

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

3.2022

ВІСНИК

Хмельницького

національного

університету

Технічні науки

Technical sciences

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2022, Issue 3, Volume 309

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, 2022, № 3(309)

**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=aUP9OYAAAAJ
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.т.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., Малогулко Ю. В., к.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., Сарібєкова 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., Бубуліс Альгімантас, доктор наук (Литва), Елсаєд Ахмед Ельнашар, доктор наук (Єгипет), Кальчинські 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 № 17 від 26.05.2022 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	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, 2022
Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2022

ЗМІСТ

ФРИЗ М. Є., МЛИНКО Б. Б. УМОВНІ ЛІНІЙНІ ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ З ДИСКРЕТНИМ ЧАСОМ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ	7
ГНАТЧУК Є. Г. ПРАВИЛА І МЕТОД ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ДОНОРСТВА І ТРАНСПЛАНТАЦІЇ НА ОСНОВІ ЦИВІЛЬНОГО ПРАВА	13
МОСКАЛЕНКО А. О., ОСЯДЛИЙ В. В. МОДЕЛЬ ТА МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ДОСТАТНОСТІ МЕДИЧНИХ ДАНИХ	19
ОСОЛІНСЬКИЙ О. Р., КОЧАН В. В., САЧЕНКО А. О., КОЧАН О. В., КОЧАН Р. В. ФОРМУВАЧ ІМПУЛЬСІВ ДОВІЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ	25
АНТОНЮК А. А., КОЛЯДА К. В. ПОВЕДІНКОВА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ДАНИХ ПРИ ЇХ ВІДДАЛЕНОМУ РОЗПОДІЛЕНОМУ ЗБЕРІГАННІ	29
ГАГЕН В. А. ПРОЕКТУВАННЯ АРХЕТИПОВОЇ МОДЕЛІ СЕМАНТИЧНОЇ СУМІСНОСТІ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	33
ГУРМАН І. В., МОТОРНИЙ П. В., ЧЕШУН В. М., ДЖУЛІЙ А. В., ЧОРНЕНЬКИЙ В. І. АЛГОРИТМ СИНТЕЗУ ДИСКРЕТНИХ ТЕСТІВ НА ОСНОВІ ЕВОЛЮЦІЙНИХ ТЕОРІЙ	40
ПРАВОРСЬКА Н. І., ГРИПІНСЬКА Н. В. ЕКСПЕРИМЕНТИ ТА ВИКОРИСТАНІ ОЦІНОЧНІ МЕТРИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ, ЯКІ ПРОВОДИЛИСЬ ПРИ РОЗРОБЦІ МОВНО-НЕЗАЛЕЖНОГО ІНКРЕМЕНТНОГО ДЕТЕКТОРА	44
ШАХОВСЬКА Н. Б., ШЕБЕКО А. РОЗРОБЛЕННЯ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ОПТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ СИМВОЛІВ З ФОТОГРАФІЙ ДОКУМЕНТІВ	50
МЕЛЬНИКОВА Н. І., ПОБЕРЕЙКО П. Б. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОШУКУ КЛЮЧОВИХ КАДРІВ У ВІДЕОПОТОЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ СИСТЕМ ПОШУКУ	55
КРИВЕНЧУК Ю. П., МАРКО О. М. СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ТРЕКІНГУ ОБ'ЄКТІВ НА ВІДЕО	61
КРИВЕНЧУК Ю. П., ЯКИМІВ Р. Ю. СИСТЕМА АНАЛІЗУ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ ДЛЯ АПРОКСИМАЦІЇ ВІКУ	66
БАГРІЙ Р. О., ПЕТРОВСЬКИЙ С. С. ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОГО ТЕСТУВАННЯ ВЕБ-ДОДАТКІВ	70
КИРИЦЯ І. Ю. ФЕНОМЕНОЛОГІЧНІ КРИТЕРІЇ РУЙНУВАННЯ	75
БРАЦЛАВЕЦЬ Б. С. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ГАЛЬВАНІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ НА ОСНОВІ ЦИНКУ	82
КОСНОК М. М. КОГЕНЕРАЦІЙНА УСТАНОВКА НА ОСНОВІ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	85
КУЧЕРЕНКО Ю. С. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ	89
ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М. Г., ПАНАСЮК І. В. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЛТУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ТИПУ «TURBULA» ПРИ ВИКОНАННІ ВІДДІЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ ВІД ЛИВНИКІВ	92
БІЛИЙ Л. А., ПОЛЩУК О. С., ЛІСЕВИЧ С. П., ЗАЛІЗЕЦЬКИЙ А. М., МЕЛЬНИК В. І. МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ЧУТЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДО СВОЇХ ПОЧАТКОВИХ УМОВ	99
ПОЛЩУК О. С., ПОЛЩУК А. О., ЛІСЕВИЧ С. П., ЗАЛІЗЕЦЬКИЙ А. М., МЕЛЬНИК В. І. ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ТА ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ 3D-ДРУКУ З КОМПОЗИТНИХ НИТОК З ВИСОКИМ ВМІСТОМ МЕТАЛУ	104
ЯЛИНА О. О. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ІМПУЛЬСНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	111
ЯНІШЕВСЬКИЙ В. Ю. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДІЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА	115

