

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
І.Р. Пархомей
(підпис)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Комісара Максима Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Автоматизований модуль розрахунку параметрів газового накопичувача енергії крокуючого робота»,
науковий керівник дисертації: к. т. н., доцент Поліщук Михайло Миколайович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «28» 10 2019 р. № 3770-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: процес розробки газового накопичувача енергії з рекуперацією енергії для робіт вертикального переміщення.

4. Предмет дослідження: ефективність процесу проектування газового накопичувача.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1. Огляд існуючих накопичувачів енергії. 2. Розгляд методики проектування газових накопичувачів. 3. Розробка САЕ-системи, за допомогою якої будуть здійснюватись обчислення характеристик параметрів газового накопичувача.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Додаток Б. Блок-схема алгоритму розрахунку, Додаток В. Схема кінематична принципова, Додаток Г. Діаграма класів.

7. Орієнтовний перелік публікацій
Комісар М. В., Польшакова О. М.. Аналіз проблем, тенденцій та нових рішень накопичувачів енергії мобільних роботів / EFEKTIVNÍ NÁSTROJE MODERNÍCH VĚD. – 2019. – С. 52-54.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка на співпадіння	Лісовиченко О.І., доцент		
НК	Пасько В. П., доцент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Дослідження проблем використання промислових роботів.	02.09-08.09	
	Пошук шляху подолання проблем шляхом впровадження рекуперації енергії.	09.09-15.09	
	Аналіз існуючих розробок з використанням рекуперації.	16.09-22.09	
	Постановка мети. Огляд основних накопичувачів енергії, їх переваг та недоліків.	23.09-06.10	
	Опис методики розрахунку параметрів газового накопичувача	07.10-13.10	
	Розробка програмного забезпечення модуля САПР	14.10-27.10	
	Оформлення пояснювальної записки та додатків	28.10-22.11	
	Перевірка на співпадіння		
	Захист		

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Проблема компактних та достатньо потужних джерел енергії для робототехнічних систем є невирішеною сьогодні. Пошук ефективних джерел живлення для роботів є затребуваною задачею. У наш час розроблено багато електричних джерел живлення акумуляторів різних типів. Проводяться дослідження для пошуку рішень з рекуперацією енергії, що дозволяло б збільшити ефективний час використання робота з однієї зарядки. Так, наявні хімічні та фізичні накопичувачі енергії з рекуперацією. Існує також рішення газового накопичувача.

Метою дисертації є підвищення ефективності шляхом автоматизації процесу проектування модуля рекуперації газового накопичувача, що дозволить пришвидшити роботу проектувальників, зробити її більш якісно. Задачею є розробити CAE систему, за допомогою якої будуть здійснюватись обчислення характеристики параметрів газового накопичувача.

Додаток, розроблений внаслідок виконання дисертації, дозволяє інженерам-проектувальникам, дослідникам та науковцям робити розрахунки з вищою ефективністю та уникати помилок.

Загальний об'єм роботи – 78 сторінок, 12 рисунків, 22 таблиці, 2 додатки, 12 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Ключові слова: газовий накопичувач, виконавчий пристрій, рекуперація, модуль САПР, CAE система.

ABSTRACT

The problem of compact and powerful energy sources for robotic systems is unresolved today. Finding efficient power supplies for robots is a much-needed task. In our time, many electrical sources of energy of different batteries types have been developed. A large amount of research are conducted to find decisions with energy recovery, which has made it possible to achieve more battery lifetime. So, there are chemical and physical energy storage with recovery possibility. There is also a gas storage solution.

The objective of the dissertation is efficiency increasing by making the process of the gas storage recovery module designing automatic, so designer work is able to be faster and more quality. The purpose is to design a CAE system, which is able to do computing of gas storage module.

The application allows engineers, researchers, and scientists to make calculations with higher efficiency and avoid mistakes.

Total capacity: 78 pages, 12 figures, 22 tables, 2 applications, 12 references.

Keywords: gas storage, actuator, recuperation, CAD module, CAE system.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему: *Автоматизований модуль розрахунку параметрів газового накопичувача енергії крокуючого робота*

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП	10
1. ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	13
1.1. Типи акумуляторів для роботів	13
1.1.1. Свинцево-кислотні акумулятори.....	13
1.1.2. Літій-полімерні акумулятори (Li-Po).....	15
1.1.3. Літій-іонні акумулятори (Li-ION)	17
1.1.4. Літій-залізо-фосфатні (LiFePo4).....	19
1.1.5. Нікель-кадмієві (NiCd)	21
1.1.6. Нікель-магнієві (NiMh).....	23
1.1.7. Іоністори.....	25
Висновок до розділу.....	26
1.2. Огляд існуючих накопичувачів енергії роботів.....	26
1.2.1. Маховиковий накопичувач енергії.....	26
1.2.2. Маховиковий рекуператор енергії	28
1.2.3. Хіміко-кінетичний накопичувач.....	30
1.2.4. Розробки акумуляторів майбутнього	32
Висновки до розділу	38
2. ОПИС МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ МОДУЛЯ РЕКУПЕРАЦІЇ.....	39
3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДУЛЯ САПР	42
3.1. Вибір середовища.....	42
3.1.1. Платформа розробки GUI Qt Creator.....	42
3.1.2. Графічний інтерфейс – WxGlade	44
3.1.3. Інтерфейс програмування Windows Forms	44
3.2. Опис ключових класів, методів та властивостей	46
3.3. Опис функціоналу	49
3.3.1. Ввід параметрів та розрахунки	49
3.3.2. Зчитання з файлу	52
3.3.3. Запис у файл.....	54

3.4. Інтерфейс та взаємодія з користувачем	55
3.4.1. Вікно «Розрахунки»	55
3.4.2. Вікно «Формули»	60
3.4.3. Вікно «Схема»	61
3.4.4. Вікно «Про програму»	62
Висновки до розділу	62
4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	63
4.1. Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології) (табл. 4.1)	63
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту	64
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартапу	65
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	70
4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	71
Висновки до розділу	73
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76
ДОДАТКИ	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КА – космічний апарат

АБ – акумуляторна батарея

ТЗ – транспортний засіб

НВАБ – нікель-воднева акумуляторна батарея

МРЕ – маховиковий рекуператор енергії

МР – мобільний робот

САПР – система автоматизованого проектування

ВП – виконавчий пристрій

ВСТУП

Використання роботизованої техніки та роботів сьогодні стало життєвою необхідністю, а не лише показником прогресу. Збільшення об'ємів виробництва, ускладнення процесів, необхідність автоматизації – це лиш поверхневі причини, через які роботи займають вагоміше місце в житті людини кожен день. Існує необхідність усунення людського фактору, наприклад, під час виробництва складних обчислень або небезпечних маніпуляцій, захисті людського життя.

Проникнення роботів в усі сфери життя неминуче, причому процес автоматизації торкається як фізичної, так і інтелектуальної праці. Технології сьогодні збільшили потребу в висококваліфікованих професіях в області науки про дані та інших, які тепер можуть використовувати інформацію для зростання або поліпшення стратегії компанії. Люди ж у цій ситуації будуть освоювати роль управлінця тим самим штучному інтелектом і створювати нові робочі місця для роботів.

Згідно з прогнозами PricewaterhouseCoopers і Оксфордського університету, до 2030 року більше 30% робочих місць займуть роботи, Всесвітній економічний форум в своїй доповіді «The Future of Jobs» говорить про те, що, до 2020 року роботи займуть більше п'яти мільйонів робочих місць. Штучний інтелект (ШІ), великі дані, блокчейн, 3D-друк і інші сучасні технології не тільки допомагають нам вирішувати завдання, вони створюють абсолютно нові висококваліфіковані професії в області науки, змушують людей змінювати роботу і освоювати нові компетенції.

Головною проблемою автономних роботів є найбільш ефективно використання енергії. Ефективні накопичувачі дають змогу збільшити термін експлуатації одного робочого циклу без підзарядки, це дозволяє розширити можливості та сфери використання роботів.

Електричні системи накопичення енергії мають переваги у порівнянні з пневматичними та гідравлічними [1], тому використовуються сьогодні більш часто. Різні акумулятори є джерелами енергії в даних системах, вони мають

як переваги, так і недоліки. «Ми до сих пір маємо дуже великі енергетичні проблеми. Ми до сих пір маємо проблеми з транспортуванням достатньої кількості енергії, яке дозволило б системам бути досить ефективними і дійсно автономними», – зазначив доктор Мартін Вісс, фахівець з крокуючих систем в Дельфтському технологічному університеті [2]. Пошук рішення цієї проблеми здійснюється у всьому світі. Розробляються рішення такі, як магнієві, органічні, твердотілі, пінні, графенові, акумулятори, паливні комірки. Інші типи накопичувачів енергії розробляються на основі не лише електричних систем. Так, застосовуються моховики, системи поєднання хімічних та кінетичних накопичувачів енергії та ін.

Проблема компактних та достатньо потужних джерел енергії для робототехнічних систем залишається невирішеною. Необхідність пошуку шляхів зменшення затрачуваної енергії, підвищення ефективності її зберігання залишаються. Незважаючи на появу великої кількості рішень, запит на винайдення вискоефективного накопичувача енергії залишається.

Більш ефективно використовувати енергію можна шляхом застосування її рекуперації. Була розроблена конструкція робота з газовими накопичувачами з рекуперацією енергії. Параметри газового накопичувача можуть бути різні в залежності від поставлених вимог до можливостей робота, його конструктивних елементів, типів його систем, внаслідок чого під час проектування багато часу та зусиль витрачається на роботу, яку можна автоматизувати шляхом застосування системи автоматичного проектування (САПР). На практиці використання САПР для здійснення розрахунків параметрів газового накопичувача є зручним, дозволяє підвищити продуктивність роботи проектувальників, спростити процес для некваліфікованих користувачів та зробити розрахунки швидко та правильно.

Об'єктом є процес розробки газового накопичувача енергії з рекуперацією енергії для роботів вертикального переміщення.

Предметом є ефективність процесу проектування газового накопичувача.

Метою дисертації є підвищення ефективності проектування газового накопичувача енергії крокуючого робота шляхом автоматизації процесу проектування, що дозволить пришвидшити роботу розробників, зробити її більш якісно. Задачею є розробити САЕ систему, за допомогою якої будуть здійснюватись обчислення характеристики параметрів газового накопичувача.

1. ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Вимоги до джерела живлення мобільного робота:

- велике значення струмовіддачі;
- швидка зарядка;
- мала вага;
- велика кількість циклів заряд / розряд;
- малі габарити;
- не потребує обслуговування;
- тривале збереження заряду в режимі очікування;
- бажано наявність вбудованого захисту від перевантаження.

1.1. Типи акумуляторів для роботів

1.1.1. Свинцево-кислотні акумулятори

Даний тип набув широкого поширення завдяки універсальним особливостям та низькій вартості. Сьогодні існує широкий спектр даного типу акумуляторів, що дозволяє використовувати їх в системах для живлення за допомогою резерву, електропостачальних системах автономного типу, сонячних електростанцій, різноманітних типах транспорту, портативних приладів, приладів для досліджень, роботи, пристроїв для розваг тощо.

Принцип роботи даного акумулятори з хімічної точки зору полягає у взаємодії металів і рідин, що проявляється у вигляді оборотної реакції, яка має місце під час замикання контактів на позитивних та негативних пластинах. Відповідно до назви свинцево-кислотних акумуляторів основними складовими є свинець і кислота, при цьому позитивні заряди мають місце на свинцевих пластинах, а негативні заряди на оксиді цинку. При замиканні електричного кола у даній системі починається хімічна реакція, наслідком якої є поява руху електронів, а отже й електричного струму. Внаслідок цього процесу має місце корозія пластин батарей, а свинець покривається шаром сульфату свинцю. Отже, при перебігу даного

процесу на катоді та аноді з'явиться наліт з сульфату свинцю. Після розрядки акумулятора катод та анод покриваються тим же металом, сульфатом свинцю, їхній заряд відносно рідини має дуже схоже значення, отже і напруга батареї практично відсутня.

У разі підключення до акумулятору зарядного пристрою до клем електродів напрям протікання струму в кислоті зміниться на протилежний. Матиме місце певна хімічна реакція, коли молекули кислоти будуть розщеплюватись, що спричинятиме усунення сульфату свинцю з обох пластин акумулятору. Наприкінці процесу зарядки електроди матимуть стан, описаний на початку: на одному з них буде свинець, на іншому – окис свинцю, внаслідок чого в системі будуть дві різнозаряджені пластини, батарея буде повністю заряджена, а акумулятор можна використовувати знову.

Це легкодоступний і поширений вид акумуляторів. Доступні різні варіанти по ємності і відповідно габаритам. Нас в даному випадку цікавлять 6 і 12 вольт ємністю від 0.8 Ач до 7 Ач.

- теоретична енергоємність (Вт · год / кг): близько 133 Вт · год / кг;
- питома енергоємність (Вт · год / кг): 30-60 Вт · год / кг;
- енергощільність питома (Вт · год / дм³): 1250 Вт · год / дм³;
- ЕРС зарядженого акумулятора: 2,11 В, робоча напруга: 2,1 В (3 або 6 секцій в результаті дають стандартні 6,3 В або 12,6 В);
- напруга акумулятора у стані повної розрядки: 1,75 - 1,8 В. Менше розряджати їх не можна;
- робоча температура: від - 40 до + 40;
- ККД: близько 80-90%.

Переваги:

- дуже дешеві. Ціна: від 180 грн;
- висока струмовіддача. За спостереженням, номінальна тривала не менше, 5 С. С - це ємність в Ач. При цьому такий акумулятор здатний віддати дуже великий пусковий струм. Навіщо висока струмовіддача в

роботі? Це потрібно для старту двигунів і акумулятор повинен віддати пусковий струм і не допустити осідання живлення, щоб не перезавантажити керуючу електроніку;

- простий і дешевий зарядний пристрій. Швидка зарядка.

Недоліки:

- важкі і габаритні. Посереднє відношення ємності до габаритам;
- при тривалому невикористанні можливе зниження характеристик.

Висновок: Свинцево-кислотні акумулятори найближчим часом збережуть статус найбільш поширених джерел живлення. Але вимога зменшення габаритів і збільшення ємності призводять до необхідності іншого вибору.

Цей тип акумуляторів останнім часом зробив крок вперед. Збільшено термін служби. З'явилися, які не потребують обслуговування, які мають спеціальні напівпроникні клапани і стравлюють гази при зарядці автоматично.

1.1.2. Літій-полімерні акумулятори (Li-Po)

У габаритах і ємності, а також струмовіддачі мають гарні показники, але існує гостро проблема цих акумуляторів - вихід з ладу при надмірній розрядці.

Літій-полімерні акумулятори вже значно витіснили літій-іонні в телефонах стільникового зв'язку, зазнали широкого використання в моделях з радіокеруванням. В якості електроліту використовується полімерний матеріал. Зазвичай літій-іонні акумулятори мають циліндричну форму, літій-полімерні же дають інженерам більшу свободу вибору. Мінімальна товщина сягає 0.9 мм. Є змога виготовляти мініатюрні моделі в різних формах. Найчастіше побутові акумулятори призначені для пристроїв з низьким енергоспоживанням, але існують промислові моделі і моделі для моделістів, здатні віддавати струм до 45С. Інші характеристики схожі зі звичайними літій-кобальтовими моделями. Термін служби 300-500 циклів, чутливі до

низьких температур, старіють, вибухонебезпечні при перевантаженнях, часто мають вбудовану електроніку захисту.

Акумулятори мають 3.7 вольт на банку. На практиці вона може бути від 2.5 В розрядженому вигляді до 4.2 В зарядженому. Тому бортова електроніка повинна бути робастною до такого роду діапазонів. Вкрай небезпечний розряд нижче 2.5 вольт, в цьому стані батарея стрімко деградує і буквально через кілька годин втрачає ємність майже повністю. Банку доведеться замінювати. Якщо одна з банок в процесі експлуатації втратила ємність, то починається процес розбалансування, коли поточна напруга на банках не рівна між собою як після зарядки звичайним способом, так і під час роботи. Це ще більше погіршує ситуацію, прискорюючи процес виходу з ладу і час роботи до розрядки.

LiPo-акумулятори мають робастні властивості. Тобто здатністю тривалий час зберігати прийнятну напругу живлення, при цьому швидко просідають на останніх 3-5% ємності. В цей же час найбільша ймовірність вивести з ладу банки, якщо вчасно не здійснити зарядку. Також вони можуть втрачати свої властивості при зберіганні в критично розрядженому стані.

Для зарядки потрібно спеціальний пристрій.

Переваги:

- невисока ціна;
- високе значення щільності енергії на одиницю об'єму;
- низькі показники саморозряду;
- товщина елементів від 0.9 мм;
- гнучкі форми;
- екологічна безпека;
- струмовіддача 10С-45С.

Недоліки:

- знижуються характеристики на холоді;

- можуть вибухнути при перегріванні понад 70 градусів;
- через високу струмовіддачу вибухонебезпечні;
- складний зарядний пристрій;
- при розряді нижче 2.5 вольт на банку виходять з ладу;
- зниження ємності впродовж використання; через пару років втрачають 20% ємності;
- дисбаланс банок при експлуатації або зарядці. Вимагають балансування, тобто зарядки з вирівнюванням окремо кожної банки.

Висновок: мають багато переваг, на противагу є мають дорогий зарядний пристрій, який коштує від 35 \$ з балансуванням. Але небезпека надмірного розряду на даний момент створює додаткові незручності. Ці акумулятори потрібно використовувати в роботах з платою-диспетчером живлення, яка візьме на себе всі проблеми контролю розряду і зарядки.

1.1.3. Літій-іонні акумулятори (Li-ION)

Акумулятори мають значну перевагу у порівнянні зі свинцево-кислотними, оскільки завдяки високій енергетичній щільності, компактним розмірам та легкій вазі надають в 3-4 рази вищу ємність. Сильною стороною літій-іонних батарей є швидкий процес повної перезарядки на 100%, що займає близько двох годин.

Акумулятори даного типу набули значного поширення в багатьох галузях, таких як: електроніка, будівництва автомобілів, виробничих приладів, машини та апарати різного типу та призначення, системах для зберігання електричної енергії, станціях сонячної та вітрової генерації. Завдяки описаним вище перевагам широко використовуються в сучасних пристроях телекомунікацій, зв'язку, передачі даних, а також в багатьох портативних засобах: стільникових телефонах, планшетах, лептопах та нотбуках, станціях зв'язку, раціях тощо. Сьогодні відсутність літій-іонних акумуляторів породила б чимало проблем.

Принцип роботи полягає у використанні іонів літію, пов'язанх молекулами додаткових металів. До складу окрім літію часто додають літійкобальтоксид та графіт. Під час використання акумулятора та його розрядки має місце процес переходу іонів від негативного зарядженого катоду до позитивно зарядженого аноду. Під час зарядки процес відбувається навпаки. Будова батареї потребує наявності відокремлювача між двома частинами елемента для усунення самовільного переміщення носіїв заряду. У разі замикання ланцюга батареї відбувається зарядка або ж розрядка, іони на шляху до негативно зарядженої пластини долають розділовий сепаратор.

Характеристики:

- енергетична щільність: 100 ... 210 Вт · год / кг;
- число циклів зарядки/розрядки до втрати 15% ємності: 600-1100;
- саморозряд при температурі 18° : 5-10% на місяць;
- струм навантаження щодо ємності:
 - o піковий: більше 2С;
 - o найбільш прийнятний: до 1С;
- можливий перезаряд: дуже низький;
- внутрішній опір: 160 ... 260 мОм;
- обслуговування: не конкретизується.
- максимальн напруга в елементі: 4,19..4,21 В;
- мінімальне напруга: 2,6..2,85 В;
- діапазон робочих температур: -25 - +55 ° С;
- час швидкої зарядки: 2-4 години.

Переваги:

- низькі показники саморозряду;
- простоте обслуговування;
- немає ефекту пам'яті;
- високі показники енергетичної щільності.

Недоліки

- втрачають ємність з часом;
- небезпечні при руйнуванні;
- дорогі (особливо у форматі АА);
- високий саморозряд (до 5% в місяць);
- низька струмовіддача.

Висновок: ці акумулятори не підходять для силового застосування, але відмінно підходять до компактних вбудованих систем. Також вимагає спеціального зарядного пристрою, який до того ж придбати складніше інших. Батареї без захисту виходять з ладу при перезарядці всього на 20-30%. При цьому нагріваються, і якщо залишити їх в такому стані без нагляду, все може закінчитися вельми плачевно.

