

УДК 519.711, 519.718;519.873, 005;519.7;
303.732, 004.896, 004.5, 004.942, 004.67

УКПП

№ держреєстрації 0120U103071

Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет (СумДУ)
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2;
тел. (+38 0542) 33 53 83; факс (+38 0542) 33 40 58

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи,
д-р фіз.-мат. наук, професор

_____ А. М. Черноус

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Моделі та методи інформаційних технологій для аналізу та синтезу структурних, інформаційних і функціональних моделей об'єктів і процесів, що автоматизуються

**ІТ СИНТЕЗУ МОДЕЛЕЙ І ПРОЦЕСІВ В СКЛАДНИХ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ, СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
ЛОПАТЕВИХ НАСОСІВ
(проміжний)**

Науковий керівник НДР
канд. техн. наук

Е. Г. Кузнєцов

2022

Рукопис закінчено ХХ грудня 2022 р.

Результати роботи розглянуто науковою радою СумДУ, протокол від 22.12.2022 р. № 7

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР старший викладач, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	Е.Г. Кузнецов (підрозділ 1.2)
Відповідальні виконавці: професор, доктор техн. наук	<hr/> 28.12.2022	Є.А. Лавров (розділ 1)
професор, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	В.Г. Неня (розділ 2)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	В.В. Шендрик (розділ 2)
Виконавці: доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	В.П. Антипенко (підрозділ 2.1)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	О.В. Бойко (підрозділ 2.3)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	І.В. Баранова (підрозділ 2.1)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 08.12.2022	С.М. Ващенко (підрозділ 2.2)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	А.В. Марченко (підрозділ 2.2)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	В.В. Нагорний (підрозділ 2.1)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	Ю.В. Парфененко (підрозділ 2.3)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	Н.А. Федотова (підрозділ 2.3)
доцент, канд. техн. наук	<hr/> 28.12.2022	Я.І. Чибіряк (підрозділ 1.2)
аспірант	<hr/> 28.12.2022	Д.В. Бичко (підрозділ 2.2)

аспірант	<hr/> 28.12.2022	С.М. Вакал (підрозділ 1.1)
аспірант	<hr/> 28.12.2022	К.В. Грабіна (підрозділ 2.3)
аспірант	<hr/> 28.12.2022	І.В. Кліменко (підрозділ 1.1)
аспірант	<hr/> 28.12.2022	С.Є. Кшнякін (підрозділ 2.3)
аспірант	<hr/> 28.12.2022	О.В. Лук'яніхін (підрозділ 2.2)
аспірант	<hr/> 28.12.2022	Є.В. Палажченко (підрозділ 2.1)
аспірант	<hr/> 28.12.2022	І.О. Солонар (підрозділ 1.1)
аспірант	<hr/> 28.12.2022	О.В. Чечіль (підрозділ 1.1)
доцент, канд. техн. наук СНАУ	<hr/> 28.12.2022	Н.Б. Пасько (підрозділ 1.1)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 40 с., 7 рис., 129 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ІС, ІТ, ЛЮДИНО-МАШИННА ВЗАЄМОДІЯ, СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ

Метою роботи є розробка інформаційного забезпечення вибору концепції програмного забезпечення схемотехніки в умовах багатокритеріальності та невизначеності.

Об'єкт дослідження – процес вибору концепції програмного забезпечення.

Предмет дослідження – методи, моделі та алгоритми моделювання та тестування схемотехнічних рішень в умовах багатокритеріальності та невизначеності.

Задачами дослідження є розробка інформаційного забезпечення вибору розробки та автоматизації проектування.

Рекомендації по використанню результатів роботи: розробка науково-методичних основ за досліджуваними напрямками, формування тематики досліджень для магістрів та аспірантів.

Галузь застосування: промисловість, будівництво, міське господарство.

Значущість роботи і висновки: створює теоретично-методичну базу для автоматизації складних систем та удосконалення людино-машинної взаємодії.

Прогнозні припущення про розвиток об'єкту дослідження: подальше поглиблення наукового обґрунтування дослідження та проектування складних систем та взаємодії їх з людиною-оператором.

ЗМІСТ

	с.
Вступ	6
1 Розробка моделей для системного аналізу автоматизованих систем	8
1.1 Тенденції розвитку систем управління, зміна ролі оператора в них	8
1.2 Системно-ергономічні дослідження АС	14
2 Концепція додатку автоматизації розробки та тестування схемотехнічних рішень	16
2.1 Аналіз актуальності проблеми	16
2.2 Порівняльний аналіз наявних рішень. Вибір інструментарію	17
2.3 Моделювання концепту в IDEF0. Варіанти використання	19
Висновки	23
Перелік джерел посилання	24

ВСТУП

Забезпечення всебічного врахування факторів, що впливають на ефективність людино-машинних систем в залежності від її специфічних особливостей, може бути реалізовано тільки на основі автоматизованої системи ергономічного забезпечення досліджень і проектування, що базується на використанні структурованої ергономічної інформації та застосуванні новітніх інформаційних технологій. Особливо це стосується як створення загальних підходів і методів автоматизації ергономічного забезпечення та їх реалізації на основі всебічного задоволення потреб різних користувачів в ергономічній інформації шляхом раціональної побудови та експлуатації інформаційного забезпечення, так і розробки моделей, методів і алгоритмів вирішення окремих завдань ергономічного забезпечення. Актуальність проблеми створення теоретичних і методологічних основ автоматизації ергономічного забезпечення обумовлена необхідністю науково – обґрунтованого вирішення таких практично важливих задач: розробка моделей і методів аналізу потреб кінцевих користувачів ергономічної інформації, їх класифікація та визначення необхідного рівня автоматизації ергономічного забезпечення досліджень і ефективність проектування людино-машинних систем для кожного з користувачів, розробка підходів і методів визначення складу і структури інформаційного забезпечення, що є основою для автоматизованого вирішення завдань ергономічного забезпечення, а також його оптимальних змін і розвитку в процесі експлуатації, розробка загальних алгоритмів вирішення задач ергономічного забезпечення при дослідженні і проектуванні ефективність людино-машинних систем, розробка підходів, методів, способів, моделей і алгоритмів для вирішення комплексу приватних задач ергономічного забезпечення. Центральним питанням проблеми є побудова оптимального інформаційного забезпечення та створення комплексу математичних моделей і алгоритмів, які дозволяють оцінювати ефективність досліджуваних і розроблюваних

людино-машинних систем і вибирати найкращі рішення. Науково обґрунтоване вирішення проблеми створення теоретичних і методологічних основ автоматизації ергономічного забезпечення досліджень і розробок високоефективних людино-машинних систем носить комплексний характер і вимагає використання методів і результатів досліджень.

1 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

1.1 Тенденції розвитку систем управління, зміна ролі оператора в них

Науково-технічна революція загострює проблему так званого «людського фактору» [1-10], збільшується відповідальність операторів [11-18] і ціна їх помилок [19-25], зростає напруженість діяльності [26-31] та ризики для здоров'я і безпеки людей [31-35], а також ризики катастроф і аварій. Ризики, пов'язані з війною підвищують вимоги до ергономічного забезпечення техніки [36]. Революція в освіті вимагає кардинальних змін в ергономічному забезпеченні процесу навчання [37-48].

Все це призводить до необхідності [49-55] системного врахування особливостей діяльності людей в автоматизованих системах (АС) та розробки нових моделей оцінювання надійності і оптимізації АС [56-69].

АС належать до класу трудових людино-машинних систем (ЛМС) або ерготехнічних систем (ЕТС).

Згідно [56, 61] трудові ЛМС (ЕТС) – клас гуманістичних систем «людина-техніка-середовище» (СЛТС), що складаються з сукупності ергатичних та неергатичних елементів, взаємодія яких, завдяки діяльності ергатичних елементів, об'єднується в єдиний цілеспрямований процес функціонування, що має кінцеву мету отримання конкретного продукту праці із заданою якістю.

Нерідко у літературних джерелах, наприклад [14, 15, 56], терміни ЛМС, ЕТС, СЛТС використовують як синоніми.

Вважається [56, 61, 70-75], що АС належать до підкласу інформаційних ЛМС.

Аналіз процесів обробки інформації в АС дозволяє виділити два типи операторів (у розрізі типів операторської діяльності) [75–80]:

- оператори-керівники;

- оператори-виконавці (технологи чи дослідники).

У зв'язку з бурхливим розвитком інформаційних технологій АС стали СЛТС, що найбільш динамічно розвиваються, для яких можливості розробок в галузі обліку людського фактора в останні роки стали істотно відставати від потреб практики [81-89].

Особливістю останнього десятиліття є якісний стрибок у розвитку телекомунікацій та комп'ютерних розподілених систем, тощо [56, 90-96].

Нові можливості стали причиною стрімкого поширення АС та обробки даних, заснованих на принципах єдиного інформаційного простору, розподіленої обробки даних [1, 61, 97-101].