БУРБЕЛО М. Й., ЛЕБЕДЬ Д. Ю., ЛЕЩЕНКО О. Р. ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСУ ЗАРЯДУ/РОЗРЯДУ КОНДЕНСАТОРІВ АКТИВНОГО ФІЛЬТРА ПІД ЧАС КОЛИВАНЬ НАПРУГИ	119
ОСАДЧУК Я. О., ОСАДЧУК О. В., ОСАДЧУК В. С. АВТОГЕНЕРАТОРНІ ПАРАМЕТРИЧНІ СЕНСОРИ ТИСКУ	125
ЛЕВКІН Д. А. АРХІТЕКТОНІКА РОЗРАХУНКОВИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	135
КУТІН В. М., КУТІНА М. В., ШПАЧУК О. О. МЕТОД КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ БЛОКУ «ГЕНЕРАТОР-ТРАНСФОРМАТОР»	138
ЛАРІН О. О., ПОТОПАЛЬСЬКА К. Є., ГРІНЧЕНКО Є. М. ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ НАСОСУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОЇ ОЦІНКИ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ З ПРОГНОЗОВАНИМ СТОНШЕННЯМ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ ВНАСЛІДОК КОРОЗІЇ	143
КОВТУН І. І., ПЕТРАЩУК С. А., БОЙКО Ю. М. ВПЛИВ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ НА ВИНИКНЕННЯ ТА ПЕРЕДАЧУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЕЛЕКТРОННИХ МОДУЛІВ	150
БОЙКО Ю. М., ПОЛКАРОВСЬКИХ О. І., ТКАЧУК В. П., АВДЄЄВ В. М., СВИСТУНОВ О. С. МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШИРОКОСМУГОВОЇ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПЕЛЕНГ АЦІЇ БПЛА	158
ЄВСЄЄНКО О. М., КАЧАНОВ П. О. ПОБУДОВА SCADA-СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ПРИМІЩЕНЬ ТОРГОВЕЛЬНОГО ЦЕНТРУ	168
СМОЛІН Ю. О. ОБГОВОРЕННЯ ПРОБЛЕМАТИКИ ВИЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ	177
БЕРЕЗІН Л. М. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ НА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ В'ЯЗАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ	184
ГРЕНКО Н. І., КРАМАРЕНКО Д. П. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНОЇ ТРИКОМПОНЕНТНОЇ СИСТЕМИ ЯК ОСНОВИ ДЛЯ ФАРШЕВОЇ МАСИ З М'ЯСОМ ПТИЦІ ТА РОСЛИННИМИ ГІДРОБІОНТАМИ	189
КАРМАЛІТА А. К., ПУНДИК С. І., ДРАПАК Г. М., МЕЛЬНИК В. І. АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ СПОСОБІВ КОНТРОЛЮ ПОЛОЖЕННЯ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ ПО ВЛАСТИВОСТЯХ ПОВЕРХОНЬ	194
СЛАВІНСЬКА А. Л., МАТЮХ С. А., МИЦА В. В. ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА ДЛЯ КУПАЛЬНОГО КОСТЮМА	199
БРЕДУН В. І. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ЛОГІСТИКИ ТІВ У ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ	205
ГРИЦЮК П. М., БАБИЧ Т. Ю., КРАСЬКО Б. В. КЛАСИФІКАЦІЙНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ	209
ЩЕРБАНЬ В. Ю., ЩЕНКО В. Д., КОЛИСКО О. З., ГОЛЬДБЕРГ М. І., ЩЕРБАНЬ Ю. Ю. КОМП'ЮТЕРНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ДЕЙКСТРИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ ЗАПРАВКИ НИТКИ НА ОСНОВІ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ ГРАФА	217
ПРИГОЖЕВ О. С. МОВНОНЕЗАЛЕЖНИЙ РЕПОЗИТАРІЙ ПРОГРАМНОГО КОДУ	221
МАМУТА М. С., МАМУТА О. Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОКАНАЛЬНОЇ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ З НЕЙРОМЕРЕЖЕВИМ КОМПЛЕКСУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЇ	229
БОЙКО С. М., ЩОКІН В. П., ВИШНЕВСЬКИЙ С. Я., ДАНІЛІН О. В., ПОДГОРНИХ Н. В. ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ ПРИ РЕКОНФІГУРАЦІЇ СИСТЕМИ ЇХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	233
ЗАХАРКЕВИЧ О. В., КУЛЕШОВА С. Г., ТКАЧУК С. В., ЛУК'ЯНЧУК С. В. АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОДЯГУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	240
СТРЕЛЬБИЦЬКИЙ В. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ НА РЕСУРС МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ МОСТОВИХ КРАНІВ МОРСЬКИХ ПОРТІВ	249
ФІНИК І. В. МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ В БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРАХ	254
ШАМУРАТОВ О. Ю. МЕТОД КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННІ НА ОСНОВІ ВИБОРУ ОЗНАК	260
МЕЛЬНИК А. М. АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ ІНТЕРВАЛЬНОГО ТА ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ	265

