

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний  
університет імені В. Н. Каразіна

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОЄМНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ



## ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Харків, 22-24 квітня 2020 року

Харків  
2020

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (протокол № 8 від 27.04.2020 р.).

Реєстраційне посвідчення в ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (посвідчення № 800 від 18.12.2019 р.).

Комп'ютерне моделювання в наукоємних технологіях: Збірник наукових праць міжнародної науково-технічної конференції (м. Харків, 22-24 квітня 2020 року) – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2020. – 312 с.

**Редакційна колегія:**

**Азаренков Н.А. (гол. редактор)**, д.ф.-м.н., академік НАН України, проф., ІВТ ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Ванін В.А.**, д.т.н., проф., НТУ «ХП»

**Горбенко І.Д.**, д.т.н., проф., ФКН ІВТ ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Доля Г.М.**, проф., д.т.н., проф. ФКН ІВТ ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Жолткевич Г.Н.**, д.т.н., проф., ФМІ ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Куклін В.М.**, д.ф.-м.н., проф., ФКН ІВТ ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Лазурик В.Т.**, д.ф.-м.н., проф., ФКН ІВТ ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Рассомахін С.Г.**, д.т.н., доц., ФКН ІВТ імені В.Н. Каразіна

**Споров О.Є.**, к.ф.-м.н., доц. ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Стервсов М.Г.**, к.т.н., доц., ФКН ІВТ імені В.Н. Каразіна

**Толстолузька О. Г.**, д.т.н., с.н.с., доц., ФКН ІВТ ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Ткачук М.В.**, д.т.н., проф., ФКН ІВТ ХНУ імені В.Н. Каразіна

**Харченко В.С.**, д.т.н., проф., НАУ імені М.Є. Жуковського

**Шматков С.І.**, д.т.н., проф., ХНУ імені В.Н. Каразіна.

**Шульга М.Ф.** д.ф.-м.н., акад. НАНУ, проф., ННЦ ХФТІ НАНУ

**Адреса редакційної колегії:** 61022, м. Харків, майдан Свободи, 6, ХНУ імені В. Н. Каразіна, к. 534.  
Тел. +380 (57) 705-42-81, email: kmht@karazin.ua.

Доповіді, що увійшли до збірника, висвітлюють такі напрямки: математичне моделювання фізичних процесів, моделювання інформаційних процесів в складних та розподілених системах, системи автоматизованого збору та когнітивного подання наукових даних, аналіз процесів в радіаційних, плазмових та інших сучасних технологіях, моделювання транспортних процесів і систем, безпека інформаційних систем і технологій, верифікація та оцінка надійності програмного забезпечення.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів вишів.

Доклады, включенные в сборник, отражают следующие направления: математическое моделирование физических процессов, моделирование информационных процессов в сложных и распределенных системах, системы автоматизированного сбора и когнитивного представления научных данных, анализ процессов в радиационных, плазменных и других современных технологиях, моделирование транспортных процессов и систем, безопасность информационных систем и технологий, верификация и оценка надежности программного обеспечения.

Для преподавателей, научных работников, аспирантов, студентов вузов.

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗИНА  
ННЦ ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
MAX PLANCK INSTITUTE OF MICROSTRUCTURE PHYSICS  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
INSTITUTE OF NUCLEAR CHEMISTRY AND TECHNOLOGY (Warsaw, Poland)  
РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ М. Є. ЖУКОВСЬКОГО (ХАРКІВ)  
ЗАТ «ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» (ХАРКІВ)  
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ТОВ "БЮРО ІРІС" ( КИЇВ)  
TEAM INTERNATIONAL SERVICES, INC. (Lake Mary, USA)**

**ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:**

Азаренков М.О., акад. НАНУ, проф., д.ф.-м.н., Харків, голова  
Бардачов Ю. М., проф., д.т.н., Херсон  
Бомба А.Я., проф., д.т.н., Рівне  
Буй Д. Б., проф., д.ф.-м.н., Київ  
Ванін В. А., проф., д.т.н., Харків  
Горбенко І.Д., проф., д.т.н., Харків  
Доля Г.М., проф., д.т.н., Харків  
Жолткевич Г.М., проф., д.т.н., Харків  
Куклін В.М., проф., д.ф.-м.н., Харків  
Лазурик В.Т., проф., д.ф.-м.н., Харків  
Рассомахін С.Г., проф., д.т.н., Харків  
Савула Я. Г, проф., д.ф.-м.н., Львів  
Споров О. Є., доц., к.ф.-м.н., Харків  
Стервоєдов М.Г., доц., к.т.н., Харків  
Styervoyedov A. Dr., Halle, Germany  
Толстолузька О.Г., проф., д.т.н., Харків  
Ткачук М.В., проф., д.т.н., Харків  
Харченко В.С., проф., д.т.н., Харків  
Хомченко А.Н. проф., д.ф.-м.н., Миколаїв  
Шматков С.І., проф., д.т.н., Харків  
Шульга М.Ф., акад. НАНУ, проф., д.ф.-м.н., Харків  
Zimek Z., Ph.D., Warsaw, Poland  
Яновський В.В., проф., д.ф.-м.н., Харків