Додаткові можливості організації дистанційного управління та інформаційної взаємодії між людьми дозволили значно розширити кількість взаємодіючих між собою структурних та функціональних елементів сучасних систем [61, 102-110].

Зросли обсяги оброблюваної інформації, логічна складність систем керування процесом взаємодії підсистем, ціна помилки, та вимоги до безпомилковості та своєчасності обробки інформації [56, 110-116].

Аналіз зміни ролі людини-оператора у процесі розвитку інформаційних технологій проводився рядом дослідників [61].

У [56] виділено п'ять поколінь інформаційних технологій, у [61] – вже шість.

Відзначаються зростання ролі людини-оператора, збільшення частки інтелектуальних процедур обробки інформації, зростаючі вимоги до безпомилковості діяльності.

Поява нових функцій людини пов'язана з тим, що в наступному поколінні ІТ актуалізуються інтелектуальні функції, які в попередньому поколінні не виконувались через обмежені ресурси людини і техніки. Під час переходу до кожного нового покоління ІТ.

Відмінність у характері та структурі діяльності операторів визначається рівнем ієрархії керуючої підсистеми [56, 109, 113].

На вищих рівнях управління людина-оператор (керівник) має справу з про слабо структурованими завданнями. Є широкий спектр альтернатив. Рішення залежить від поточної неповноти інформації.

Рішення, що приймаються, містять елементи ризику. Не повністю визначені вимоги щодо вартості та часу вирішення задачі. Проблема внутрішньо складна внаслідок того, що для її вирішення потрібне комбінування різних ресурсів.

Роль людини щодо і аналізі таких завдань винятково велика. На нижчих рівнях управління оператори зазвичай мають справу з добре структурованими завданнями в умовах, як правило, жорстко заданих часових та ресурсних обмежень.

Незважаючи на відмінність процесів обробки інформації (управління) у різних системах можна виявити такі особливості [56, 61, 108, 109, 113]:

- наявність кількох рівнів ієрархії;
- можливість декомпозиції системи на множину локальних людино-машинних систем;
- велика кількість (від кількох осіб до сотень осіб) одночасно працюючих, взаємодіючих з машинною частиною об'єкта управління та між собою операторів різних типів: оператори-маніпулятори; оператори-технологи; оператори-керівники; оператори-дослідники;
- розвинена система забезпечення взаємодії між операторами;
- можливість віддаленого доступу операторів до розподілених локальних людино-машинних систем (баз даних, програмного забезпечення, інформаційних моделей);
- можливість реалізації моделі групової діяльності, коли проводиться декомпозиція завдання, окремі функціональні елементи закріплюються за операторами;
- необхідність ефективного виконання завдань у різних режимах функціонування (нормальне функціонування, аварійний режим);

- можливість різних типів заявок на обробку інформації та управління: регламентних та нерегламентних;
- випадкове час надходження заявок нерегламентного типу;
- можливість помилок, що ведуть до порушень з різними видами та розмірами шкоди;
- жорсткі часові обмеження на реалізацію заявок;
- високі вимоги до безпомилковості реалізації заявок;
- необхідність дотримання ергономічних норм та вимог до робочого місця та показників тяжкості та напруженості праці операторів.

Тому багато завдань, які вирішувалися раніше один раз на етапі проектування та використовувалися багаторазово під час експлуатації системи, для гнучких систем з нерегламентними завданнями повинні вирішуватись оперативно з урахуванням особливостей та характеристик реальних операторів, що працюють у системі [56-61, 108].

Виділяють [56, 61, 109] наступні варіанти концепції співвідношень елементів «людина» та «техніка» по відношенню до поняття «система»:

- 1) системотехнічний підхід – систему розглядають як що складається лише з технічних елементів, людини враховують як чинник довкілля;
- 2) рівноелементний підхід – систему розглядають як таку, що складається з рівноцінних елементів «людина» і «техніка»;
- 3) людино-системний підхід – основним елементом системи є людина, а техніка – підпорядкований йому засіб праці»;
- 4) вузькоантропоцентричний підхід – систему розглядають як таку, що складається тільки з елементів «людина» без урахування елементів «техніка»;
- 5) вузькотехнічний підхід – систему розглядають як таку, що складається з технічних елементів, людини не беруть до уваги.

Вочевидь, що з завдань цього дослідження необхідно орієнтуватися на людино-системний підхід.

У рамках цієї концепції створено функціонально-структурну теорію (ФСТ) [56, 61, 109] для опису процесу функціонування та оцінки на його основі показників ефективності, якості та надійності функціонування.

Під процесом функціонування розуміється «сукупність дій ергатичних елементів та операцій, що виконуються неаргатичними елементами, об'єднана в єдину цілеспрямовану послідовність завдяки керуючій та забезпечує діяльності ергатичних елементів, що утворює з розрізненої номенклатури окремих функцій їх зв'язкову логіко-часову послідовність, направлену цілі (або цілей) функціонування» [109].

Сформулюємо загальні вимоги до математичних моделей процесу функціонування:

- модель має охоплювати як основні, і допоміжні процеси функціонування АС;
- вибір рівня мови опису процесу функціонування ЛМС має відповідати семантичному рівню модельованих процесів;
- мова має бути достатньо формалізована для однозначного сприйняття на ЕОМ;
- модель повинна поєднувати в собі властивості описовості та оцінюваності процесу функціонування;
- алфавіт мови опису процесів функціонування АС повинен складатися з елементів функціонування та бути мінімально необхідним, але таким, що забезпечує специфічні особливості всіх субпроцесів процесу функціонування.

Сформулюємо основні принципи та суть моделювання АС.

Принципи моделювання АС:

- принцип цільовизначеності;
- принцип функціональної основи (як основа для побудови математичних моделей опису та оцінки процесу функціонування АС повинна прийматися структура виконуваних функцій, F-структура);

- принцип типовості одиниць функціонування (для опису різних АС відбирається невеликий склад ТФЕ, за допомогою яких можна змоделювати ширший клас АС, кожний ТФЕ характеризується показниками якості та надійності виконання);

- принцип множинності наслідків функціонування ЛМС;
- принцип кінцевості процесу функціонування;
- принцип типовості оцінюваних показників;
- принцип еквівалентування (окремі фрагменти або весь процес функціонування в цілому можуть замінюватись операціями меншої розмірності, що мають ті ж кількісні значення показників та якості функціонування, що й вихідні фрагменти);

- принцип типовості математичних моделей (блоки ТФЕ, що найбільш часто зустрічаються, процесу функціонування ЛМС утворюють ТФС, для кожної ТФС заздалегідь виводяться математичні моделі, які зберігаються в бібліотеці і використовуються при еквівалентуванні).

Суть методу (ідея школи професора Губінського А.І.) полягає в наступному [56, 109]:

1. Будь-яка дискретна діяльність описується набором функціональних елементів ТФЕ; ці елементи відображають робочі операції та логічні умови, які їх пов'язують.

2. Кожен елемент ТФЕ характеризується показниками надійності та часом виконання, які можуть бути визначені на основі статистичних даних шляхом розрахунку чи опитування експертів.

3. Набір ТФЕ утворює ТФС. Структура ТФС і зміст ТФЕ, що входять до неї, визначають надійнісні та часові характеристики цієї ТФС. Існує і доповнюється бібліотека ТФС, у якій є розрахункові формули визначення основних часових і надійнісних характеристик ТФС.

4. Послідовним об'єднанням ТФЕ у ТФС, заміною ТФС еквівалентною ТФЕ та наступним об'єднанням еквівалентних ТФЕ у нові ТФС можна

отримати повну оцінку якості виконання всього алгоритму функціонування ЛМС.

1.2 Системно-ергономічні дослідження АС

Структура системно-ергономічного дослідження представлена наступною сукупністю етапів та процедур:

1. Системно-ергономічний аналіз:

- компонентний аналіз ЛМС;
- морфологічний аналіз ЛМС;
- еволюційний аналіз ЛМС;
- побудова інтегральної моделі ЛМС.

2. Системно-ергономічний синтез:

- розробка ергономічних вимог до ЛМС;
- вибір реально можливих способів підвищення ергономічної якості ЛМС;
- ухвалення рішення про доцільні варіанти організаційно-проектних рішень щодо вдосконалення ЛМС на основі інтегральної моделі ЛМС;
- оцінка інтегральних показників ефективності, якості, надійності для конкуруючих варіантів побудови ЛМС на основі інтегральної моделі та вибір на основі цих показників остаточного варіанта побудови ЛМС.

Відповідно до цього підходу, інформація про компоненти ЛМС (компонентні структури) і про взаємозв'язки між об'єктами (морфологічні структури) подається у вигляді переліку баз знань і даних.

Взаємопов'язаний набір названих структур називаємо узагальненою моделлю ЛМС.

Зазначена модель придатна всім типам ЛМС:

- виробничим,
- інформаційним,
- експлуатаційним

Комплекс формалізмів, що становлять модель ЛМС, розроблені в [56] як ієрархічні структурні формули.