CONTENT

MYKHAILO FRYZ, BOGDANA MLYNKO DISCRETE-TIME CONDITIONAL LINEAR RANDOM PROCESSES AND THEIR PROPERTIES	7
YELYZAVETA HNATCHUK RULES AND METHOD OF SUPPORTING THE DECISION MAKING ABOUT THE POSSIBILITY OF DONATION AND TRANSPLANTATION BASED ON THE CIVIL LAW	13
ARTEM MOSKALENKO, VITALIY OSYADLYI MODEL AND METHOD OF ASSESSING THE MEDICAL DATA SUFFICIENCY	19
OLEKSANDR OSOLINSKY, VOLODYMYR KOCHAN, ANATOLIY SACHENKO, OREST KOCHAN, ROMAN KOCHAN ARBITRARY DURATION PULSE SHAPER	25
ANTON ANTONIUK, KOSTIANTYN KOLIADA BEHAVIORAL MODEL OF DATA BLOCK RECOVERY SYSTEM FOR THEIR REMOTE DISTRIBUTED STORAGE	29
VALENTYN HAHEN ARCHETYPICAL MODEL OF SEMANTIC COMPATIBILITY OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS PROJECTING.....	33
IVAN GURMAN, PAVLO MOTORNYI, VIKTOR CHESHUN, ANDRII DZHULIY, VITALII CHORNENKYI ALGORITHM OF SYNTHESIS OF DISCRETE TESTS BASED ON EVOLUTIONARY THEORIES	40
NATALYA PRAVORSKA, NADIIA HRYPYNSKA EXPERIMENTS AND USED EVALUATION METRICS USED IN THE DEVELOPMENT OF A LANGUAGE-INDEPENDENT INCREASE DETECTOR	44
NATALIYA SHAKHOVSKA, ANDRII SHEBEKO DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF DOCUMENT OPTICAL CHARACTER RECOGNITION SYSTEM	50
NATALIIA MELNYKOVA, PETRO POBEREIKO RESEARCH OF METHODS OF SEARCHING KEY FRAMES IN VIDEO FLOW WITH THE USE OF NEURAL NETWORKS FOR SEARCH SYSTEMS	55
YURII KRYVENCHUK, OLEKSANDRA MARKO CREATION OF OBJECT RECOGNITION AND TRACKING SYSTEM.....	61
YURII KRYVENCHUK, ROMAN YAKYMIV CREATION OF AGE ESTIMATION SYSTEM	66
RUSLAN BAHRII, SERHII PETROVSKYI FEATURES OF MODERN WEB APPLICATION TESTING	70
INNA KYRYTSYA PHENOMENOLOGICAL CRITERIA OF DESTRUCTION	75
BOGDAN BRATSLAVETS RESTORATION OF PARTS OF AGRICULTURAL MACHINES WITH ZINC-BASED GALVANIC COATINGS	82
MYKOLA KOSIYUK COGENERATION DEVICE BASED ON INNOVATIVE TECHNOLOGY ORGANIZATION OF ORGANIC WASTE	85
YULIYA KUCHERENKO MODERN COATING TECHNOLOGIES	89
MARK ZALYUBOVSKYI, IGOR PANASYUK TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE USE OF TURBULA TYPE-EQUIPMENT EQUIPMENT IN THE PERFORMANCE OF METAL DETAILS DEPARTMENT	92
LEONID BILYI, OLEH POLISHCHUK, SVITLANA LISEVICH, ANATOLY ZALIZETSKY, VASILIIY MELNIK MODELING OF NONLINEAR DYNAMIC SYSTEMS ON THE BASIS OF THE SYSTEM SENSITIVITY MODEL TO ITS INITIAL CONDITIONS	99
OLEG POLISHCHUK, ANDRII POLISHCHUK, SVITLANA LISEVICH, ANATOLIY ZALIZETSKYI, VASILIIY MELNYK THE MANUFACTURING PRODUCTS AND PARTS BY 3D-PRINTING METHOD FROM COMPOSITE FILAMENTS WITH HIGH METAL CONTENT	104
OLGA YALYNA RESEARCH OF OPERATING MODES OF A PULSE HYDRAULIC DRIVE OF WORKING BODIES OF AGRICULTURAL MACHINERY	111
VASYL YANISHEVSKYY BASIC PRINCIPLES OF OPERATION AND ENERGY BALANCE OF VOLUME HYDRAULIC DRIVE	115
MYKHAILO BURBELO, DENYS LEBED, OLEKSANDR LESHCHENKO OPTIMIZATION OF CHARGE / DISCHARGE TIME OF ACTIVE FILTER CAPACITORS DURING VOLTAGE FLUCTUATIONS	119

