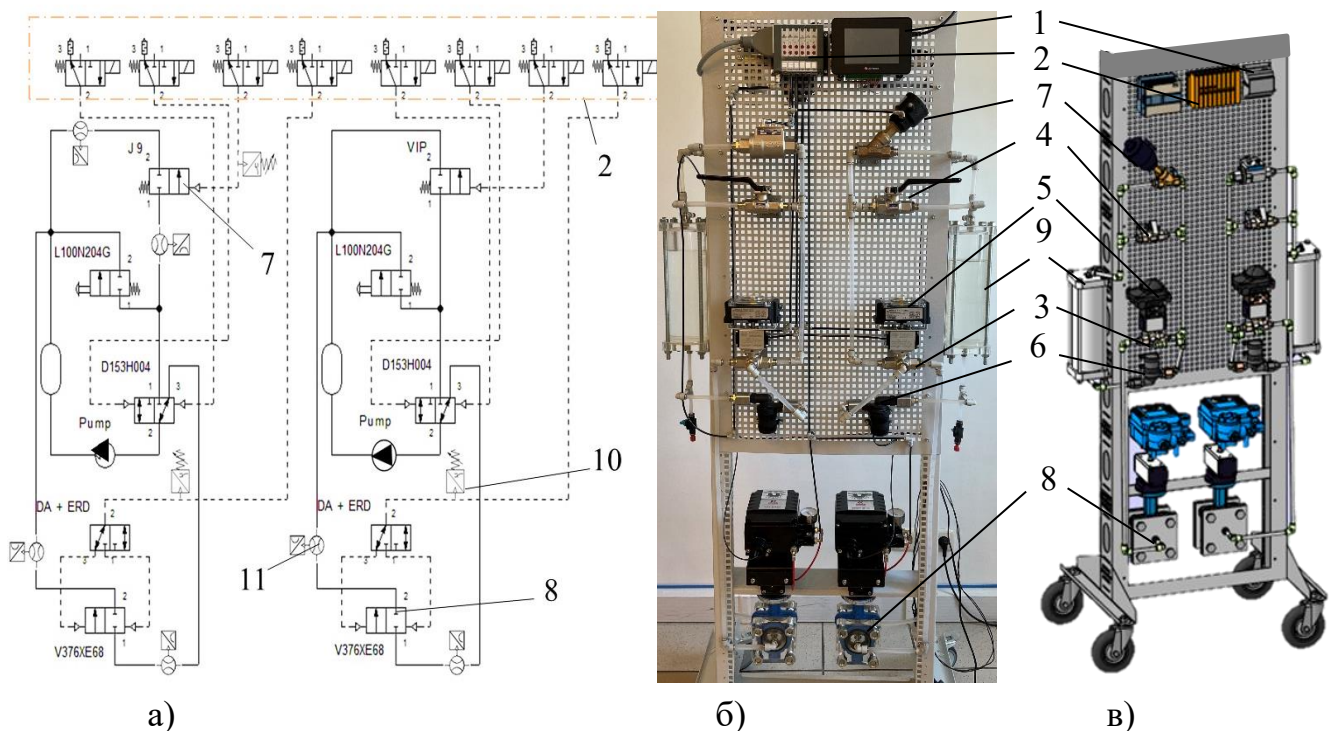


Рис. 2. Схема експериментального стенду дослідження роботи запірно-регулювальної арматури із пропорційним керуванням: а) електропневматична схема; б) спроектована 3D модель стенду; в) загальний вид стенду; 1– програмований логічний контролер, 2– пневмоострів, 3– насос, 4– кульовий кран, 5– кульовий кран із V-подібним вирізом та електропневматичним приводом двосторонньої дії; 6 – позиційний привод 4–20мА, 7 – сідельний клапан; 8 – дискова заслінка; 9– ресивер, 10 – датчик тиску; 11 – витратомір

Основною частиною стенду є виконавчі запірно-регулювальні пристрої, пов'язані із керуючим програмованим логічним контролером, задавачем пневматичних сигналів, пневмоостровом. За допомогою зворотного зв'язку, а також цифрового вимірювального комплексу 2,10,11, фіксуються досліджувані параметри: 1) пропускну здатність, визначається об'ємною витратою середовища в м³/год; 2) щільність замикання, яка покроково змінюється регулюючим органом при перепаді тиску на приводі в 0,1МПа; 3) поточне значення пропускну здатності при заданій величині ходу робочої ланки. За вище перерахованими характеристиками запірно-

регулювальних елементів визначили: пропускну характеристику та її залежність від переміщення затвору, пов'язаного з робочою ланкою приводу. Робочим середовищем електропневмоприводу є стиснене повітря; процеси стиснення повітря в системі живлення, розглядалися як квазістаціонарні. Вибір параметрів конструювання запірно-регулювального елемента із електропневматичним приводом здійснювали на основі фізичного моделювання. Для об'єктивної оцінки та мінімізації похибок, які виникають при визначенні числових параметрів внаслідок впливу різних неконтрольованих факторів, всі дослідження проводилися в п'ятикратній повторності. Ймовірність можливої помилки розраховували за допомогою критеріїв Стюдента з коефіцієнтом t , значення якого обирали, виходячи з довірчої ймовірності 0,95, достовірність відхилення $p \leq 0,05$ та відносною похибкою не вище 7%.

Розділ 3 «Науково-практичні передумови удосконалення запірно-регулювальних пристроїв» присвячений теоретичним та експериментальним дослідженням, розробленню математичних моделей і розрахунку в електропневматичних системах управління запірно-регулювальних пристроїв багаторазового включення. Математичне моделювання пневмоавтоматики в елементах запірно-регулюючої арматури дозволяє отримати системи рівнянь, що описують роботу структурно-подібних елементів, подальше використання яких вирішує задачі аналізу і синтезу динамічних параметрів системи автоматичного регулювання. На рис.3 представлена функціональна схема електропневматичної підсистеми регулювання витратних характеристик трубопроводів із рідинним продуктом. До її складу входить електронний підсилювач сигналу похибки (ЕПС), вимірювач електричного сигналу неузгодженості (Σ), електромеханічний перетворювач (ЕМП), пневмопідсилювач (ПП), виконавчий пневмоциліндр (ПЦ), датчик тиску в трубопроводі (ДТ), датчик зворотного зв'язку по переміщенню поршня пневмоциліндра (ДЗЗ) та об'єкт регулювання – запірний плунжер регулюючого клапана (ОР).

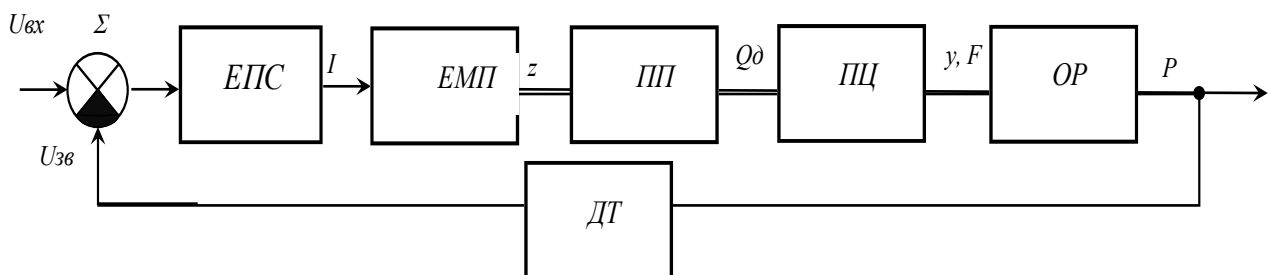


Рис.3. Блок-схема об'єкта регулювання (запірно-регулювального пристрою)

Розроблена нами математична модель описує перехідні процеси підсистеми регулювання тиску в трубопроводі. Вона включає функцію зміни площі критичного перерізу отвору від переміщення робочого органу запірного елемента, $F^* = f(y)$.