Верхній рівень має вигляд наступного кортежу:

$$MMS(N) = \langle KB(N), MP(N) \rangle, \quad (1.1)$$

де $KB(N)$ – база знань та даних про компонентні та морфологічні структури N -ї ЛМС;

$MP(N)$ – модель процесів функціонування N -ї ЛМС, що відображає послідовність дій та операцій компонентів ЛМС.

Таким чином, узагальнена модель ЛМС, запропонована Губінським А.І. в [56], та деталізована нами при ергономічному проектуванні ряду ЛМС [99-113] не може бути прийнята в якості загальної концепції для аналізу і проектування АС. Розроблена методологія системного аналізу ЛМС може бути обрана як базова для формування відповідних баз даних, що описують АС в необхідних «розрізах».

2 КОНЦЕПЦІЯ ДОДАТКУ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРОБКИ ТА ТЕСТУВАННЯ СХЕМОТЕЧНИХ РІШЕНЬ

2.1 Аналіз актуальності проблеми

На сьогоднішній день спостерігається стала тенденція створення програм для проектування та моделювання роботи електричних схем або покращення вже існуючих. Тенденція демонструє наявний попит на автоматизацію розробки електричних схем, тому що сьогодні комплексний підхід до створення нових зразків електричної та електронної продукції набуває актуальності в країнах, де нещодавно не спостерігалось зацікавленості у власному виробництві.

Майже всі розробники рано чи пізно усвідомлюють необхідність швидкого моделювання нової або перевірки коригувань в існуючій схемі, але не всі можуть це зробити фізично, тому що іноді компонентів може не бути в наявності, або вони ще не вироблені. В цьому випадку може допомогти використання програмного забезпечення в якому можна змоделювати потрібну схему і перевірити її працездатність. Однією із головних переваг використання такого підходу є зменшення часу на розробку схеми, її тестування та виявлення потенційних проблем, вивчення особливостей функціонування на нештатних режимах роботи. Далі розглянуті дослідження існуючих програмних засобів для розробки та чисельного моделювання роботи електричних схем, виділення існуючих в них недоліків та проведення аналізу результатів дослідження для розробки власної концепції програмного забезпечення розробки електричних схем. В наш час розвиток інформаційних технологій стало займають нові галузі виробництва та послуг, і дуже важко уявити навіть будь-яку сферу бізнесу без використання ІТ [114]. Дані дослідження, щодо того як впливають інформаційні технологія на діяльність людини та ефективність використання цих технологій показують, що «Нові інформаційні технології є не просто інструментом для застосування, але також процесами для розвитку. Звідси випливає нове співвідношення між

соціальними процесами створення та обробки символів (культура суспільства) та здатністю виробляти та розподіляти товари та послуги (продуктивні сили). Вперше в історії людська думка є прямо продуктивною силою, а не просто певним елементом продуктивної системи» [115, 116]. Таким чином, констатується, що сталий розвиток ІТ в сфері автоматизованого проектування електричних схем – це лише питання часу.

2.2 Порівняльний аналіз наявних рішень. Вибір інструментарію

Відома велика кількість різних додатків для моделювання електричних схем. Визивають практичну зацікавленість найбільш популярні з них, які входять в трійку результатів пошукових запитів в Інтернет.

На рисунку 2.1 наведено приклад використання однієї із найвідоміших програм для моделювання роботи електричних схем sPlan, яка застосовується багатьма відомими компаніями. sPlan є багатофункціональною та простою програмою, використовується для моделювання схем розводки електропроводки та трасування електронних плат [117]. Програмний пакет включає безліч готових бібліотек електронних компонентів, а також має функцію додавання власних шаблонів.

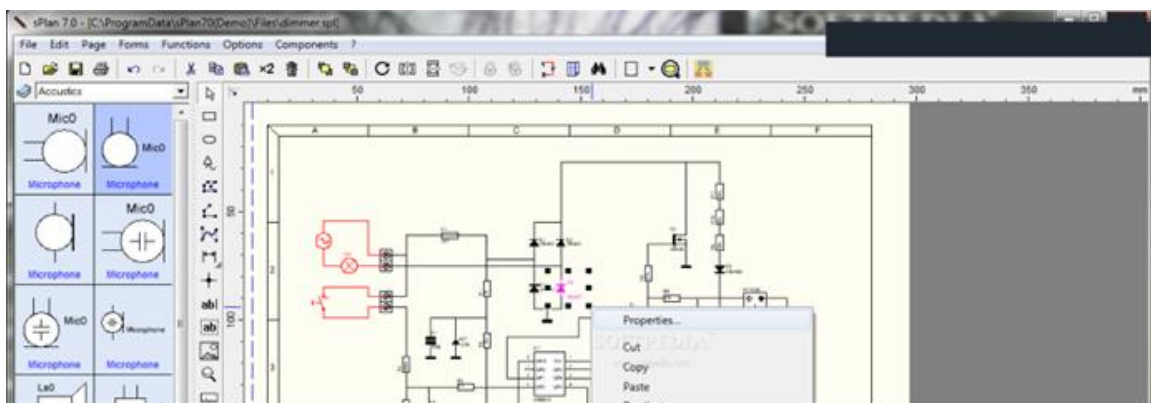


Рисунок 2.1 – Моделювання роботи електричної схеми в sPlan

Наступне ПЗ – AutoCAD Electrician яке зображено на рисунку 2.2. Воно має вражаючу кількість вбудованих бібліотек та потужний функціонал. Є

можливість створювати відразу кілька проектів зі спільним доступом різних користувачів [118]. Особливість додатку полягає в наявності інтелектуальної системи, яка може аналізувати проект, відстежувати можливі помилки проектувальника та виправляти їх.

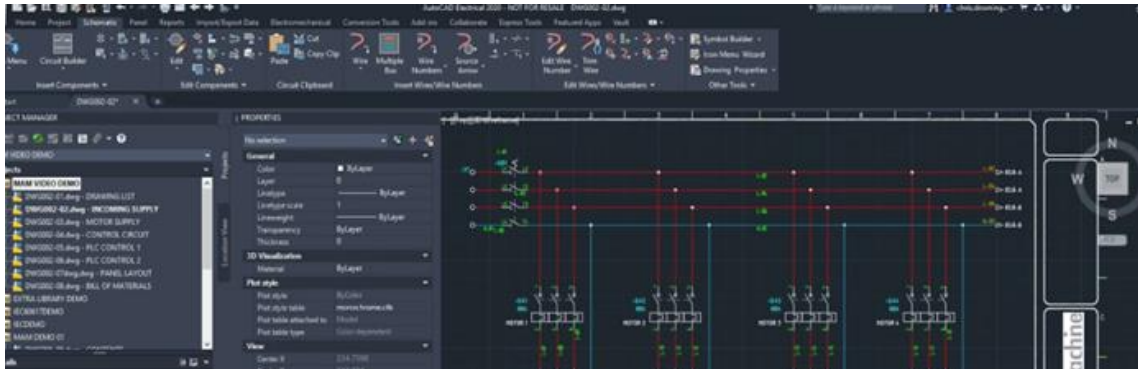


Рисунок 2.2 – Розведення ліній зв'язку в AutoCAD Electrician

Третій програмний продукт в списку – XCircuit. Додаток має бібліотеку готових шаблонів популярних елементів, які можна використовувати під час складання схем, однак більш кратних та рідко використовуваних елементів в ньому немає [119]. Одним із мінусів цієї програми є перевантажений інтерфейс додатку, який можна уповільнює використання.

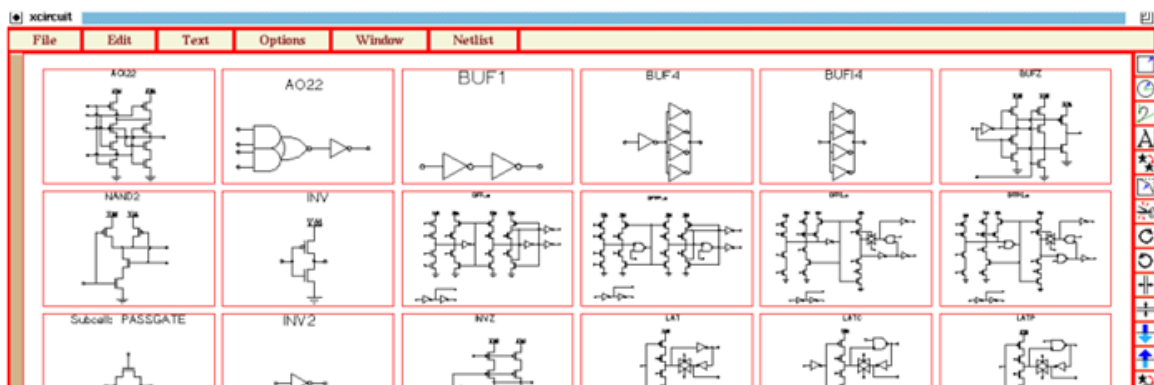


Рисунок 2.3 – Бібліотека компонентів XCircuit

Дослідження функціональних можливостей розглянутих програмних продуктів дозволило сформулювати ряд функціональних вимог до концепції власного розроблюваного додатку: відображення графіків струму та напруги, вбудована бібліотека створених електричних схем, можливість змінювати параметри симуляції електричної схеми, графічне представлення зміни характеристики обраного елемента схеми.