1.1.4. Літій-залізо-фосфатні (LiFePo₄)

Історія літій-залізо-фосфатних акумуляторів почалась в університеті Техасу, де для виробництва катоду літійових акумуляторів був використаний фосфат. Вибір був зроблений завдяки хорошим електрохімічним властивостям матеріалу, зокрема низького опору. Важливим внеском у технологію стало застосування в якості матеріалу катоду нанофосфатних частинок. Сильними сторонами стали високе значення струму протікання, досить велика тривалість терміну служби, гарні показники термічної стабільності та безпеки.

При порівнянні з літій-іонними системами літій-залізо-фосфатні акумулятори більш пристосовані до повного розряду, ефект «старіння» на них відображається менше. Спільною рисою є можливе пошкодження батарей внаслідок перезаряду, але у порівнянні з літій-іонними розглядувані батареї більш стійкі до цього явища. Забезпечення стійкої напруги при розрядці, а саме 3.2 В, дає змогу сформувати стандартну батарею на 12 В чотирма базовими елементами, що забезпечує легку потенційну заміну

свинцево-кислотних батарей. Відсутність у хімічному складі кобальту дозволяє помітно зменшити вартість батарей даного типу та зробити їх більш безпечними для середовища після використання та простішими для утилізації. Особливості будови дозволяють забезпечити високий струм при розрядці та швидку зарядку за короткий час, близько однієї години, до повної ємності. Даний тип не забезпечений стійкістю до особливих температурних режимів, низької температури або ж понад 35°C, внаслідок чого термін служби може зменшитись, але у порівнянні зі нікель-металогідридними, нікель-кадмієвими, свинцево-кислотними акумуляторами буде більш прийнятний. Можливе виникнення необхідності балансування блоків літій-фосфатних акумуляторів, оскільки останні мають вищий показник саморозряду ніж літій-іонні аналоги.

Молоді акумулятори, почали масово проводитися лише після 2003 року. За своїми властивостями дуже схожі на IMR, мають схожі області застосування. Відмінність у зниженій ємності, здатності працювати під ще більшими навантаженнями (до 10C), більш низької вартості комплектуючих. Так само поліпшені безпека і термін служби. Хімія цих елементів влаштована таким чином що навіть при критичних навантаженнях не відбувається утворення кисню, отже, не росте тиск всередині елемента. Термін служби може перевищувати 3000 циклів.

Характеристики:

- теоретична енергоємність: 560 Вт · год / кг;
- питома енергоємність (Вт · год / кг): близько - 120 Вт · год / кг;
- енергощільність питома (Вт · год / дм³): близько 260 Вт · год / дм³;
- ЕРС: 1,35 В;
- робоча температура: +450 ° С.

Переваги:

- високе значення струму віддачі: 50А за робочого режиму; 140А за швидкого короткочасного режиму до 20-ти секунд;

- корпус більш безпечний та міцний у порівнянні з оболонками Li-Po акумуляторів;
- дуже повільний саморозряд;
- працюють на холоді без значних змін у характеристики подальшої роботи;
- швидка зарядка;
- високе значення напруження на відмову є втричі більшим за нікелевих акумуляторів.

Недоліки

- зарядка відбувається лише за допомогою особливого зарядного пристрою;
- вага більша ніж у Li-Po.

Згідно з відгуками, усувають частину недоліків Li-ION, такі як обмежена струмовіддача, небезпека загоряння і вартість. Але ось у нашій країні коштують дорожче Li-ION.

Висновок: перспективне джерело живлення.

1.1.5. Нікель-кадмієві (NiCd)

Нікель-кадмієві акумулятори відносяться до надійному типу. Існують моделі що обслуговуються і не обслуговуються з ємністю від 5 до 1500Ач. У продажі зазвичай наявні як сухозаряджені банки без електроліту, номінальна напруга яких досягає 1.2В. Даний тип має схожі особливості конструкції зі свинцево-кислотними, але нікель-кадмієві забезпечені рядом важливих переваг таких, як безперебійна робота при температурі нижче -35 °С, здатність забезпечити високі значення пускових струмів, а також швидкий розряд. Розглядуваний тип стійкий до глибокого розряду, більш захищений від перезаряду, не мають вимог моментального заряду у порівнянні зі свинцево-кислотними. Зовнішня форма представлена міцним пластиком, що

дозволяє збільшити показники стійкості до механічних пошкоджень та вібрацій.

Даний тип є лужним акумулятором з електродами на базі гідрату окису нікеля з домішками графіту, порошкового кадмію та окису барію. Електроліт зазвичай утворений 20%-вим розчином калію з домішками моногідрату літію. Для усунення можливості замикання пластини, одна з яких є негативною та розташовується між позитивними, розділяє ізолюючий сепаратор.

Під час розряду акумулятора анод з гідратом окису нікелю взаємодіє з іонами електроліту, внаслідок чого утворюється гідрат закису нікелю. Натомість на кадмієвому катоді утворюється гідрат окису кадмію, завдяки чому створюється різниця потенціалів 1.4 В та відтворюється напруга в акумуляторі та зовнішньому колі.

Під час заряду нікель-кадмієвих батарей відбувається окислення певної маси аноду і перетворення гідрату закису нікелю в гідрат окису нікелю. При цьому відбувається відтворення катоду з утворенням кадмію.

Особливий принцип роботи нікель-кадмієвих акумуляторів забезпечує нерозчинність всіх складових, які утворюються під час розряду, в електроліті, та відсутність побічних реакцій.

Характеристики:

- питома енергоємність: 40-60 Вт · год / кг;
- питома потужність: 160..510 Вт / кг;
- ЕРС = 1,4 В;
- робоча напруга = 1,4..1,0 В;
- нормальний струм зарядки: 0,1 ... 1 С;
- саморозряд: 15% в місяць;
- теоретична енергоємність: 240 Вт · год / кг;
- робоча температура: -20 ... + 40 ° С;
- питома енергощільність: 60-160 Вт · год / дм³;

- струми розряду досягають 45А для силових і всього до 0.3С-0.4С для звичайних версій.

Переваги:

- висока струмовіддача;
- відсутність побічних ефектів при надмірній розрядці / зарядці;
- можливість відновлення при погіршенні властивостей;
- проста і швидка зарядка. Силові версії можуть бути заряджені за 20-40 хвилин, але графік заряду вже інший і пристрій зарядки складніше і дорожче.
- можуть зберігатися розрядженими.

Недоліки:

- потрібен диспетчер живлення для усунення ефекту пам'яті. Ефект пам'яті проявляється, коли акумулятор піддають зарядці раніше, ніж він реально розрядиться;
- погіршуються при розряді малими струмами;
- дорогі.

1.1.6. Нікель-магнієві (NiMh)

Напевно про них чули всі. Так як різні побутові прилади зроблені саме на них. Безумовно, в силовій частині роботів вони застосовані не можуть бути, зате підходять відмінно для автономних портативних систем. Такі використовували раніше в маяках системи навігації та в світлових точках системи навігації.

Характеристики:

- енергоємність питома: - 55-75 Вт · год / кг;
- енергоємність теоретична (Вт · год / кг): 310 Вт · год / кг;
- ЕРС: 1.3 В;
- Струм розряду: 0,3С до 0,6С;

- Робоча температура: $-55 \dots + 60 \text{ }^\circ \text{C}$;
- Питома енергощільність ($\text{Вт} \cdot \text{год} / \text{дм}^3$): $160 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{дм}^3$;
- Тривалість використання: 350-550 циклів.

Переваги:

- не мають ефекту пам'яті;
- ні побічних ефектів при розрядці/зарядці;
- проста зарядка.

Недоліки:

- дорогі для своїх можливостей;
- слабкострумні (є винятки);
- тривала зарядка.

Висновок: слабкострумові пристрої - електроніку, не більше.

Примітка: Ніхто не спростовує можливість з'єднання елементів паралельно, але тут варто відзначити, що в найпростішому випадку така схема з'єднання призводить до підвищеного саморазряду. Але все ж в мережі є приклади реалізації японських NiMh автомобільних акумуляторів. Також є компанія Tenenergy, яка виробляє цікаву модель NiMh акумуляторів:

- ємність 5Ач;
- струм розряду - до 40А;
- напруга 1.2 вольта;
- можна збирати в збірки послідовно;
- вартість від 7 \$;
- форм-фактор Sub-C 23 x 43 mm.

1.1.7. Іоністори

Іоністори. У платі Махаон Терра на базі ARM контролера від STM наявні іоністори як джерело резервного живлення (іноді їх називають ще суперконденсаторами).

Переваги іоністорів:

- низький час зарядки в декілька секунд завдяки низьким значенням внутрішнього опору;
- невисокий внутрішній опір, що дає змогу згладжувати імпульси струму навантаження, у разі включення іоністора паралельно до акумуляторної батареї;
- для заряду можливі прості методи;
- функціонування можливе за будь-яких значень напруги, які не перевищують номіналу;
- відносно низька вартість;
- тривалий термін використання;
- необмежена кількість циклів роботи;
- значний діапазон робочих температур: $-30 \dots + 65 \text{ }^\circ\text{C}$;
- немає потреби контролювати режим зарядки.

Недоліки іоністорів:

- невисока енергетична щільність;
- високі значення саморозряду;
- невисока напруга для певних типів;
- не дають достатньої ємності для накопичення енергії;
- потрібен значення напруги забезпечується послідовним вмиканням трьох іоністорів.

Іоністор ємністю близько 0.5 фарад здатний живити цифровий пристрій зі струмом споживання кілька мА – до 20 хвилин (для точного підрахунку часу помножте ємність на критичну різницю потенціалів для пристрою і розділіть на струм споживання). Однак, як правило заряджаються вони від

того ж джерела, що живить цифрову частину. Тому щоб уникнути перевантаження джерела напруги застосовують струмообмеження, незважаючи на те, що іоністор має куди більший внутрішній опір у порівнянні зі звичайним конденсатором. Не варто також забувати, що конденсатор при розрядці зменшує різницю потенціалів між обкладинками, що ще більш зменшує час резервування, тому іноді разом з ними можуть використовувати підвищувальні схеми живлення, що дозволяють отримати від нього все можливе.