Для моделювання перехідних процесів (рис.4,5) в електропневматичній підсистемі регулювання запірного регулюючого клапана був прийнятий ряд припущень: як силовий елемент приводу використано пневмоциліндр двосторонньої дії; коефіцієнти витрат і відновлення тиску в пневмопідсилювачі, тиску живлення і скидання є постійними величинами; температура і в'язкість робочої рідини (продукту) в трубопроводі протягом розглянутого динамічного процесу не змінюються; об'ємні

втрати у підвідних пневмолініях пневмоциліндра незначні і ними можна знехтувати.

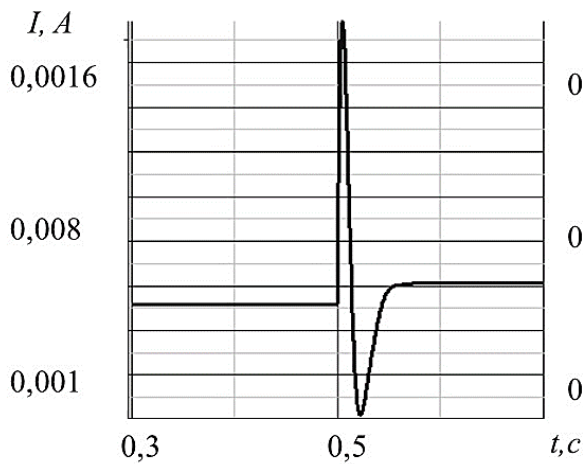


Рис.4. Сигнал управління заслінкою регулятора витрат

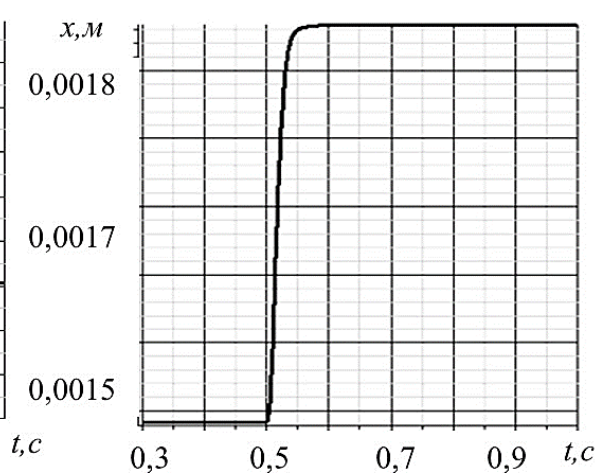


Рис.5. Характер переміщення заслінки запірно-регулювального пристрою

Із врахуванням прийнятих припущень математична модель має наступний вигляд. Рівняння електричного ланцюга електромеханічного перетворювача:

$$\left(U_{\partial p} - k_{oc} \cdot Q_K(t) \right) \cdot K_y = R_{\partial p} \cdot i_{\partial p}(t) + L_{\partial p} \cdot \frac{di_{\partial p}}{dt} + K_{Кп ерс} \cdot \frac{dh(t)}{dt}, \quad (1)$$

де $U_{\partial p}$ – напруга в обмотці управління електромагніту, В; $R_{\partial p}$ – активний опір обмотки управління електромагніту, Ом; $i_{\partial p}(t)$ – залежність сили струму в обмотці управління від часу, А; $L_{\partial p}$ – індуктивний опір обмотки управління електромагніту, Гн, $K_{п ерс}$ – коефіцієнт противо-ЕРС електричного ланцюга електромеханічного перетворювача, В·с/м; $h(t)$ – залежність переміщення керуючої заслінки дроселя від часу, м.

Рівняння руху керуючої заслінки запірного клапана:

$$m_{\partial p} \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} = K_{fid} \cdot i_{\partial p}(t) - b_{v\partial p} \cdot \frac{dh(t)}{dt} - c_{\partial p} \cdot h(t), \quad (2)$$

де $m_{\partial p}$ – маса керуючої заслінки дроселя, кг; K_{fid} – коефіцієнт сили струму в електричного ланцюга електромеханічного перетворювача, Н/А; $b_{v\partial p}$ – коефіцієнт в'язкого тертя в дроселі, Н·с/м; $c_{\partial p}$ – коефіцієнт жорсткості пружини в дроселі, Н/м.

Рівняння руху золотника клапана постійного перепаду тиску:

$$m_K \cdot \frac{d^2 x_K(t)}{dt^2} = A_1 \cdot (p_2(t) - p_3) - b_{VK} \cdot \frac{dx_K(t)}{dt} - c_K \cdot x_K(t), \quad (3)$$

де m_K – маса золотника клапана постійного перепаду тиску, кг; $x_K(t)$ – залежність переміщення золотника клапана постійного перепаду тиску від часу, м; A_1 – площа

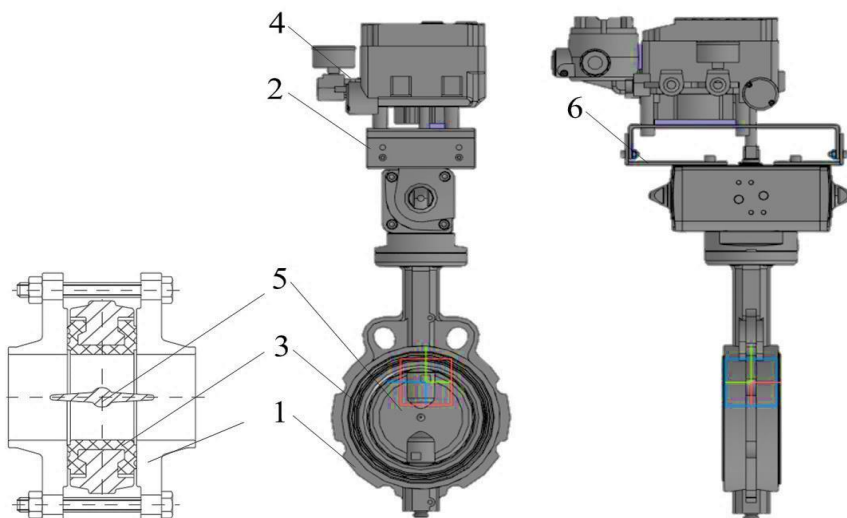
торцевої поверхні клапана постійного перепаду тиску, m^2 ; p_3 – залежність тиску на виході з дроселя від часу, Па; b_{vk} – коефіцієнт в'язкого тертя золотника в клапані постійного перепаду тиску, $H \cdot c/m$; c_k – коефіцієнт жорсткості пружини в клапані постійного перепаду тиску, H/m . Рівняння балансу витрат через регулятор витрат:

$$\begin{aligned} \mu_K \cdot b_K \cdot x_K(t) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1(t) - p_2(t))}{\rho_0}} - \mu_{др} \cdot b_{др} \cdot h(t) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_2(t) - p_3(t))}{\rho_0}} = \dots \\ \dots = \frac{V_{K1}}{2 \cdot E} \cdot \frac{dp_2(t)}{dt} + A_1 \cdot \frac{dx_K(t)}{dt}, \end{aligned} \quad (4)$$