Аналіз існуючих методів проектування та створення ПЗ потрібного функціоналу [120–126] дозволив визначити оптимальний інструментарій для розробки:

- Adobe Photoshop – створення макету;
- IntelliJ IDEA – робота з кодом;
- OpenServer – розгортки сайту на локальному сервері;
- Java – основна мови розробки.

2.3 Моделювання концепту в IDEF0. Варіанти використання

IDEF0 – це методологія графічного опису систем і процесів діяльності організації як безлічі взаємозалежних функцій. Вона дозволяє досліджувати функції організації, не пов'язуючи їх з об'єктами, що забезпечують їх реалізацію [127].

Контекстна діаграма розроблюваного додатку проектування та моделювання роботи електричних схем та, відповідно, його декомпозиція, в блочному вигляді наведено на рисунках 2.4 – 2.6. Декомпозиція контекстної діаграми, наглядно відображає всі основні етапи роботи концепту, містить не тільки основні блоки, але й основні матеріальні та інформаційні ресурси [128].

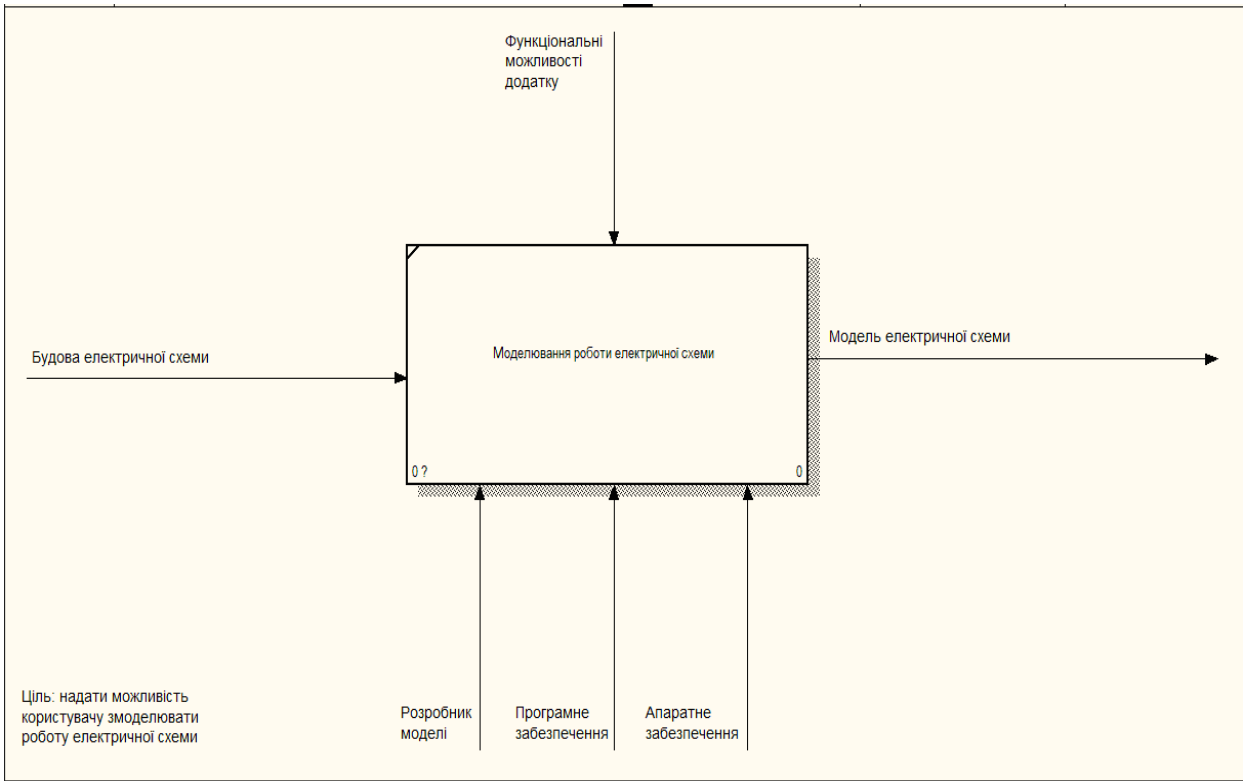


Рисунок 2.4 – Контекстна діаграма

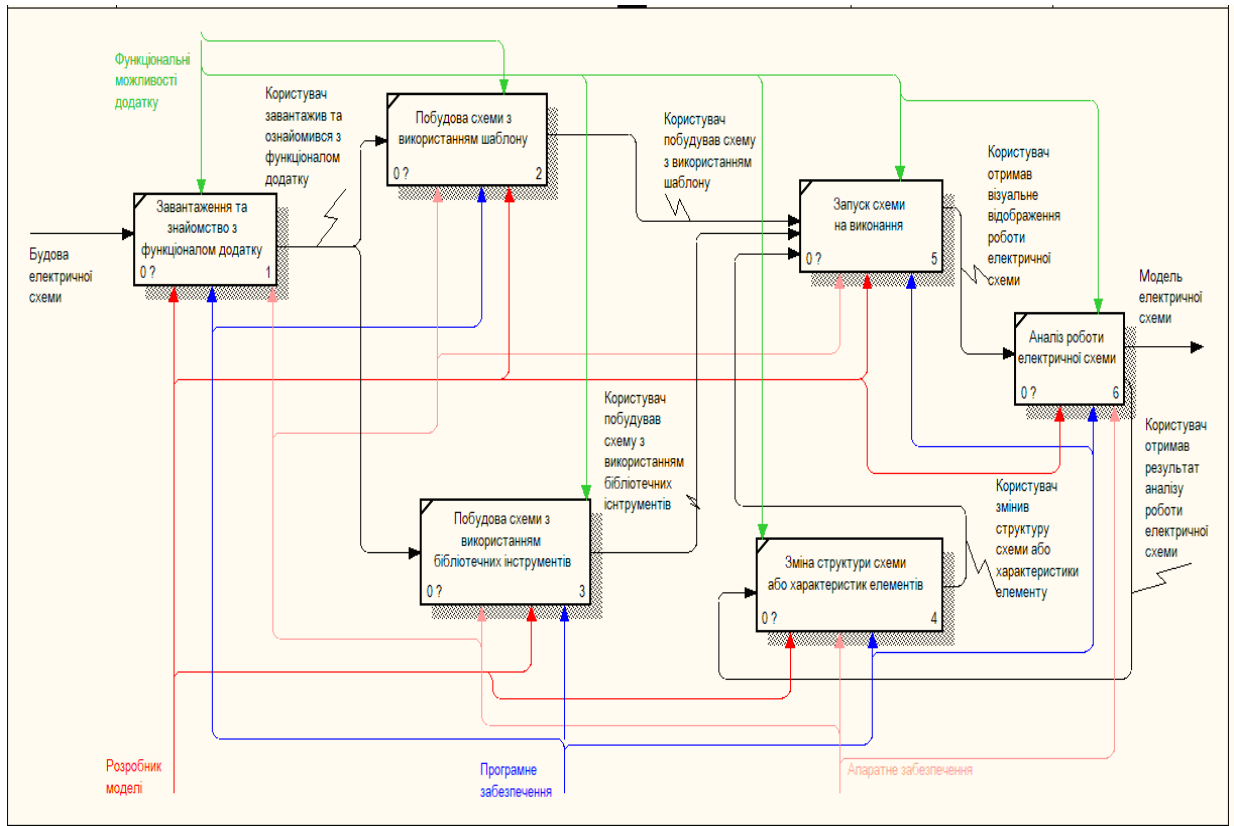


Рисунок 2.5 – Декомпозиція діаграми IDEF0

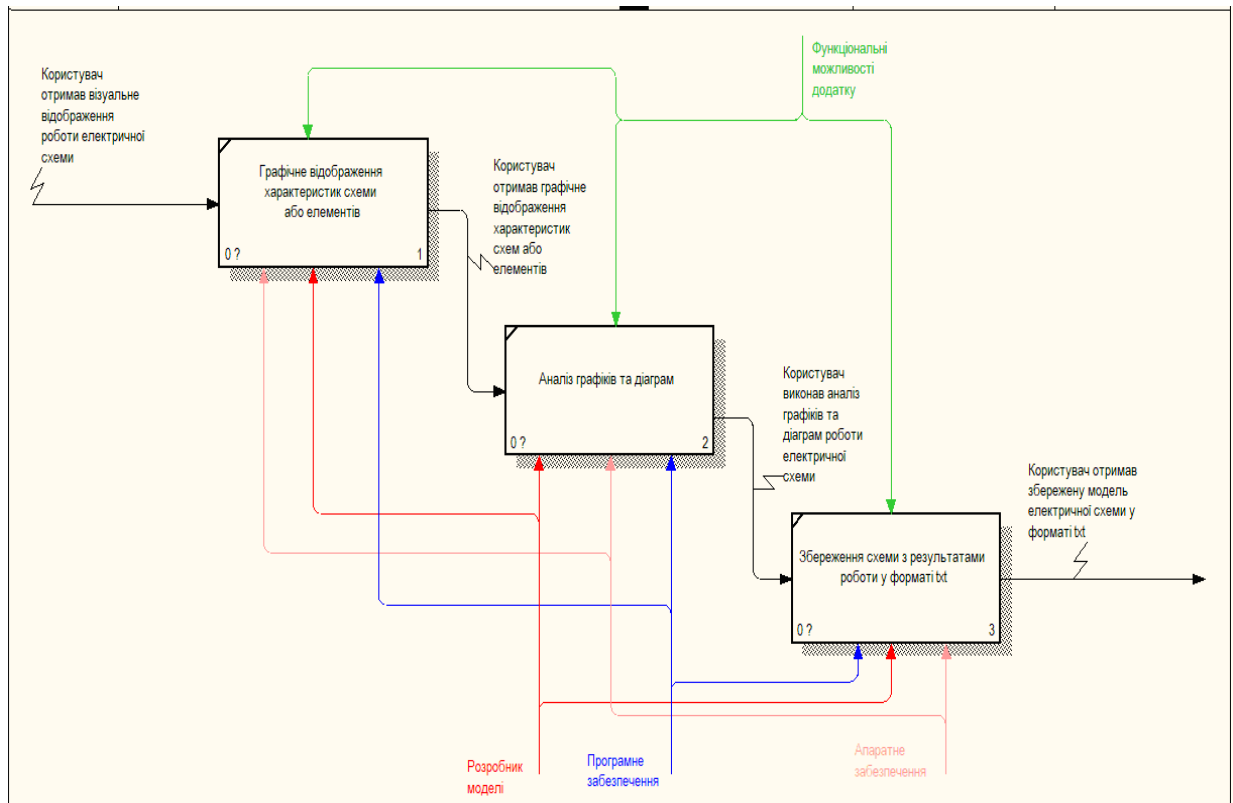


Рисунок 2.6 – Декомпозиція блоку «Аналіз роботи електричної схеми»

Завершальним етапом проектування додатку є розробка і аналіз варіантів його використання. Графічно представлення цього етапу дозволяє прослідкувати поведінку додатку у всіх можливих ситуаціях використання, відобразити ролі користувачів та їх діяльність [129]. Діаграма варіантів використання наведено на рисунку 2.7.

Визначено наступне:

Користувач – має доступ до функціонала додатку;

«Завантаження додатку» – можливість завантажити додаток;

«Знайомство з функціоналом додатку» – можливість ознайомитись з функціоналом додатку;

«Побудова електричної схеми» – можливість побудувати електричну схему;

«Побудова схеми з використанням шаблону» – можливість побудувати схему з використанням шаблону;

- «Побудова схеми з використанням бібліотечних інструментів» – можливість побудувати схему використовуючи бібліотечні інструменти;
- «Запуск схеми на виконання» – можливість запуснути виконання електричної схеми;
- «Графічне відображення електричних характеристик» – можливість переглянути графічне відображення електричних характеристик;
- «Аналіз графіків та діаграм електричних характеристик» – можливість проаналізувати графіки та діаграми електричних характеристик;
- «Зміна структури схеми» – можливість змінювати структуру схеми;
- «Зміна характеристик елементів схеми» – можливість змінювати характеристики елементів схеми;
- «Збереження схеми з результатами роботи» – можливість зберегти схему з результатами роботи в обраному форматі.

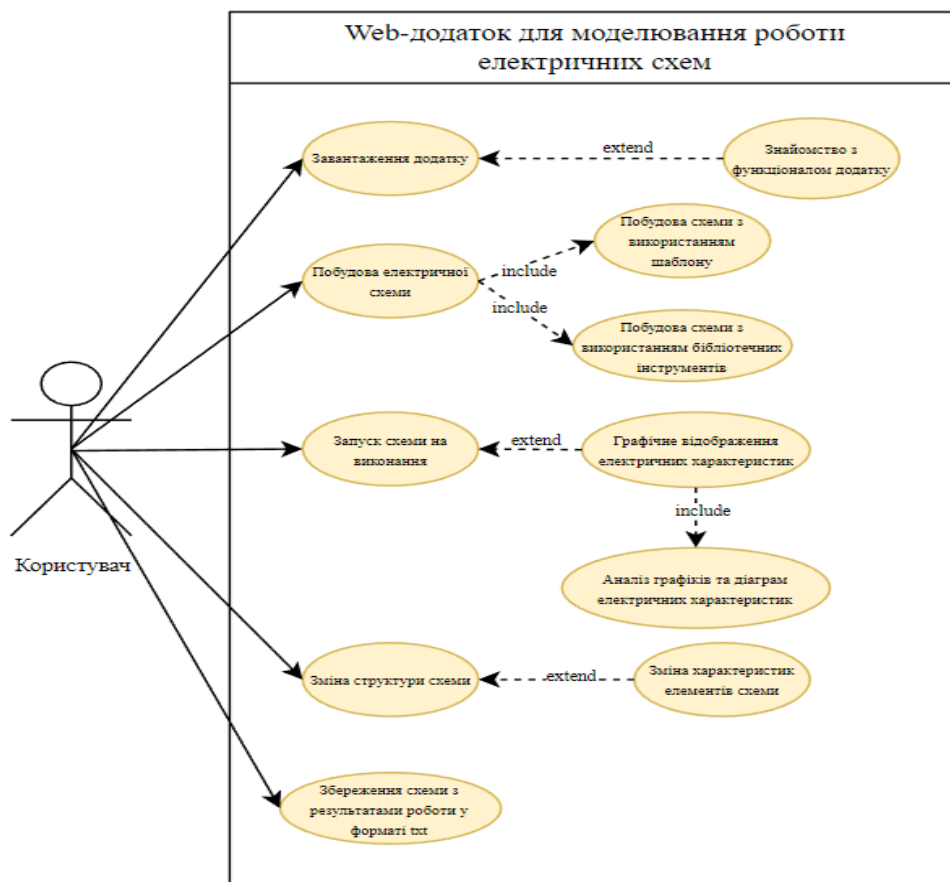


Рисунок 2.7 – Діаграма варіантів використання

ВИСНОВКИ

Застосування комп'ютерної техніки в автоматизацію проектних процесів збільшило потребу застосування ергономічних розробок. Якість роботи людини в сучасних людино-машинних системах в першу чергу визначається ефективністю її інформаційного пошуку, своєчасністю і правильністю прийняття рішень, а також адекватністю концептуальної моделі діяльності реальним умовам експлуатації проектною системи. Велике значення в цьому випадку набувають ергономічно грамотно розроблені інтерфейси систем проектування, що враховують рівні його знань, навичок.