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:**

*Лазурик В.Т., д.ф.-м.н., проф., декан ФКН ХНУ імені В.Н. Каразіна, голова,  
Споров О.Є., к.ф.-м.н., доц. ХНУ імені В.Н. Каразіна, заст. голови,  
Толстолузька О.Г., д.т.н., проф. ХНУ імені В.Н. Каразіна, заст. голови,  
Ткачук М.В., д.т.н., проф., зав. каф. МСiТ ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Куклін В.М., д.ф.-м.н., проф., зав. каф. ШІ та ПЗ ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Дюльдя С.В., к.ф.-м.н., ХФТІ,  
Єсін В.І., д.т.н., проф., ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Артюх О.А., зав. лаб. ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Шевцов С. О., директор ТОВ Бюро ІРІС, (Київ)*

*Жолткевич Г.М., д.т.н., проф., декан ФМІ ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Ванін В. А., д.т.н., проф., НТУ «ХП» (Харків),  
Зінов'єв Д.В., ст. викл. ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Рассомахін С.Г., д.т.н., проф., зав. каф. БiСТ ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Styervoyedov A. Dr., Max Planck Institute of Microstructure Physics (Germany),  
Петерсен С., виконавчий директор TEAM International (Харків),  
Стервоєдов М.Г., к.т.н., доц., зав. каф. ЕУС ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Шматков С.І., д.т.н., проф., зав. каф. ТПС ХНУ імені В.Н. Каразіна,  
Кругол М.М., асистент НТУ «ХП».*

**[http:// www.univer.kharkov.ua](http://www.univer.kharkov.ua)  
[http:// www-csd.univer.kharkov.ua](http://www-csd.univer.kharkov.ua)**

**ЗМІСТ**

<b>ЗМІСТ</b> .....	4
<b>АЛЬОШИНА М. В.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКИХ НЕЙРОНІВ ДЛЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ .....	10
<b>АНЖУРОВ В.Е., ТОЛСТОЛУЖСКАЯ Е.Г.</b> КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕПРОЦЕССИНГА ДАННЫХ В DATA MINING. ....	14
<b>АФНАСЬЄВА Х.О., ТОЛСТОЛУЗЬКА О.Г.</b> МОДЕЛЬ УРАХУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРАЦІВНИКІВ СИСТЕМИ ОСВІТИ НА БАЗІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ IOS. ....	17
<b>БАКУМЕНКО Н.С., МЕНЯЙЛОВ Є.С., УГРЮМОВ М.Л., ЧЕРНИШ С.В.</b> ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ. ....	19
<b>БЕЛЫЙ Д. В., МОРОЗ О. Ю.</b> МОДЕЛЬ КАМПУСНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ. ....	22
<b>БІЛЬСЬКИЙ Г.М., ЛАБЕНКО Д.П.</b> ІНТЕРАКТИВНА СИСТЕМА РОЗКЛАДУ УЧБОВИХ ЗАНЯТЬ ДЛЯ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ. ....	24
<b>БОКОВ І.П., БОНДАРЕНКО Н.С., СТРЕЛЬНИКОВА О.О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ АНІЗОТРОПНИХ ПЛАСТИН НА БАЗІ УТОЧНЕНОЇ ТЕОРІЇ. ....	27
<b>БОМБА А. Я., МАЛАШ К. М.</b> ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВИБУХУ НА ДЕФОРМІВНЕ СЕРЕДОВИЩЕ З ЖОРСТКИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ МЕТОДАМИ КВАЗІКОНФОРМНИХ ВІДОБРАЖЕНЬ. ....	29
<b>БОНДАРЕНКО В.А.</b> ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА КАК СРЕДСТВО ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ. ....	32
<b>БРАТЧЕНКО М.І., ДЮЛЬДЯ С.В.</b> АЛГОРИТМИ ФУР'Є-СИНТЕЗУ МОДЕЛЕЙ МАТЕРІАЛІВ З ОБМЕЖЕНИМ СПЕКТРОМ ФРАКТАЛЬНОЇ ПОРИСТОСТІ .....	35
<b>БРАТЧЕНКО М.І., ДЮЛЬДЯ С.В.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ОКИСЛЕННЯ ФРАКТАЛЬНО-ПОРИСТИХ ЯДЕРНИХ ГРАФІТІВ МЕТОДОМ КІНЕТИЧНОГО МОНТЕ-КАРЛО. ....	39
<b>БУБЕР Д.И., ПАВЛОВ А.Н.</b> МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АСУ ТП. ....	43
<b>БУЄВИЧ-СИСОЄВ В.М., ШМАТКОВ С.І.</b> МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АСУ ТП. ....	47
<b>БУЗОВЕРЯ Д.О., МОРОЗ О.Ю.</b> АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ WEB-САЙТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ РЕСТОРАННОГО БИЗНЕСА. ....	49