де μ_K – коефіцієнт витрати дроселюючої щілини клапана постійного перепаду тиску; b_K – ширина щілини золотника клапана постійного перепаду тиску, м; V_{K1} – обсяг верхньої порожнини клапана постійного перепаду тиску, m^3 ; E – приведений модуль об'ємної пружності робочої рідини, Па; $\mu_{др}$ – коефіцієнти витрат дроселя; $b_{др}$ – ширина щілини дроселя, м; V_{K2} – обсяг нижньої порожнини клапана постійного перепаду тиску, m^3 .

Потрібно відмітити, що при роботі запірно-регулювальної арматури неминуче виникає взаємодія потоку робочого середовища з елементами проточної частини арматури. Результатами такої взаємодії є виникнення вібрації корпусу елементів, шум, перепади тиску, зміни швидкісних характеристик потоку робочого середовища, температурні зміни. Тому актуальним є дослідження гідродинаміки потоку робочого середовища при різних режимах для вивчення стану трубопроводів і обладнання, пов'язаного із елементами запірно-регулювальних систем.

Такі дослідження виконано нами методом чисельного моделювання із використанням програмного пакету Solidworks, та перевірено адекватність отриманих результатів на власно розробленій експериментальній установці по дослідженню гідродинамічних процесів. Зокрема досліджено удосконалену, по формі ущільнень,



дискову міжфланцеву заслінку із електропневматичним позиційним приводом керування ERDNAF-N52N, рис.6, на базі розробленої моделі. Базові моделі дослідження, ґрунтуються на рівнянні Нав'є-Стокса (рівняння збереження імпульсів разом із рівнянням нерозривності потоку).

Рис. 6. Дослідна модель ЗРП: 1 – корпус; 2 – поворотний пневматичний привод; 3 – ущільнення; 4 – електропневматичний позиційний привод; 5 – диск; 6 – монтаж-на платформа

В ході моделювання отримані результати щодо розподілення тиску, за умови відкриття диску на $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$. В цьому випадку моделюванням враховано зв'язок перепаду тиску і швидкості, описується співвідношенням:

$$H = \zeta \frac{V^2}{2g} = (\zeta_1 - \zeta_2) \frac{V^2}{2g}, \quad (5)$$

де g – прискорення вільного падіння м/с²; ζ_1, ζ_2 – безрозмірні коефіцієнти гідравлічного опору арматури і трубопровідної системи, V – швидкість течії робочого середовища, м/с.

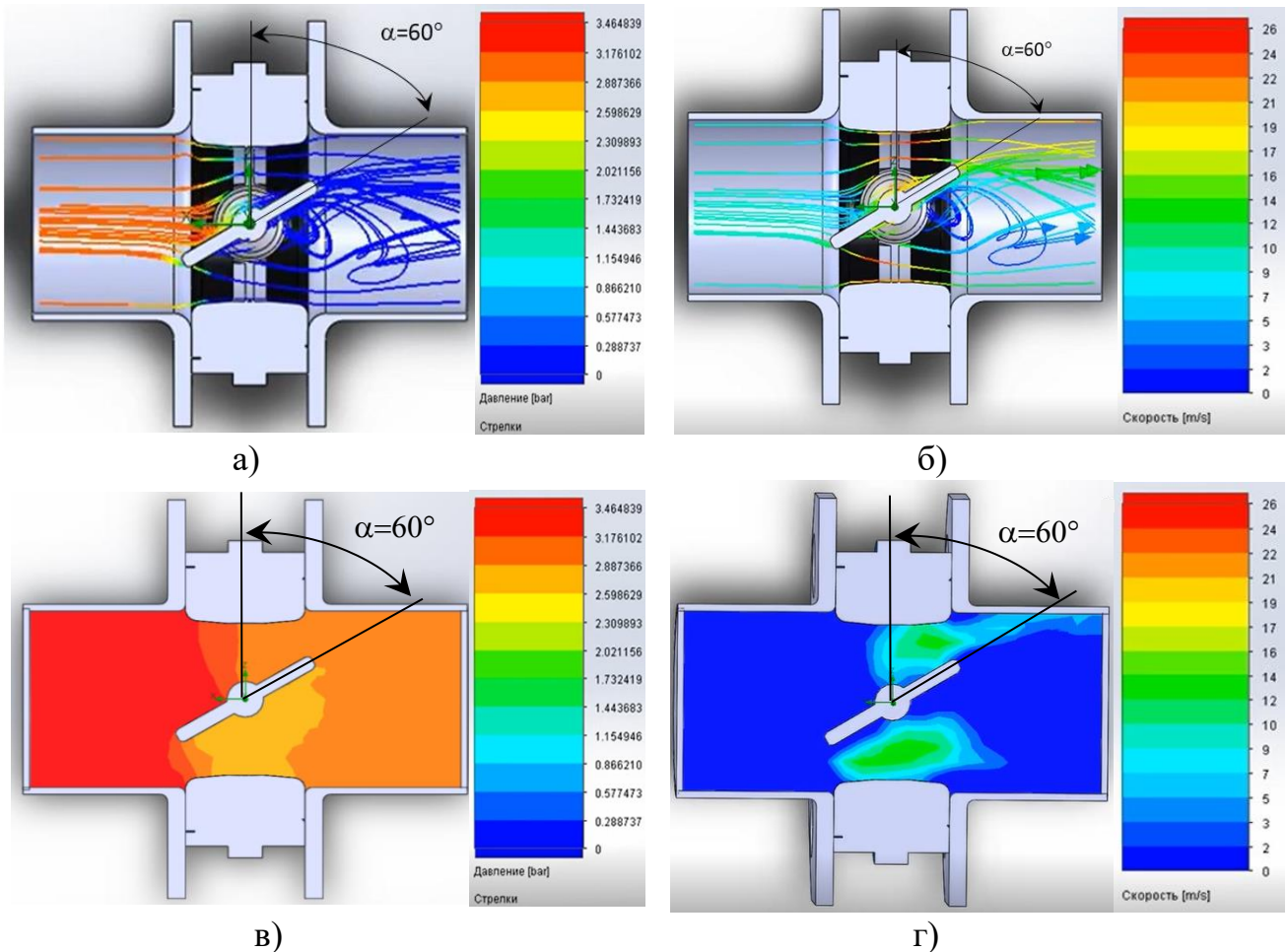


Рис. 7. Розподіл тиску та швидкості в перерізі дискової заслінки на етапах контакту продукту і поверхні заслінки: а) векторний розподіл тиску під час подачі робочої рідини в прохідний переріз запірного елемента на початковому етапі; б) векторний розподіл швидкості під час подачі робочої рідини в прохідний переріз запірного елемента на початковому етапі; в) ізограми розподілу тиску на кінцевому етапі; г) ізограми розподілу швидкості на кінцевому етапі

Результати моделювання (рис.7), в SOLIDWORKS Flow Simulation, кінематичних і динамічних параметрів роботи дискової заслінки опрацьовані за різними режимами динамічного навантаження внутрішнього диска заслінки та різного кута відкриття ($30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$).