JAROSLAV OSADCHUK, ALEXANDER OSADCHUK, VLADIMIR OSADCHUK SELF-OSCILLATING PARAMETRIC PRESSURE SENSORS	125
DMYTRO LEVKIN ARCHITECTONICS OF CALCULATED MATHEMATICAL MODELS UNDER UNCERTAINTY	135
VASIL KUTIN, MARINA KUTINA, OLEKSANDR SHPACHUK METHOD OF CONTROL OF TECHNICAL CONDITION OF INSULATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE GENERATOR-TRANSFORMER UNIT	138
OLEKSIY LARIN, KSENIA POTOPALSKA, YEVGEN GRINCHENKO ASSESSMENT OF THE RESIDUAL LIFE-TIME OF THE ELEMENTS OF THE CENTRIFUGAL PUMP OF THE ENERGY INSTALLATION ON THE BASIS OF STATISTICAL ASSESSMENT OF FATIGUE WITH PREDICTED WEAR DUE TO CORROSION	143
IGOR KOVTUN, SVITLANA PETRASHCHUK, JULIY BOIKO INFLUENCE OF THE SEALING ON APPEARANCE AND TRANSMISSION OF TEMPERATURE DEFORMATIONS IN ELECTRONIC MODULES	150
JULIY BOIKO, TKACHUK VITALIY, OLEKSIY POLIKAROVSKYKH, VICTOR AVDIEIEV, OLEKSIY SVISTUNOV MODELING THE CHARACTERISTICS OF A BROADBAND ANTENNA SYSTEM FOR UAV DIRECTION FINDING	158
OLEH YEVSEIENKO, PETRO KACHANOV SHOPPING MALL PREMISES SCADA-MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT	168
YURII SMOLIN DISCUSSION OF DEFINITIONS AND TERMINOLOGY PROBLEMS OF TECHNICAL CONTROL	177
LEONID BEREZIN SYSTEMATIZATION OF CALCULATIONS FOR THE RELIABILITY OF ELEMENTS OF KNITTING MECHANISMS OF SOCKS MACHINES	184
NATALIIA HIRENKO, DMYTRO KRAMARENKO RESEARCH OF DISPERSED THREE-COMPONENT SYSTEM AS A BASIS FOR STUFFED MASS WITH POULTRY MEAT AND VEGETABLE HYDROBIOTS	189
ANATOLII KARMALITA, SERHII PUNDYK, GEORGY DRAPAK, VASILIIY MELNIK ANALYSIS OF MECHANICAL METHODS OF CONTROLLING THE POSITION OF FLAT SHOE PARTS BY SURFACE PROPERTIES	194
ALLA SLAVINSKA, SERHII MATIUKH, VIKTORIIA MYTSA DIFFERENTIAL METHOD OF QUALITY CONTROL OF PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF KNITTED FABRIC FOR BATHING SUIT	199
VIKTOR BREDUN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL COMPONENT LOGISTICS OF MSW IN POLTAVA REGION	205
PETRO HRYTSIUK, TETIANA BABYCH, BOHDAN KRASKO CLASSIFICATION METHODS OF THE YIELD FORECASTING	209
VOLODYMYR SHCHERBAN, VALENTIN ISHCHEENKO, OKSANA KOLISKO, MARJANA GOLDBERG, YURYJ SHCHERBAN COMPUTER IMPLEMENTATION OF DAKYSTRE'S ALGORITHM FOR DETERMINING THE FORM OF THREAD REFILLING ON THE BASIS OF SEARCHING FOR THE OPTIMAL PATH OF THE GRAPH	217
OLEKSANDR PRYGOZHEV LANGUAGE INDEPENDENT SOFTWARE CODE REPOSITORY	221
MARYNA MAMUTA, OLEKSANDR MAMUTA PERFORMANCE EVALUATION OF DUAL CHANNEL OPTOELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEM WITH NEURAL NETWORK INFORMATION FUSION	229
SERHII BOYKO, VADIM SHCHOKIN, SVIATOSLAV VYSHNEVSKY, OLEKSANDER DANILIN, N. PODGORNYYKH FORECASTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION OF AVIATION ENTERPRISES DURING RECONFIGURATION OF THEIR POWER SUPPLY SYSTEM	233
OKSANA ZAKHARKEVICH, SVITLANA KULESHOVA, SERHII TKACHUK, SVITLATA LUKYANCHUK ANALYSIS OF PROSPECTS OF APPLICATION OF POLYMERIC MATERIALS FOR THE MANUFACTURE OF NUCLEAR PROTECTIVE CLOTHING	240
VICTOR STRELBITSKIY RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE MOVEMENT MECHANISM ON THE RESOURCE OF METAL STRUCTURES OF OVERHEAD CRANES OF SEAPORTS	249
IRYNA FINYK METHODS OF INTENSIFICATION OF HEAT EXCHANGE IN BIOGAS REACTORS	254
OLEKSIY SHAMURATOV OBJECT CLUSTERIZATION METHOD IN PICTURES BASED ON FEATURE SELECTION	260
ANDRIY MELNYK SOFTWARE ARCHITECTURE FOR MATHEMATICAL MODELING BASED ON INTERVAL AND ONTOLOGICAL APPROACH..	265