<b>БУТКО Е.А., ПАВЛОВ А.Н.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕРВЕРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ. ....	51
<b>ВАНІН В.А., ЛАЗУРЕНКО О.П., КРУГОЛ М.М.</b> МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ГРУП МЕХАНІЗМІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЕС .....	55
<b>ВАРЛАМОВА Н., ЛАЗУРИК В., СТВЕРВОЄДОВ М.</b> АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ І ПСИХОСОЦІАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ....	59
<b>ВАХНЕНКО В.О., ВЕНГРОВИЧ Д.Б.</b> ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ДІАГНОСТИКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕРЕДОВИЩА ДОВГИМИ НЕЛІНІЙНИМИ ХВИЛЯМИ. ....	61
<b>ВЕРБИЦКИЙ Д.Я., ЧУБ О.И</b> МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С ПО ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ .....	65
<b>ВИШНЯКОВ Є. В.</b> АНАЛІЗ СКЛАДНОСТІ ТА ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТРИКИ КАФУРИ. ....	67
<b>ВОЕВОДА В.Р., БЕРДНИКОВ А.Г.</b> МОДЕЛЬ ИНТЕГРАЛЬНОГО КАНАЛА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ. ....	70
<b>ГАРМАШ Д.В., МАЛЄЄВА Г.А., ГОРБЕНКО І.Д.</b> ПОРІВНЯННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ АЛГОРИТМІВ ЕЛЕКТРОННОГО ПІДПИСУ НА ОСНОВІ MQ-ПЕРЕТВОРЕНЬ .....	74
<b>ГЕРАСИМЕНКО Л.В.</b> МОДЕЛЮВАННЯ РОЗТАШУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ САНАЦІЇ. ....	76
<b>ГОЛУБНИЧИЙ В.О., СТРЕЛЕЦЬ В.Є.</b> МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ТА АНАЛІЗУ РЕНТГЕНОГРАМ ГРУДНОЇ КЛІТИНИ НА ОСНОВІ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ. ....	78
<b>ГОРБЕНКО І.Д., КАЧКО О.Г., ЄСІНА М.В., ПОНОМАР В.А.</b> СТАН ТА ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО СТАНДАРТУ ЦИФРОВОГО ПІДПИСУ. ....	82
<b>ГРАДИСЬКИЙ О.Ю., КАРАСЬ І.В.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАГРІВУ ПЛАЗМИ МІКРОХВИЛЬОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ ЗІ СТОХАСТИЧНИМИ СТРИБКАМИ ФАЗИ .....	86
<b>ГУРЬЄВА Е.А., ПОПОВА М.В., ЕСІНА М.В.</b> ПРОТОКОЛ КОНСЕНСУСА ROW И ЕГО УЯЗВИМОСТИ .....	91
<b>ДЕМ'ЯНЕЦЬ А. О.</b> МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ КОМП'ЮТЕРНОЮ МЕРЕЖЕЮ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ. ....	96
<b>ДМІТРІЄВ А.Г.</b> ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РОЗПІЗНАВАННЯ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ АВТОМОБІЛЕЙ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЗІ СКЛАДНИМ ФОНОМ. ....	101