Емпіричними методами проведено розрахунок витратних характеристик для оцінки роботи регульовальних клапанів і запірних елементів.

Досліджено моделі об'єкта регулювання (рис.8) у порівнянні із натурним експериментом на стенді, рис.1, за умовами двох типів: 1-го типу – має постійний об'єм, витрата робочого середовища напрямлена у ресивер і визначається перепадом тисків; 2-го типу – має змінний об'єм і процес витікання робочого середовища, що визначається гідродинамічними законами. Критерієм зупинки ітераційного процесу є значення ΔQ (об'ємні витрати, відповідають вимірюваному рівню заповнення ресивера), що визначається як різниця значень витрат, отриманих на послідовних ітераціях від величини сигналу приводу 4–20мА коли змінюється кут повороту дискової міжфланцевої заслінки і ,як наслідок, умовний прохід та пропускна здатність трубопроводу. Похибка за критерієм Фішера не більше 5%. При цьому точність відпрацьовування керуючого сигналу переміщення виконавчого механізму запірно-регульовального пристрою – складає біля 1% від загального кута повороту.

В регульованій системі інші гідравлічні опори, у порівнянні із гідравлічним опором клапану – незначні. За таких умов витратна характеристика клапану співпадає із його пропускною здатністю. Результати підтвердили достовірність та адекватність запропонованих моделей (рис. 8).

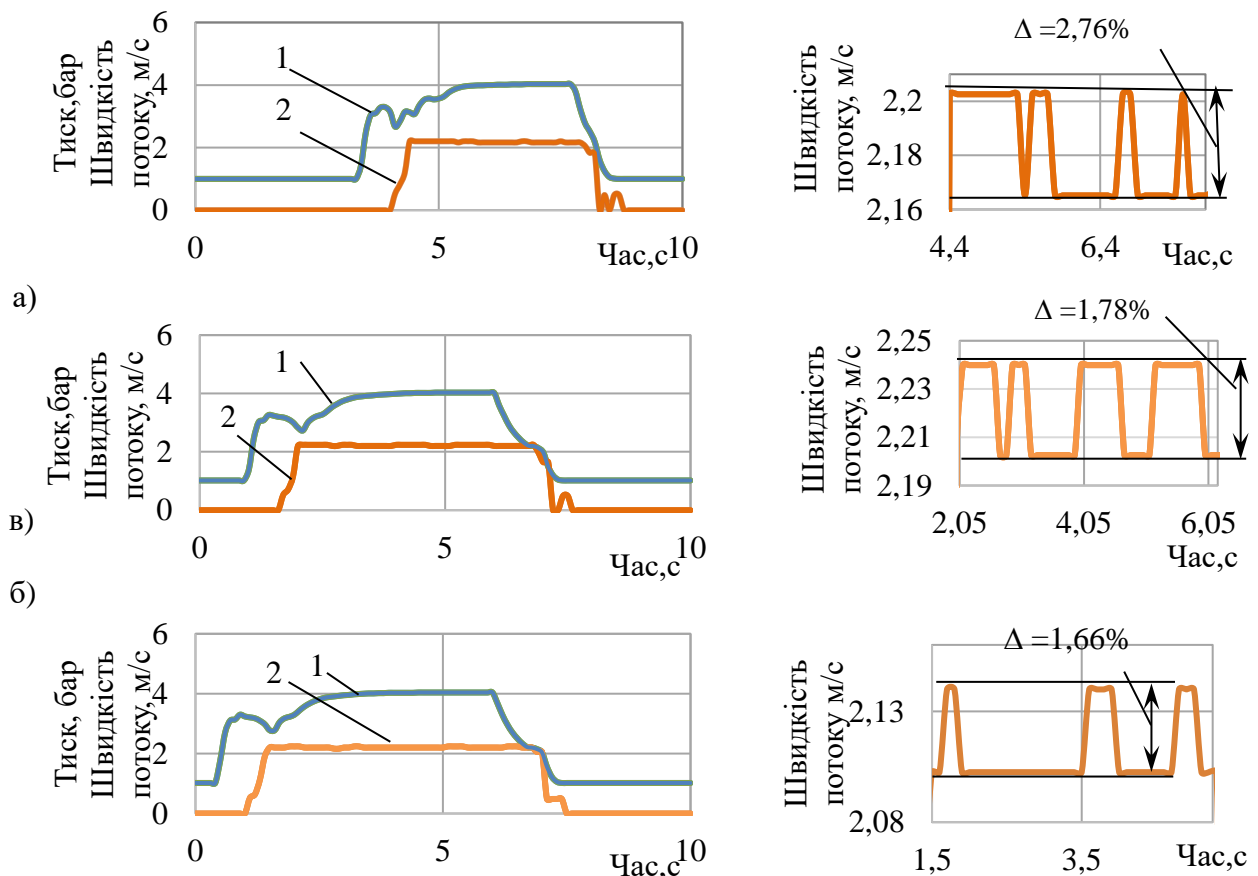


Рис.8. Вплив керуючого сигналу електропневматичного позиційного приводу на залежність пропускної здатності поворотних заслінок DN, за умови відкриття – утримання – закривання на кут: а) 30°; б) 60°; 90°; 1 – значення керуючого тиску; 2 – значення зміни швидкості потоку

При рівновідсотковій витратній характеристиці забезпечується приріст пропускної здатності відповідно до величини переміщення диску. Здійснено порівняльний аналіз результатів математичного моделювання та натурних досліджень, щодо отриманого значення пропускної здатності поворотних дискових заслінок DN із позиційним пневмоприводом в залежності від кута повороту диска.

Розділ 4 «Адаптація запірно-регулювальних пристроїв у технологічно-апаратурну схему підприємства з автоматичним регулюванням оптимальних параметрів процесу» присвячений дослідженню впливу відсічних клапанів, кранів, заслінок на умови роботи трубопровідного транспорту цукрового виробництва, з урахуванням раціональних конструктивних параметрів, реалізовані на виробництві.

Отримані результати досліджень було застосовано та перевірено при впровадженні запірно-регулювальних пристроїв із позиційними електропневматичними приводами на виробництві. На рис. 9 продемонстровано процес підтримання рівня соку між першим та другим корпусами випарної станції за допомогою дискової заслінки DN. На (рис. 9, а) видно як за допомогою зміни кута повороту диска корегуються рівні соку в корпусах при їх відхиленнях від заданих значень.

