

ISSN 2307-5732
DOI 10.31891/2307-5732

Науковий журнал



ВІСНИК

**Хмельницького національного
університету**

Технічні науки

ISSN 2307-5732

DOI 10.31891/2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

3.2023

ВІСНИК

**Хмельницького
національного
університету**

Технічні науки

Technical sciences

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2023, Issue 3, Volume 321

Хмельницький

**ВІСНИК
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання категорії «Б»,
РІШЕННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ № 1643 ВІД 28.12.2019 та №409 від 17.03.2020

Засновано в липні 1997 р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2023, № 3(321)

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)**

Наукова бібліотека України ім. В.І. Вернадського http://nbuv.gov.ua/j-tit/Vchnu_tekh

Включено до науково-метричних баз:

Google Scholar	http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=aIUP9OYAAAAAJ
Index Copernicus	http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&id_lang=3
Polish Scholarly Bibliography	https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221
CrossRef	http://doi.org/10.31891/2307-5732

Головний редактор	Скиба М. Є. , д.т.н., професор, заслужений працівник народної освіти України, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
Заступник головного редактора	Синюк О. М. , д.т.н., професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
Відповідальний секретар	Горященко С. Л. , к.т.н., доцент кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету

Ч л е н и р е д к о л е г і ї
Технічні науки

Березненко С.М., д.т.н., Бойко Ю.М., д.т.н., Говорущенко Т.О., д.т.н., Гордєєв А.І., д.т.н., Горященко С. Л., к.т.н., Грабко В.В., д.т.н., Диха О.В., д.т.н., Защепкіна Н.М., д.т.н., Рубаненко О. О., д.с.н., Захаркевич О.В., д.т.н., Злотенко Б.М., д.т.н., Зубков А.М., д.т.н., Каплун П.В., д.т.н., Карташов В.М., д.т.н., Кичак В.М., д.т.н., Любош Хес, д.т.н., (Чехія), Мазур М.П., д.т.н., Мандзюк І.А., д.т.н., Мартинюк В.В., д.т.н., Мельничук П.П., д.т.н., Місяць В.П., д.т.н., Мясіщев О.А., д.т.н., Нелін Є.А., д.т.н., Павлов С.В., д.т.н., Параска О.А., д.т.н., Рогатинський Р.М., д.т.н., Горошко А.В., д.т.н., Сарібекова Ю.Г., д.т.н., Семенко А.І., д.т.н., Славінська А.Л., д.т.н., Харжевський В.О., д.т.н., Шинкарук О.М., д.т.н., Шклярський В.І., д.т.н., Щербань Ю.Ю., д.т.н., Бубулєс Альгімантас, доктор наук (Литва), Елсаєд Ахмед Ельнашар, доктор наук (Єгипет), Кальчиньскі Томаш, доктор наук (Польща), Лунтовський Андрій, д.т.н. (Німеччина), Матушевський Мацей, доктор наук (Польща), Мушлевський Лукаш, доктор наук (Польща), Мушял Януш, доктор наук (Польща), Натріашвілі Тамаз Мамієвич, д.т.н., (Грузія), Попов Валентин, доктор природничих наук (Німеччина)

<i>Технічний редактор</i>	Горященко К. Л., к.т.н.
<i>Редактор-коректор</i>	Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 14 від 29.06.2023 р.**

Адреса редакції: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

☎	(038-2) 67-51-08	web:	http://journals.khnu.km.ua/vestnik
e-mail:	visnyk.khnu@khmnu.edu.ua visnyk.khnu@gmail.com		http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 24922-14862ПР від 12 липня 2021 року

© Хмельницький національний університет, 2023
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2023

ЗМІСТ

КАЗІОНОВ МАКСИМ, СКРИПНИК ТЕТЯНА, БАРМАК ОЛЕКСАНДР КВАНТОВИЙ МЕТОД ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ: РОЗРОБКА ВАРІАЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ У ТЕХНІЧНИХ, ПРИРОДНИЧИХ І СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ	11
МАРЧУК ДМОТРО АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ І РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ З ВІДЕОПОТОКУ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРКУВАННЯМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ	17
ЩЕРБАНЬ ВОЛОДИМИР, КОЛИСКО О ОКСАНА, МЕЛЬНИК ГЕННАДІЙ, КОЛИСКО МАР'ЯНА, ЩЕРБАНЬ ЮРІЙ КОМП'ЮТЕРНИЙ МОДУЛЬ ПРОГРАМИ КДАМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШАТУННО-ПОВЗУНКОВОЇ ГРУПИ	24
КОТЕЛЕНЕЦЬ ЮЛІЯ, БОНДАРЕНКО НАТАЛІЯ, БОНДАРЕНКО ВІКТОР СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЧАСУ З ДОДАТКОВИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ	29
МАНУКОВ ІГОР, БОНДАРЕНКО НАТАЛІЯ, БОНДАРЕНКО ВІКТОР РОБОТИЗОВАНА ТЕСТОВА ПЛАТФОРМА	33
БЕЛОУС РОМАН, КРИЛОВ ЄВГЕН ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСУ ПРОЦЕСУ УЗГОДЖЕНОСТІ ДАНИХ В NOSQL	37
МИЛЬКО ВОЛОДИМИР, СОКОЛАН ЮЛІЯ, САВИЦЬКИЙ ЮРІЙ, РОМАНШІНА ОЛЬГА МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ДЛЯ ІНСТРУМЕНТУ В УМОВАХ НАРОСТОУТВОРЕННЯ	43
ЗАЛЮБОВСЬКИЙ МАРК, ПАНАСЮК ІГОР, БЛАЖЕНКО МАРІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГАЛТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ НА РЕАЛІЗАЦІЮ РЕЖИМІВ РУХУ МАСИВУ В СЕРЕДИНІ РОБОЧОЇ ЄМКОСТІ ЗІ СКЛАДНИМ ПРОСТОРОВИМ РУХОМ	48
КУПЧУК ІГОР, БИСТРИЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА	55
КЮРЧЕВ ВОЛОДИМИР ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТУ	60
ЛЕМЕШКО АРТЕМ, АНТОНЕНКО АНДРІЙ, ЦВИК ОЛЕКСАНДР АНАЛІЗ І ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТРАФІКУ	64
МЕЛЬНИК ВІТАЛІЙ, БАГРІЙ РУСЛАН, ПЕТРОВСЬКИЙ СЕРГІЙ, КИРИЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ КОМУНІКАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ	69
НЕСКОРОДСВА ТЕТЯНА, ФЕДОРОВ ЄВГЕН, АНТОНОВ ЮРІЙ, НЕСКОРОДСВА АНАСТАСІЯ МЕТАЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ НА ОСНОВІ ПОВЕДІНКИ СОЦІАЛЬНИХ ПАВУКІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ВНУТРІШНЬОГО АУДИТУ	74
ПАВЛІЧКО ВЛАДІСЛАВ, МЕЛЬНИКОВА НАТАЛІЯ ПЕРЕДБАЧЕННЯ ЦІНИ АВТОМОБІЛЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	83
РОМАНЕЦЬ ТАРАС, НЕЙМАК ВІТАЛІЙ, МАЙДАН ПАВЛО, СМУТКО СВІТЛАНА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВАКУУМНИХ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ У ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	87

САПОЖНИК ДМИТРО СУЧАСНІ АСПЕКТИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНТРАФАКТНОЇ ПРОДУКЦІЇ	91
СМАЧИЛО ОКСАНА, ЛЯШОК ІРИНА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОЛОКНИСТИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ	95
МАТВІЙЧУК ЯРОСЛАВ, ЯЦИШИН ВОЛОДИМИР РОЗРОБЛЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ НА ОБМЕЖЕНОМУ НАБОРІ ДАНИХ	100
ГОМЕЛЯ МИКОЛА, ТРУС ІННА, ВАКУЛЕНКО АННА, ФАТЄЄВ ДАНИЛО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД НІТРАТІВ МЕТОДОМ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ	104
КРИЛИК ЛЮДМИЛА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ЧУТЛИВІСТЬ ЄМНІСНОГО СЕНСОРА ВОЛОГОСТІ ДВОШАРОВОЇ СТРУКТУРИ	109
ДУМИН АНДРІЙ СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ОЗВУЧУВАННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ...	115
ЛЕМЕСЬКО АНДРІЙ, АНТОНЕНКО АРТЕМ, КУВІК НАЗАР, ГНЯДИЙ ВЛАДИСЛАВ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ ЗАГРОЗ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ДАНИХ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ	120
МЕТЕЛИЦЯ АРТЕМ, КОВАЛЕНКО ВІКТОР, ТРОМСЮК ВОЛОДИМИР, ФОРМАНЧУК МИКОЛА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИМЕТРИЧНОГО ВІБРАТОРА	128
ОСАДЧУК ЯРОСЛАВ МІКРОЕЛЕКТРОННІ АВТОГЕНЕРАТОРНІ ОПТИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ	135
ОДЕГОВ МИКОЛА , ГАДЖИСЬВ МАТІН , ГЛАЗУНОВА ЛЮДМИЛА , БУКАТА ЛЮДМИЛА , КОЧЕТКОВА МАРИНА МЕТОДИКА СТРУКТУРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МОДЕЛЕЙ НЕСТАЦІОНАРНИХ КВАЗІПЕРІОДИЧНИХ ПРОЦЕСІВ	145
ПОЛЩУК АНДРІЙ, ПОЛЩУК ОЛЕГ, ЛІСЕВИЧ СВІТЛАНА, ГОРЯЩЕНКО СЕРГІЙ, УРБАНОК ЄВГЕН ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ШВЕЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ВИТРАТНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ 3D-ДРУКУ	158
ПІЦУН ОЛЕГ, ПРИШЛЯК КАТЕРИНА, КАЛІНОВСЬКИЙ РОМАН, ПОВОРОЗНИК ВІТАЛІЙ МІКРОСЕРВІСНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ ІМУНОГІСТОХІМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	166
РОМАНЕНКО АНТОН, КОРОТКИЙ ЄВГЕН КОНТРОЛЕР ВУЗЛА APRS МЕРЕЖІ	175
ТОМУСЯК АНДРІЙ МЕТОД ТА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ ЗАСІБ ГЕНЕРУВАННЯ КЛЮЧІВ АУТЕНТИФІКАЦІЇ	183
ТОРОШАНКО ОЛЕКСАНДР, АФАНАСЬЄВ ПАВЛО, ПЩУК ІГОР, ТОРОШАНКО ЯРОСЛАВ БЕЗПЕКА ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МОДЕЛІ КОНТРОЛЮ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ	188
ХРУЛЬОВ МИКОЛА, КРИВОУС ГЕННАДІЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНОЇ ШВИДКОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗАГОТОВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТИПУ ІНДУКТОСИН	195