ЯНІШЕВСЬКИЙ В. Ю.

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0003-4467-6654>e-mail: vasyl.yuriiovych@gmail.com

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДІЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА

У статті розглядаються основні принципи дії об'ємного гідропривода, які значення та показники на них впливають. Проаналізувати основні принципи та визначити цілі, які стосуються основних відомостей про гідрооб'ємні приводи, пристрої та принцип дії гідромеханізмів і гідроапаратів, складання принципів гидравлічних схем, послідовності розрахунку гідроприводу та вибору гідроелементів. Після проведеного аналізу визначаються енергетичні можливості гідроприводу, які характеризуються його потужністю.

Ключові слова: гидравлічний привід, технічна діагностика, експертна оцінка, енергетичні можливості, баланс, потужність, передаточне відношення.

Vasyl YANISHEVSKYY
Vinnytsia National Agrarian University

BASIC PRINCIPLES OF OPERATION AND ENERGY BALANCE OF VOLUME HYDRAULIC DRIVE

Scientific and technological progress in mechanical engineering is inextricably linked with the development and creation of new, more productive, more efficient equipment and the improvement of the designs of existing machines and equipment. The technical level of machines is largely determined by the perfection of the power flow drive to their working bodies. In this case, an important role is given to drives, in which the energy carrier is liquid. Such drives are called hydraulic or hydraulic drives. The use of hydraulic drives allows you to create progressive designs of machines, expand the possibilities of mechanization and automation of technological processes, to facilitate the working conditions of operators, to improve the culture of material production.

Currently, hydraulic actuators are successfully used in almost all areas of industrial production, including in the construction, road, and municipal engineering industries. Small overall dimensions and weight with a significant generated power, high overload capacity in terms of power and torque, the ability to provide sufficiently large gear ratios and stepless speed control of the output link, easy reversibility, which ensures high speed and accuracy of processing control actions, the availability of automation - these are the main advantages of the hydraulic drive, which predetermine its wide application in the construction of transport and technological machines.

The article defines the basic principles of the volumetric hydraulic drive, what values and indicators affect them. A goal has been defined regarding basic information about hydrostatic drives, devices and the principle of operation of hydraulic mechanisms and hydraulic devices, drawing up hydraulic circuit diagrams, the sequence of calculating a hydraulic drive and choosing hydraulic elements. The energy capabilities of the hydraulic drive, characterized by its power, are also determined.