Висновок: застосування такого рішення цілком можливе в електроніці роботів. Іоністори частково вирішили б існуючі проблеми. Також, варто пам'ятати, що час зарядки такої системи може також обчислюватися хвилинами, особливо в схемах з струмообмеження.

Висновок до розділу

Розглянуті більшість популярних джерел автономного живлення. Загалом список акумуляторів включає в себе як мінімум 20-30 позицій. Отже, проблема потужних і компактних джерел енергії - це те, що найбільш обмежує розвиток техніки, сподіваюся, коли-небудь буде вирішена.

1.2. Огляд існуючих накопичувачів енергії роботів

1.2.1. Маховиковий накопичувач енергії

У якості допоміжного (додаткового) джерела живлення пропонується використання енергії маховика, що швидко обертається. Акумулятор енергії з маховиком дозволяє при необхідності запасати або вивільняти енергію, що використовується для руху робота або для зарядки бортових акумуляторів.

На рис. 1.1 [3] представлена принципова блок-схема гібридного мобільного робота з використанням оборотної електромашини 1, розміщеної з маховиком 2 в єдиному модулі. Одержаний таким чином електромеханічний акумулятор енергії 3 стає додатковим джерелом енергії МР. При цьому ускладнення всієї системи управління роботом буде

незначним. Для цього буде потрібно, щоб блок 4 управління перемикав електромашину 1 маховика у відповідний режим. Блок 5 управління системою пов'язаний з блоком 4 управління і з оборотною електромашиною 6 трансмісії, яка може передавати енергію через зчеплення (муфту) 7 ведучих коліс 8 машини або, при необхідності, заряджати бортові електрохімічні акумулятори 9. Електромагнітна муфта 10 призначена для консервації енергії маховика при тривалій стоянці машини.

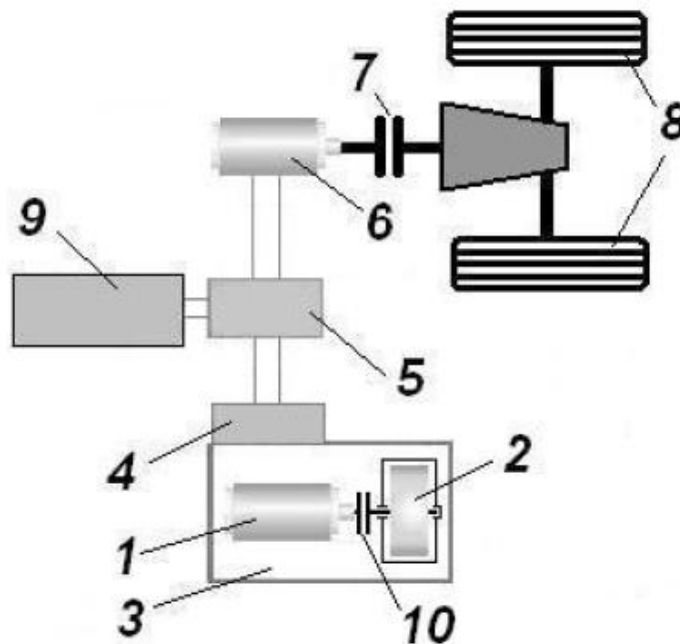


Рисунок 1.1. Схема гібридного мобільного робота з двома джерелами енергії: 1 – оборотна електромашина; 2 – маховик; 3 – електромеханічний акумулятор енергії; 4 – блок управління; 5 – блок управління системою; 6 – оборотна електромашина трансмісії; 7 – зчеплення (муфта); 8 – ведучі колеса машини; 9 – бортові електрохімічні акумулятори; 10 – електромагнітна муфта маховикового акумулятора енергії

Маховик дозволить в аварійних режимах (хоча і не тільки) протягом певного проміжку часу забезпечувати енергією навісне обладнання (телекамери, пульт управління, монітори і т.п.), а також інші споживачі.

При легких умовах руху МР (наприклад, в місті по асфальтовому або бетонному покриттю з малим коефіцієнтом сумарного опору руху машини) повна енергія, яку можуть виробляти електрохімічні акумулятори, буде перевищувати потрібну на рух. Тому частина вільної енергії акумуляторів

можна направити на «зарядку» (розкручування) маховика під час руху або переміщення МР до місця виконання робіт. Частка цієї енергії, що є випадковою величиною, визначається співвідношенням (балансом) енергій потрібної на рух і розвивається електрохімічними акумуляторами.

У важких умовах експлуатації МР (при русі по піску, снігу або при бортовому повороті) запасеної маховиком енергією можна скористатися для подолання важкопрохідної ділянки. Спільний відбір енергії від маховика і електрохімічних акумуляторів дозволить також поліпшити тягово-динамічні якості МР.

Рекуперация енергії, що вивільняється при гальмуванні МР або при русі під ухил, дозволить розкрутити маховик при неповній його зарядці або підзарядити бортові акумулятори. При цьому також можна здійснити одночасну зарядку обох джерел енергії.

При повністю розкрученому маховику (або при частоті його обертання не нижче 50% від максимальної), якщо допускають умови експлуатації МР, можна виробляти підзарядку штатних акумуляторних батарей енергією маховика. Таке відновлення роботи акумуляторних батарей в звичному для себе режимі «зарядка - розрядка» дозволить підвищити їх довговічність і збільшить термін служби. Крім того, застосування маховика дозволить згладити пікові навантаження по струму при пускових режимах.

При необхідності, в разі сильної розрядки штатних акумуляторів, можна здійснювати переміщення МР своїм ходом на обмежені відстані.

1.2.2. Маховиковий рекуператор енергії

У зв'язку зі збільшенням терміну активного існування телекомунікаційних космічних апаратів (КА) до 15 років до систем електропостачання космічних апаратів пред'являються підвищені вимоги.

В даний час реалізується різні схеми терморегулювання акумуляторної батареї, від конвекторного газового охолодження і терморегулювання за допомогою рідинних колекторів до безпосереднього скидання тепла з

корпусу в космічний простір шляхом променистого теплообміну. Такі схеми дозволяють забезпечувати робочу температуру в діапазоні $0..40\text{ }^{\circ}\text{C}$, що значно знижує її ККД і термін служби.

Для підвищення енергетичних і ресурсних характеристик вторинного джерела енергії КА пропонується замінити нікель-водневу акумуляторну батарею (НВАБ) маховиковим рекуператором енергії (МРЕ), які мають в порівнянні з хімічними джерелами струму більш високі питомі характеристики.

Описуваний маховиковий рекуператор енергії [4] (рис. 1.2) складається з двох ідентичних маховиків 1, маховики закріплені на валах 2, що обертаються в опорах, що складаються з магнітних 3 і шарикопідшипників 4, причому останні від'єднуються. Опори встановлені в рамці 5 так, що осі обертання маховиків паралельні, а їх кінетичні моменти спрямовані зустрічно і рівні по модулю. Маховики конструктивно суміщені з електричною машиною, виконаної аналогічно зверненої електричної машині гіропристроїв.

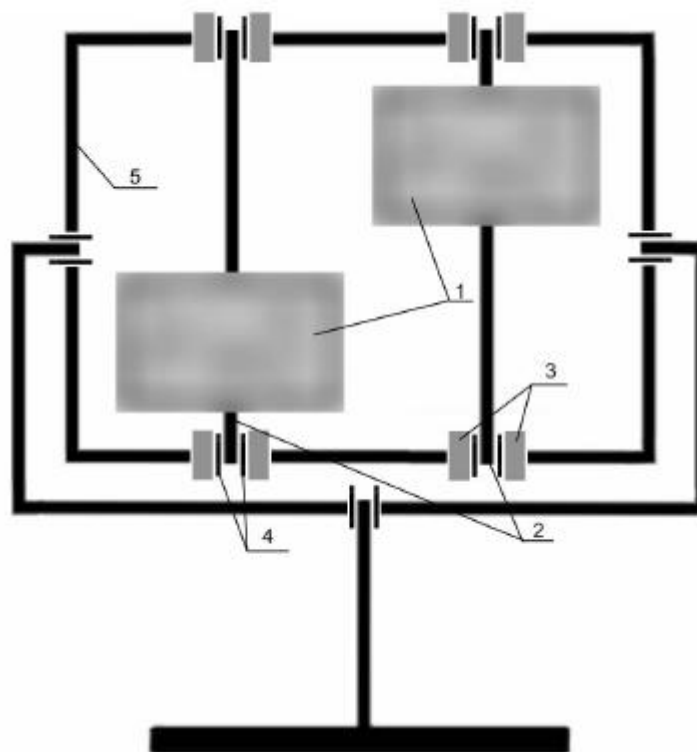


Рисунок 1.2. Маховиковий рекуператор енергії

У процесі виведення на орбіту, коли на нього діють короткочасні, але значні перевантаження, вони сприймаються підшипниками 4, що мають велику жорсткість, але малий ресурс, якого в даному випадку досить. На етапі виведення маховиковий рекуператор віддасть попередньо накопичену енергію для роботи електрообладнання розгінного блоку і приведення КА в робочий стан після виведення на орбіту. Після розкриття панелей сонячних батарей відбувається поповнення маховиків 1 енергією і від'єднання шарикоподшипників 4. Оскільки на подальших етапах експлуатації перевантаження, що діють на КА, малі, несучої здатності і жорсткості магнітних опор 3 досить, а ресурс їх практично не обмежений. На тіньовому ділянці орбіти електричні машини працюють в режимі генераторів і віддають накопичену маховиками 1 енергію за рахунок зменшення їх кінетичних моментів.

Практична питома номінальна енергія НВАБ - 85 Вт·год/кг, на кінець терміну використання - 55 Вт · год / кг. Питома енергія маховикового накопичувача, навитого з промислового вуглеволокна, - до 420 Вт·год/кг, алмазного волокна - до 4000 Вт·год/кг.

1.2.3. Хіміко-кінетичний накопичувач

У даній роботі [5] пропонується поєднати хімічний і кінетичний накопичувачі енергії в одному пристрої.