Для оцінки якості діяльності операторів потрібно удосконалювати навички правильної побудови і формалізації алгоритмів діяльності, вміння використовувати існуючі або отримані дослідним шляхом кількісні характеристики типових функціональних одиниць. Як спосіб побудови алгоритмів діяльності та отримання кількісних значень якості функціонування людино-машинних систем пропонується застосувати узагальнений структурний метод, орієнтований на формалізацію процесу функціонування системи в цілому. При обчисленні показників використовується функціональна структура на рівні системи і на рівні завдання. Функціональні структури приводяться до єдиного виду за рахунок універсального апарату функціональних мереж.

Як приклад розглянуто розробку автоматизованої системи проектування схемотехнічних рішень в області електрики і електроніки. З цією метою наведено аналіз найбільш поширених з існуючих систем та проведено концептуальне моделювання процесу створення універсальної проектувальної системи та процесу взаємодії її з майбутнім оператором. За допомогою універсального апарату функціональних мереж виділені її інформаційна модель, типові функціональні одиниці і алгоритми діяльності оператора.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Z. Xie, Z. Wang and S. Xu, «A rapid detection method for hidden danger points of urban gas pipelines based on the identification area,» 2019 15th International Conference IWCMC, 2019, pp. 1833-1838, DOI:<https://doi.org/10.1109/IWCMC.2019.8766578>.
2. Anokhin A. Evaluation of ecological interface design for supporting cognitive activity of nuclear plant operators / A. Anokhin, A. Ivkin // Proceedings of the 5th International Conference in Applied Human Factors and Ergonomics 2014 and the Affiliated Conferences. – Krakow, Poland, 2014. – P. 260-270.
3. Anokhin A. Education and professional development of ergonomists in Russia / A. Anokhin, I. Gorodetskiy, V. Lvov, P. Paderno // Proceedings of the 5th International Conference in Applied Human Factors and Ergonomics 2014 and the Affiliated Conferences. – Krakow, Poland, 2014. – P. 1017–1024.
4. Dul J. A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession / J. Dul, R. Bruder, P. Buckle, P. Carayon, P. Falzon, W. S. Marras et. al. // Ergonomics. – 2012. – Vol. 55, Issue 4. – P. 377-395.
5. De Felice F. Methodological Approach for Performing Human Reliability and Error Analysis in Railway Transportation System / F. De Felice, A. Petrillo // International Journal of Engineering and Technology. – 2011. – Vol. 3, Issue 5. – P. 341-353.
6. Fitts P. M. Analysis of factors contributing to 460 «pilot error» experiences in operating aircraft controls / P. M. Fitts, R. E. Jones// In: Selected Papers of Human Factors in the Design and Use of Control Systems. N.Y. – 1961. – P. 332-358.
7. Fitts P. M. Human performance / P. M. Fitts, M.I. Posner. - Belmont, CA: Brooks/Cole. – 1967. – 162 p.
8. Karwowsky W. Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems / W. Karwowsky // Ergonomics. – 2005. – Vol. 48, Issue 5. – P. 436-463.