РУТКЕВИЧ ВОЛОДИМИР, ШАПОВАЛЮК СЕРГІЙ АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В АДАПТИВНОМУ ГІДРАВЛІЧНОМУ ПРИВОДІ ВИВАНТАЖУВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ	199
ФЕДУШКО СОЛОМІЯ СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА КІБЕРГІГІЄНИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА	210
ЛЕЖНЮК ПЕТРО, КОЗАЧУК ОЛЕГ, ГАЛУЗІНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ СПОЖИВАЧІВ ДЛЯ БАЛАНСУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ	214
ПАСІЧНЮК АНТОН, ТИХОХОД ВОЛОДИМИР МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПРЕДМЕТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМІ .NET CORE	222
ХРОКАЛО ЛЮДМИЛА ВИПРОБОВУВАННЯ БАКТЕРІАЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ ТА КОНСЕРВАНТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЛІОФІЛІЗОВАНОГО СЛИЗУ РАВЛИКА КОСМЕТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	229
КРАВЧЕНКО ІГОР, МАМУТА МАРИНА КОЕФІЦІЄНТ ВИПРОМІНЕННЯ ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ	234
СУББОТА ІРИНА ЗАСТОСУВАННЯ КРЕМНЕЗЕМИСТИХ ПОРІД ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ВИРОБІВ БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ	240
БАГРІЙ ОЛЕНА ВИКОРИСТАННЯ СКІНЧЕНО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ БОКОВОГО ТИСНЕННЯ МАСИВУ СИПКОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПІДПІРНУ СТІНКУ ПРИ ЇЇ ЗМІЩЕННІ	245
БОБРОВНИКОВА КІРА, ГУРМАН ІВАН, ПОПОВ ЮРІЙ, БОЙЧУК ЯРОСЛАВ, КАЧУР ВОЛОДИМИР ВИЯВЛЕННЯ КІБЕРАТАК В ІНФРАСТРУКТУРІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	251
ВАЩИШАК СЕРГІЙ, СТИСЛО ТАРАС, СТИСЛО ОКСАНА, ДЕМЧИНА МИКОЛА, ШКАТУЛЯК ВАСИЛЬ АДАПТИВНА МОДЕЛЬ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ	258
КЛИМЕНКО АНЖЕЛКА, СОКОЛЬСЬКИЙ ГЕОГРІЙ, КАМЕНЬСЬКА ТЕТЯНА ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ВИПКАННЯ ХЛІБОБУЛОЧНОГО ВИРОБУ З ЕКСТРАКТОМ ШИПШИНИ	265
КОСТИРКО ВАСИЛЬ, АНІЛОВСЬКА ГАННА, ПЛЕША ВАСИЛЬ ПРОЄКТУВАННЯ БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ СПРОЩЕННЯ УМОВ ВЕРИФІКАЦІЇ ПРОГРАМ	273
ЗУБКО ОЛЬГА, ШВЕЦЬ ГАЛИНА, КУЛЕШОВА СВІТЛАНА., СЕЛЕЗНЕВА АННА DIGITAL ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ ІМІДЖУ СПОЖИВАЧА	280
МОЛЧАНОВА КАТЕРИНА, АНДРЕЄВА ОЛЬГА, ПЕРВАЯ НАТАЛІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕПТИДІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОСМЕТИЧНИХ КРЕМІВ	288
НІЧЕПОРУК АНДРІЙ, НІЧЕПОРУК АНАСТАСІЯ, ДАНЧУК СЕРГІЙ, КОРОТКОВ ЮРІЙ, ЦАВОЛИК ТАРАС СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ ТА ВИЯВЛЕННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ АТАК ВІДМОВА В ОБСЛУГОВУВАННІ У МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ПРОТОКОЛУ RPL	296

ПРАВОРСЬКА НАТАЛІЯ, ЯШИНА ОКСАНА, НЕТРЕБА ІГОР, ДОМІНА АНАСТАСІЯ КИРИЧЕНКО ОЛЕКСАНДР МЕТОД КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗГІДНО АНАЛІЗУ ПОМИЛОК SQL-ЗАПИТІВ	302
РОЗЛОМІЙ ІННА, НАУМЕНКО СЕРГІЙ ШИФРУВАННЯ ТА СТИСНЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОРСЬКИХ ШАБЛОНІВ, КЕРОВАНИХ МАТРИЦЕЮ	308
ФАНТ МИКОЛА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ДВОМОВНИХ КОРПУСІВ ТЕКСТІВ	314
ЗАХАРКЕВИЧ ОКСАНА, КОШЕВКО ЮЛІЯ, ЕЛЬНАШАР ЕЛЬСАЄД, ШВЕЦЬ ГАЛИНА, СЕЛЕЗНЬОВА АННА ВПРОВАДЖЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО СЛОВНИКА З ТЕКСТИЛЮ ТА МОДИ У МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК	320
БОРТНИК ГЕННАДІЙ, КИРИЛОК СЕРГІЙ, БРИЛЬ МИХАЙЛО ШВИДКОДІЙНИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З КОРИГУВАННЯМ ЧАСОВИХ ЗСУВІВ ІМПУЛЬСІВ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ	329
ГОРЯЩЕНКО СЕРГІЙ, СИНЮК ОЛЕГ, ДРАПАК ГЕОРГІЙ, ГОРЯЩЕНКО КОСТЯНТИН, РОМАНЕЦЬ ТАРАС АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ НА ДЕТАЛІ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	334
КРАСИЛЕНКО ВОЛОДИМИР, ПІДЛУБНИЙ ВЛАДИСЛАВ, НІКІТОВИЧ ДІАНА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДУ ГЕНЕРУВАННЯ ПОТОКУ МАТРИЧНИХ КЛЮЧІВ ПЕРЕСТАНОВОК ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ЗАШИФРУВАННЯ-МАСКУВАННЯ ВІДЕОКАДРІВ.....	339
МИХАЙЛОВСЬКА ОКСАНА, НАДОПТА ТЕТЯНА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ВЗУТТЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	348
ПАВЛОВСЬКИЙ ПАВЛО, ПРИСЯЖНИЙ ДМИТРО, АБРАМЧУК ІГОР, САВРАЦЬКИЙ В., БІЛОУС В. ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСТУ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ ПІД ЧАС ГОЛОСУВАННЯ В ОРГАНАХ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАДИ НА ОСНОВІ АПАРАТНОЇ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГОЛОСУЮЧОГО	355
ОЛІЙНИК ГАЛИНА, КОРНИЦЬКА ЛАРИСА, ДАНЧЕНКО ЮЛІЯ, РАСТОРГУЄВА МАРІЯ, ЄВТУШЕНКО ВАЛЕНТИНА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕБЛЕВО-ДЕКОРАТИВНИХ ТКАНИН	360
МАКАРЕНКО ВАЛЕРІЙ, МЄШКОВ ЮРІЙ, СЕЛІВЕРСТОВ ІГОР, ЛАЗОРИК ВЛАДИСЛАВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ ТРУБОПРОВОДІВ	367

CONTENT

KAZIONOV MAKSYM, SKRYPNYK TETYANA, BARMAK OLEXSANDER QUANTUM SUPPORT VECTOR MACHINES: DEVELOPING VARIATIONAL ALGORITHMS FOR DATA CLASSIFICATION IN TECHNICAL, NATURAL, AND SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS	11
DMYTRO MARCHUK ANALYSIS OF MODERN ALGORITHMS FOR DETECTING AND RECOGNIZING OBJECTS FROM A VIDEO STREAM FOR REAL-TIME PARKING MANAGEMENT SYSTEMS	17
SHCHERBAN VOLODYMYR, KOLISKO OKSANA, MELNIK GENADIJ, KOLISKO MARJANA, SHCHERBAN YURYJ COMPUTER MODULE OF THE K DAM PROGRAM FOR DETERMINATION OF KINEMATIC AND DYNAMIC PARAMETERS OF THE CONNECTING ROD GROUP	24
KOTELENETS YULIIA, BONDARENKO VIKTOR, BONDARENKO NATALIIA TIME CONTROL SYSTEM WITH ADDITIONAL FEATURES	29
MANUKOV IHOR, BONDARENKO NATALIIA, BONDARENKO VIKTOR ROBOTIC TEST PLATFORM	33
BELOUS ROMAN TIME OPTIMIZATION OF PROCESS OF DATA CONSISTENCY IN NOSQL	37
MYLKO VOLODYMYR, SOKOLAN IULIIA, SAVYTSKYI YURIY, ROMANISHINA OLGA MODELLING OF CONTACT INTERACTION FOR A TOOL IN THE CONDITIONS OF OUTGROWTH	43
ZALYUBOVSKYI MARK, PANASYUK IGOR, BLAZHENKO MARIIA INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE DESIGN FEATURES OF THE TURNING MACHINE ON THE IMPLEMENTATION OF THE MOVEMENT MODES OF THE ARRAY IN THE MIDDLE OF THE WORKING CAPACITY WITH COMPLEX SPATIAL MOVEMENT	48
KUPCHUK IHOR, BYSTRYTSKYI OLEXANDER RESEARCH OF SOLID BIOFUEL PRODUCTION TECHNOLOGY	55
KYURCHEV VOLODYMYR EFFICIENCY OF USING THE COMBINED SOIL PROCESSING UNIT DEPENDING ON DIFFERENT TYPES SOIL	60
ANTONENKO ARTEM, LEMESHKO ANDRII, TSVIK OLEKSANDR ANALYSIS AND FEATURES OF TRAFFIC MONITORING SOFTWARE	64
MELNYK VITALII, BAHRII RUSLAN, PETROVSKYI SERHII, KYRYCHENKO OLEXANDER USING AUGMENTED REALITY TO IMPROVE COMMUNICATION FOR PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS	69
NESKORODIEVA TETIANA, FEDOROV EUGENE, ANTONOV YURIY, NESKORODIEVA ANASTASIIA METAHEURISTIC METHODS BASED ON THE BEHAVIOUR OF SOCIAL SPIDERS FOR INTERNAL AUDIT TASKS	74
PAVLICHKO VLADYSLAV, MELNYKOVA NATALIIA CAR PRICE PREDICTION USING ML METHODS	83
ROMANETS TARAS, NEIMAK VITALII, MAIDAN PAVLO, SMUTKO SVITLANA PROSPECTS FOR THE USE OF VACUUM CAPTURE DEVICES IN LIGHT INDUSTRY	87
SAPOZHNYK DMYTRO MODERN ASPECTS OF IDENTIFICATION OF COUNTERFEIT PRODUCTS	91