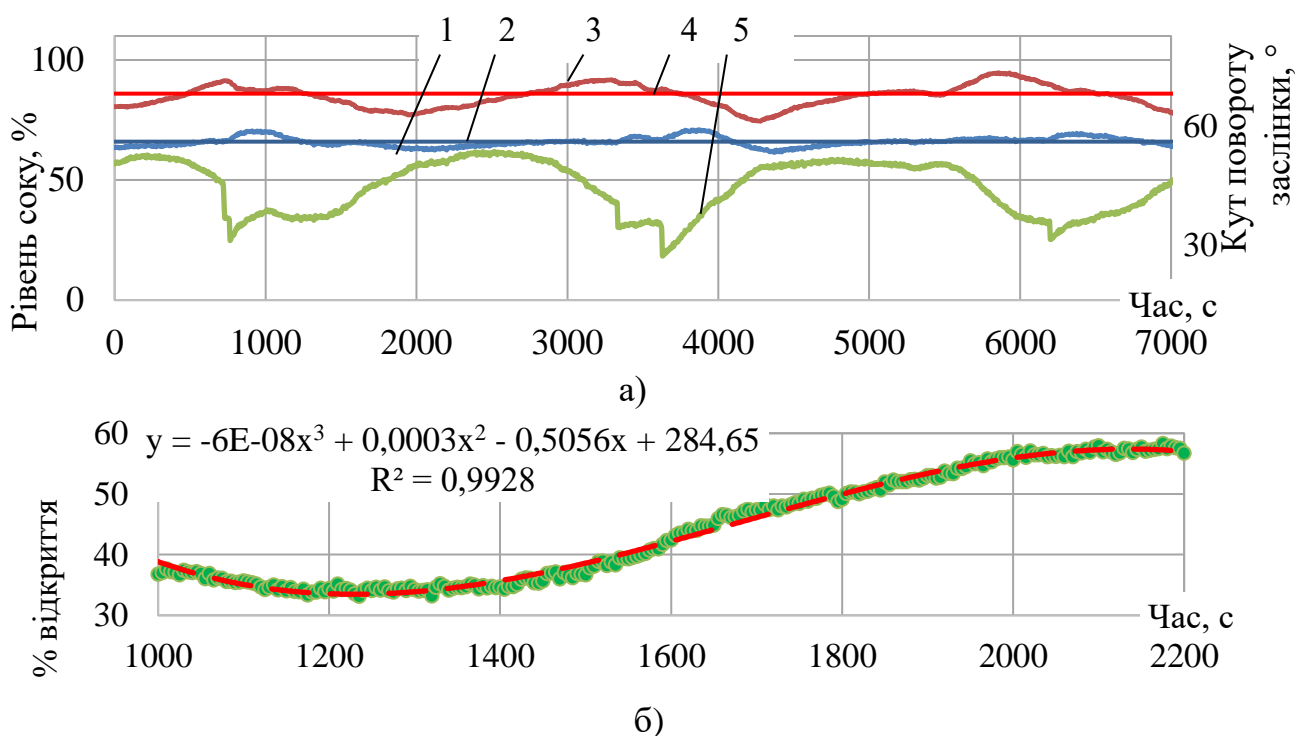


Рис.9. Графічне відображення регулювання рівню соку у першому та другому корпусах випарної станції дисковою заслінкою із позиційним електропневматичним приводом, отримана при впровадженні запропонованого ЗРП в ТОВ «ІНВЕСТ-ПРОМХОЗ»: а) діаграма значень рівня соку у першому та другому корпусах та кута повороту дискової заслінки: 1 – рівень у 1 корпусі, 2 – завдання 1, 3 – рівень у 2 корпусі, 4 – завдання 2, 5 – кут повороту заслінки; б) узагальнена характеристика кута повороту заслінки та результати математико-статистичної обробки

Здійснено контроль за дотриманням рівня в першому та другому корпусі на технологічній ділянці випарної установки здійснено ЗРП дискової заслінки DN. По

результатам роботи отримано наступні показники: відхилення рівня соку в першому корпусі не перевищує 0,21% від встановленого значення, відхилення рівня соку в другому корпусі не перевищує 1,45%. Проведено математико-статистичний аналіз за отриманими характеристиками впливу кута повороту на пропускну здатність трубопроводу. Забезпечена плавність роботи налаштуванням системи керування. Під час використання пневматичних приводів плавність роботи досягається налаштуванням системи керування.

Вирішена задача корекції регулювання температури пари в стабілізуючому контурі редукційно-охолоджувальної установки за рахунок дозованої подачі холодної води (рис.10). Для регулювання витрат води було обрано кульові крани з V-подібним вирізом DN 32 та електропневматичним позиційним приводом. Отримані залежності підтверджують наближення до лінійної характеристики, саме при використанні кульових кранів із V-подібним вирізом. Отримані результати роботи: середнє значення температури після охолодження становить 132,9°C при заданому значенні 132°C.