---

<b>ДРОЗДОВА О.С., ГОРБЕНКО Ю.І.</b> АНАЛІЗ ПОСТКВАНТОВОГО ЕЛЕКТРОННОГО ПІДПИСУ НА РЕШІТКАХ FALCON .....	105
<b>ДУБИНКА А.Н., ЛАЗУРИК В.М.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ДИЗАЙНА ЗАПРОСОВ НА ВИБОРКУ.....	109
<b>Д'ЯЧЕНКО А.С., КАНДІЙ С.О. ОСТРЯНСЬКА Є.В.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СХЕМ ПОВНІСТЮ ГОМОМОРФНОГО ШИФРУВАННЯ.....	118
<b>ЕЛИСЕЕВ Р.Ю., ОЛЕЙНИКОВ Р.В., РОДИНКО М.Ю.</b> ФОРМИРОВАНИЕ БЛОКА ПОДСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ АРХ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ МАЛОРЕСУРСНЫХ ШИФРОВ.....	122
<b>ЄСІНА М.В., ПОНОМАР В.А.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОПЕРЕДНІЙ АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ЕЛЕКТРОННОГО ПІДПИСУ ДЛЯ ПОСТКВАНТОВОГО ПЕРІОДУ.....	126
<b>ЖИВАГА В.В., ШЕВЧЕНКО Д.О, МАЛАХОВА М.О.</b> ІНТЕГРОВАНА INTERNET OF THINGS СИСТЕМА НА ОСНОВІ ОДНОПЛАТНОГО КОМП'ЮТЕРУ.....	130
<b>ЖМЫРОВ Д.А., БЕРДНИКОВ А.Г.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИТ-ПРОЕКТОВ.....	134
<b>ЗЕЛЕНСЬКА Н.В.</b> АНАЛІЗ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ.....	137
<b>ЗЕМЦОВА І.Р.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ РОЗСПИВАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ НА ПЕРЕШКОДІ.....	140
<b>КАПТЬОЛ Є.Ю., ГОРБЕНКО І.Д.</b> АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМУВАННЯ ЗАДАЧ КРИПТОЛОГІЇ НА КВАНТОВОМУ КОМП'ЮТЕРІ.....	144
<b>КОВАЛЬОВ А.В., ЛИСИЦЯ О.Ю., МИХАЙЛЕНКО Т.П., ПЕТУХОВ І.І.</b> ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В МАСЛЯНІЙ ПОРОЖНИНІ ОПОРІ РОТОРА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА.....	148
<b>КОНДРЯ Ю.О.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОННИХ ЦИФРОВИХ ПІДПИСІВ НА ОСНОВІ ЗАДАЧ ТЕОРІЇ РЕШІТОК ТА БАГАТОВИМІРНИХ КВАДРАТИЧНИХ СИСТЕМ.....	152
<b>КОСОЛАП А.И.</b> МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ.....	156
<b>КРИВОГУЗОВ М.А. ЛАЗУРИК В.М.</b> ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ.....	160
<b>КРЮТЧЕНКО Д. В., МОСКАЛЕНКО Р.П., УСАТОВА О.О.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ РІДИНИ У ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ РЕЗЕРВУАРІ, ЧАСТКОВО ЗАПОВНЕНОМУ РІДИНОЮ.....	166
<b>КРЮТЧЕНКО Д.В.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ РІДИНИ В ПРИЗМАТИЧНОМУ РЕЗЕРВУАРІ З ВЕРТИКАЛЬНИМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ.....	170

---

<b>ЛАДОВЩИК Л.М., БЕРДНИКОВ А.Г.</b> МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ІТ-ПРОЕКТУ.....	172
<b>ЛАЗУРИК В.Т., ЛАЗУРИК В.М., ПОПОВ Г., САВАН С., ЗИМЕК З.</b> ТЕСТИРОВАНИЕ МЕТОДА RFSEM НА БАЗЕ ГЛУБИННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗЫ В КЛИНЕ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ .....	176
<b>ЛЕЛЕКО Ю.Я., ГАНН В.В.</b> РЕАКТОР НА СФЕРИЧЕСКОЙ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЕ ЯДЕРНОГО ГОРЕНИЯ С ВНЕШНЕЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО РЕАКТИВНОСТИ.....	180
<b>ЛИТВИНОВ Н.А. ЛАЗУРИК В.М.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПАНЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RDF ХРАНИЛИЩА.....	184
<b>МАКСИМУК А.Р, БАКУМЕНКО Н.С.</b> КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ КЛАСИФІКАЦІЇ СТАНІВ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ.....	191
<b>МАЛАХОВА М.О., СЕРДЮК С.А.</b> РОЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ С ЭЛЕМЕНТАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	193
<b>МАЛЫГА И.Е.</b> ПРОГРАММНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ GRAPHQL ЗАПРОСОВ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ GRAPHENE.....	197
<b>МАРЧЕНКО И.Г., ПАВЛЕНКО В.И.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ ИОНОВ Al <sup>+</sup> , ОБЛУЧАЮЩИХ НАНОСТРУКТУРНУЮ ПЛЕНКУ Cu.....	200
<b>МАТВИЕНКОВ А.А., ХРУСЛОВ М.М.</b> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ И АНАЛИЗА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.....	204
<b>МІГАЛЬ Д.О., ЄСІНА М.В.</b> ЕЛЕКТРОННЕ ГОЛОСУВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН .....	206
<b>МИРОНЕНКО М.Л.</b> ВЛАСНІ КОЛИВАННЯ РІДИНИ В ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНКАХ ПРИ РІЗНИХ РІВНЯХ ГРАВІТАЦІЇ .....	209
<b>МИХАЙЛОВ А.Ю., ШЕВЦОВ С.О., ЯНКО Д.Є.</b> УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЮ ПРОЦЕСОРНОЮ СИСТЕМОЮ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ HYPERLEDGER.....	211
<b>МОРОЗ О. Ю., ТОЛСТОЛУЗЬКА О. Г.</b> АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВЕРИФІКАЦІЇ ПАРАЛЕЛЬНИХ ПРОГРАМ.....	215
<b>НАДОЛЬКО В.Ю</b> МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОСТУПОВИХ ВЕБ- ЗАСТОСУНКІВ (PROGRESSIVE WEB APPLICATION) ДЛЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКІВ.....	218
<b>НЕБЕСНЮК С.А., БЕРДНИКОВ А.Г.</b> МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АСУ ТП НА ОСНОВЕ МЕССЕНДЖЕРА “TELEGRAM”.....	221