SMACHYLO OKSANA, LIASHOK IRINA IMPROVEMENT OF THE MANUFACTURING TECHNOLOGY OF FIBROUS COMPOSITE MATERIALS	95
MATVIYTCHUK YAROSLAV, YACISHYN VOLODYMYR DEVELOPMENT OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ARCHITECTURE FOR MILITARY EQUIPMENT IMAGE CLASSIFICATION ON A LIMITED DATASET	100
GOMELYA MUKOLA, TRUS INNA, VAKULENKO ANNA, FATIEIEV DANYLO DEFINITION OF THE EFFICIENCY OF NITRATE REMOVAL FROM WATER USING THE REVERSE OSMOSIS METHOD	104
KRYLIK LYUDMILA PRACTICAL APPLICATION OF REGRESSION ANALYSIS FOR INFLUENCE ASSESSMENT OF FACTORS ON THE SENSITIVITY OF THE CAPACITIVE HUMIDITY SENSOR OF THE TWO-LAYER STRUCTURE	109
DUMYN ANDRII THE AUTOMATED VOICING SYSTEM WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	115
LEMESHKO ANDRIY, ANTONENKO ARTEM, KUVIK NAZAR, HNIADYI VLADYSLAV INVESTIGATING NETWORK THREATS TO ENSURE MAXIMUM PROTECTION OF DATA AND INFRASTRUCTURE	120
METELYTSYA ARTEM, KOVALENKO VIKTOR, TROMSIUK VOLODYMYR, FORMANCHUK MYKOLA MATHEMATICAL MODEL OF SYMMETRIC VIBRATOR	128
OSADCHUK IAROSLAV MICROELECTRONIC SELF-OSCILLATING OPTICAL POWER TRANSDUCERS	135
ODEGOV NICK, HADZHYIEV MATIN, GLAZUNOVA LYUDMILA, BUKATA LYUDMILA, KOCHETKOVA MARINA STRUCTURAL IDENTIFICATION METHODS OF NON-STATIONARY QUASI-PERIODIC PROCESSES MODELS	145
POLISHCHUK ANDRII, POLISHCHUK OLEH, LISEVICH SVITLANA, HORIASHCHENKO SERHIY, URBANIUK YEVHEN TECHNOLOGY OF WASTE PROCESSING OF THE CLOTHING INDUSTRY INTO CONSUMABLE MATERIALS FOR 3D PRINTING	158
PITSUN OLEH, PRYSHLIAK KATERYNA, KALINOVSKYI ROMAN, POVOROZNYK VITALIY MICROSERVICE ARCHITECTURE OF THE IMMUNOHISTOCHEMICAL IMAGE PROCESSING SYSTEM	166
ROMANENKO ANTON, KOROTKYI IEVGEN TERMINAL NODE CONTROLLER FOR APRS NETWORK	175
TOMUSYAK ANDRII METHOD AND SOFTWARE TOOLS FOR AUTHENTICATION KEY GENERATION	183
TOROSHANKO OLEKSANDR, AFANASIEV PAVLO, ISHCHUK IHOR, TOROSHANKO YAROSLAV SECURITY OF COMPUTER NETWORK FUNCTIONING BASED ON A NEURON MODEL OF OVERLOAD CONTROL	188
KHRULOV MYKOLA, KRYVOUS HENNADII THE LINEAR SPEED OF THE WORKPIECE MOVEMENT MEASURING METHOD THAT AN INDUCTOSYN-TYPE MEASURING TRANSDUCER USING	195

RUTKEVYCH VOLODYMYR, SHAPOVALUK SERHIY ANALYSIS OF TRANSIENT PROCESSES IN THE ADAPTIVE HYDRAULIC DRIVE OF THE STEM FORAGE UNLOADER	199
FEDUSHKO SOLOMIIA MODERN APPROACHES TO THE STUDY OF CYBERSECURITY AND CYBER HYGIENE IN THE FRAMEWORK OF DIGITAL TRANSFORMATION OF SOCIETY	210
LEZHNIUK PETRO, KOZACHUK OLEG, GALUZINSKIY OLEKSANDER USE OF ACTIVE CONSUMERS FOR BALANCE OF ELECTRICITY IN THE ELECTRIC GRID	214
PASICHNIUK ANTON, TYKHOKHOD VOLODYMYR METHODS AND TOOLS OF DOMAIN-DRIVEN DESIGN OF COMPLEX SOFTWARE SYSTEMS ON THE .NET CORE PLATFORM	222
KHROKALO LIUDMYLA TESTING OF BACTERIAL FILTERS AND PRESERVATIVES FOR QUALITY ASSURANCE OF LYOPHILIZED SNAIL MUCUS AS A COSMETIC COMPONENT	229
KRAVCHENKO IGOR, MAMUTA MARYNA EMISSIVITY OF FILAMENT LAMPS	234
SUBBOTA IRYNA THE USE OF SILICEOUS ROCKS TO INCREASE THE STRENGTH OF CONSTRUCTION CERAMICS	240
BAHRII OLENA USING A FINITE ELEMENT MODEL TO DETERMINE LATERAL PRESSURE OF A GRANULAR MEDIUM ON A RETAINING WALL UNDER DISPLACEMENT	245
HURMAN IVAN, BOBROVNIKOVA KIRA, POPOV YURY, BOYCHUK YAROSLAV, KACHUR VOLODYMYR MACHINE LEARNING BASED METHODS FOR CYBERATACS DETECTION IN THE INTERNET OF THINGS INFRASTRUCTURE	251
VAHSCHYSHAK SERHII , STYSLO TARAS, STYSLO OKSANA, DEMCHYNA MYKOLA, SHKATULIAK VASYL ADAPTIVE MODEL OF GAMIFICATION FOR HIGHER EDUCATION LEARNING PROCESS	258
KLIMENKO ANZHELIKA, SOKOLSKY GEORGII, KAMENSKA TETIANA THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS OF BAKING BREAD PRODUCTS WITH ROSE HIP EXTRACT	265
KOSTYRKO VASYL, ANILOVSKA HANNA, PLESHA VASYL DESIGNING A LIBRARY TO SIMPLIFY PROGRAM VERIFICATION CONDITIONS	273
ZUBKO OLGA, SHVETS GALINA, SVITLANA KULESHOVA, SELEZNEVA ANNA DIGITAL TECHNOLOGIES OF CONSUMER IMAGE DEVELOPMENT	280
MOLCHANOVA KATERINA , ANDREYEVA OLGA, PERVAIA NATALIYA APPLICATION OF PEPTIDES FOR THE MANUFACTURE OF COSMETIC CREAMS	288
NICHEPORUK ANDRII, NICHEPORUK ANASTASIIA, DANCHUK SERHII, KOROTKOV YURII, TSAVOLYK TARAS SYSTEM FOR DATA COLLECTION AND DETECTION OF DISTRIBUTED DENIAL OF SERVICE ATTACKS IN THE RPL-BASED NETWORKS	296
PRAVORSKA NATALIYA, YASHYNA OKSANA, NETREBA IHOR, DOMINA ANASTASIYA KYRYCHENKO OLEXANDER A METHOD OF SOFTWARE DESIGN ACCORDING TO THE ANALYSIS OF SQL QUERY ERRORS	302

ROZLOMII INNA, NAUMENKO SERHII METHOD OF BUILDING PROPRIETARY TEMPLATES FOR INFORMATION ENCRYPTION AND COMPRESSION TASKS	308
FANT MYKOLA ARCHITECTURE OF A MACHINE LEARNING SYSTEM FOR TEXT ALIGNMENT	314
ZAKHARKEVICH OKSANA, KOSHEVKO JULIA, ELSAYED ELNASHAR, SHVETS GALINA, SELEZNEVA ANNA IMPLEMENTATION OF THE VISUAL DICTIONARY ON TEXTILE AND FASHION INTO THE MOBILE APPLICATION	320
BORTNYK GENNADIY, KYRYLYUK SERGIY, BRYL MYKHAILO HIGH-SPEED ANALOG-DIGITAL CONVERTER WITH ADJUSTMENT OF TIME SHIFT OF SAMPLING PULSE	329
HORIASHCHENKO SERHIY, SYNUYK OLEH, HORIASHCHENKO KOSTYANTIN, DRAPAK GEORGIY, ROMANETS TARAS AUTOMATING THE PROCESS OF APPLYING POLYMER COATING ON PARTS OF THE LIGHT INDUSTRY	334
KRASILENKO VLADIMIR, PIDLUBNYI VLADISLAV, NIKITOVICH DIANA RESEARCH AND SIMULATION OF THE METHOD OF GENERATION OF THE FLOW OF MATRIX KEYS OF PERMUTATIONS AND THEIR CHARACTERISTICS FOR ENCRYPTION-MASKING OF VIDEO FRAMES	339
MYKHAILOVSKA OKSANA, NADOPTA TETYANA QUALITY INDICATORS FOR SPECIAL MILITARY SHOES.....	348
PAVLOVSKIY PAVLO, PRUSIAZHNYI DMITRO, ABRAMCHYK IGOR, SAVRATSKIY V., BILOUS V. INCREASING PROTECTION AGAINST UNAUTHORIZED ACCESS DURING VOTING IN STATE AUTHORITIES BASED ON HARDWARE BIOMETRIC IDENTIFICATION OF THE VOTER	355
OLIJNYK HALINA, KORNYTSKA LARYSA, DANCHENKO YULIYA, RASTORHUIEVA MARIIA, YEVTUSHENKO VALENTYNA CLASSIFICATION OF FURNITURE AND DECORATIVE FABRICS	360
MAKARENKO VALERIY, MESSHKOV YURII, SELIVERSTOV IGOR, LAZORIK VLADISLAV EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WAYS OF INCREASING THE CORROSION RESISTANCE OF STEEL PIPELINES	367

DOI 10.31891/2307-5732-2023-321-3-199-Помилка! Закладку не визначено.

УДК: 66.047.45

РУТКЕВИЧ ВОЛОДИМИР

Вінницький національний аграрний університет

ORCID ID: [0000-0002-6366-7772](https://orcid.org/0000-0002-6366-7772)e-mail: y_rut@ukr.net

ШАПОВАЛЮК СЕРГІЙ

Вінницький національний аграрний університет

e-mail: Shapovaluk@ukr.net

АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В АДАПТИВНОМУ ГІДРАВЛІЧНОМУ ПРИВОДІ ВИВАНТАЖУВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

Розглядається питання підвищення ефективності роботи гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів в умовах нестабільності параметрів кормового масиву та змінного технологічного навантаження на робочих органах. Зазначено, що практично на всіх технологічних машинах та обладнанні сільськогосподарського призначення в основному використовується ручне керування силовими та кінематичними параметрами технологічного процесу, а наявне адаптивне керування в таких машинах і обладнанні або відсутнє або використовує спеціальні, складні адаптивні системи.

Показано, що в більшості випадків методика проектування гідроприводів робочого обладнання навантажувачів базуються на розгляданні плоских розрахункових схем. В якості зовнішніх навантажень розглядається гранична статична сила, або сила, що відповідає стандартним робочим навантаженням.

Дослідження перехідних процесів, пов'язаних з різким зростанням навантаження на робочому обладнанні при інтенсивному заглибленні робочого обладнання, показує, що динамічні зусилля можуть в 1,2–1,5 рази перевищувати їх статичний рівень. Подібне пікове навантаження призводить до аналогічних перевантажень гідропривода.

Таким чином, процес формування навантажень, діючих на робоче обладнання машин при виконанні технологічних операцій, носить складний характер.

Проведений аналіз показав, що створення приводів машин і обладнання, володіючих певними адаптивними можливостями можливе на принципах внутрішніх диференціальних зв'язків елементів їх структури. Метою процесу адаптації гідропривода є стабілізація змінного технологічного навантаження на робочому органі і узгодження параметрів руху робочого органу технологічної машини: головного руху і руху подачі.