Накопичувач (рис. 1.3) містить акумуляторну батарею 1, постійні магніти 2 безколекторного генератора, маховик 3, на внутрішній периферичній поверхні якого встановлені акумуляторні батареї 1, гістерезисний двигун, магнітні кільця 4 якого розташовані на зовнішній периферичній поверхні маховика 3, статорні обмотки 5 гістерезисного двигуна встановлені в нерухомому корпусі 6. У центрі корпусу 6 є вісь 7, на якій закріплені контактні кільця 8, навколо яких обертаються щітково-контактні апарати 9, установлені на маховику 3. Статорні обмотки 10 безколекторного генератора розташовані на маховику 3. Статорні обмотки 5,

10 гістерезисного двигуна і безколекторного генератора з'єднані з блоком комутації 11, який через щітково-контактні апарати 9 і контактні кільця 8 підключений до електромеханічної системи 12.

Хіміко-кінетичний накопичувач енергії працює наступним чином. Від стаціонарного джерела струму подається напруга на статорні обмотки 5 гістерезисного двигуна. Маховик 3 розкручується до робочої частоти обертання n_2 , в результаті чого обертові маси накопичують кінетичну енергію. Під час роботи хіміко-кінетичного накопичувача енергія заряджених акумуляторних батарей 1 через блок комутації 11 щітково-контактного апарату 9 і контактних кілець 8 подається в електромеханічну систему 12. У міру витрат енергії акумуляторних батарей відбувається їх підзарядка від статорних обмоток 10 через блок комутації 11. При цьому працює безколекторний генератор за рахунок наведення ЕРС в статорних обмотках 10 при обертанні їх навколо постійних магнітів 2, розташованих на осі 7. В результаті кінетична енергія обертючих мас перетворюється в електричну енергію. Накопичена кінетична енергія, перетворена з допомогою безколекторного генератора в електричну, може повертатися через блок комутації 11 щітково-контактного апарату 9 і контактних кілець 8 електромеханічної системи 12. Коли ви будете витратити кінетичну енергію частота обертання маховика 3 знижується до опорного числа оборотів n_1 . Відновлення частоти обертання до робочої частоти може здійснюватися шляхом використання енергії гальмування (в транспортних засобах) або енергії електростатичних зарядів, що утворюються на літальних апаратах або перетворення теплової (кінетичної) енергії відпрацьованого робочого тіла на двигунах в електричну, або від стаціонарних джерел струму. Кінетичну енергію, запасену маховиком, визначають за відомими формулами.

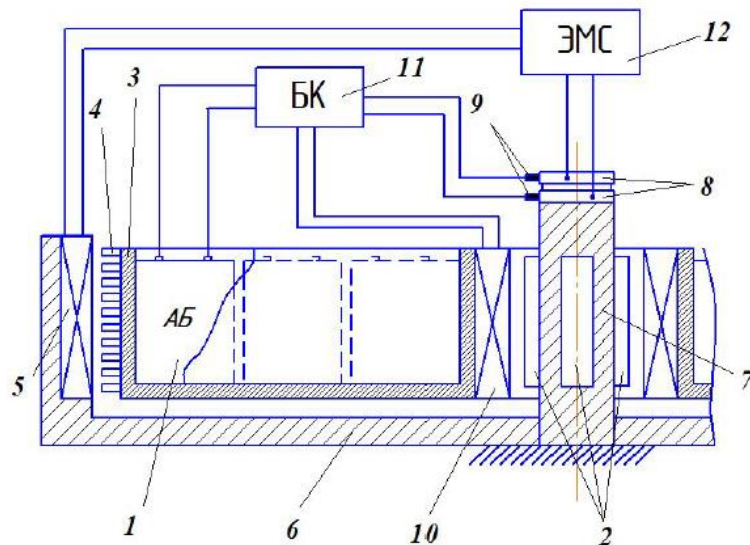


Рисунок 1.3. Хіміко-кінетичний накопичувач енергії

1.2.4. Розробки акумуляторів майбутнього

Сьогодні ряд стартапів близькі до створення безпечних компактних акумуляторів з вартістю зберігання енергії близько 100 доларів за кВт·год. Це дозволило б вирішити проблему електроживлення в режимі 24/7 і в багатьох випадках перейти на поновлювані джерела енергії, а заодно знизило б вагу і вартість електромобілів.

Але всі ці розробки вкрай повільно наближаються до комерційного рівня, що не дозволяє прискорити перехід з копалин на поновлювані джерела. Навіть Ілон Маск, який любить сміливі обіцянки, був змушений визнати, що його автомобільний підрозділ поступово покращує літій-іонні акумулятори, а не створює проривні технології.

Багато розробники вірять, що майбутні акумулятори стануть мати зовсім іншу форму, будову і хімічний склад у порівнянні з літій-іонними, які в останнє десятиліття витіснили інші технології з багатьох ринків.

Засновник компанії SolidEnergy Systems Кіча Ху (Qichao Hu), протягом десяти років розробляв літій-металевий акумулятор (анод металевий, а не графітовий, як в традиційних літій-іонних), стверджує, що головна проблема при створенні нових технологій зберігання енергії полягає в тому, що при поліпшенні якогось одного параметра погіршуються інші. До того ж сьогодні

існує стільки розробок, автори яких голосно заявляють про свою перевагу, що стартапам дуже важко переконати потенційних інвесторів і залучити достатньо коштів для продовження досліджень.

Згідно зі звітом Lux Research, за останні 8-9 років компанія вклала в дослідження зберігання енергії близько 4 млрд доларів, з яких стартапам, що створює «технології нового покоління», в середньому дісталось по 40 млн доларів. При цьому Tesla вклала близько 5 млрд доларів в Gigafactory, що займається виробництвом літій-іонних акумуляторів. Такий розрив дуже важко подолати.

За словами Герда Седера (Gerd Ceder), професора в галузі матеріалознавства Каліфорнійського університету в Берклі, створення маленької виробничої лінії і рішення всіх виробничих проблем для налагодження випуску акумуляторів обходиться приблизно в 500 млн доларів. Автовиробники можуть роками тестувати нові акумуляторні технології, перш ніж вирішити, купувати чи створили їх стартапи. Навіть якщо нова технологія виходить на ринок, потрібно подолати небезпечний період нарощування обсягів і пошуку клієнтів. Наприклад, компанії Leyden Energy і A123 Systems зазнали невдачі, незважаючи на перспективність їх продуктів, оскільки фінансові потреби виявилися вищими розрахункових, а попит не виправдав очікувань. Ще два стартапа, Seeo і Sakti3, не встигли вийти на масові обсяги виробництва і значний рівень доходу і були куплені за набагато менші суми, ніж очікували первинні інвестори.

У той же час три основних світових виробника акумуляторів - Samsung, LG і Panasonic - не надто зацікавлені в появі інновацій і радикальних змінах, вони вважають за краще трохи покращувати свою продукцію. Так що все стартапи, що пропонують «проривні технології», стикаються з основною проблемою, про яку вони вважають за краще не згадувати: літій-іонні акумулятори, розроблені в кінці 1970-х, продовжують удосконалюватися.

Літій-повітряні акумулятори

В літій-повітряних акумуляторах як окислювач використовується кисень. Потенційно вони можуть бути в рази дешевше і легше літій-іонних акумуляторів, а їх ємність здатна виявитися набагато більше при порівнянних розмірах. Головні проблеми технології: значна втрата енергії за рахунок теплового розсіювання при зарядці (до 30%) і відносно швидка деградація ємності. Але є надія, що протягом 5-10 років ці проблеми вдасться вирішити. Наприклад, в минулому році була представлена новий різновид літій-повітряної технології - акумулятор з нанолітичним катодом.

Акумулятори з золотими нанопровідниками

У Каліфорнійському університеті в Ірвайні розробили нанопровідникові акумулятори, які можуть витримувати більш 200 тис. циклів зарядки протягом трьох місяців без будь-яких ознак деградації ємності. Це дозволить багаторазово збільшити життєвий цикл систем живлення в критично важливих системах і споживчій електроніці.

Нанопровідники в тисячі разів тонші людської волосини обіцяють світле майбутнє. У своїй розробці вчені застосували золоті дроти в оболонці з діоксиду марганцю, які поміщені в гелеобразний електроліт. Це запобігає руйнуванню нанопровідників при кожному циклі зарядки.

Магнієві акумулятори

У Toyota працюють над використанням магнію в акумуляторах. Це дозволить створювати маленькі, щільно упаковані модулі, яким не потрібні захисні корпуси. У довгостроковій перспективі такі акумулятори можуть бути дешевше і компактніше літій-іонних. Правда, станеться це ще не скоро, якщо трапиться.

Твердотілі акумулятори

У звичайних літій-іонних акумуляторах як середовище для перенесення заряджених частинок між електродами використовується рідкий

легкозаймистий електроліт, що поступово приводить до деградації акумулятора.

Цього недоліку позбавлені твердотільні літій-іонні акумулятори, які сьогодні вважаються одними з найбільш перспективних. Зокрема, розробники Toyota опублікували наукову роботу, в якій описали свої експерименти з сульфідними зверхіонними провідниками. Якщо у них все вийде, то будуть створені акумулятори на рівні суперконденсаторів - вони стануть повністю заряджатися або розряджатися всього за сім хвилин. Ідеальний варіант для електромобілів. А завдяки твердотільній структурі такі акумулятори будуть набагато стабільніші і безпечніші сучасних літій-іонних. Розширяться і їх робочий температурний діапазон - від -30 до +100 градусів за Цельсієм.

Вчені з Массачусетського технологічного інституту в співдружності з Samsung також розробили твердотільні акумулятори, що перевершують за своїми характеристиками сучасні літій-іонні. Вони безпечніше, енергоємність вища на 20-30%, та до того ж витримують сотні тисяч циклів перезарядки. Та ще й не пожежонебезпечні.

Паливні комірки

Удосконалення паливних комірок може привести до того, що смартфони ми будемо заряджати раз в тиждень, а дрони стануть літати довше години. Вчені з Пхоханського університету науки і технології (Південна Корея) створили комірку, в якій об'єднали пористі елементи з нержавіючої сталі з тонкоплівковим електролітом і електродами з мінімальною теплоємністю. Конструкція виявилася надійніше літій-іонних акумуляторів і працює довше них. Не виключено, що розробка буде впроваджена в комерційні продукти, в першу чергу в смартфони Samsung.

Багато фахівців вважають, що майбутнє - за графеновими акумуляторами. У компанії Graphenano розробили акумулятор Grabat, який може забезпечити запас ходу електромобіля до 800 км. Розробники стверджують, що акумулятор заряджається всього за кілька хвилин -

швидкість зарядки / розрядки в 33 рази вище, ніж у літій-іонних. Швидка розрядка дуже багато значить для забезпечення високої динаміки розгону електромобілів.