9. Kubinova J. Upgrading of control room panels – Leningrad NPP modernization project results / J. Kubinova, A. N. Anokhin, E. C. Marshall, I. D. Rakitin, V. M. Slonimsky // Proceedings of the 6th ANS International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Controls, and Human Machine Interface Technologies: NPIC&HMIT'2009. – Knoxville, TN, USA, 2009. – P. 2383-2393.
10. Lavrov E. A. Optimization of algorithms of man-machine systems functioning on the base of functional-structural theory / E. A. Lavrov // Addendum to the Proceedings of IEA World Conference on Ergonomics of Materials Handling and Information Processing at Work Edited by Koradecksa et al., Published by the IEA. – London, 1995. – P. 75-77.
11. Lavrov E. Organizational approach to the ergonomic examination of E-learning modules / E. Lavrov, O. Kupenko, T. Lavryk, N. Barchenko // Informatics in Education – an International Journal. – 2013. – Vol. 12, Issue 1. – P. 107-124.
12. Lavrov E. Computer Simulation of Systems «Man-Machine”: Achievements and Tasks / E. Lavrov // Materials International Scientific Conference «UNITECH '07”. – Gabrovo, Bulgaria. – 2007. – Vol. 3. – P. 358-362.
13. R. Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz, et al., «Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review,” Engineering, vol. 3, no. 5, pp. 616–630, 2017
14. M P. Xu, J. Wang, M. Yang, W. Wang, Y. Bai, Y., and Y. Song, «Analysis of operator support method based on intelligent dynamic interlock in lead-cooled fast reactor simulator,” Annals of Nuclear Energy, vol. 99, pp. 279–282, 2017.
15. P. C. Li, L. Zhang, L. C. Dai and X. F. Li, «Study on operator’s SA reliability in digital NPPs. Part 1: The analysis method of operator’s errors of situation awareness,” Annals of Nuclear Energy, vol. 102, pp. 168–178, 2017.
16. E. S. Ogurtsov et al, «Microcontroller navigation and motion control system of the underwater robotic complex”, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 11, no. 9, pp. 3110–3121, 2016
17. E A Vereschagina et al Building of a digital model of aluminum electrolysis modes 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1889 022001

18. V. A. Sedov, N. A. Sedova and S. V. Glushkov, «The fuzzy model of ships collision risk rating in a heavy traffic zone,” *Vibroengineering PROCEDIA*, vol. 8, pp. 453–458, 2016
19. Zolkin, A.L., et al. Creation of a software and hardware product of a real-time system for collecting, accounting and managing data transmission of an intelligent transport system in context of the IoT *Journal of Physics: Conference Series*, 2094(5),052059
20. Bazhenov, R. et al.. Applying machine learning methods to forecasting customer churn for a telecommunications company *CEUR Workshop Proceedings* 2021 2843
21. Nelly A. Sedova et al. Assessment the collision risk level for an autonomous unmanned ship involving fuzzy logic and neural network technologies /*Marine intellectual technologies / № 4 part 3*, 2021 pp128-134
22. G. V. Verkhova, S. V. Akimov, «Electronic educational complex for training specialists in the field of technical systems management,” in *Proceedings of IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS)*, pp. 26–29), 2017.
23. P. Semingson, M. Crosslin, J. Dellinger. «Microlearning as a tool to engage students in online and blended learning,” in *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2015, pp. 474–479.
24. Ashraf, H. El-Bakry and M. Samir Abd El-razek. «Handling Big Data in E-Learning,” *International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology*, vol.3(1), pp.47–51, 2015
25. Khramova, L. N. et al (2018). Modern managers training in the context of competence approach. *Journal of Social Sciences Research*, 2018(Special Issue 5), 194–199. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi5.194.199>
26. E. Lavrov and O. Lavrova «Intelligent adaptation method for human-machine interaction in modular E-learning systems”, in. *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial*

- Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops, Kherson, Ukraine, June 12-15, pp.1000-1010, 2019.
27. R. Bloomfield, R. Bloomfield, J. Lala, «Safety-Critical Systems. The Next Generation, « in IEEE Security & Privacy, vol. 11, no. 4, pp. 11–13, 2013.
28. Rotshtein, «Reliability-based design of human performance conditions using fuzzy perfection », Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 55, No. 2, pp 240-252, 2019. DOI 10.1007/s10559-019-00128-5
29. Burkov, E. A. et al. (2020). Analysis of Impact of Marginal Expert Assessments on Integrated Expert Assessment. In Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020 (pp. 14–17). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SCM50615.2020.9198772>
30. Burov O. et al (2020). Cybersecurity in educational networks. In Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1131 AISC, pp. 359–364). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_56
31. E. Basan, A. Basan and O. Makarevich, «Evaluating and Detecting Internal Attacks in a Mobile Robotic Network,» in 2018 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), Zhengzhou, China, 2018, pp. 516-5168, 2018,. DOI: 10.1109/CyberC.2018.00102
32. N. Zhirabok, N. A. Kalinina and A. E. Shumskii, «Technique of monitoring a human operator’s behavior in man-machine systems,» Journal of Computer and Systems Sciences International, vol. 57, no. 3, pp. 443–452, 2018.
33. M P. Xu, J. Wang, M. Yang, W. Wang, Y. Bai, Y., and Y. Song, «Analysis of operator support method based on intelligent dynamic interlock in lead-cooled fast reactor simulator,» Annals of Nuclear Energy, vol. 99, pp. 279–282, 2017.
34. P. C. Cacciabue, «Human error risk management for engineering systems: a methodology for design, safety assessment, accident investigation and training,» Reliability Engineering & System Safety, vol. 83, issue 2, pp. 229–269, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.res.2003.09.013>

35. J. Dul, R. Bruder, P. Buckle, P. Carayon, P. Falzon and W. S. Marraset, «A Strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession,» *Ergonomics*, vol. 55(4), pp. 377–395, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>
36. Панфілов Ю. І. Психологічні основи забезпечення ефективності спільної діяльності операторів військ протиповітряної оборони: автореф. дис... канд. психол. наук: 19.00.03 / Панфілов Юрій Іванович; В.о. Укр. інженерно-пед. акад. Харків: [б.в.], 2017, 19 с
37. Burov, O. et al. (2021). Cognitive Performance Degradation in High School Students as the Response to the Psychophysiological Changes. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1201 AISC, pp. 83–88). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51041-1_12.
38. Pinchuk, O. et al. (2020). ICT for training and evaluation of the solar impact on aviation safety. In *CEUR Workshop Proceedings* (Vol. 2732, pp. 786–792). CEUR-WS.
39. Burov, O. et al (2020). Cybersecurity in educational networks. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1131 AISC, pp. 359–364). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_56
40. Лавров Е. А. Подход к обеспечению эргономического качества информационной среды вуза//Труды Международной научно-практической конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014»(Эрго 2014) Под редакцией. А. Н. Анохина, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеева. Санкт-Петербург, 2014. — С. 70–76.
41. Khramova, L. N. et al (2018). Modern managers training in the context of competence approach. *Journal of Social Sciences Research*, 2018(Special Issue 5), 194–199. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi5.194.199>
42. Лавров Е.А., Клименко А. В. Компьютеризация управления вузом. — Суми: Видавництво «Довкілля», 2005. — 307с.