<b>НЄВЄЖИНА В.Ю., АРТЮХ О.А.</b> МОДЕЛЬ ПРОСУВАННЯ ІНТЕРНЕТ-ПРОДУКТУ. ....	225
<b>НОВИКОВ В.Э., МОРОЗ О.Ю.</b> РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ WEB-САЙТА ПРИ РАБОТЕ С БАЗОЙ ДАННЫХ СКЛАДА. ....	228
<b>ПАВЛЕНКО В.И., МАРЧЕНКО И.Г., ЖУКОВ А.И.</b> МНОГОУРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ ПЛЕНОК NB ИЗ ИОННО-АТОМНЫХ ПОТОКОВ. ....	230
<b>ПАЗУШКО М.А, БОБУХ В.А.</b> ЗАГАЛЬНА СУТНІСТЬ MQ-ПЕРЕТВОРЕНЬ. ....	234
<b>ПЕЛЫХ Д.А., ПАВЛОВ А.Н.</b> МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-СЕРВИСНОЙ СЛУЖБЫ. ....	237
<b>ПИСАРЕНКО Н. В, ГОРБЕНКО І. Д.</b> АНАЛІЗ АЛГОРИТМУ ЦИФРОВОГО ПІДПИСУ CRYSTALS-DILITHIUM ТА УМОВ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ. ....	241
<b>ПРАВОТОРОВА ІІ., ЛАЗУРИК В.М.</b> ВИБІР ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕІНЖІНІРИНГУ ТЕСТОВОГО ПАКЕТУ TSHELL. ....	245
<b>ПУДОВКІНА Л.Ф.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ЕМПІРИЧНИХ ТА АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМ. ....	249
<b>РУЖАНСЬКА А. В., ВАСИЛЬЄВА Л. В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ TRANSFER LEARNING ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ І КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ. ....	251
<b>СЕМЕНЮК Б.С.</b> КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛЕНОГО ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ TENSORFLOW. ....	254
<b>СЄРІКОВА О.М., СТРЕЛЬНІКОВА О.О.</b> ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗМІНИ РІВНЯ ГРУНТОВИХ ВОД МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ. ....	257
<b>СЛАБИШЕВ М.О.</b> МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ У БЕЗДРОТОВІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ. ....	261
<b>СТРІЛЕЦЬ В.С., УГРЮМОВ М.Л., АНТОНЯН І.М., ГЕГЛЮК О.М.</b> МЕТОДИ КЛАСИФІКАЦІЇ В ЗАДАЧАХ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ. ....	265
<b>ТЕЛЕЖЕНКО Д.О.</b> СТАНДАРТИЗАЦІЯ ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАПИТІВ ТА ОБРОБКИ ВІДПОВІДЕЙ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МОВИ ЗАПИТІВ GRAPHQL НА ПЛАТФОРМІ FLUTTER. ....	269
<b>ТЕРЬОХІН В.Л, СТЕРВОЄДОВ М.Г, РІДОЗУБ О.В..</b> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ВУЗОЛ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ. ....	271
<b>ТКАЧЕНКО А.М, АРТЮХ О.А.</b> МОДЕЛЬ МУЛЬТИСЕРВИСНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ АУДІО І ВІДЕО ДАНИХ. ....	274



---

<b>ТОЛСТОЛУЗЬКИЙ Є.Д., БЕРДНІКОВ А.Г.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЧС ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ В ИТ ПРОЕКТАХ. ....	277
<b>ТОТКАЛ С.О.</b> РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ЕМІСІЇ ЕЛЕКТРОНІВ ІЗ ПЛАЗМОВОГО ФАКЕЛА. ....	280
<b>ЧЕРНЯЕВ И.Н., ЛАЗУРИК В.М.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GRAPHQL ДЛЯ РАБОТЫ С БАЗАМИ ДАННЫХ. ....	282
<b>ЧІСТОВ А.І., МОРОЗ О.Ю.</b> МОДЕЛЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ З ГОЛОСОВИМ УПРАВЛІННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ARDUINO. ....	288
<b>ШАРАПА О.В., БЕРДНІКОВ А.Г.</b> МОДЕЛЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ. ....	290
<b>ШАРОВ В.О., БЕРДНИКОВ А. Г.</b> МОДЕЛЬ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ. ....	293
<b>ШАЦКИЙ К.В., ЯНОВСКИЙ В.В.</b> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ИДЕЙ В ОБЩЕСТВЕ. ....	297
<b>ШВИДКИЙ Ю.К.</b> РОЗПОДІЛЕНА ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ЗА ДОПОМОГОЮ АРАСНЕ КАФКА. ....	301
<b>ШОФУЛ К.А., ЛАЗУРИК В.М.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИМОДЕЛЬНОГО ПОДХОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИЛОЖЕНИЯ. ....	305

УДК 504.43

СЕРІКОВА О.М., СТРЕЛЬНИКОВА О.О.

## ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗМІНИ РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Для сталого розвитку міст, захисту забудови від небезпечного підйому рівня ґрунтових вод (РГВ) та підтоплення, необхідно правильно оцінювати існуючі гідрогеологічні умови та з необхідною точністю їх прогнозувати [1]. Основним завданням є визначення характеру зміни рівня ґрунтових вод під дією зовнішніх факторів. У зв'язку з тим, що провідність в анізотропних ґрунтах в різних напрямках різна, якщо будова пористого середовища така, що має більш високу провідність в одному напрямку ніж в інших, існує необхідність враховувати зміни РГВ у тривимірному моделюванні [1,2,3]. Для прогнозування зміни рівня ґрунтових вод розроблено математичну модель, що враховує інфільтрацію атмосферних вод, додаткове живлення в ґрунтові води, транспірацію, випаровування, евапотранспірацію і водовідбір з підземних вод.

При цьому вважається, що зміна РГВ має усталений характер, про що свідчать дані багаторічних досліджень [4], в 3-х режимних водопунктах м. Харків. На відміну від досліджень [4,5] в цій роботі розглянуто задачу прогнозування зміни РГВ в тривимірному формулюванні.

Розглянемо рівняння фільтраційного напору у вигляді

$$\frac{\partial^2 h}{\partial z^2} + \gamma_1^2 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \gamma_2^2 \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

де  $h$  – рівень ґрунтових вод,  $x, y, z$  – координати, показані на рис. 1,  $\gamma_1, \gamma_2$  – коефіцієнти анізотропії.

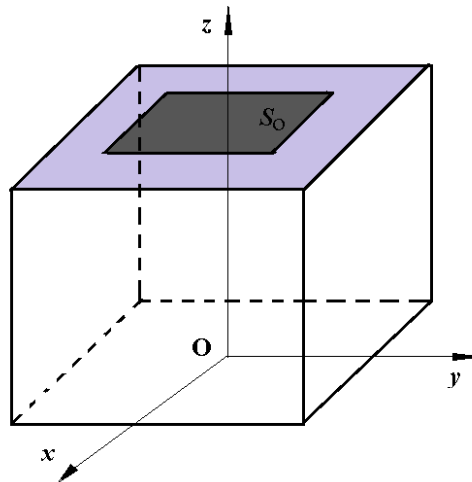


Рис. 1 Розрахункова область для визначення РГВ

Сформулюємо крайові умови для рівняння (1), які враховують наявність штучних покриттів, інфільтрацію, випаровування та транспірацію, а також ефект евапотранспірації. Ці умови ставимо відносно значень невідомої функції, або її нормальної похідної на межах розрахункової області. Припустимо, що розрахункова область є прямокутним паралелепіпедом. Нижня та верхні грані цього паралелепіпеда є прямокутниками  $S$  зі сторонами  $[2a, 2b]$ . Висоту паралелепіпеда позначимо як  $L$ . Нехай область  $S_0$  є квадратом зі сторонами  $[2l, 2l]$ , який розташовано в центрі верхньої грані.

Припустимо, що на ділянці  $S_1 = S \setminus S_0$  відбувається вплив природних і техногенних факторів на зміну рівня ґрунтових вод; в той час як на ділянці  $S_0$  впливу на рівень ґрунтових вод не відбувається завдяки наявності штучних покриттів. Маємо таку граничну умову, що характеризує наявність штучних покриттів:

$$\left. \frac{\partial h}{\partial z} \right|_{S_0} = 0. \quad (2)$$

На ділянці  $S \setminus S_0$  відбувається інфільтрація, водовідбір, транспірація і випаровування, тому маємо

$$\left. \frac{\partial h}{\partial z} \right|_{S_1, z=L} = f + s - g - d - k,$$

де  $f$  – додаткове живлення ґрунтових вод (прибуткова частина балансу ґрунтових вод);  $s$  – кількість опадів, яка інфільтрується в ґрунтові води (прибуткова частина балансу ґрунтових вод);  $g$  – інтенсивність транспірації (видаткова частина балансу ґрунтових вод);  $d$  – інтенсивність випаровування (видаткова частина балансу ґрунтових вод);  $k$  – водовідбір з ґрунтових вод (видаткова частина балансу ґрунтових вод).