Keywords: hydraulic drive, technical diagnostics, expert assessment, energy capabilities, balance, power, gear ratio.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Гидравлічні приводи виникли досить давно, але інтенсивно стали розвиватися лише у ХХ ст. Сучасну історію свого розвитку гідропривід веде з корабельних механізмів, зокрема з механізмів кермового управління та повороту гарматних веж. Потім гідропривід знайшов застосування в металорізальних верстатах, авіаційній техніці тощо [1].

В даний час гідроприводи успішно використовуються практично у всіх сферах промислового виробництва, у тому числі у галузі будівельного, дорожнього, комунального машинобудування.

Малі габаритні розміри і маса при значній потужності, що виробляється, велика перевантажувальна здатність по потужності і моменту, можливість забезпечення досить великих передавальних чисел і безступінчастого регулювання швидкості вихідної ланки, легка реверсивність, що забезпечує високу швидкодію і точність відпрацювання керуючих впливів, доступність автоматизації – це ті основні переваги гидравлічного приводу, які визначають його широке застосування в конструкціях транспортних та технологічних машин [2].

До суттєвих недоліків гідроприводу в порівнянні з механічним та електроприводами слід віднести менше значення коефіцієнта корисної дії (0,6-0,8), залежність характеристик гідроприводу від параметрів робочого тіла – рідини, можливість зовнішніх та внутрішніх витоків робочої рідини, вищі вимоги до точності виготовлення деталей та складання гідроагрегатів, досить жорсткі вимоги до культури технічного обслуговування та ремонту.

Виклад основного матеріалу

Принцип дії об'ємного гідроприводу ґрунтується на високому значенні об'ємного модуля пружності рідини та на законі Паскаля. Для пояснення принципу дії та з'ясування основних залежностей гідроприводу розглянемо схему на рис. 1. Схема включає дві гидравлічні машини у вигляді герметичних циліндрів 1 і 2, послідовно з'єднаних гидролінією 3.

Циліндр 1 є насосом (вхідною ланкою), циліндр 2 – гидродвигуном (вихідною ланкою). Поршень першого циліндра навантажений силою T_1 , поршень другого – зовнішнім навантаженням T_2 .

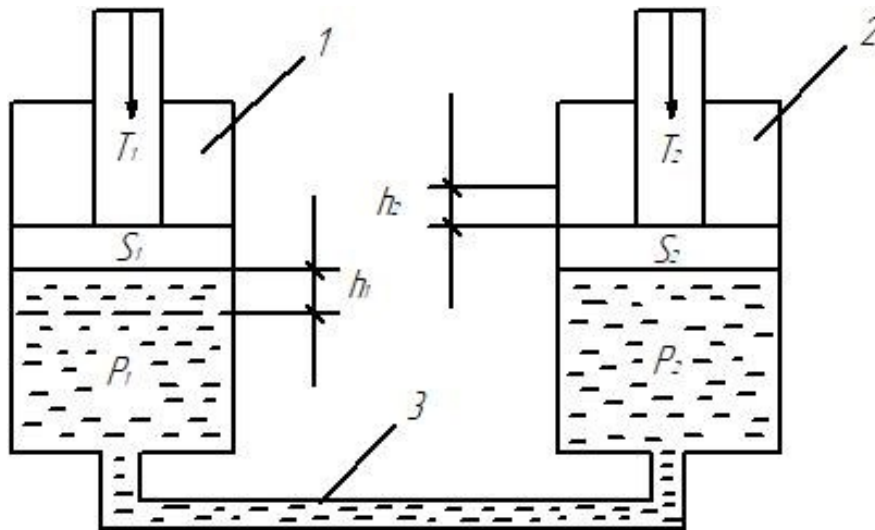


Рис. 1. Принципова схема об'ємного гідроприводу

При переміщенні поршня циліндра 1 вниз рідина з нього витісняється в циліндр 2, приводячи поршень в рух. У гідроциліндрах та гідролінії встановиться гідростатичний тиск, величина якого без урахування втрат буде рівна:

$$P_1 = \frac{T_1}{S_1} = \frac{T_2}{S_2} = P_2 = P, \quad (1)$$

де S_1 і S_2 – площі першого та другого циліндрів відповідно.

Отже, тиск у гідроприводі визначається навантаженням, а сила, що розвивається на поршні циліндра 2 надає руху гідродвигуна, долаючи навантаження і здійснюючи корисну роботу. За відсутності навантаження на гідродвигун тиск дорівнює нулю [3].

$$T_2 = P \cdot S_2 \quad (2)$$

На підставі (1) можна записати:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{S_2}{S_1} = i_c, \quad (3)$$

де i_c – силове передавальне відношення гідроприводу.