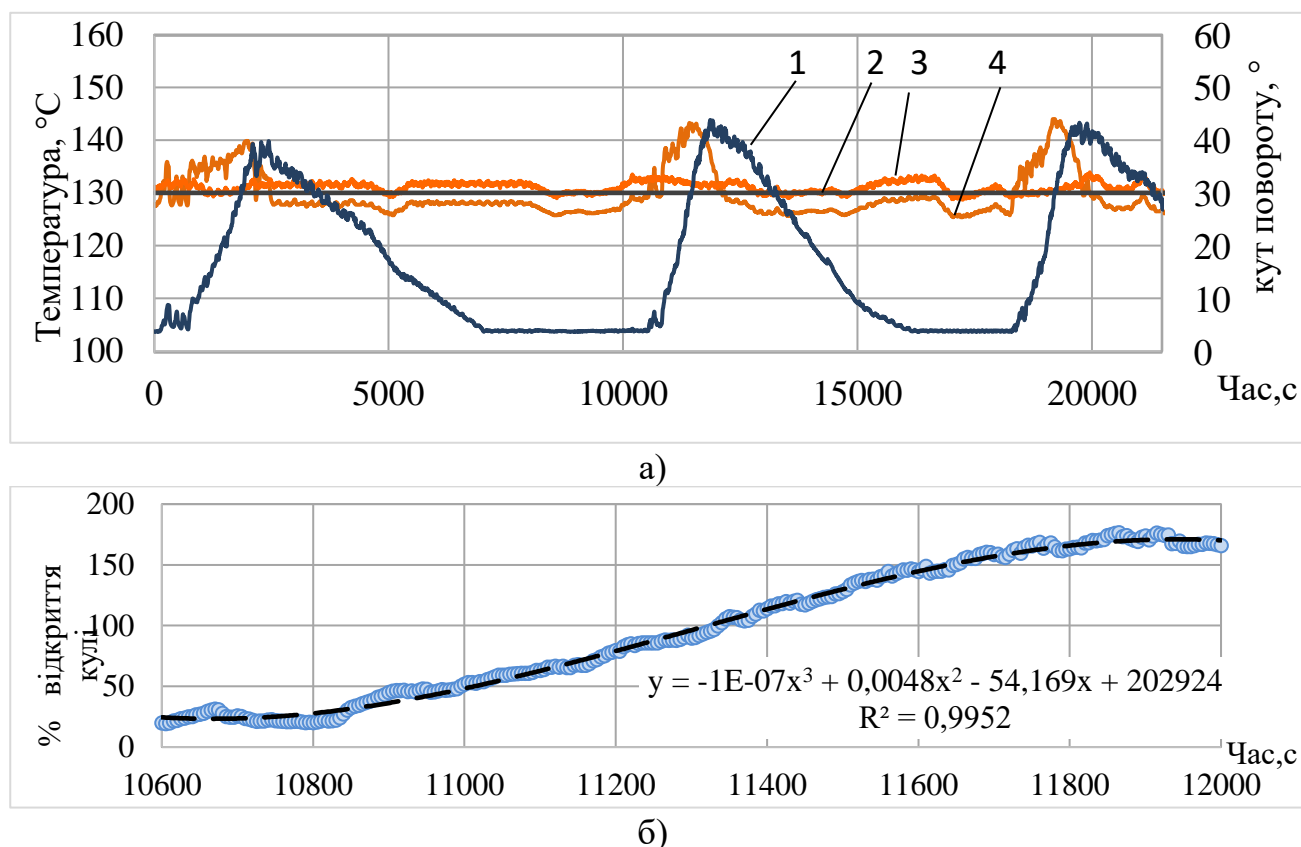


Рис.10. Характеристика зміни температури пари у стабілізуючому контурі редукційно-охолоджувальної установки при використанні кульового крану з V-подібним вирізом із позиційним електропневмоприводом для регульованої подачі води, отримана при впровадженні в ТОВ "ІНВЕСТПРОМХОЗ": а) узагальнена характеристика зміни температурних показників від кута повороту ЗРП: 1 – кут повороту кулі, 2 – завдання; 3 – температура пари після турбіни; 4 – температура редуційованої пари; б) кут повороту кулі

Проте відхилення реальних витратних характеристик від оптимальної зони керування демонструє деяке запізнювання при проведенні корегувальних дій при відхиленні від заданих параметрів. Застосування запропонованого рішення забезпечило стабільність роботи випарної станції та суттєве зменшення енерговитрат на виробництво пари. Отримані результати підтверджують можливість корегування витрат за заданими характеристиками.

Розділ 5 «Рекомендації промисловості щодо раціональної експлуатації запірно-регулювальних пристроїв в мережі технологічних трубопроводів». На основі отриманих результатів досліджень та практичного впровадження, визначено раціональні характеристики запірно-регулювальних пристроїв із позиційними приводами для забезпечення заданого технологічного регламенту роботи обладнання.

Вдосконалено типові конструкції запірно-регулювальних пристроїв у складі технологічних трубопроводів цукрового виробництва (рис.11). Надано рекомендації промисловості щодо методики перевірки їх ефективності роботи.

Рекомендується для дозування витрат води, яка надходить в редуційно-охолоджувальну установку з метою охолодження та зволоження пари використовувати кульові крани з V- подібним вирізом та електропневматичним позиційним приводом.

Для підтримання рівня в корпусах випарної станції рекомендується встановлювати на трубопроводі між сусідніми корпусами міжфланцеві дискові заслінки типу DN з позиційним електропневматичним приводом.

Практичне впровадження запропонованих елементів підвищило ефективність процесу випаровування соку завдяки підвищенню стабільності підтримання рівнів, що дає змогу більш точно витримувати час перебування соку у корпусах.

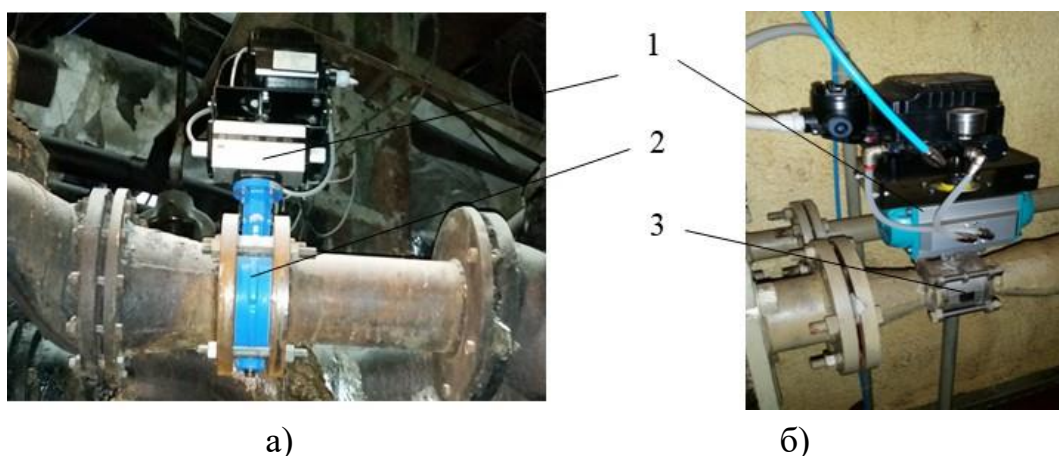


Рис.11. Приклад впровадженого адаптивного керування для регулювання умовної пропускної здатності поворотних заслінок (в залежності від кута повороту диска при керуванні позиційним приводом): а) дискова заслінка з електропневматичним приводом, регулювання соку в корпусах випарної станції впроваджено на Філії «Яреськівський цукровий завод», ТОВ Цукрагропром; б) кульовий кран із позиційним електропневмоприводом для подачі води в РОУ, ТОВ «ІНВЕСТПРОМХОЗ»; 1 – привод, 2 -дискова міжфланцева заслінка, 3 – кульовий кран із V-подібним вирізом

Запропоновані нові модулі керування у складі запірно-регулювальних систем, які дозволяють змінювати основні технологічні параметри процесу дотримуючись

технологічного регламенту при мінімізації енергетичних втрат в керуючих магістралях. Очікуваний сумарний економічний ефект від впровадження результатів наукової роботи на підприємствах цукрової промисловості складає 480 тис.грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація спрямована на вирішення актуального науково-прикладного технічного завдання щодо ефективного регулювання потоками в трубопроводах цукрового виробництва та енерговитратами, за рахунок удосконалення конструкційних і експлуатаційних характеристик запірно-регулювальних пристроїв обладнання.

Сукупність наукових та практичних результатів, отриманих автором дисертації, полягає в наступному:

- науково обґрунтована методика розрахунку поточного значення експлуатаційних характеристик виконавчих запірно-регулювальних пристроїв обладнання цукрового виробництва із врахуванням пропускної спроможності K_v та герметичності замикання при заданій величині ходу робочої ланки;
- на підставі проведеного аналізу існуючих методів та методик математичного, фізичного моделювання та результатів власних досліджень роботи запірно-регулювальних пристроїв розроблено математичні моделі керування позиційними модулями запірно-регулювальних пристроїв;
- розроблено нові експериментальні стенди, які дали можливість дослідити роботу запірно-регулювальних пристроїв, які працюють в двоконтурній мережі: зона середовища керування – стиснене повітря 6 бар, (температура 20°C), зона робочого середовища – вода 0,2 – 4 бар (температура 20 – 70 °C);
- запропоновано математичні моделі електропневматичного приводу запірно-регулювальних пристроїв. Виконано моделювання роботи дискової заслінки із електропневматичним приводом методом чисельного моделювання із використанням програмного пакету Solidworks Flow Simulation, та перевірено адекватність отриманих результатів на власно розробленій експериментальній установці по дослідженню гідродинамічних процесів;
- на основі експериментальних досліджень, розроблені комплекси керування елементами запірно-регулювальних пристроїв, зокрема дисковою міжфланцевою заслінкою із позиційним приводом;
- розроблено математико-статистичну модель залежності витратних характеристик запірно-регулювальних пристроїв, оснащених кульовим краном із V-подібним вирізом, яка підтверджує можливість максимально наближеної до лінійної, що забезпечує високу точність регулювання;
- отримані результати теоретичних та експериментальних досліджень покладені в основу удосконалення запірно-регулювальних пристроїв обладнання цукрового виробництва, які впроваджено в ТОВ “ІНВЕСТПРОМХОЗ”(акт впровадження від 11.09.2019р.), на Філії “Яреськівський цукровий завод”, ТОВ Цукрагропром (акт впровадження від 20 липня 2020р.).