Ємність 2,3-вольта Grabat величезна: близько 1000 Вт·ч / кг. Для порівняння, у кращих зразків літій-іонних акумуляторів - на рівні 180 Вт·ч / кг.

Мікроконденсатори, виготовлені за допомогою лазера

Вчені з Університету Райса домоглися прогресу в розробці мікросуперконденсаторов. Один з головних недоліків технології – велика вартість виготовлення, але застосування лазера може призвести до суттєвого здешевлення. Електроди для конденсаторів вирізаються лазером з пластикового листа, що багаторазово знижує трудомісткість виробництва. Такі акумулятори можуть заряджатися в 50 разів швидше літій-іонних, а розряджаються повільніше використуваних сьогодні суперконденсаторів. До того ж вони надійні, в ході експериментів продовжували працювати навіть після 10 тис. згинань.

Натрій-іонні акумулятори

Група французьких дослідників і компаній RS2E розробила натрій-іонні акумулятори для ноутбуків, в яких використовується звичайна сіль. Принцип роботи і процес виготовлення тримаються в секреті. Ємність 6,5-сантиметрового акумулятора - 90 Вт·год/кг, що можна порівняти з масовими літій-іонними, але він витримує поки не більше 2 тис. циклів зарядки.

Пінні акумулятори

Інша тенденція в розробці технологій зберігання енергії - створення тривимірних структур. Зокрема, компанія Prieto створила акумулятор на основі субстрату пенометалла (міді). Тут немає легкозаймистого електроліту, у такого акумулятора великий ресурс, він швидше заряджається, його щільність в п'ять разів вище, а також він дешевше і менше сучасних акумуляторів. У Prieto сподіваються спочатку впровадити свою розробку в

переносну електроніку, але стверджують, що технологію можна буде поширити ширше: використовувати і в смартфонах, і навіть в автомобілях.

Алюміній-іонний акумулятор з надшвидкою зарядкою

В Стенфорді розробили алюміній-іонний акумулятор, який повністю заряджається приблизно за одну хвилину. У цьому сам акумулятор володіє деякою гнучкістю. Головна проблема - питома ємність приблизно вдвічі нижче, ніж у літій-іонних акумуляторів. Хоча, з огляду на швидкість зарядки, це не так критично.

Акумулятор, який можливо згинати

Компанія Jenaх створила гнучкий акумулятор J.Flex, схожий на щільний папір. Його навіть можна складати. До того ж він не боїться води і тому дуже зручний для використання в одязі. Або уявіть собі наручний годинник з акумулятором у вигляді ремінця. Ця технологія дозволить і зменшити розмір самих гаджетів, і збільшити наявний обсяг енергії. Інший сценарій - створення гнучких складних смартфонів і планшетів. Потрібен екран побільше? Просто розгорніть складений удвічі гаджет.

Як стверджують розробники, тестовий зразок витримує 200 тис. складань без втрати ємності.

Еластичний акумулятор

Над створенням гнучких носіїв енергії працюють в багатьох компаніях. А команда вчених з Університету штату Арізона пішла далі і за допомогою особливої механічної конструкції створила акумулятор у вигляді еластичної стрічки. Не виключено, що ідея буде розвинена і дозволить вбудовувати акумулятори в одяг.

Ryden - вуглецеві акумулятори з швидкою зарядкою

У 2014 році компанія Power Japan Plus повідомила про плани по випуску акумуляторів, в основі яких лежать вуглецеві матеріали. Їх можна було виробляти на тому ж обладнанні, що і літій-іонні. Вуглецеві акумулятори повинні працювати довше і заряджатися в 20 разів швидше літій-іонних. Був заявлений ресурс в 3 тис. циклів зарядки.

Органічний акумулятор

У Гарварді була створена технологія органічних акумуляторів, вартість виробництва яких становила б 27 доларів за кВт·год. Це на 96% дешевше акумуляторів на основі металів (близько 700 доларів за кВт·год). У винаході застосовуються молекули хинонів, практично ідентичні тим, що містяться в ревені. За ефективністю органічні акумулятори не поступаються традиційним і можуть без проблем масштабуватись до величезних розмірів.

Акумулятори з нанопорами

У Мерілендському університеті в Коледж-Парку створили нанопористу структуру, кожна комірка якої працює як крихітний акумулятор. Такий масив заряджається 12 хвилин, по ємності втричі перевершує літій-іонні акумулятори такого ж розміру і витримує близько 1 тис. циклів зарядки.

Висновки до розділу

Головною проблемою автономних роботів є найбільш ефективно використання енергії. Ефективні накопичувачі дають змогу збільшити термін експлуатації одного робочого циклу без підзарядки, це дозволяє розширити можливості та сфери використання роботів.

Електричні системи накопичення енергії мають переваги у порівнянні з пневматичними та гідравлічними, тому використовуються сьогодні більш часто. Різні акумулятори є джерелами енергії в даних системах, вони мають як переваги, так і недоліки. Пошук рішення цієї проблеми здійснюється у всьому світі. Розробляються рішення такі, як магнієві, органічні, твердотілі, пінні, графенові, акумулятори, паливні комірки. Інші типи накопичувачів енергії розробляються на основі не лише електричних систем. Так, застосовуються маховики, системи поєднання хімічних та кінетичних накопичувачів енергії та ін.

2. ОПИС МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ МОДУЛЯ РЕКУПЕРАЦІЇ

Максимальне переміщення поршня газового накопичувача енергії становить

$$x_{max} = R_1 - R_1 \cos 45 = R_1 \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} \right), \quad (2.1)$$

де $R_1 = (0,100 \dots 0,500)$ м – довжина ноги (педіпулятора) робота у вільному стані.

Переміщення x поршня газової камери накопичувача потенціальної енергії залежить від кута β_1 повороту опорної ноги

$$x = R_1 \left(1 - \frac{\cos 45^\circ}{\cos(45^\circ - \beta_1)} \right); \quad 0 \leq \beta_1 \leq 90^\circ; \quad 0 \leq x \leq x_{max}. \quad (2.2)$$

Необхідна довжина L_0 газової камери визначається мінімальним тиском p_0 і максимальним тиском p_{max} (при $x = x_{max}$):

$$L_0 = \frac{p_{max} x_{max}}{p_{max} - p_0}, \quad (2.3)$$

де: $p_0 = 2 \text{ bar}$; $p_{max} = 8 \text{ bar}$.

Далі обчислюємо величину пружної сили J , яка діє на поршень газової камери, за формулою

$$J = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_0 \frac{L_0}{L_0 - x} - p_a \right), \quad (2.4)$$

де p_a – атмосферний тиск при нормальних умовах; $D = (0,040 \dots 0,100)$ м.

Діаметр газової камери накопичувача потенціальної енергії становить

$$D < \sqrt{\frac{4\mu Q_{max}}{\pi(p_{max} - p_a)}}, \quad (2.5)$$

де $Q_{max} = (250 \dots 750)$ Н; $\mu = 0,5$.

При переміщенні робота на першому етапі $0 \leq \beta_1 \leq 45^\circ$, тобто при накопичуванні потенціальної енергії однією силою опору f рухові від пружного елемента становить:

$$f = J \sin(45^\circ - \beta_1) = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_o \frac{L_o \cos(45^\circ - \beta_1)}{(L_o - R_1) \cos(45^\circ - \beta_1) + R_1 \cos 45^\circ} - p_a \right) \sin(45^\circ - \beta_1) \quad (2.6)$$

Пружна сила J стислого повітря у формулі (6) складає:

$$J = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_o \frac{L_o \cos(45^\circ - \beta_1)}{(L_o - R_1) \cos(45^\circ - \beta_1) + R_1 \cos 45^\circ} - p_a \right). \quad (2.7)$$

Максимальне значення потенціальної енергії в одній газовій камері складе

$$U_{\max} = \frac{\pi D^2}{4} (p_o L_o \ln \frac{L_o}{L_o - x_{\max}} - p_a x_{\max}). \quad (2.8)$$

Крім того, залежно від значення діаметра D поршня газової камери необхідно виконання умови:

$$D < \sqrt{\frac{(m + 3m_1)gL}{\pi(p_o L_o \ln \frac{L_o}{L_o - x_{\max}} - p_a x_{\max})}}, \quad (2.9)$$

де: $m = (25 \dots 50)$ кг; $m_1 = 0,25m$.

Максимальне значення сили руху робота залежно від значень діаметра D газової камери накопичувача енергії і кута β_o повороту ноги робота складає:

$$F_1^{\max} = 2\sqrt{(\mu Q_{\max})^2 - (J_o \cos(45^\circ - \beta_o))^2} + (m + 4m_1)g + 2J_o \sin(45^\circ - \beta_o), \quad (2.10)$$

де сила пружності стиснення газу J_o , коли ще діє сила приводу F_1 , складає

$$J_o = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_o \frac{L_o \cos(45^\circ - \beta_o)}{(L_o - R_1) \cos(45^\circ - \beta_o) + R_1 \cos 45^\circ} - p_a \right).$$

На другому етапі переміщення робота, коли він рухається під дією кінетичної енергії стислого газу, рушійна сила F_2 , яка діє на механічну систему з боку пружного середовища (газу) при *вимкненому* приводі та повороту ніг робота в межах $45^\circ \leq \beta_1 \leq 90^\circ$ обчислюється за формулою:

$$F_2 = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_o \frac{L_o \cos(45^\circ - \beta_1)}{(L_o - R_1) \cos(45^\circ - \beta_1) + R_1 \cos 45^\circ} - p_a \right) \sin(45^\circ - \beta_1). \quad (2.11)$$

А максимальне значення рушійної сили F_2 складе:

$$F_2^{\max} = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_o \frac{0,5L_o \cos(2\beta^*)}{(L_o - R_1) \cos(45^\circ - \beta^*) + R_1 \cos 45^\circ} - p_a \sin(45^\circ - \beta^*) \right). \quad (2.12)$$

Кінець розрахунку.