У разі повної герметичності циліндрів і трубопроводу, що з'єднує їх, нестисливості рідини, відсутності деформації циліндрів справедлива рівність:

$$h_1 S_1 = h_2 S_2 \quad (4)$$

де h_1 і h_2 – переміщення поршнів циліндрів 1 та 2 відповідно.

Вважаючи, що переміщення поршнів відбувається рівномірно за час t , отримаємо:

$$\frac{h_1 \Delta S_1}{t} = \frac{h_2 \Delta S_2}{t} \text{ чи } \mathcal{G}_1 S_1 = \mathcal{G}_2 S_2 \quad (5)$$

Звідси:

$$\frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} = \frac{S_1}{S_2} = i_k \quad (6)$$

де i_k – кінематичне передавальне число гідроприводу.

На підставі (5) швидкість вихідної ланки гідроприводу дорівнюватиме [4]:

$$\mathcal{G}_2 = \frac{\mathcal{G}_1 S_1}{S_2} = \frac{Q_1}{S_2} = \frac{Q_2}{S_2} \quad (7)$$

де Q_1 – подача насоса, Q_2 – витрати гідродвигуна.

З отриманих залежностей випливає, що витрата рідини забезпечує швидкісні показники приводу, а тиск – силові.

Енергетичні можливості гідроприводу характеризуються його потужністю. Потужність на вході та виході гідроприводу, згідно з рис. 1 визначається з виразів:

$$\begin{aligned} N_{\text{ex}} &= T_1 \Delta \mathcal{Q}_1 = P_1 \Delta S_1 \Delta \mathcal{Q}_1 = P_1 \Delta Q_1, \\ N_{\text{вих}} &= T_2 \Delta \mathcal{Q}_2 = P_2 \Delta S_2 \Delta \mathcal{Q}_2 = P_2 \Delta Q_2. \end{aligned} \quad (8)$$

Тоді баланс потужності у приводі можна подати у вигляді:

$$N_{\text{ex}} = N_{\text{вих}} + \Delta N \quad (9)$$

де ΔN – втрати потужності в гідроприводі.

Втрати потужності в гідроприводі складаються з об'ємних ΔN_0 , механічних ΔN_M і гідравлічних втрат ΔN_G :

$$\Delta N = \Delta N_0 + \Delta N_M + \Delta N_G. \quad (10)$$

Потужність об'ємних втрат дорівнює:

$$\Delta N_0 = P \cdot \Delta Q,$$

де ΔQ – витрата зовнішніх та внутрішніх витоків рідини в елементах гідроприводу, що впливає на об'ємний ККД:

$$\eta_0 = \frac{Q_{\text{вих}}}{Q_{\text{ex}}} = \frac{Q_{\text{ex}} - \Delta Q}{Q_{\text{ex}}} = 1 - \frac{\Delta Q}{Q_{\text{ex}}}, \quad (11)$$

де Q_{ex} – витрата рідини, що надходить у гідропривод; $Q_{\text{вих}}$ – витрата рідини, що спрямовується на злив.

Об'ємні втрати проявляються у зниженні швидкісних параметрів гідроприводу. Так, якщо позначити теоретичну швидкість вихідної ланки гідроприводу через \mathcal{Q}_T , то його дійсна швидкість дорівнюватиме [5]:

$$\mathcal{Q}_d = \mathcal{Q}_T \Delta \eta_0. \quad (12)$$

Потужність механічних втрат визначають за формулою:

$$\Delta N_M = \mathcal{Q} \cdot \Delta T, \quad (13)$$

де ΔT – зусилля в гідроприводі, що визначають механічний ККД гідроприводу.

$$\eta_M = \frac{N_{\text{ex}} - \Delta N_M}{N_{\text{ex}}} = 1 - \frac{\Delta N_M}{N_{\text{ex}}}. \quad (14)$$

Механічні втрати призводять до зниження силових параметрів гідроприводу, так як дійсне значення зусилля на вихідній ланці гідроприводу T_d завжди менше теоретичного значення T_m на величину втрат на тертя, тому:

$$T_d = T_m \Delta \eta_M \quad (15)$$

Основним джерелом гідравлічних втрат у гідроприводі є розгалужена гідромережа. Потужність гідравлічних втрат визначають за виразом [6]:

$$\Delta N_G = Q \sum P_n, \quad (16)$$

де $\sum P_n$ – сумарні втрати тиску в гідромережі, які визначають значення гідравлічного ККД гідропривода:

$$\eta_G = \frac{P_{\text{НОМ}} - \sum P_n}{P_{\text{НОМ}}}, \quad (17)$$

де $P_{\text{НОМ}}$ – номінальний тиск рідини в гідроциліндрі.