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Володін С.О., Мирончук В.Г., Савчук О.С. Шляхи підвищення ефективності трубопровідної арматури в системах з позиційними приводами. *Промислова гідравліка і пневматика*. Вінниця, 2015. №3(49). С.52–57. (фахове видання).
(*Особистий внесок: розроблення методики досліджень, проведення експериментів, узагальнення результатів, підготовка до публікації*).
2. Володін С.О., Мирончук В.Г. Підвищення працездатності трубопровідної арматури в технологічних процесах. *Наукові праці. Одеська національна академія харчових технологій*. Одеса, 2016. Том 80. Вип. 1. С. 44 – 48. (фахове видання).
(*Особистий внесок: аналіз наукових публікацій за темою, проведення експериментальних досліджень*).
3. Kryvoplyas Volodina L., Gavva O., Volodin S., Hnativ T. Dynamics of mechatronic function modules drives of flow technological lines in food production. *Ukrainian Food Journal*. Kyiv, 2018. Volume 7. Issue 4. P.726 – 737. (Included in the list of International Science Centers **Web of Science**).
(*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів*).
4. Володін С.О. , Мирончук В.Г., Токарчук С.В. Обґрунтування вибору промислових регульованих клапанів із позиційним приводом. *Харчова промисловість*. Київ, 2017. №22. С. 113–117. (фахове видання). (*Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, формулювання висновків*.)
5. Володин С.А., Кривопляс–Володина Л.А. Повышение уровня технологической эффективности трубопроводной арматуры позиционным электропневмоприводом. *Автоматизація технологічних та бізнес-процесів*. Одесса, 2015. Volume 7, Issue 2. С.68–74. (фахове видання, EBSCO, Cite Factor, UlrichsWeb, Google, Index Copernicus) (*Особистий внесок: аналіз наукових публікацій, розроблення методики досліджень, проведення експериментів, узагальнення отриманих результатів, підготовка до публікації*.)
6. Volodin S., Myronchuk V. The functionality of industrial control valves in the station of defecosaturation. *Научни трудове на Русенския университет , Русенски университет "Ангел Кънчев"*. Разград, 2017. Том 56. Серия 10.2. С.97–100. (закордонне видання). (*Особистий внесок: аналіз наукових публікацій, узагальнення даних, підготовка до публікації*.)
7. Володин С.А., Мирончук В.Г., Кривопляс-Володина Л.А. Анализ систем трубопроводного транспорта сахарных заводов с элементами автоматического регулирования. *Автоматизація технологічних та бізнес-процесів*. Одесса, 2015. Volume 7. Issue 4. С. 40 – 47. (EBSCO, Cite Factor, UlrichsWeb, Google, Index Copernicus). (*Особистий внесок: аналіз наукових публікацій, узагальнення даних, підготовка до публікації*.)
8. Volodin S., Myronchuk V. Practical aspects of modeling hydrodynamic characteristics in the system of pipeline valves. *Научни трудове на Русенския университет , Русенски университет "Ангел Кънчев"*. Разград, 2020. том 59. серия 10.2. С.84–88. (закордонне видання). (*Особистий внесок: математичне моделювання, узагальнення даних, підготовка до публікації*.)

9. Volodin S., Myronchuk V., Kryvoplias-Volodina L. Methods of correcting errors during the operation of the drive of valves. *Współpraca europejska. European cooperation*. Варшава. Республіка Польща, 2016. Vol. 4(11). P.42– 48. (Cite Factor, Google, Index Copernicus). (закордонне видання). (Особистий внесок: аналіз наукових публікацій за темою, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів та підготовка їх до публікації.)

10. Мирончук В.Г., Володин С.А. Обоснование выбора трубопроводного транспорта сахарных заводов для систем с автоматическим регулированием. *Научни трудове на Русенския университет, научната конференция РУ&СУ'15 се организира от Русенски университет "Ангел Кънчев"*: материали докладов, м. Разград, 2015. том 54, С.118–124. (закордонне видання). (Особистий внесок: аналіз наукових публікацій, узагальнення даних, підготовка до публікації.)

11. Мирончук В.Г., Володин С.О. Аналіз системи з розподіленими параметрами для підвищення точності роботи привода запірної трубопровідної арматури. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*: матеріали 82-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, м. Київ, 13 – 14 квітня 2016р. Ч.2. С.64 (Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, формулювання висновків.)

12. Володин С.О., Мирончук В.Г. Аналіз та шляхи удосконалення рівня технологічної ефективності трубопровідної арматури в системах з позиційними приводами. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності*: матеріали IV Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, м. Київ, 8 вересня 2015р. С.164–168. (Особистий внесок: аналіз та узагальнення отриманих результатів, підготовка до публікації.)

13. Володин С.О., Мирончук В.Г. Дослідження точності автоматизованої системи керування пневматичного привода запірної арматури. *Гідроаеромеханіка в інженерній практиці ХХ, НТУУ «КПІ»*: матеріали міжнародної науково-технічної конференції, м. Київ, 24–27 травня 2016р. С.32–36. (Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, формулювання висновків.)

14. Volodin S., Myronchuk V. Dynamic optimization of pipeline transport systems in sugar factories. *8-th Central European Congress on Food 2016, Food Science for Well-being*, Kyiv. 23–26 May. 2016. P.251. (Особистий внесок: обговорення отриманих результатів.)

15. Володин С.О., Мирончук В.Г. Особливості систем управління запірно-регулюючою арматурою. *Перспективи розвитку цукрової промисловості України*: матеріали міжнародної науково-технічної конференції, м. Київ, 31 березня – 1 квітня 2016р. С.42–46. (Особистий внесок: проведення експериментів, узагальнення отриманих результатів, підготовка доповіді.)