3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДУЛЯ САПР

3.1. Вибір середовища

При виборі середовища розробки важливим є наявність графічного дизайнера та вже реалізованих бібліотек функцій, що забезпечують швидшу реалізацію функціоналу, яка відповідає створеному у графічному дизайнері інтерфейсу. Такий набір дозволяє значно пришвидшити процес розробки, зменшити кількість помилок. Обов'язковою вимогою є наявність тимчасово або повністю безкоштовної версії необхідного середовища.

Дані вимоги задовольняють такі засоби, як Windows Forms Visual Studio, wxGlade, QtCreator. Розглянемо їх основні характеристики.

3.1.1. Платформа розробки GUI Qt Creator

Qt Creator - це кросплатформене середовище розробки C ++, JavaScript та QML, яка є частиною SDK для розробки додатків Qt GUI. Він включає в себе візуальний налагоджувач та інтегрований графічний інтерфейс та дизайнер форм. Особливості редактора включають підсвічування синтаксису та автозавершення. Qt Creator використовує компілятор C ++ з колекції компіляторів GNU для Linux та FreeBSD. У Windows він може використовувати MinGW або MSVC з установкою за замовчуванням, а також може використовувати налагоджувач Microsoft Console Debugger при компіляції з вихідного коду. Кланг також підтримується.

Qt Creator включає менеджер проектів, який може використовувати різноманітні формати проектів, такі як .pro, CMake, Autotools та інші. Файл проекту може містити інформацію, таку як файли, що входять до проекту, спеціальні етапи збирання та настройки для запуску програм.

Qt Creator включає редактор коду та інтегрує Qt Designer для проектування та побудови графічних інтерфейсів користувача (GUI) від віджетів Qt.

Редактор коду в Qt Creator підтримує підсвічування синтаксису для різних мов. На додаток до цього, редактор коду може аналізувати код на

мовах C ++ та QML, і в результаті заповнення коду надається довідкова семантична навігація.

Має багато корисних особливостей:

- розумний редактор коду. Текстовий редактор надає підтримку синтаксису і доповнення коду;
- майстер генерації проектів Qt4. Цей майстер дозволяє користувачеві генерувати проект для консольного застосування, GUI додатки або бібліотеки C ++;
- інтеграція довідки по Qt. Можна легко отримати доступ до всієї документації Qt клацнувши на кнопку Довідка;
- інтеграція з Qt Designer. Форми інтерфейсу користувача можуть бути спроектовані всередині Qt Creator. Просто клацніть два рази на файлі .ui в браузері проекту для запуску інтеграції;
- пошуковик. Потужний інструмент переміщення, який дозволяє користувачеві знайти файли і класи з використанням мінімуму натискань клавіш;
- підтримка формату файлу проекту .pro qmake. Файл проекту .pro використовується в якості файлу опису проекту;
- інтерфейс налагодження. Програми можна налагоджувати в Qt Creator з використанням графічного інтерфейсу до GNU symbolic debugger (GDB) і the Microsoft Console Debugger (CDB).

Відповідно, до переваг можна віднести:

- кросплатформеність;
- можливість використовувати на мобільних платформах;
- багаторівнева розробка;
- деталізована документація.

Недоліками є:

- значний розмір додатків;
- неможливість використовувати додаткові мови програмування;
- важкості з розповсюдженням додатків.

Обмеженість у використанні мови програмування є важливою, оскільки необхідна підтримка мови C#, коли наявна лише C++. Дана проблема не виникає у разі використання Visual Studio.

3.1.2. Графічний інтерфейс – WxGlade

Графічний користувацький інтерфейс WxGlade написаний мовою Python за допомогою інструментів GUI wxPython. Дає можливість реалізовувати такі інтерфейси користувачів, як wxWidgets / wxPython. Доступна генерація макетів C++, Python, Perl та ін.

WxGlade можна завантажити безкоштовно, наявний відкритий вихідний код.

WxGlade дозволяє:

- створити графічний інтерфейс додатку, блоки меню, тексту, зображень, кнопки тощо;
- обробляти та вставляти віджети;
- трансформувати дизайн у вихідний код;
- використовувати в різних операційних системах.

Основним недоліком WxGlade є обмеженість, оскільки згенерований код фактично лише відображає створені віджети. Якщо постає необхідність повністю використовувати середовище IDE застосування іншого інструмент буде кращим.

3.1.3. Інтерфейс програмування Windows Forms

Windows Forms в Visual Studio є інтерфейсом для програмування додатків. Дає змогу створювати графічний інтерфейс користувача. Розроблений на базі Microsoft .NET Framework.

У порівнянні з багатьма іншими середовищами, присутня підтримка багатьох мов програмування, таких як C#, C++, J# та ін. Наявна можливість підключити та використовувати великої кількості бібліотек, що дають змогу

спростити виконання простих завдань різних додатків таких як, наприклад, читання та запис даних у файловою систему.

Форма Windows Forms відображає користувачу необхідну інформацію у простій графічній формі. Найчастіше створення відбувається за рахунок додавання елементів керування на робочу область форми. Для них визначаються функції-реакції на дії користувача, у разі натискання клавіш, наведення миші, клацання тощо.

Основним елементом є виникнення подій під час взаємодії користувача з формою через створені елементи керування. Реакція визначається через запрограмовані команди у коді.

Розробниками вже описана значна кількість елементів для додавання на формі. До них належать кнопки, меню, перемикачі, текстові поля, ємності для малюнків, елементи керування та ін. Можливо розробити власні елементи керування для майбутнього користувача за допомогою класу `UserControl` у випадку нестачі існуючих елементів.

Деякі елементи для інтерфейсу користувача подібні до елементів додатків високої продуктивності таких як, наприклад, Microsoft Office. Можуть бути створені панелі інструментів та меню, деякі інші елементи керування за допомогою `MenuStrip` та `ToolStrip`.

Використання `Windows Forms Designer` у `Visual Studio` дає змогу помітно спростити процес розробки додатків у `Windows Forms`. Спершу відбувається додавання елементів на форму з панелі інструментів. Реалізовані сітки дають змогу просто вирівнювати елементи та забезпечити необхідні прив'язки. У разі необхідності є змога застосувати простір імен `System.Drawing`, де реалізований великий масив класів геометричних елементів.

З огляду на значно ширшу функціональність та велику кількість інструментів для розробника, для створення додатку буде використовуватись `Visual Studio Windows Forms`.

3.2. Опис ключових класів, методів та властивостей

Робота програма організована через взаємодію об'єктів, часткові властивості яких, такі як початковий зовнішній вигляд (кнопка, місце для картинки, меню, перемикач тощо), типи реакцій на дії користувача (клацання, наведення курсору миші) вже описані в бібліотеках. Це визначені класи. У програмі застосовувались наступні.

```
private Forms.Panel;
private Forms.Button;
private Forms.ToolTip;
private Forms.MenuStrip;
private Forms.TextBox;
private Forms.PictureBox;
private Forms.ToolStripMenuItem.
```

Конкретизувати зовнішній вигляд об'єктів на формі можна за допомогою зміни їх властивостей. Основні використані властивості у відповідності з класами таких.

Клас `Button`.

`Font` – визначає тип шрифт;

`Location` – визначає координати лівого верхнього кута елемента у порівнянні з лівим верхнім кутом самого контейнера;

`Name` – визначає ім'я елемента над яким відбувається управління;

`Size` – визначає висоту та ширину елемента над яким здійснюється управління;

`TabIndex` – визначає у якій послідовності відбуватиметься перехід елемента управління всередині контейнеру;

`Text` – задає представлення тексту у вигляді послідовності знаків Юнікоду;

`UseVisualStyleBackColor` – визначає значення, чи будуть використовуватись стилі оформлення у разі їх підтримки під час замальовки фону;

`Click` – визначають дії, які мають місце під час натискання елемента.

Клас `TextBox`.

Enabled – визначає можливість об'єкту реагувати певним чином на дії актора;

Font – визначає тип шрифту для тексту, який буде відображатись об'єктом;

Location – визначає координати лівого верхнього кута елемента у порівнянні з лівим верхнім кутом самого контейнера;

Name – визначає ім'я елемента над яким відбувається управління;

Size – визначає висоту та ширину елемента над яким здійснюється управління;

TabIndex – визначає у якій послідовності відбуватиметься перехід елемента управління всередині контейнеру.

Клас **MenuStrip**.

Location – визначає координати лівого верхнього кута елемента у порівнянні з лівим верхнім кутом самого контейнера;

Name – визначає ім'я елемента над яким відбувається управління;

Size – визначає висоту та ширину елемента над яким здійснюється управління;

TabIndex – визначає у якій послідовності відбуватиметься перехід елемента управління всередині контейнеру;

Text – задає представлення тексту у вигляді послідовності знаків Юнікоду.

Клас **ToolStripMenuItem**.

Name – задає ім'я елемента управління;

Size – задає висоту та ширину елемента управління;

Text – представляє текст як послідовність знаків Юнікоду.

Клас **Panel**.

BackColor – визначає колір для фону об'єкта;

ForeColor – визначає головний колір об'єкта;

Location – визначає координати лівого верхнього кута об'єкту;

Name – визначає ім'я елемента над яким відбувається управління;

Padding – визначає заповнення в об'єкті;

Size – визначає висоту та ширину елемента над яким здійснюється управління;

TabIndex – визначає у якій послідовності відбуватиметься перехід елемента управління всередині контейнеру;

Visible – визначає, чи відбуватиметься відображення об'єкта та дочірніх йому елементів.

Клас **ToolTip**.

Active – визначає, чи є на даний момент активною впливаюча підказка;

AutomaticDelay – визначає значення автоматичної затримки для впливаючої підказки;

AutoPopDelay – визначає довжину проміжку часу, коли впливаюча підказка буде відображатись на екрані у разі наявності вказівника миші в межах об'єкту, для якого визначена поточна підказка;

InitialDelay – визначає тривалість проміжку часу до відображення впливаючої підказки;

ReshowDelay – визначає тривалість часу затримки після появи тексту впливаючої підказки до появи наступної, коли вказівник миші перемістився на інший об'єкт;

ToolTipTitle – визначає заголовок для впливаючої підказки.

Клас **PictureBox**.

BackColor – визначає колір для фону об'єкта;

Image – визначає, яке зображення відображається об'єктом;

Location – визначає координати лівого верхнього кута об'єкту;

Name – визначає ім'я елемента над яким відбувається управління;

Size – визначає висоту та ширину елемента над яким здійснюється управління;

SizeMode – визначає режим, у якому відбувається відображення зображення;

TabIndex – визначає тип індексу переходу;

TabStop – визначає, чи надана користувачу можливість змістити фокус в елемент управління натисканням клавіші TAB.