Загальний ККД гідропривода буде дорівнювати:

$$\eta = \eta_0 \Delta \eta_M \Delta \eta_G = \frac{N_{\text{вих}}}{N_{\text{ex}}} = 1 - \frac{\Delta N}{N_{\text{ex}}} \quad (18)$$

звідси випливає:

$$N_{\text{вих}} = \eta N_{\text{ex}}, \quad N_{\text{ex}} = \frac{1}{\eta} N_{\text{вих}}. \quad (19)$$

Тоді потужність приводного двигуна гідроприводу визначиться з виразу:

$$N_{\text{пр}} = \frac{1}{\eta_{\text{II}}} N_{\text{ex}}, \quad (20)$$

де η_{II} – ККД передачі між приводним двигуном та гідронасосом.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У статті розглянуті основні принципи дії об'ємного гідропривода, які значення та показники на них впливають. Визначенні цілі, які стосується основних відомостей про гідрооб'ємні приводи, пристрої та принцип дії гідромеханізмів і гідроапаратів, складання принципових гідравлічних схем, послідовності розрахунку гідроприводу та вибору гідроелементів. Після проведеного аналізу визначено енергетичні можливості гідроприводу, які характеризуються його потужністю.

Література

1. Захарова Н.С. Гидравлика, гидравлические машины и основы гидропривода : навч. посібник / Захарова Н.С. – Череповец : Вид-во ЧГУ, 2004. – 215 с.
2. Бутовский М.Е. Технические жидкости : навч. посібник / Бутовский М.Е. – Рубцовск : Вид-во Рубцовского индустриального ин-та, 2005. – 103 с.
3. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривод : підручник / Кулінченко В. Р. – К. : Фірма «Інкос», Центр навчальної літератури, 2006. – 616 с.
4. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / [В.А. Дідур, О.Д.Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан]. – К. : Аграрна освіта, 2008. – 577 с.
5. Онищенко О.Г. Розрахунок параметрів об'ємного гідроприводу робочих органів розчинозмішувачів типу ашг-4 / О.Г. Онищенко, С.В. Попов, В.В. Вірченко // Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – 2010. – С. 23–28.
6. Малаков О.І. Зниження навантаження елементів конструкції моста керованих коліс самохідної косарки шляхом раціональної установки гідроциліндрів / О.І. Малаков, С.А. Бурлака, Р.О. Ярошук // Вспок Хмельницького національного університету Серія: Технічні науки. – 2018. – № 4 (263). – С. 56–61.

References

1. Zaharova N.S. Gidravlika, gidravlicheskie mashiny i osnovy gidroprivoda : navch. posibnik / Zaharova N.S. – Cherepovec : Vid-vo ChGU, 2004. – 215 s.
2. Butovskiy M.E. Tekhnicheskyye zhydkosty : navch. posibnyk / Butovskiy M.E. – Rubtsovsk : Vyd-vo Rubtsovskoho yndustrialnogo yn-ta, 2005. – 103 s.
3. Kulinchenko V. R. Hidravlika, hidravlichni mashyny i hidropryvod : pidruchnyk / Kulinchenko V. R. – K. : Firma «Inkos», Tsentri navchalnoi literatury, 2006. – 616 s.
4. Hidravlika ta yii vykorystannia v ahropromyslovomu kompleksi / [V.A. Didur, O.D.Savchenko, D.P. Zhuravel, S.I. Movchan]. – K. : Ahrarna osvita, 2008. – 577 s.
5. Onyshchenko O.H. Rozrakhunok parametriv obiemnogo hidropryvodu robochykh orhaniv rozchynozmishuvachiv typu ashh-4 / O.H. Onyshchenko, S.V. Popov, V.V. Virchenko // Poltavskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Yuriia Kondratiuka. – 2010. – S. 23–28.
6. Malakov O.I. Znyzhennia navantazhennia elementiv konstrukttsii mosta kerovanykh kolis samokhidnoi kosarky shliakhom ratsionalnoi ustanovky hidrotsylindriv / O.I. Malakov, S.A. Burlaka, R.O. Yaroshchuk // Vspok Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu Serii: Tekhnichni nauky. – 2018. – № 4 (263). – S. 56–61.