43. Лавров Е.А., Клименко А.В., Палт М.В., Трубников Ю. В. Система компьютерного управления университетом. — М: Экономический факультет МГУ им. Ломоносова, ТЕИС, 2005. — 32с
44. Лавров Е.А., Барченко Н. Л. Измерение параметров оператора для систем эргономического обеспечения обучающих сред // Вісник Сумського національного аграрного ун-ту.-Сер.»Механізація та автоматизація виробничих процесів». — Суми, 2011. — Вип.8(23). — С.110–121
45. Лавров Е.А., Барченко Н. Л., Демиденко Д. Перспективы оценки функционального состояния оператора в системе «студент-компьютер» // Матеріали Третьої міжнародної науково-практичної конференції, м. Суми, 14–16 травня 2014 р. — Суми: СумДУ, 2014 — С. 93–94
46. Лавров Е.А., Барченко Н. Л. Агент-менеджер в системе эргономического обеспечения электронного обучения //Бионика интеллекта. — 2013. — № 2 (81). — С. 115–120
47. Лавров Е.А., Барченко Н. Л. Многоуровневая адаптация в университетских обучающих средах// В сборнике: Научно-образовательная информационная среда XXI века. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции, Петрозаводск, Н. С. Рузанова (отв. редактор). 2015.- Петрозаводск, 2015.- С. 118–122
48. Lavrov, E., Siryk, O., & Chabanenko, P. (2020). A method to ensure the effectiveness and attractiveness of e-learning. Human-oriented systemic ergonomic approach. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2732, pp. 572–582). CEUR-WS.
49. E. Lavrov, A. Volosiuk, N. Pasko, V. Gonchar and G.Kozhevnikov, «Computer Simulation of Discrete Human-Machine Interaction for Providing Reliability and Cyber-security of Critical Systems,» in Proceedings of the Third International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (Ergo-2018), St. Petersburg, Russia, July 4–7, 2018, pp. 67–70, 2018, DOI:/10.1109/ERGO.2018.8443846
50. Belov and E. Ulaeva, «Mathematical model of incident management in the composite applications,» in International Conference «Quality

Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS), St. Petersburg, 2017, pp. 477–480. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITMQIS.2017.8085866>

51. M. Havlikovaa, M. Jirglb and Z. Bradac, «Human Reliability in Man-Machine Systems,” *Procedia Engineering*, vol. 100, pp. 1207–1214, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.485>

52. M. G. Grif, O. Sundui and E. B. Tsoy, «Methods of desingning and modeling of man–machine systems,” in *Proc. of International Summer workshop Computer Science*, 2014, pp. 38–40.

53. Адаменко АН, Ашеров АТ, Бердников ИЛ. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник. М.: Машиностроение. 1993;528.

54. Z. Wu, X. Pan, Huixiong Wang and J. Chen, «Influence of work motivation and task difficulty on human reliability,» in *Second International Conference on Reliability Systems Engineering (ICRSE)*, Beijing, 2017, pp.1-5, doi: [10.1109/ICRSE.2017.8030722](https://doi.org/10.1109/ICRSE.2017.8030722)

55. X. Pan, C. He and T. Wen, «A review of factor modification methods in human reliability analysis,» in *10th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS)*, Guangzhou, 2014, pp. 429-434, doi: [10.1109/ICRMS.2014.7107233](https://doi.org/10.1109/ICRMS.2014.7107233)

56. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник/ Адаменко А. Н., Ашеров А. Т., Лавров Е. А. и др. под общ. ред. Губинского А. И. и Евграфова Е. Г.- М., Машиностроение, 1993. — 528 с.

57. E. S. Torres, D. Celeita and G. Ramos, «State of the art of Human Factors Analysis Applied to Industrial and Commercial Power Systems,» in *2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, Delhi, India, 2018, pp.33-38. doi: [10.1109/ICPEICES.2018.8897323](https://doi.org/10.1109/ICPEICES.2018.8897323)

58. T. Gu, L. Li, M. Lu and J. Li, «Research on the calculation method of information security risk assessment considering human reliability,» in 10th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS), Guangzhou, 2014, pp. 457-462. doi: 10.1109/ICRMS.2014.7107238
59. Доровський В.О. Ідентифікація професійних знань операторів автоматизованих систем управління: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.13.06 / Доровський Володимир Олексійович; Херсонський держ. технічний ун-т. Херсон, 2014. 36 с.
60. Автотранспортна експертиза: підручник / В. К. Доля, Ю. О. Давідіч, А. І. Лозовий та ін. Х.: ХНАМГ, 2011. 422 с
61. Ашерев А.Т. Ергономіка інформаційних технологій: оцінка, проектування, експертиза. Навч. посіб. / А.Т. Ашерев, Г.І. Сажко, Харків: УПА, 2005, 243 с.
62. Доля В. К. Міські і регіональні проблеми ергономіки і логістики / В. К. Доля, Ю. О. Давідіч, О. О. Лобашов та ін. Х.: НТМТ, 2011. 201 с.
63. Доля В. К. Проблеми ергономіки і логістики в транспортних системах міст / Е. В. Гаврилов, Ю. О. Давідіч, В. Ф. Харченко та ін. Горлівка: ПП «Видавництво Ліхтар», 2019. 516 с.
64. Доля В. К. Аспекти ергономіки і логістики в транспортних системах міст / В. К. Доля, С. С. Овчинников, К. Є. Вакуленко та ін. Х.: НТМТ, 2021. 217 с.
65. Давідіч Ю. О. Проектування автотранспортних технологічних процесів з урахуванням психофізіології / Ю. О. Давідіч. Харків: ХНАДУ, 2006. 292 с.
66. Давідіч Ю. О. Теоретичні основи ергономічного забезпечення автотранспортних технологічних процесів: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.22.01; 05.01.04 / Давідіч Юрій Олександрович; Харківська національна академія міського господарства. Х., 2007. 42 с
67. Рева О. М. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування: Монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай; За ред. О. М. Реви. Рівне: «Овід», 2010. 106 с.

68. Чабаненко П. П. Исследование безопасности и эффективности функционирования систем человек-техника эргосетями / П. П. Чабаненко. Севастополь, 2012. 160 с
69. E. Lavrov, N. Pasko, «Automation of assessing the reliability of operator's activities in contact centers that provide access to information resources,” in Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, Ukraine, May 14-17, 2018, vol. I: Main Conference, pp. 445-448.
70. E. Lavrov, N. Pasko, «Development of Models for Computer Systems of Processing Information and Control for Tasks of Ergonomic Improvements,” in International Conference on Information and Software Technologies, ICIST 2018, Vilnius, Lithuania, October 4–6, 2018, pp. 98–10. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99972-2_8
71. E. Lavrov, N. Pasko, O. Lavrova and N. Savina, «Models for the Description of Man-Machine Interaction for the Tasks of Computer-Aided Assessment of the Reliability of Automated Systems,» in 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 176-181. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847767
72. E. Lavrov, N. Pasko, A. Krivodub, «Automated analysis of ergonomic measures in discrete control systems,” Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 4(3), pp.16-22, 2015. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.48050
73. E. Lavrov, N. Pasko, P. Paderno, A. Volosiuk, V. Kyzenko, «Decision Support Method for Ensuring Ergonomic Quality in Polyergatic IT Resource Management Centers,” in 2017 IEEE III International Conference on Control in Technical Systems (CTS), St. Petersburg, 2019, pp. 153-156.
74. E. S. Ogurtsov, V. A. Kokoreva, S. F. Ogurtsov, T. et al «Microcontroller navigation and motion control system of the underwater robotic complex”, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 11, no. 9, pp. 3110–3121, 2016
75. Burkov, E. A. et al(2020). Analysis of Impact of Marginal Expert Assessments on Integrated Expert Assessment. In Proceedings of 2020 23rd International

- Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020 (pp. 14–17). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SCM50615.2020.9198772>
76. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Mukoseev, V., & Dubovyk, S. (2020). Automation of reliability assessment of functional elements of flexible automated production based on functional network methodology. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2740, pp. 357–364). CEUR-WS.
77. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Burov, O., & Osadchyi, V. (2020). Ergonomics of cyberspace. mathematical modeling to create groups of operators for error-free and timely implementation of functions in a distributed control system. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2740, pp. 380–385). CEUR-WS.
78. Lavrov, E., Paderno, P., Burkov, E., Volosiuk, A., & Lung, V. D. (2020). Expert assessment systems to support decision-making for sustainable development of complex technological and socioeconomic facilities. In E3S Web of Conferences (Vol. 166). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016611002>
79. Lavrov, E., Pasko, N., & Siryk, O. (2020). Information technology for assessing the operators working environment as an element of the ensuring automated systems ergonomics and reliability. In Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020 (pp. 570–575). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235497>
80. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Burkov, E. A., Siryk, O. E., & Pasko, N. B. (2020). Information Technology for Modeling Human-machine Control Systems and Approach to Integration of Mathematical Models for Its Improvement. In Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020 (pp. 117–120). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SCM50615.2020.9198791>
81. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Burov, O., & Natalia, M. (2020). Mathematical Models for Reducing Functional Networks to Ensure the Reliability