В результаті аналізу перехідних процесів, що отримані при обчислювальному експерименті було встановлено, що при певних параметрах адаптивний гідравлічний привод вивантажувача стеблових кормів працює стійко, а при деяких з'являються нестійкі режими роботи, що призводить до коливань тиску, швидкості та подачі робочого органу. Можуть з'являються вібраційні процеси, які можуть завадити виконанню функціональних можливостей.

Зазначено актуальність даного типу досліджень на початковому етапі, яке дозволить значно розширити коло інженерних досліджень при проектуванні, а також сприяє суттєвому скороченню об'єму експериментальних робіт, що в свою чергу призводить до зниження матеріальних витрат на розроблення нових гідравлічних систем.

Ключові слова: адаптивний гідравлічний привод, математична модель, перехідний процес, гідроциліндр, гідромотор, змінне навантаження, тиск, витрата.

RUTKEVYCH VOLODYMYR, SHAPOVALUK SERHIY

Vinnytsia National Agrarian University

ANALYSIS OF TRANSIENT PROCESSES IN THE ADAPTIVE HYDRAULIC DRIVE OF THE STEM FORAGE UNLOADER

The issue of increasing the efficiency of the hydraulic drive of the stalk fodder unloader in conditions of instability of the parameters of the fodder array and variable technological load on the working bodies is considered. It is noted that almost all agricultural technological machines and equipment mainly use manual control of power and kinematic parameters of the technological process, and the existing adaptive control in such machines and equipment is either absent or uses special, complex adaptive systems.

It is noted that in most cases, the methods of designing hydraulic drives of the working equipment of loaders are based on the consideration of flat calculation schemes. As external loads, the ultimate static force, or the force corresponding to standard working loads, is considered.

The study of transient processes associated with a sharp increase in the load on the working equipment during intensive deepening of the working equipment shows that dynamic efforts can exceed their static level by 1.2–1.5 times. A similar peak load leads to similar overloads of the hydraulic drive.

Thus, the process of forming loads acting on the working equipment of machines during technological operations is complex in nature.

The conducted analysis showed that the creation of drives of machines and equipment with certain adaptive capabilities is possible based on the principles of internal differential connections of the elements of their structure. The purpose of the adaptation process of the hydraulic drive module is to stabilize the variable technological load on the working body and coordinate the movement parameters of the working body of the technological machine: the main movement and the feed movement.

As a result of the analysis of the transient processes obtained during the computational experiment, it was established that with certain parameters of the adaptive hydraulic drive of the stalk fodder unloader, it works stably, and with some, unstable modes of operation appear, which leads to fluctuations in pressure, speed, and supply. Vibration processes may appear that may interfere with the performance of functional capabilities.

The relevance of this type of research at the initial stage is indicated, which will allow to significantly expand the range of engineering research during design, and also contributes to a significant reduction of the volume

experimental work with proving devices on a test bench, which in turn leads to a decrease in material costs for the development of new hydraulic systems.

Key words: adaptive hydraulic drive, mathematical model, transitional process, hydraulic cylinder, hydraulic motor, variable load, pressure, consumption.

Постановка проблеми

Пріоритетними напрямками розвитку України є перехід до передових цифрових, інтелектуально-виробничих технологій, роботизованих адаптивних систем керування [1, 2].

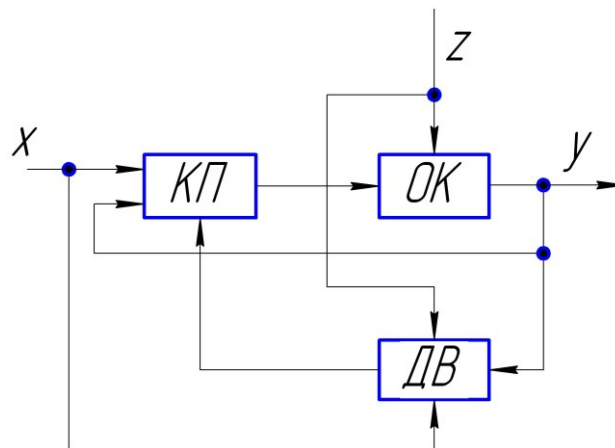
Крім цього, в даний час досить велика потреба в автоматизації багатофункціональних і комбінованих технологічних машин, які використовуються малими підприємствами, фермерськими господарствами, де їх експлуатаційна ефективність і вартість пов'язані з низькою функціональною взаємозамінністю, уніфікацією використовуваних агрегатів та приводів. Тому, створення простих і одночасно функціонально уніфікованих приводів або їх підсистем з функцією адаптації до змінних властивостей оброблюваного середовища є актуальною проблемою.

Аналіз останніх джерел

Майже у всіх технологічних машинах і обладнанні сільськогосподарського призначення, в основному використовується ручне керування силовими і кінематичними параметрами технологічного процесу. Адаптивне керування в цих машинах і обладнанні зустрічається дуже рідко, при цьому використовується спеціальні, складні адаптивні системи [3].

Адаптивні системи підрозділяються по класифікаційним показникам: по зміні структури і параметрів керуючих пристроїв (самонастроювальні, самоорганізуючі); по якості керування (зі стабілізацією або оптимізацією якості); по способу змінених параметрів керуючих пристроїв (аналітичні, пошукові); по способу настройки (за зовнішнім впливом, за характером об'єкта керування). При цьому використовуються різні підходи до побудови і системи реалізації структури системи: ідентифікаційний та безідентифікаційний [3-6].

У загальному випадку (рис. 1) адаптивні системи включають керуючий пристрій (КП), датчик (ДВ) відхилення вихідної величини (y) від заданого значення вхідної величини (x), зовнішнього впливу (z). Обов'язковою умовою адаптації системи є наявність в системі адаптивних зв'язків [5].



КП – керуючий пристрій, ОК – об'єкт керування, ДВ – датчик відхилення
Рис. 1. Структурна схема адаптивної системи керування

Датчик відхилень (ДВ) виробляє сигнал, який дозволяє визначити зміни відповідних параметрів системи і відповідно до цього, оптимізувати керуючий вплив.

Відомо багато підходів до зменшення енерговитрат в системах гідропривода. Наприклад, в гідроприводах, які працюють нетривало використовують схеми з розвантаженням насоса від тиску. Завдяки цьому зменшуються експлуатаційні витрати, збільшується ККД системи та підвищується довговічність насосного агрегата [3].

Одним із напрямків удосконалення адаптивних систем є створення та дослідження технічних систем з функцією адаптації по навантаженню з використанням принципу саморегуляції.

В різних галузях техніки використовують системи керування роботою приводів, які забезпечують адаптацію режимів їх роботи до зміни значень параметрів стану технологічної системи. В галузі металообробки широко використовуються методи керування процесами різання матеріалів, розроблені Б.С. Балакшиним та його учнями, які передбачають стабілізацію сил різання шляхом зміни в процесі обробки параметрів режиму різання. Високу ефективність даного метода керування технологічним процесом підтверджує його широке розповсюдження в практиці верстатобудування та інших машин, призначених для обробки різанням різних матеріалів.

Сутєвим вкладом в розвитку ідеї створення приводів з елементами саморегулювання в залежності від приймаючого навантаження з'явилося теоретичне обґрунтування і практичне використання систем типу Load Sensing з пропорційним керуванням роботою гідроапаратури [6].

Принцип роботи цієї системи полягає в тому, що «митєвий тиск навантаження служить сигналом зворотного зв'язку для керуючого пристрою, який в свою чергу встановлює необхідний тиск насоса». За

допомогою компенсаторів підтримується постійний тиск перепад тиску на керуючих дроселях, що і визначає відсутність залежності швидкості руху робочого органу від його навантаження.

Усунення недоліків пропорційного керування параметрами руху робочого органу в залежності від навантаження шляхом використання пристрою клапанного типу і принципу адаптації присвячені роботи Сидоренка В.С. та його учнів [5].

На практиці поширено ряд способів узгодження роботи насосного агрегата та системи приводів: дроселювання, розвантаження через розподільник, використання регульованих насосів з різними типами регуляторів (регулятор витрати, регулятор тиску, регулятор тиску і витрати, регулятор потужності), використання гідроаккумуляторів, штучне «голодування» насоса, машинне регулювання, ступінчасте регулювання, введення штучних витоків та інше. Але відсутні факти впровадження в практику сільськогосподарського машинобудування систем приводів, які дозволяють змінювати режим роботи відповідно зміни стану технологічної системи.

Відомі наукові дослідження і практичні розробки в області створення систем адаптації по навантаженню, до них можна віднести гідросистему з комбінованим принципом адаптації до навантаження та гідропривод з адаптацією до навантаження.

Технологічні процеси, що виконуються багатьма машинами і технологічним обладнанням різного призначення, передбачають необхідність наявності двох узгоджених рухів робочого органу: руху подачі і руху обертання або руху подачі і руху обертання і руху обертання [6]. До таких технологічних машин і обладнання з гідроприводом: відносяться мобільні дорожньо-будівельні, сільськогосподарські і комунальні машини; мінітехніка, каналокопачі; мобільні бурові установки для буріння скважин та інше технологічне обладнання з двома рухами робочого органу. У більшості випадків силові навантаження та властивості кінематичних параметрів передаються від гідропривода до виконавчого органу без їх безперервної узгодженої адаптації до змінних властивостей, значенням параметрів опору середовища. Це узгодження здійснюється або вручну або періодично при досягненні граничних значень навантаження або швидкості подачі на робочому органі. Відсутність автоматичної невідповідності кінематичних і силових параметрів, що сприймаються робочим органом машин і обладнанням, призводить до порушення техніко-технологічних параметрів технологічного процесу, поломкам інструмента, робочого органу, аварійних ситуацій.

Мета роботи – підвищення ефективності роботи адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів в умовах нестабільності параметрів кормового моноліту і зміни технологічного навантаження на робочих органах, шляхом моделювання, попереднього розрахунку та проєктування.

Виклад основного матеріалу

Дослідження процесів роботи адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів виконувалось шляхом проведення обчислювального експерименту [6]. В результаті розв'язання задачі на ПЕОМ визначалися перехідні процеси, які виникають в процесі роботи адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів. Алгоритм визначення перехідних процесів в зазначеній системі враховує змінне навантаження на вихідних ланках виконавчих гідродвигунів, яке власне є причиною виникнення перехідних процесів.

Початок роботи адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів відбувається при нульовому навантаженні на виконавчих гідродвигунах, що в цілому відповідає процесу підведення П-подібної рамки до поверхні моноліту стеблових кормів, коли навантаження на вихідних ланках виконавчих гідродвигунів мінімальне або відсутнє.