Переходимо до умов, які враховують евапотранспірацію. Оскільки зміна рівнів ґрунтових вод та їх розповсюдження є локальним, і моделювання проводиться для обмежених ділянок міської території (промислових об'єктів, будівель і т.ін.), з однорідними гідрогеологічними умовами, то можна прийняти, що боковий приплив і відтік рівні між собою, тому

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_{x=l+a} = e_1(z), & \left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_{x=-l-a} = e_1(z), \\ \left. \frac{\partial h}{\partial y} \right|_{y=l+b} = e_1(z), & \left. \frac{\partial h}{\partial y} \right|_{y=-l-b} = e_1(z). \end{cases}$$

В цих рівняннях згідно з [ ] маємо

$$e_1(z) = \frac{2}{1 + (z/z_{50})^\tau}, \quad (3)$$

де  $\tau$  – відносна мінливість потенційної транспірації;  $y_{50}$  – параметр, що характеризує висоту капілярного всмоктування води;  $y$  – глибина, де відбувається тиск вологи, який всмоктує. У розрахунках згідно [4] прийнято значення  $\tau=2,2$ . У подальших розрахунках прийнято, що  $y_{50}=3$ , тобто вважалось, що  $L=6$ м. Якщо евапотранспірація не враховувалась, то значення  $L$  обговорюються окремо.

Початковий рівень приймається за точку відліку,  $h=0$ .

$$h \Big|_{z=0} = 0.$$

Таким чином, сформулювало таку крайову задачу для визначення невідомої функції  $h(x, y, z)$ . Знайти розв'язок диференціального рівняння (1) при таких крайових умовах:

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial h}{\partial z} \right|_{S_0} = 0, & \left. \frac{\partial h}{\partial z} \right|_{S_1, z=L} = f + s - g - d - k, & h \Big|_{z=0} = 0, \\ \left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_{x=l+a} = e_1(z), & \left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_{x=-l-a} = e_1(z), \\ \left. \frac{\partial h}{\partial y} \right|_{y=l+b} = e_1(z), & \left. \frac{\partial h}{\partial y} \right|_{y=-l-b} = e_1(z). \end{cases}$$

Зауважимо, що неможливо побудувати одну систему базисних функцій для цієї крайової задачі з неоднорідними крайовими умовами на шості межах. Тому в роботі запропоновано шукати невідому функцію  $h(x, y, z)$  у вигляді суми трьох доданків

$$h(x, y, z) = h_1(x, y, z) + h_2(x, y, z) + h_3(x, y, z).$$

Кожній функції  $h_i(x, y)$ ,  $i=1,2,3$  відповідає своя крайова задача, при чому в кожній з цих задач наявні однорідні граничні умови, що дає змогу побудувати системи незалежних

базисних функцій. Такий засіб не лише дозволяє побудувати розв'язок сформульованої крайової задачі, що враховує наявність штучних покриттів, інфільтрацію, випаровування та транспірацію, а також ефект евапотранспірації, але й дослідити окремо вплив штучних покритті та ефект евапотранспірації.

Крайова задача для функції  $h_1(x, y, z)$  описує наявність штучних покриттів, інфільтрацію, випаровування та транспірацію, але не враховує ефект евапотранспірації в залежності від глибини. Цю задачу сформулюємо наступним чином:

$$\frac{\partial^2 h_1}{\partial z^2} + \gamma_1^2 \frac{\partial^2 h_1}{\partial x^2} + \gamma_2^2 \frac{\partial^2 h_1}{\partial y^2} = 0 \tag{4}$$

$$\left. \frac{\partial h_1}{\partial z} \right|_{s_0} = 0, \quad \left. \frac{\partial h_1}{\partial z} \right|_{s_1, z=L} = f + s - g - d - k, \quad h_1 \Big|_{z=0} = 0$$

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial h_1}{\partial x} \right|_{x=l+a} = 0, & \left. \frac{\partial h_1}{\partial x} \right|_{x=-l-a} = 0, \\ \left. \frac{\partial h_1}{\partial y} \right|_{y=l+b} = 0, & \left. \frac{\partial h_1}{\partial y} \right|_{y=-l-b} = 0. \end{cases}$$

Для функції  $h_2(x, y, z)$  отримаємо таку крайову задачу

$$\frac{\partial^2 h_2}{\partial z^2} + \gamma_1^2 \frac{\partial^2 h_2}{\partial x^2} + \gamma_2^2 \frac{\partial^2 h_2}{\partial y^2} = 0 \tag{5}$$

$$\left. \frac{\partial h_2}{\partial z} \right|_{s_0 \cup s_1} = 0, \quad h_2 \Big|_{z=0} = 0,$$