- and Cybersecurity of Ergatic Control Systems. In Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020 (pp. 179–184). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235418>
82. Burov, O. et al. (2020). Self-adjusted data-driven system for prediction of human performance. In Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1131 AISC, pp. 282–287). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_45
83. Lavrov, E., Pasko, N., Siryk, O., Kisel, N., & Sedova, N. (2020). The method of teaching IT students computer analysis of ergonomic reserves of the effectiveness of automated control systems. In E3S Web of Conferences (Vol. 166). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016610017>
84. Lavrov, E., Lavrova, O., Pasko, N., Kyzenko, V., & Savina, N. (2019). Assessment of the reliability of a human operator in access systems to information resources. In 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings (pp. 51–56). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/PICST47496.2019.9061495>
85. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Volosiuk, A. A., Pasko, N. B., & Kyzenko, V. I. (2019). Automation of Functional Reliability Evaluation for Critical Human-Machine Control Systems. In Proceedings of 2019 3rd International Conference on Control in Technical Systems, CTS 2019 (pp. 144–147). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CTS48763.2019.8973294>
86. Васильєв М. В. Закономірності діяльності рятувальників в системі «рятувальник - засоби захисту та ліквідації аварії – надзвичайна ситуація з викидом небезпечної хімічної речовини»: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.01.04 / Васильєв Михайло Валерійович; Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. Харків, 2015. 24 с.
87. Lavrov, E. A., Paderno, P. I., Volosiuk, A. A., Pasko, N. B., & Kyzenko, V. I. (2019). Decision Support Method for Ensuring Ergonomic Quality in Polyergatic

- IT Resource Management Centers. In Proceedings of 2019 3rd International Conference on Control in Technical Systems, CTS 2019 (pp. 148–151). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CTS48763.2019.8973265>
88. Lavrov, E., Kozhevnykov, G., Pasko, N., Gonchar, V., & Mukoseev, V. (2019). Improvement for Ergonomic Quality of Man-Machine Interaction in Automated Systems based on the Optimization Model. In 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 - Proceedings (pp. 735–740). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632074>
89. Lavrov, E., & Lavrova, O. (2019). Intelligent adaptation method for human-machine interaction in modular E-learning systems. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2393, pp. 1000–1010). CEUR-WS.
90. Lavrov, E., Pasko, N., & Borovyk, V. (2019). Management for the Operators Activity in the Polyergatic System. Method of Functions Distribution on the Basis of the Reliability Model of System States. In 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 - Proceedings (pp. 423–428). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632102>
91. Lavrov, E., Pasko, N., Lavrova, O., & Savina, N. (2019). Models for the Description of Man-Machine Interaction for the Tasks of Computer-Aided Assessment of the Reliability of Automated Systems. In 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT 2019 - Proceedings (pp. 176–181). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847767>
92. Lavrov, E., Barchenok, N., Lavrova, O., & Savina, N. (2019). Models of the dialogue «human-computer” for ergonomic support of e-learning. In 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications

- Technologies, AICT 2019 - Proceedings (pp. 187–190). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847763>
93. Lavrov, E., & Pasko, N. (2018). Automation of assessing the reliability of operator's activities in contact centers that provide access to information resources. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2105, pp. 445–448). CEUR-WS.
94. Lavrov, E. A., Volosiuk, A. A., Pasko, N. B., Gonchar, V. P., & Kozhevnikov, G. K. (2018). Computer Simulation of Discrete Human-Machine Interaction for Providing Reliability and Cybersecurity of Critical Systems. In Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments, Ergo 2018 (pp. 67–70). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ERGO.2018.8443846>
95. Lavrov, E., & Pasko, N. (2018). Development of Models for Computer Systems of Processing Information and Control for Tasks of Ergonomic Improvements. In Communications in Computer and Information Science (Vol. 920, pp. 98–109). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99972-2_8
96. Lavrov, E. A., Pasko, N. B., & Snytyuk, V. E. (2018). Information Technology for Distribution of Functions between Operators as a Means of Improving the Reliability of Polyergatic Systems. In Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environments, Ergo 2018 (pp. 71–76). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ERGO.2018.8443832>
97. Lavrov, E., & Pasko, N. (2018). Optimization of the activity of operators of critical systems by methods of regulating operationalo tension. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2105, pp. 227–234). CEUR-WS.
98. Lavrov, E., Tolbatov, A., Pasko, N., & Tolbatov, V. (2017). Cybersecurity of distributed information systems. The minimization of damage caused by errors of operators during group activity. In 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 - Proceedings (pp. 83–87). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2017.8020071>

99. Lavrov, E., Pasko, N., Barchenko, N., & Tolbatov, A. (2017). Development of adaptation technologies to man-operator in distributed E-learning systems. In 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 - Proceedings (pp. 88–91). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2017.8020072>
100. Lavrov, E., Barchenko, N., Pasko, N., & Borozenec, I. (2017). Development of models for the formalized description of modular e-learning systems for the problems on providing ergonomic quality of humancomputer interaction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(2–86), 4–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.97718>
101. Lavrov, E., Tolbatov, A., Pasko, N., & Tolbatov, V. (2017). Ergonomic reserves for improving reliability of data processing in distributed banking systems. In 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 - Proceedings (pp. 79–82). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2017.8020070>.
102. E. Lavrov, P. Paderno, O. Siryk, E. Burkov, N. Pasko and V. Nahorny, «Decision Support in Incident Management Systems. Models of Searching for Ergonomic Reserves to Increase Efficiency,» 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 653-658, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467991.
103. E. Lavrov, N. Pasko, O. Siryk, P. Paderno and E. Burkov, «Models and Information Technology for Reliable Design of the Functioning Processes of Flexible Production Systems as Complex Human-Machine Systems,» 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 673-678, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467894.
104. E. Lavrov, O. Siryk, N. Pasko, P. Paderno and E. Burkov, «Reliability of Human-Machine Interaction in Distributed Information Environments. Models for Morphological Analysis and Optimization of Group Activities,» 2020 IEEE

International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 679-684, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9468043.

105. P. I. Paderno et al, «Expert Classification: Probabilistic Estimates,» 2021 XXIV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 2021, pp. 28-31, doi:10.1109/SCM52931.2021.9507116.

106. P. I. Paderno et al «Expert Classification: Resource-Based Approach,» 2021 XXIV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 2021, pp. 31-33, doi:10.1109/SCM52931.2021.9507119.

107. E. Lavrov et al Method for assessing the information content of factors forming the cognitive independence of students, 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1840 012066

108. E. A Lavrov et al Analysis of information security issues in corporate computer networks 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1047 012117

109. Lavrov, E., et al. The Methodology of Managed Functional Networks for Organizing Effective and Adaptive Human-Machine Dialogue in Automated Systems 2021 CEUR Workshop Proceedings 2021 3013, p. 428-437

110. Burov O. et al. (2021) Influence of Properties of the Nervous System on Cognitive Abilities. In: Ayaz H., Asgher U., Paletta L. (eds) Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 259. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80285-1_14

111. Lavrov E. et al. (2021) Functional Networks for Modeling and Optimization Human-Machine Systems. In: Sumpor D., Jambrošić K., Jurčević Lulić T., Milčić D., Salopek Čubrić I., Šabarić I. (eds) Proceedings of the 8th International Ergonomics Conference. ERGONOMICS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1313. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66937-9_21

112. Volosiuk A. et al. (2021) Mobile App Authentication Systems: Usability Issues for Cyrillic Alphabet Users (Pilot Study). In: Sumpor D., Jambrošić K.,

- Jurčević Lulić T., Milčić D., Salopek Čubrić I., Šabarić I. (eds) Proceedings of the 8th International Ergonomics Conference. ERGONOMICS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1313. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66937-9_26
113. Lavrov E. et al. (2021) Analysis of Working Conditions and Modeling of Activity Algorithms for Contact-Center Operators. In: Sumpor D., Jambrošić K., Jurčević Lulić T., Milčić D., Salopek Čubrić I., Šabarić I. (eds) Proceedings of the 8th International Ergonomics Conference. ERGONOMICS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1313. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66937-9_14
114. Вплив інформаційних технологій на розвиток бізнесу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-informatsionnyh-tehnologiy-na-razvitie-biznesa/viewer>.
115. Вчені, що вивчають інформаційно-комунікаційні технології. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://studwood.net/1486575/ekonomika/uchenye_izuchayuschie_informatsionno_kommunikatsionnye_tehnologii.
116. Тенденції світового ІТ-ринку. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tadviser.ru/>.
117. ТОП-10 програм-помічників електрику. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ds-electronics.com.ua/>.
118. Best Web-Based Electrical Design Software. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.capterra.com/electrical-design-software>.
119. Best Electrical Design Software. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.goodfirms.co/software>.
120. Рейтинг мов програмування 2022. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/651585/>.
121. Посібник з мови програмування Java. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://metanit.com/java/tutorial/>.

122. Уроки Adobe Photoshop для початківців. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vse-kursy.com/read/254-uroki-fotoshopa-dlya-nachinayuschih-besplatnye-video-dlya-zanyatii-doma.html>
123. Список функцій. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://notepadpp.fandom.com/ru/wiki>.
124. Документація Open Server. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ospanel.io/docs/>.
125. IntelliJ IDEA: корисні функції для розробників [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/wrike/blog/318136/>.
126. IntelliJ Idea. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/idea/>.
127. Методологія IDEF0. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://stud.com.ua/87184/ekonomika/metodologiya_idef0.
128. Призначення та склад методології IDEF0. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/pris/lecture/tema6/tema6_2?pli=1.
129. Діаграма варіантів використання. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://flexberry.github.io/ru/fd_use-case-diagram.html.