На 400 мс від початку роботи передбачено зростання навантаження на вихідних ланках виконавчих гідродвигунів до значення, яке відповідає реальним значенням момента навантаження на валу гідромотора $M_{зм}=100$ Н·м та сили $F_{рез}=1200$ Н на штоці гідроциліндра. При подальшому дослідженні процесу роботи системи гідроприводів момент від сил різання стеблового моноліту та зусилля на подолання сили опору при подачі П-подібної рамки відповідало значенням, визначеним експериментально при дослідженні процесу відокремлення блок-порції корму від стеблового моноліту [6].

На рис. 2 показано отримані розрахункові перехідні процеси в адаптивному гідравлічному приводі вивантажувача, викликані зміною навантаження на виконавчих ланках приводних гідродвигунів.

Показані на рис. 2 перехідні процеси розраховані при наступних початкових значеннях параметрів адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблового корму [6]:

- об'ємна подача насоса $Q_n=2,38 \cdot 10^{-4}$ м³/с, що відповідає об'ємній подачі шестеренного насоса типу НШ-10 при потужності привода насоса 5 кВт;
- ширина робочих кромок золотника роздільника потоку $a=1$ мм;
- величина початкового відкриття робочих вікон золотника роздільника потоку $l_1=6$ мм, $l_2=2$ мм;
- коефіцієнт витрати робочої рідини через дросельні отвори $\mu=0,62$;
- номінальний тиск в гідросистемі $p_0=10,0$ МПа;
- густина робочої рідини $\rho=850$ кг/м³;
- коефіцієнт податливості порожнин системи гідроприводів, заповнених робочою рідиною, $K=0,6 \cdot 10^{-9}$ м²/Н [7];
- діаметр золотника роздільника потоку $d_{зол}=25$ мм;

- зведений до вала гідромотора момент інерції частин, що обертаються, $I=100 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$;
- зведена до П-подібної рамки маса рухомих частин вивантажувача стеблових кормів $m_{np}=45 \text{ кг}$;
- коефіцієнт в'язкого тертя $\beta=2,5\cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{с}$ [8];
- діаметр виконавчого гідроциліндра подачі П-подібної рамки, $D_u=63 \text{ мм}$;
- об'єм гідроліній, які з'єднують виконавчі гідродвигуни із роздільником потоку $W_1= W_2= W_4=100 \text{ см}^3$;
- об'єм гідролінії, яка з'єднує дросель із підторцевою порожниною роздільника потоку $W_3=25 \text{ см}^3$;
- величина переміщення золотника роздільника потоку вліво до упора, $b_1=1 \text{ мм}$;
- величина переміщення золотника роздільника потоку вправо до упора, $b_2=2 \text{ мм}$;
- жорсткість пружини, установленної в підторцевій порожнині золотника роздільника потоку, $C_{np}=0,5 \text{ Н/мм}$.

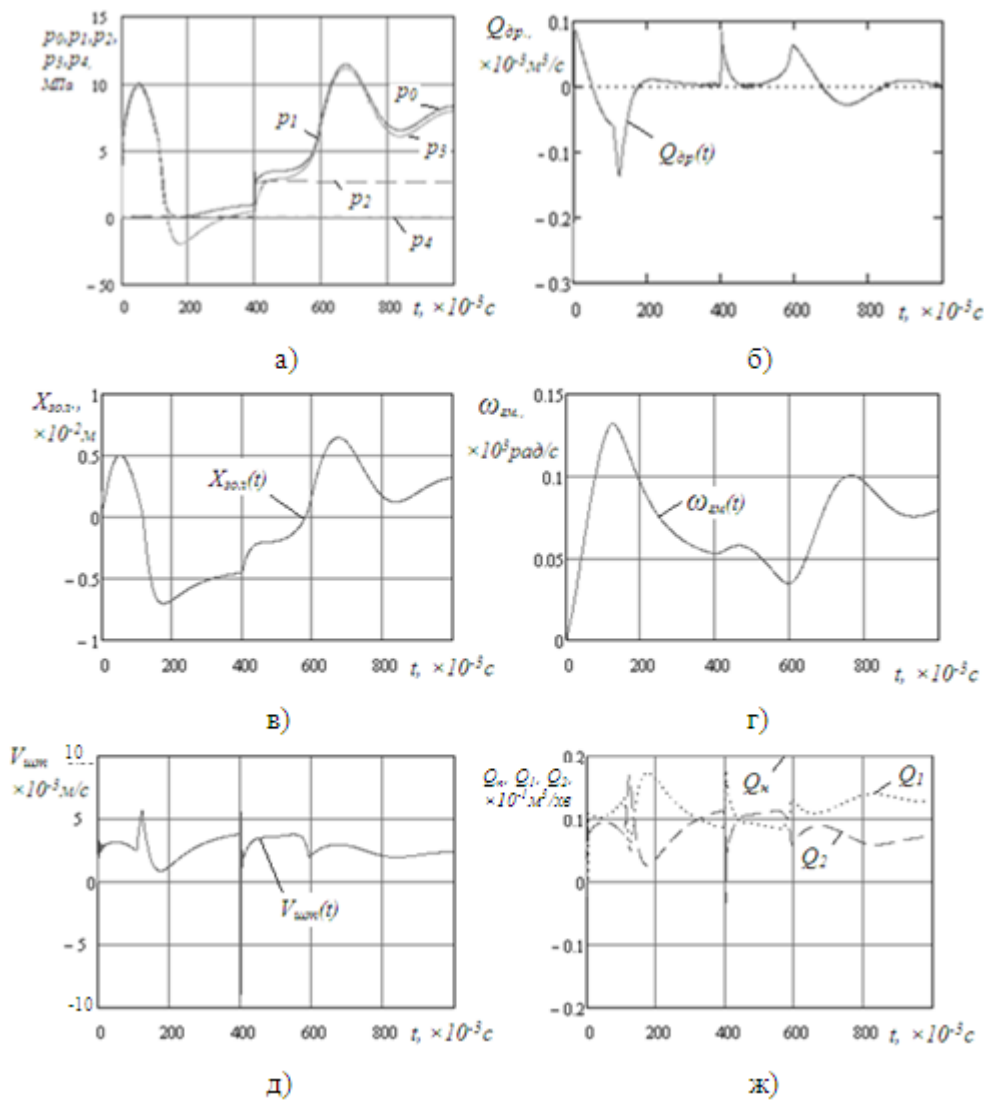


Рис. 2. Перехідний процес в адаптивному гідравлічному приводі вивантажувача стеблових кормів при початкових значеннях параметрів: а) зміна тиску в порожнинах гідросистеми, б) витрата рідини крізь дросель, в) переміщення золотника роздільника потоку, г) кутова швидкість вала гідромотора, д) швидкість подачі штока гідроциліндра, ж) витрати рідини, які споживаються гідромотором (Q_1) та гідроциліндром (Q_2)

На рис. 2 показано зміну параметрів вивантажувача стеблових кормів – витрат рідини, переміщення золотника роздільника потоку, кутової швидкості гідромотора та швидкості штока гідроциліндра, які відбуваються під час перехідного процесу, що викликаний зміною навантажень на виконавчих гідродвигунах за зазначеним вище алгоритмом.

На рис. 2 а зображено перехідний процес зміни тиску у наступних гідролініях: тиск на виході насоса p_0 , тиск на вході гідромотора p_1 , тиск на вході гідроциліндра p_2 , тиск у підторцевій порожнині золотника роздільника потоку p_3 , тиск на виході гідроциліндра p_4 . Згідно складеної програми початок роботи системи гідроприводів відбувається при нульових значеннях тиску у всіх гідролініях та порожнинах. Відповідно до цієї граничної умови початок роботи системи гідроприводів характеризується значним ростом тисків p_0, p_1, p_2, p_3 – об'ємна подача насоса миттєво зростає при тому, що початкова швидкість гідромотора та

гідроциліндра дорівнювала в цей момент нулю. Далі значення указаних тисків зменшуються до величини, необхідної для подолання інерційного навантаження та опору сил в'язкого тертя.

На чотирьохсотій мілісекунді момент на валу гідромотора та зусилля на штоці гідроциліндра за ступінчастою залежністю зростають до указаних вище значень.

Відповідно зростають тиски p_0 , p_1 , p_3 . При цьому процес зміни величини тиску має коливальний характер, пікове значення указаних тисків наближається до 12 МПа, але амплітуда коливань з часом швидко зменшується і, таким чином, система набуває стану стійкої рівноваги. Час виходу системи в стан стійкої рівноваги знаходиться на рівні 600 мс, що свідчить про високий рівень швидкодії, який в повній мірі відповідає вимогам до динамічних характеристик системи гідроприводів більшості сільськогосподарських машин.

Витрата рідини крізь дросель (рис. 2, б) характеризується зміною напрямку, викликаною зміною напрямку руху золотника (рис. 2, в). В момент пуску системи гідроприводів, коли тиск p_3 зменшується до мінімального значення, пружина роздільника потоку штовхає золотник вправо, витісняючи рідину з підторцевої порожнини золотника крізь дросель. При подальшому русі золотника вліво рідина надходить до підторцевої порожнини – витрата крізь дросель має додатне значення. Відповідно змінюється положення золотника. Наприкінці першої секунди (рис. 2, в) золотник переміщується у фіксоване положення, при якому він зміщений з початкового положення на 3 мм.

При цьому в процесі навантаження робочих органів адаптивного гідропривода при $t=400$ мс частота обертання зростає від $\omega_{2m}=0,053 \times 10^3$ рад/с до $\omega_{2m}=0,08 \times 10^3$ рад/с (рис. 2, г), що відповідає підвищенню швидкості різання на 33 %. Швидкість подачі штока гідроциліндра зменшується від $V_{um}=3,75 \times 10^{-3}$ м/с до $V_{um}=2,5 \times 10^{-3}$ м/с (рис. 2, д), що відповідає зменшенню швидкості подачі П-подібної рамки на 33 % [9, 10].

Зміна швидкості обертання вала гідромотора та швидкості подачі П-подібної рамки виникла в результаті зміщення золотника роздільника потоку робочої рідини на 3 мм в бік збільшення відкриття першого робочого вікна, яке з'єднує насос із гідромотором, та зменшення відкриття другого робочого вікна. Відповідно змінюються витрати робочої рідини у відповідні порожнини гідромотора та гідроциліндра (рис. 2, ж). Об'ємна подача робочої рідини Q_1 , яка споживається гідромотором, збільшується від $0,088 \times 10^{-1}$ м³/хв до

$0,136 \times 10^{-1}$ м³/хв, що відповідає підвищенню швидкості різання силосного моноліту на 57 %. В той же час подача робочої рідини Q_2 , яка споживається гідроциліндром, зменшується від $0,113 \times 10^{-1}$ м³/хв до $0,075 \times 10^{-1}$ м³/хв, що відповідає зменшенню швидкості подачі П-подібної рамки на 43 %.

Таким чином, показані на рис. 2 осцилограми свідчать, що запропонований адаптивний гідравлічний привод вивантажувача стеблових кормів працює в усталеному режимі, при цьому забезпечується широкий діапазон регулювання швидкості виконавчих ланок приводів, що дозволяє стабілізувати сили різання при зміні умов різання і, таким чином, використовувати резерви зниження потужності застосованих гідроприводів.