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial h_2}{\partial x} \right|_{x=l+a} = e_1(z), & \left. \frac{\partial h_2}{\partial x} \right|_{x=-l-a} = e_1(z), \\ \left. \frac{\partial h_2}{\partial y} \right|_{y=l+b} = 0, & \left. \frac{\partial h_2}{\partial y} \right|_{y=-l-b} = 0. \end{cases}$$

Аналогічно для функції  $h_3(x, y, z)$  маємо

$$\frac{\partial^2 h_3}{\partial z^2} + \gamma_1^2 \frac{\partial^2 h_3}{\partial x^2} + \gamma_2^2 \frac{\partial^2 h_3}{\partial y^2} = 0 \tag{6}$$

$$\left. \frac{\partial h_3}{\partial z} \right|_{s_0 \cup s_1} = 0, \quad h_3 \Big|_{z=0} = 0,$$

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial h_3}{\partial x} \right|_{x=l+a} = 0, & \left. \frac{\partial h_3}{\partial x} \right|_{x=-l-a} = 0, \\ \left. \frac{\partial h_3}{\partial y} \right|_{y=l+b} = e_1(z), & \left. \frac{\partial h_3}{\partial y} \right|_{y=-l-b} = e_1(z). \end{cases}$$

Застосовуючи методику, описану в роботі [4], отримаємо такі розв'язки крайових задач (4)-(6)

$$h_1^{mn} = E^{mn} \cos \frac{\pi mx}{\gamma_1(l+a)} \cdot \cos \frac{\pi ny}{\gamma_2(l+b)} \cdot \text{sh} \lambda_{mn} z, \quad \lambda_{mn} = \sqrt{\left( \frac{\pi m}{\gamma_1(l+a)} \right)^2 + \left( \frac{\pi n}{\gamma_2(l+b)} \right)^2} \quad m = 1, 2, \dots$$

$$h_2^m = F^m \sin \frac{\pi(0.5+m)z}{L} \cdot \sin \frac{\pi(0.5+n)y}{(l+b)\gamma_2} \cdot \text{sh} \lambda_{mn} x, \quad m, n = 0, 1, 2, \dots$$

$$h_2^m = F^m \sin \frac{\pi(0.5+m)z}{L} \cdot \sin \frac{\pi(0.5+n)x}{(l+a)\gamma_1} \cdot \text{sh} \lambda_{mn} y, \quad m, n = 0, 1, 2, \dots$$

#### ВИСНОВКИ

- Визначено необхідність створення тривимірних математичних моделей для описання змін РГВ та покращення прогнозів їх змін.
- Розроблено тривимірну математичну модель зміни РГВ міських територій, що враховує інфільтрацію атмосферних вод, додаткове живлення в ґрунтові води, транспірацію, випаровування, евапотранспірацію і водовідбір з підземних вод.
- Сформульовано граничні умови математичної моделі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Маринова И. В. Современные математические методы прогноза и планирования эксплуатации водоносного горизонта. Вестник Таганского института управления и экономики №2. 2008. С. 74–77.
2. Венгерський П. С. Чисельне моделювання руху поверхневих і ґрунтових потоків та їх взаємодія на території водозбору: дис. докт. фіз.-мат. наук : 01.05.02. Львів, 2017. 293 с.
3. Гавич И. К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии: Москва, Недра, 1980. 358с.
4. Серікова, О. М. Прогнозування і управління рівнем ґрунтових вод для підвищення екологічної безпеки забудованих територій України: дисертація канд. техн. наук, спец.: 21.06.01 – екологічна безпека / О. М. Серікова; наук. кер. В. В. Яковлев. Х.: Харківський нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2019. 166 с.
5. Serikova E., Strelnikova E., Yakovlev V. Mathematical Model of Dangerous Changing the Groundwater Level in Ukrainian Industrial Cities. *Journal of Environment Protection and Sustainable Development*, USA, Vol. 1, No. 2, 2015. P. 86–90.

**СЕРІКОВА Олена Миколаївна** – к. т. н., старший викладач кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища; Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94 м. Харків, 61023; e-mail: elena.kharkov13@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0354-9720.

Наукові інтереси:

- ґрунтові води;
- підтоплення

**СТРЕЛЬНИКОВА Олена Олександрівна** – д. т. н., професор, провідний науковий співробітник зі спеціальності механіка деформівного твердого тіла; Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України вул. Пожарського, 2/10, м. Харків, 61046; e-mail: elena15@gmx.com; ORCID: 0000-0003-0707-7214.

Наукові інтереси:

- теорія і методи розв'язання сингулярних інтегральних рівнянь;
- динамічні задачі гідропружності елементів машинобудівних конструкцій;
- теорія тріщин в пружних і пружно-пластичних тілах.