16. Володин С.О., Мирончук В.Г. Аналіз компоновочних рішень в автоматизованих системах керування трубопровідною арматурою. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурен-*

тоздатності: матеріали V Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, м.Київ, 14 вересня 2016р., С.58–60. (Особистий внесок: проведення експериментів, узагальнення отриманих результатів)

17. Володін С.О., Мирончук В.Г. Інтеграційна система по визначенню характеристик трубопровідної арматури. *Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробкисировини, стандартизації і безпеки продовольства: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, м.Київ, 15 вересня 2016р., С.334–336. (Особистий внесок: математичне моделювання та узагальнення отриманих результатів, підготовка до публікації.)*

18. Володін С.О., Мирончук В.Г. Моделювання витратних характеристик запірно-регулювальної арматури. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: матеріали VIII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, м.Київ, 12 вересня 2019р., С.120–123. (Особистий внесок: проведення експериментів, узагальнення отриманих результатів, підготовка доповіді та тез до публікації.)*

19. Володін С.О., Мирончук В.Г. Оптимізація системи керування запірно-регулюючою арматурою. *Перспективи розвитку цукрової промисловості України: матеріали міжнародної науково-технічної конференції, м.Київ, 27 березня 2018р. С.89–91 (Особистий внесок.: проведення експериментів, узагальнення отриманих результатів)*

20. Володін С.О., Мирончук В.Г. Дослідження гідродинамічних характеристик в системі трубопровідної арматури. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 82-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, м. Київ, 23 – 24 квітня 2018р. Ч.2. С.84 (Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, формулювання висновків.)*

21. Володін С.О., Мирончук В.Г. Дослідження точності автоматизованої системи керування пневматичного привода запірної арматури. *Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» XXII НГУУ «КПІ»: матеріали міжнародної науково-технічної конференції. м.Київ, 23–26 травня 2017р. С.52–55. (Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, формулювання висновків.)*

АНОТАЦІЯ

Володін С.О. Наукове обґрунтування удосконалення запірно-регулювальних пристроїв обладнання цукрового виробництва. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

Дисертацію присвячено комплексному дослідженню запірно-регулювальних пристроїв з електропневмоприводом позиційного типу та пошуку раціональних конструкційних, експлуатаційних параметрів запірно-регулювальних елементів у складі технологічного обладнання цукрового виробництва.

Створено нові експериментальні стенди на яких досліджено роботу запірно-регулювальних пристроїв в двоконтурній мережі: зона середовища керування – стиснене повітря, зона робочого середовища – вода, сік. Здійснено математичне моделювання впливу привода на роботу елементів запірно-регулювальної арматури, що дозволяє отримати системи рівнянь для опису роботи структурно-подібних елементів. Вирішено задачі аналізу і синтезу динамічних параметрів системи автоматичного регулювання.

Адекватність створених моделей підтверджено результатами проведених експериментальних досліджень.

Експериментально визначені та запропоновані режими роботи запірно-регулювальних пристроїв в технологічному процесі цукрового виробництва. Досліджені характеристики виконавчих пристроїв: пропускна здатність, щільність замикання із покровою її зміною органом регулювання при перепаді тиску на приводі в 0,1МПа; розраховано поточне значення пропускної здатності при заданій величині ходу робочої ланки у відсотках. Запропоновано методику дослідження запірно-регулювальних елементів на основі синтезованої математичної моделі, експериментально–аналітичних досліджень та із використанням методів ідентифікації.

Встановлено характер впливу дискових заслінок, сідельних клапанів, кульових кранів, на умови роботи трубопровідного транспорту цукрового виробництва, з урахуванням раціональних конструктивних параметрів.

Нові розробки пройшли апробацію на підприємствах цукрової промисловості України і впроваджені у виробництво.

Ключові слова: запірно-регулювальні пристрої, електропневмопривод, позиційний, слідкуючий, експлуатаційні, параметри, трубопровід, характеристики.

ANNOTATION

Volodin S.O. Scientific substantiation of improvement of shut-off and regulating devices of the equipment of sugar production. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.18.12 – processes and the equipment of food, microbiological and pharmaceutical manufactures. – National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to the complex research of locking and regulating devices with electric pneumatic drive of tracking type and search of rational design and operational parameters of locking and regulating elements as a part of technological equipment of sugar production.

New experimental stands have been created on which the operation of shut-off and control devices in the two-circuit network has been studied: the high-pressure zone is compressed by the wind, and the low-pressure zone is water. Mathematical modeling of the influence of water on the operation of the elements of shut-off and control valves, which allows to obtain systems of equations to describe the operation of structurally similar elements. The problems of analysis and synthesis of dynamic parameters of the automatic control system are solved.

The adequacy of the created models is confirmed by the results of the conducted experimental researches.

Experimentally determined and proposed modes of operation of shut-off and control devices in the technological process of sugar production. The characteristics of actuators are investigated: throughput, short-circuit density with its step-by-step change by the regulating body at pressure difference on the drive in 0,1MPa; the current value of throughput at the set size of a course of a working link in percent is calculated.

The method of research of locking–regulating elements on the basis of the synthesized mathematical model, experimental-analytical researches and with use of methods of identification is offered. The operational properties of actuators are substantiated (control valves) largely determine the main characteristics: hydraulic, power and design for the drive as a whole. Given the characteristics of the actuators, such as: bandwidth (determined by the volumetric flow rate of the medium in (m^3/h)), the density of the circuit (gradually changed by the regulator when the pressure drop across the drive in 0.1 MPa - you can calculate the current bandwidth at a given the magnitude of the stroke of the working link (pneumatic cylinder rod) in percent.

In real conditions of operation of pipeline systems, the pressure difference on the regulating valve which does not remain constant, and changes depending on hydraulic characteristics of pump installation, constituent elements of pipeline system, expenses of environment, properties of working environment, its viscosity, hydraulic mode of movement is defined ability to boil due to pressure drop and other factors.

The throughput characteristic which should be chosen so that in operational conditions the necessary expense characteristic was created is investigated. The use of the SL series positioner actuator makes it possible to control the flow characteristic taking into account the stroke and pressure in the pneumatic system.

The estimation of parameters of work of the shut-off and regulating system of the technological equipment in an operative mode is formed. Then the found parameters of the model of the object W are used to design the controller according to the criterion of optimality. In the course of research, control systems for the elements shut-off and control valves were developed, in particular, the D376XE75 disc interflange valve with the ERD-NAF-N52N tracking drive (4-20mA control signal). Empirical methods have been used to calculate the cost characteristics for evaluating the operation of control valves and shut-off elements.

Based on the obtained research results and practical implementation, the rational characteristics of shut-off and control devices with position actuators to ensure the specified technological regulations of the equipment are determined. Typical designs of shut-off and control devices as a part of technological pipelines of sugar production are improved. The recommendations of the industry concerning a technique of check of their efficiency of work are given.

It is recommended to use ball valves with a V-neck and electropneumatic position actuator for dosing the flow of water entering the reduction-cooling unit in order to cool and humidify the steam. To maintain the level in the evaporator station housings, it is recommended to install on the pipeline between adjacent housings interflange disk valves of the DN type with positional electropneumatic drive.

The practical implementation of the proposed elements has increased the efficiency of the process of evaporation of juice by increasing the stability of maintaining levels, which allows you to more accurately maintain the residence time of the juice in the shells.

New control modules as a part of shut-off and regulating systems which allow to change the basic technological parameters of process adhering to technological regulations without essential energy losses are offered.

The presented developments have been tested in the sugar industry, the results of physical and mathematical modeling are fully confirmed by experimental data. The nature of the influence of shut-off valves, taps, disc valves on the operating conditions of the pipeline transport of sugar production, taking into account the rational design parameters. New developments have been tested at the enterprises of the sugar industry of Ukraine and introduced into production.

Key words: shut-off and regulating devices, electropneumatic drive, tracker-whose, operational, parameters, pipeline, characteristics.