На рис. 3 зображено перехідний процес у адаптивному гідроприводі вивантажувача стеблових корму, розрахований при зміні настройки упора золотника роздільника потоку, який обмежує його рух вліво. В даному випадку прийнято, що величина настройки становить $b_2=4$ мм. Значення інших параметрів відповідають початковим, зазначеним вище, в тому числі діаметр золотника дорівнює $d_{зол}=25$ мм, жорсткість пружини $C_{пр}=0,5$ Н/мм.

В результаті зміни настройки упорів золотника тиск в лінії нагнітання зменшується приблизно на 25 %. Відповідно змінюються в бік зменшення тиски p_1 , p_2 , p_3 . Так пікове значення тиску p_1 не перевищує 7,5 МПа. Переміщення золотника роздільника потоку x в бік закриття другого робочого вікна значно збільшується, але при цьому зміна витрат у гідролініях, за якими робоча рідина надходить до гідромотора та гідроциліндра, не відрізняється від попередніх. При цьому перехідний процес характеризується значно меншою коливальністю та завершується виходом на усталене значення параметрів приблизно на 250 мс після подачі на робочі органи відокремлювача навантаження, що свідчить про підвищення швидкодії адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових корму. Зміна швидкостей гідромотора та штока гідроциліндра відбувається аналогічно до показаної на рис. 2. Таким чином, дана комбінація значень параметрів адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових корму забезпечує стійку роботу гідросистеми при високій якості її динамічних характеристик.

На рис. 4 зображено перехідні процеси, отримані при дослідженні математичної моделі адаптивного гідропривода вивантажувача при умові, що в даному випадку у порівнянні із започаткованими значеннями параметрів гідросистеми змінено настройку упора золотника $b_2=4$ мм, а також зменшено діаметр золотника до значення $d_{зол}=19,5$ мм, а жорсткість пружини до значення $C_{пр}=0,3$ Н/мм.

Аналіз процесів, які відбуваються в даному випадку, свідчить, що динамічний стан гідросистеми має граничний характер. При запуску адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових корму процес протікає керовано, відхилення параметрів не перевищує припустимих значень. Але в момент подачі навантаження на робочі органи процес набуває нестійкого характеру – амплітуда коливань параметрів, які визначають роботу гідросистеми постійно зростає до виходу на режим автоколивань. В результаті указаних коливань пікові значення тиску досягають 15 МПа, значними по величині амплітудами відрізняються

коливання переміщень золотника (рис. 4, в) і, відповідно, кутової швидкості вала гідромотора (рис. 4, г), а також витрат на вході гідромотора та гідроциліндра (рис. 4, ж).

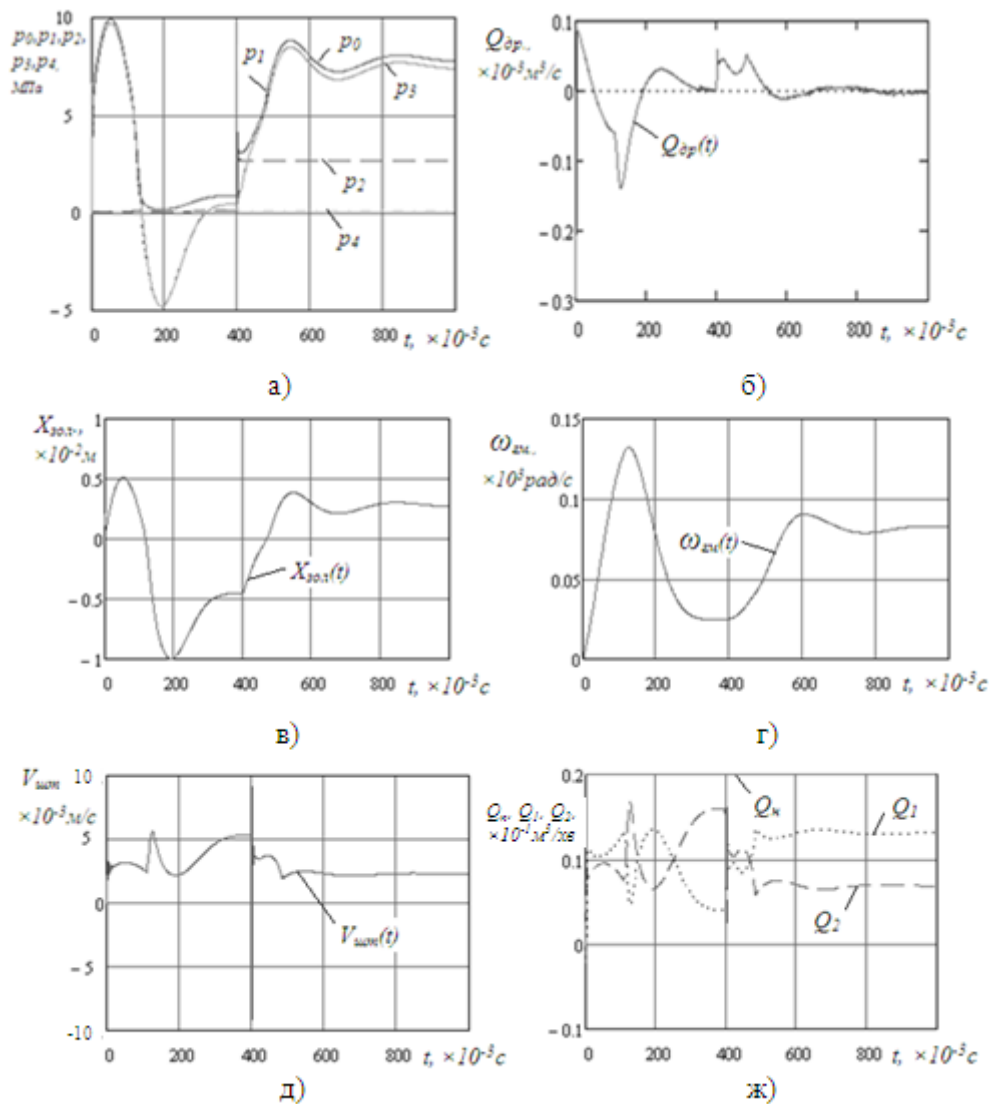


Рис. 3. Перехідний процес в адаптивному гідравлічному приводі вивантажувача стеблових кормів при значенні настройки упора $b_2=4$ мм: а) зміна тиску у порожнинних гідросистемах; б) витрата рідини крізь дросель; в) переміщення золотника роздільника потоку; г) зміна кутової швидкості гідромотора; д) зміна швидкості подачі П – подібної рамки; ж) витрати рідини, які споживаються гідромотором (Q_1) та гідроциліндром (Q_2)

Нестійкий процес роботи адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів є неприйнятним з точки зору працездатності гідросистеми. Автоколивання, які збуджуються в гідросистемі, можуть бути причиною вібрацій машин, що можуть заважати виконанню нею свого службового призначення.

Таким чином, в процесі розроблення систем гідроприводів сільськогосподарських машин важливим критерієм вибору параметрів є необхідність забезпечення стійкого режиму роботи, оскільки дане дослідження свідчить про можливість виникнення нестійких режимів роботи при певній комбінації параметрів адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів.

Проведено також розрахунок перехідних процесів при роботі систем гідроприводів блочно-порційного відокремлювача з метою дослідження впливу на якість динамічних характеристик відстані b_1 до упора, що обмежує переміщення золотника вправо. На рис. 5 показано перехідний процес, отриманий при значенні установки упора $b_1=3$ мм. При цьому вибрано золотник, діаметр якого дорівнює $d_{зол}=32$ мм при жорсткості пружини $C_{пр}=0,5$ Н/мм. Інші параметри адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів відповідають початковим.

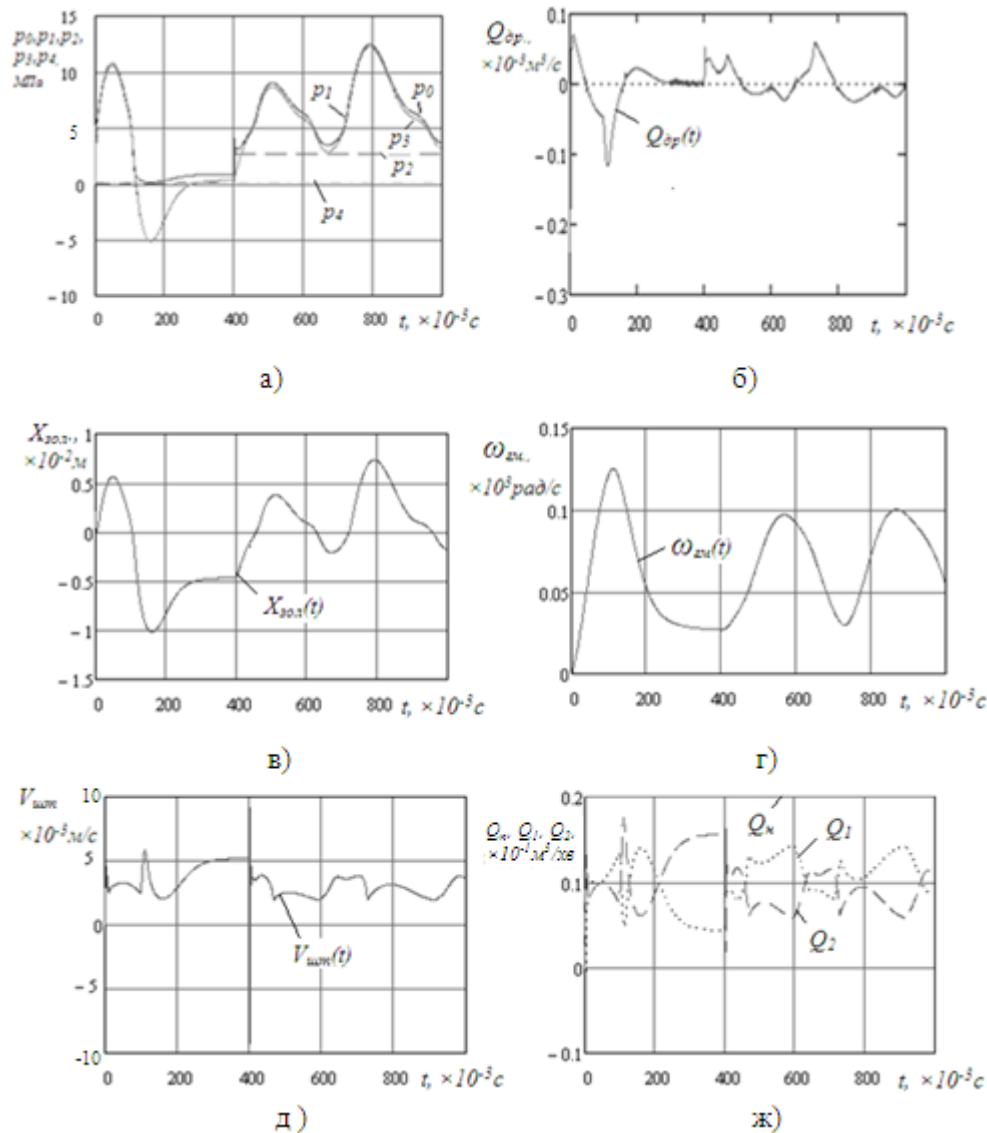


Рис. 4. Перехідний процес в адаптивному гідравлічному приводі вивантажувача стеблових кормів при настройці упора $b_2=4$ мм, діаметра золотника $d_{зол}=19,5$ мм, жорсткості пружини $C_{пр}=0,3$ Н/мм:
 а) зміна тиску у порожнинах гідросистеми; б) витрата рідини крізь дросель;
 в) переміщення золотника роздільника потоку; г) зміна кутової швидкості гідромотора; д) зміна швидкості подачі П-подібної рамки; ж) витрати рідини, які споживаються гідромотором (Q_m) та гідроциліндром (Q_c)

Збільшення діаметра золотника призводить до суттєвого збільшення сили на правому торці золотника роздільника потоку. В результаті цього зростає переміщення золотника вліво в напрямку додатних значень його координати (рис. 5, в). В свою чергу це викликає значне збільшення відкриття першого робочого вікна, яке з'єднує напірну гідролінію від насоса із гідромотором, та практично перекриває друге робоче вікно. В результаті, як показано на рис. 5, ж весь потік рідини від насоса спрямовується до гідромотора, швидкість обертання якого набуває максимального значення. В той же час швидкість подачі П-подібної рамки падає до нуля, що виключає можливість відокремлення блок-порції стеблових кормів від моноліту.

Такий режим роботи адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів, який також відрізняється значною коливальністю (рис.5 а, в, г), неприйнятний з точки зору виконання устаненого технологічного процесу. В зв'язку з цим відповідно до потужності насосної станції необхідно обмежувати максимальне переміщення золотника, яке може виникати при запуску або зміні навантаження на виконавчих органах.

На рис. 6 зображені перехідні процеси в адаптивному гідроприводі вивантажувача стеблових кормів, які розраховані при зменшенні ширини робочих кромок золотника до $a=0,5$ мм. При цьому діаметр золотника дорівнює $d_{зол}=27$ мм, жорсткість пружини $C_{пр}=0,5$ Н/мм. Згідно із висновками за результатами аналізу впливу настройки лівого упора золотника її величину зменшено до значення $b_1=1$ мм.

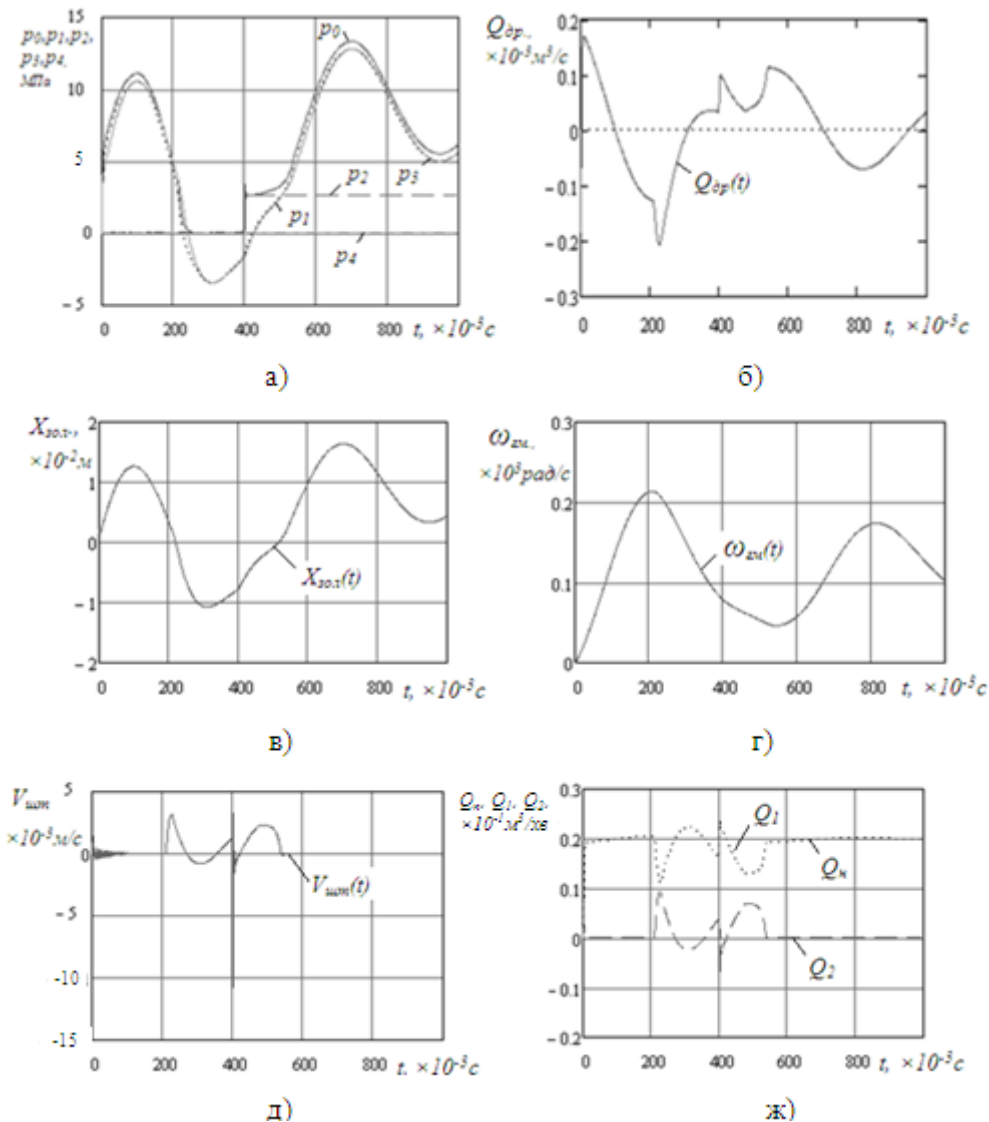


Рис. 5. Перехідний процес в адаптивному гідравлічному приводі вивантажувача стеблових кормів при настройці упора $b_1=3$ мм, діаметрі золотника $d_{зол}=32$ мм, жорсткості пружини $C_{пр}=0,5$ Н/мм:

- а) зміна тиску у порожнинах гідросистеми; б) витрата рідини крізь дросель;
- в) переміщення золотника роздільника потоку; г) зміна кутової швидкості гідромотора; д) зміна швидкості подачі П-подібної рамки; ж) витрати рідини, які споживаються гідромотором (Q_1) та гідроциліндром (Q_2)

Перехідний процес, який виникає при пускові адаптивного гідравлічного привода, завершується достатньо швидко, завершуючись до чотирьохсоті мілісекунди з виходом на усталені значення – система працює стійко (рис. 6 а, б, в, ж). Причому в даному випадку система гідроприводів в процесі пуску виходить на рівні значення подачі робочої рідини до гідромотора та гідроциліндра подачі П – подібної рамки – $Q_1=Q_2=0,10 \times 10^{-1} \text{ м}^3/\text{хв}$.

Після навантаження вихідних ланок гідродвигунів моментом різання та зусиллям подачі на 400 мс перехідний процес також має характер затухання, що свідчить про те, що адаптивний гідропривод не втрачає стійкості при навантаженні (рис. 6, в,г,д,ж).

В той же час слід зазначити, що при зміні навантаження на вихідних ланках гідромотора і гідроциліндра подачі П-подібної рамки зміна швидкості обертання вала гідромотора та швидкості подачі П-подібної рамки відбувається в більш широким межах, ніж у випадку, коли ширина робочих кромки дорівнювала $a=0,2$ мм (рис. 6, ж). Так, подача рідини до гідромотора збільшується на 50 % і дорівнює $Q_1=0,16 \times 10^{-1} \text{ м}^3/\text{хв}$, при цьому кутова швидкість вала гідромотора становить $\omega_{зм}=0,1 \times 10^3 \text{ рад/с}$ (рис. 6 г). Згідно рис. 6, ж подача робочої рідини до гідроциліндра привода подачі П-подібної рамки зменшується до значення $Q_2=0,05 \times 10^{-1} \text{ м}^3/\text{хв}$, що відповідає зниженню швидкості подачі на 50 %, при цьому швидкість подачі П-подібної рамки становить $V_{ум}=2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$.

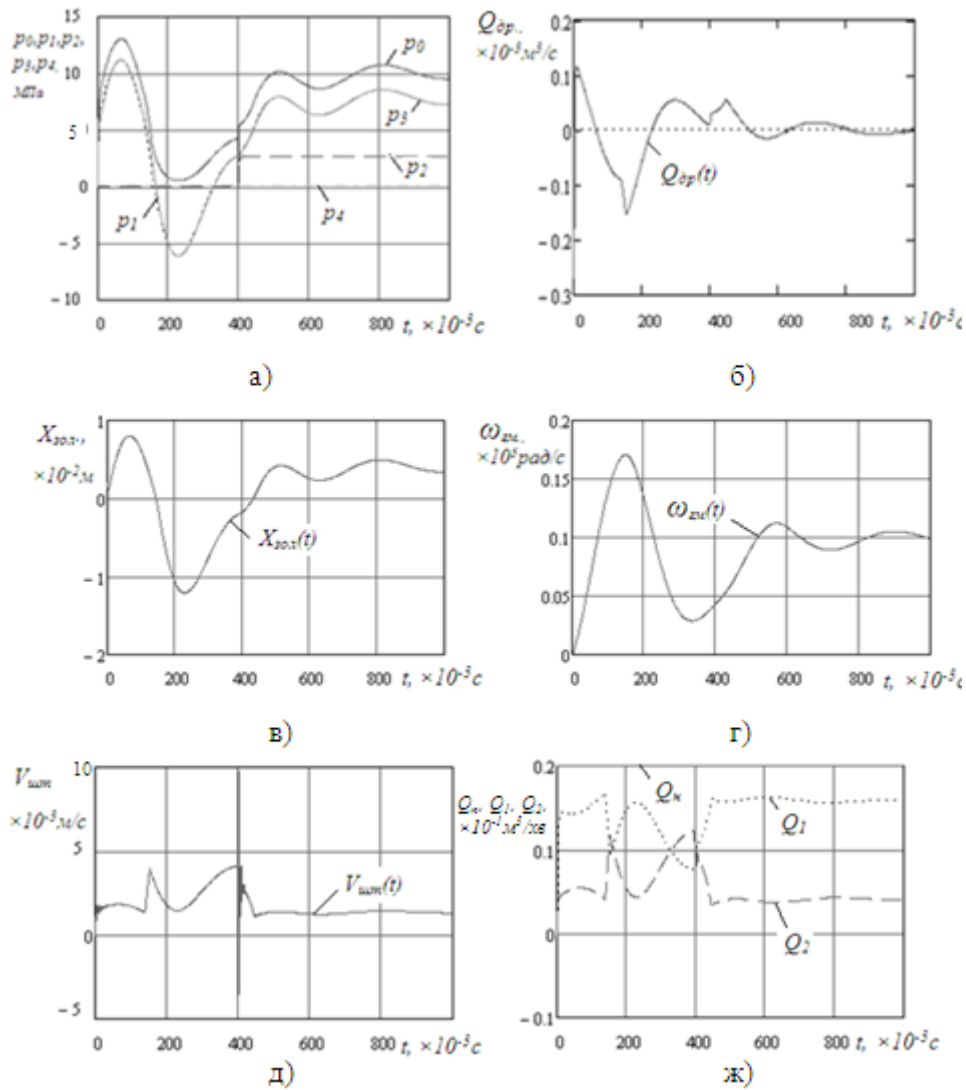


Рис. 6. Перехідні процеси в адаптивному гідравлічному приводі вивантажувача стеблових кормів при наступних значеннях параметрів: настройка упора $b_f=1$ мм, діаметр золотника $d_{зол}=27$ мм, ширина робочої кромки $a=0,5$ мм, жорсткість пружини $C_{пр}=0,5$ Н/мм: а) зміна тиску у порожніх гідросистемах; б) витрата рідини крізь дроселі; в) переміщення золотника роздільника потоку; г) зміна кутової швидкості гідромотора; д) зміна швидкості подачі П-подібної рамки; ж) витрати рідини, які споживаються гідромотором (Q_1) та гідроциліндром (Q_2)

Аналогічний ефект спостерігається також і при умові зменшення діаметра золотника до значення $d_{зол}=22,5$ мм, жорсткості пружини до значення $C_{пр}=0,3$ Н/мм. (рис. 7). Ширина робочої кромки має значення $a=0,5$ мм. Інші параметри адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів залишаються незмінними і відповідають початковим значенням.

В даному випадку коливальність перехідного процесу збільшується, але він має затухаючий характер, що свідчить про стійкий режим роботи системи гідроприводів (рис. 7, д). Збільшення коливальності та пікових значень тиску (рис. 7, а) значною мірою визначається зменшенням жорсткості пружини, що знижує якість динамічних характеристик.

В той же час по завершенню перехідного процесу в адаптивному гідроприводі вивантажувача стеблових кормів виходить на той рівень вихідних параметрів, що і у попередньому випадку: витрата $Q_1=0,16 \times 10^{-1}$ м³/хв, кутова швидкість вала гідромотора $\omega_{зм}=0,1 \times 10^3$ рад/с, витрата $Q_2=0,05 \times 10^{-1}$ м³/хв, швидкість подачі П-подібної рамки $V_{шт}=2,8 \cdot 10^{-3}$ м/с (рис. 7, ж).

Таким чином, зміна діаметра золотника та жорсткості пружини впливають на якість перехідного процесу, а саме, дещо збільшують коливальність процесу, але характеристики регулювання швидкості різання стеблових кормів та подачі П-подібної рамки залежать тільки від геометрії та розмірів робочої кромки золотника. В даному випадку зменшення ширини робочої кромки фактично вдвічі збільшує діапазон регулювання швидкостей виконавчих ланок гідродвигунів адаптивного гідропривода вивантажувача стеблових кормів [10-12].

Висновки та пропозиції

Розроблено алгоритм проведення розрахунку на основі системи диференціальних рівнянь в середовищі Mathcad перехідних процесів, які визначають якість роботи адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів.

Отриманні при різних комбінаціях параметрів перехідні процеси засвідчили наявність різних за характером режимів роботи адаптивної системи гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів.

При відповідних комбінаціях параметрів математичної моделі можливе виникнення нестійких режимів роботи, що дозволяє прогнозувати можливість нестійкого режиму роботи реального адаптивного гідравлічного привода вивантажувача стеблових кормів.

Показано, що запропонований адаптивний гідропривод вивантажувача стеблових кормів при умові стійкої роботи забезпечує виконання сформульованого принципу узгодженої зміни швидкостей вихідних ланок гідродвигунів при зміні навантаження на різальному механізмі. Зміна швидкостей відбувається пропорційно до величини моменту навантаження на валу гідромотора привода різального механізму, що дозволяє реалізувати принцип адаптації системи гідроприводів до зміни режимів навантаження.

Виявлено, що розширення діапазону регулювання швидкостей виконавчих гідродвигунів та, відповідно підвищення чутливості адаптивного гідропривода можливо шляхом відповідного вибору параметрів золотникового роздільника. Найбільш ефективно розширення діапазону регулювання швидкостей гідромотора різального механізму та гідроциліндра привода П-подібної рамки забезпечується шляхом зменшення ширини робочих кромок золотника.

Література

1. Шмат С. І. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом [Електронний Ресурс] / С. І. Шмат, П. Г. Лузан, С. В. Колісник // КНТУ. – 2010. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>
2. Ratushna N. Методичні підходи до створення нової сільськогосподарської техніки у відповідності з вимогами ринку наукоємної продукції / N. Ratushna, I. Mahmudov, A. Kokhno // MOTROL. – 2007. – № 9А. С. 119–123.
3. Панченко А.І. Перспективи гідрофікації мобільної сільськогосподарської техніки / А.І. Панченко, О.Ю. Золотарьов, А.А. Волошина, Д.С. Тітов // Промислова гідравліка і пневматика. – 2003. – №1 – С. 71-74.
4. Shargorodskiy S. Modeling of working processes of an adjustable APN type PVC 1.85 taking into account parametric oscillations / S. Shargorodskiy, V. Rutkevych, V. Zakrevskiy // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2021. – Вип. 4 (35). С. 33–43.
5. Поліщук Л.К. Вмонтовані гідравлічні приводи з гнучким тяговим органом, чутливі до зміни навантаження: монографія [текст] / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер // Вінниця, ВНТУ, 2010 р. – 184 с.
6. Руткевич В.С. Адаптивний гідравлічний привод блочно-порційного відокремлювача консервованого корму/ В.С. Руткевич // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2017. – №4(99). С. 108–113.
7. Руткевич В.С. Математичне моделювання роботи гідравлічного привода секцій широкозахватного культиватора з послідовним спрацюванням гідроциліндрів / В.С. Руткевич // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2018. – № 2 (101). С. 37 – 47.
8. Фінкельштейн З.Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів / Фінкельштейн З.Л., Андренко П.М., Дмитрієнко О.В.; навч. посіб. Харків: Видавничий центр. НТУ “ХП” – 2014. 308 с.
9. Shargorodskiy S. Investigation of drive power of the mechanism for separation of stem feed from feed monolith / S. Shargorodskiy, V. Rutkevych // Slovak international scientific journal. – 2021. – № 54. С. 10–20.
10. Ivanov M.I. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed / M.I. Ivanov, V.S. Rutkevych, O.M. Kolisnyk, I.O. Lisovoy // INMATEH - Agricultural Engineering. – 2019. – Vol. I, № 1 (57). P. 37 – 44.
11. Rutkevych V. Numerical simulation of the liquid distribution problem by an adaptive flow distributor / V. Rutkevych, I. Kupchuk, V. Yaropud, V. Hraniak, S. Burlaka // Przegląd Elektrotechniczny. – 2022. – № 2 (98). P. 64 – 69.
12. Руткевич В.С. Імітаційне моделювання та дослідження роботи гідропривода відокремлювача стеблових кормів з траншейних сховищ / В.С. Руткевич, В.М. Яропуд, І.М. Купчук, О.О. Остапчук // Вібрації в техніці та технологіях. – 2021. – № 3 (102). С. 88–99.

References

1. Shmat S. I. Tendentsii staloho rozvytku suchasnoho silskohospodarskoho mashynobuduvannya v Ukraini i za rubezhem [Elektronnyi Resurs] / S. I. Shmat, P. H. Luzan, S. V. Kolisnyk // KNTU. – 2010. Rezhym dostupu: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>
2. Ratushna N. Metodychni pidkhody do stvorennia novoi silskohospodarskoi tekhniki u vidpovidnosti z vymohamy rynku naukoiemnoi produktsii / N. Ratushna, I. Mahmudov, A. Kokhno // MOTROL.–2007. – № 9А. S. 119–123.

3. Panchenko A.I. Perspektivy hidrofikatsii mobilnoi silskohospodarskoi tekhniki / A.I. Panchenko, O.Iu. Zolotarov, A.A. Voloshyna, D.S. Titov // Promyslova hidravlika i pnevmatyka. – 2003. – №1 – S. 71-74.
4. Shargorodskiy S. Modeling of working processes of an adjustable APN type PVC 1.85 taking into account parametric oscillations / S.Shargorodskiy, V. Rutkevych, V. Zakrevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannya, avtomatyzatsiia. –2021. – Vyp. 4 (35). C. 33–43.
5. Polishchuk L.K. Vmontovani hidravlichni pryvody z hnuchkym tiahovym orhanom, chutlyvi do zminy navantazhennia: monohrafiia [tekst] / L. K. Polishchuk, O. O. Adler // Vinnytsia, VNTU, 2010 r. – 184 s.
6. Rutkevych V.S. Adaptivnyi hidravlichnyi pryvod blochno-portsiinoho vidokremlivacha konservovanoho kormu / V.S. Rutkevych // Tekhnika, enerhetyka, transport APK. – 2017. – № 4 (99). S. 108–113.
7. Rutkevych V.S. Matematychno modeliuвання roboty hidravlichnoho pryvoda sektsii shyrokozakhvatnoho kultyvatora z poslidovnym spratsiuванням hidrotsylindriv / V.S. Rutkevych // Tekhnika, enerhetyka, transport APK. – 2018. – № 2 (101). S. 37–47.
8. Finkelshtein Z.L. Ekspluatatsiia, obsluhovuvannya ta nadiinist hidravlichnykh mashyn i hidropryvodiv / Finkelshtein Z.L., Andrenko P.M., Dmytriienko O.V. //: navch. posib. Kharkiv: Vydavnychiy tsentr. NTU “KhPI” – 2014. 308 s.
9. Shargorodskiy S. Investigation of drive power of the mechanism for separation of stem feed from feed monolith / S. Shargorodskiy, V. Rutkevych // Slovak international scientific journal. – 2021. – № 54. S. 10–20.
10. Ivanov M.I. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed / M.I. Ivanov, V.S. Rutkevych, O.M. Kolisnyk, I.O. Lisovoy // INMATEH - Agricultural Engineering. – 2019. – Vol. I, № 1 (57). S. 37–44.
11. Rutkevych V. Numerical simulation of the liquid distribution problem by an adaptive flow distributor / V. Rutkevych, I. Kupchuk, V. Yaropud, V. Hraniak, S. Burlaka // Przegląd Elektrotechniczny. – 2022. – № 2 (98). S. 64–69.
12. Rutkevych V.S. Imitatsiine modeliuвання ta doslidzhennia roboty hidropryvoda vidokremlivacha steblovykh kormiv z transheinykh skhovyshch / V.S. Rutkevych, V.M. Yaropud, I.M. Kupchuk, O.O. Ostapchuk // Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh. – 2021. – № 3 (102). C. 88–99.