Реакції програми на дії актора визначаються у функції-подіях. Використовувались наступні події.

`private void button_Click(object sender, EventArgs e)` – реакція на натискання об'єкту;

`private void textBox_TextChanged(object sender, EventArgs e)` – реакція на зміну тексту, зазначеного в полі об'єкту;

`private void ToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)` – реакція на натискання пункту меню.

3.3. Опис функціоналу

3.3.1. Ввід параметрів та розрахунки

Реалізація основної функції програми – здійснення розрахунків – відбувається через запуск функції-події при натисканні кнопки інтерфейсу «Розрахувати».

```
private void button_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
```

Алгоритм реалізації наведений в додатку.

Розрахунок здійснюється у такій послідовності. Першочергово відбувається зчитування заповнених відповідних полів вводу. Значення мають відповідати наступним вимогам:

- поле не залишається порожнім;
- вводиться раціональне число, не допускається ввід літери чи будь-якого знаку чи символу;

- роздільник у числі має бути лише комою;
- раціональне число повинно лежати в проміжку, відповідного кожній з введених змінних.

Для перевірки даних вимог застосовується два блоки `if`. Метод `Double.TryParse` перетворює рядкове представлення з `textBox` в еквівалент дійсного числа та зберігає значення у необхідну змінну у разі успішного перетворення. Якщо перетворення неуспішне, коли поле введення порожнє або введений незадовільний символ, метод повертає `false`, тому виконується відповідний до `if else`. При цьому:

- можливість зберегти результат введення стає недоступною через відключення кнопки (`button5.Enabled = false`);
- відображається червона панель, яка повідомляє користувачу про помилку у відповідному полі (`panel2.Show()`);
- встановлена за замовчуванням підказка стає неактивною (`toolTip10.Active = false`);
- уточнююча підказка стає активною (`toolTip2.Active = true`);
- відбувається позначення, що сталась помилка під час вводу для подальшого зупинення процесу розрахунку (`isArror = true`);

```
if (Double.TryParse(textBoxR1.Text, out R1));
else
{
    button5.Enabled = false;
    panel2.Show();
    toolTip10.Active = false;
    toolTip2.Active = true;
    isArror = true;
}
```

Другий блок перевірки забезпечує перевірку, чи належить введене значення до проміжку, у якому має лежати відповідний параметр. У разі невідповідності вимогам відбуваються дії, аналогічні описаним в першому блоці перевірок.

```
if (R1 < 0.1 || R1 > 0.5)
{
    button5.Enabled = false;
```

```

panel2.Show();
tooltip10.Active = false;
tooltip2.Active = true;
isArror = true;
}

```

Описані перевірки відбуваються для усіх параметрів, що вводяться. Усі параметри є незалежним один від одного, окрім значення діаметру газової камери D , що залежить від значення сили Q . Для узгодження цих величин після введення значення Q відбувається розрахунок відповідного дозвільного максимального значення D_{\max} – $D_{\max} = \text{Math.Pow}(4 * \text{miu} * Q / (\text{Math.PI} * (\text{pmax} - \text{pa})), 0.5)$. Відповідно під час введення D більша межа проміжку перевірки встановлюється як D_{\max} – `if (D < 0.015 || D > Dmax)`. При цьому значення допоміжної підказки введення у разі здійснення помилки динамічно змінюється – `tooltip5.SetToolTip(textBoxD, "При даному значенні Q\nD в межах [0.015; " + Dmax + "],\nпроздільник кома")`.

У разі відсутності помилок під час вводу виконується блок розрахунку параметрів.

```

if (!isArror)
{
    xmax = R1 - R1 * Math.Cos(Math.PI * 45 / 180.0);
    x = R1 * (1 - Math.Cos(Math.PI * 45 / 180.0) /
Math.Cos(Math.PI * (45 - Beta1) / 180.0));
    L0 = (pmax * xmax) / (pmax - p0);
    J = (Math.PI * D * D / 4) * (p0 * L0 / (L0 - x) - pa);
    f = J * Math.Sin(Math.PI * (45 - Beta1) / 180.0);
    Umax = ((Math.PI * D * D) / 4) * (p0 * L0 * Math.Log(L0 / (L0
- xmax), Math.E) - pa * xmax);
    m1 = 0.25 * m;
    F1max = 2 * Math.Pow((Math.Pow(miu * Qmax, 2) - Math.Pow(J *
Math.Cos(Math.PI * (45 - Beta1) / 180.0), 2)), 0.5) + (m + 4 * m1) * g
+ 2 * J * Math.Sin(Math.PI * (45 - Beta1) / 180.0);

    xmax = Math.Round(xmax, 3);
    x = Math.Round(xmax, 3);
    L0 = Math.Round(xmax, 3);
    J = Math.Round(xmax, 3);
    f = Math.Round(xmax, 3);
    Umax = Math.Round(xmax, 3);
    m1 = Math.Round(xmax, 3);
    F1max = Math.Round(xmax, 3);
}

```

```

textBoxxmax.Enabled = true;
textBoxxmax.Text = "" + xmax;
textBoxx.Enabled = true;
textBoxx.Text = "" + x;
textBoxL0.Enabled = true;
textBoxL0.Text = "" + L0;
textBoxJ.Enabled = true;
textBoxJ.Text = "" + J;
textBoxf.Enabled = true;
textBoxf.Text = "" + f;
textBoxUmax.Enabled = true;
textBoxUmax.Text = "" + Umax;
textBoxF1max.Enabled = true;
textBoxF1max.Text = "" + F1max;

button5.Enabled = true;

```

```

}

```

За формулами, наведеними в розділі «Опис методики розрахунку модуля рекуперації енергії», здійснюється обчислення вихідних шуканих параметрів. При цьому здійснюється перевід градусів в радіани для бібліотечних методів `Math.Sin()` та `Math.Cos()`.

Перед виводом здійснюється округлення усіх значень до трьох знаків після коми. Активуються поля виводу, що дозволяє пороховані значення копіювати вручну. Здійснюється вивід порохованих значень у відповідних полях. Наприкінці кнопка «Зберегти» стає активною, що дозволяє зберегти значення вхідних параметрів у файл.

3.3.2. Зчитання з файлу

Функція зчитання з файлу виконується після натискання на головному вікні програми кнопки «Файл».

```

OpenFileDialog openFileDialog1 = new OpenFileDialog();
openFileDialog1.Filter = "txt files (*.txt)|*.txt|All files (*.*)|*.*";
openFileDialog1.FilterIndex = 1;
openFileDialog1.RestoreDirectory = true;

```

При цьому виконуються наступні дії:

- створюється екземпляр класу `openFileDialog1` класу, що викликає вікно вибору файлу для користувача;
- обмежуються значення фільтрів для типів файлів, які будуть можливі для вибору користувача. Для спрощення дій можна обрати лише файли розширення `.txt`, що визначається встановленням властивості `Filter = "txt files (*.txt)|*.txt|All files (*.*)|*.*";`
- для активації створеного фільтру значення `FilterIndex` встановлюється `1`, що обирає визначений фільтр з усієї множини фільтрів;
- параметр `RestoreDirectory` встановлюється `true` для поновлення поточної папки в папку, вибрану раніше, якщо користувач змінив папку під час пошуку файлів.

Якщо користувач обрав файл та натиснув кнопку «Відкрити», здійснюється зчитування параметрів введення з файлу.

```
if (openFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
{
    string name = openFileDialog1.FileName;
    string[] data = File.ReadAllLines(name);
    R1 = Double.Parse(data[0]);
    textBoxR1.Text = "" + R1;
    Beta1 = Double.Parse(data[1]);
    textBoxBeta1.Text = "" + Beta1;
    Q = Double.Parse(data[2]);
    textBoxQ.Text = "" + Q;
    D = Double.Parse(data[3]);
    textBoxD.Text = "" + D;

    m = Double.Parse(data[4]);
    textBoxm.Text = "" + m;
}
```

Відбувається зчитання усіх рядків з обраного файлу та послідовне їх збереження в масив `string[] data`. Усі значення перетворюються з рядкового в дійсний тип методом `Double.Parse` та зберігаються у відповідні змінні вхідних параметрів. На формі відповідні поля введення заповнюються даними значеннями для відображення користувачу внаслідок присвоєння властивостям `Text` усіх `textbox` значень зчитаних параметрів, при цьому відбувається зворотнє перетворення з дійсного типу в рядковий.

3.3.3. Запис у файл

Записати вхідні параметри кнопкою у файл кнопкою «Зберегти» можливо лише після перевірки їх коректності, що відбувається після розрахунку, лише в такому випадку кнопка буде активною.

```
SaveFileDialog saveFileDialog1 = new SaveFileDialog();
saveFileDialog1.Filter = "txt files (*.txt)|*.txt|All files
(*.*)|*.*";
saveFileDialog1.FilterIndex = 1;
saveFileDialog1.RestoreDirectory = true;
```

Порядок виконання наступний:

- створення об'єкту класу saveFileDialog1 класу викликає діалогове вікно збереження;
- встановлення параметру Filter як "txt files (*.txt)|*.txt|All files (*.*)|*.*" відображає у вікні існуючі файли формату .txt або усі можливі файли;
- параметр FilterIndex встановлюється 1 для обрання з поміж зазначених фільтрів першого, тобто відображення текстових файлів;
- параметр RestoreDirectory параметр встановлюється true для повернення до попередньої папки у разі нового виклику вікна, коли користувач змінив початкову папку раніше.

У відкритому вікні у відповідному полі вводиться ім'я файлу. Після натискання «Зберегти» відбувається запис у файл.

```
if (saveFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
{
string name = saveFileDialog1.FileName;
string[] data = new string[5];
data[0] = textBoxR1.Text;
data[1] = textBoxBeta1.Text;
data[2] = textBoxQ.Text;
data[3] = textBoxD.Text;
data[4] = textBoxm.Text;
```

```

    FileStream file1 = new FileStream(name + ".txt",
    FileMode.Create);
    StreamWriter print = new StreamWriter(file1);
    print.WriteLine(data[0]);
    print.WriteLine(data[1]);
    print.WriteLine(data[2]);
    print.WriteLine(data[3]);
    print.WriteLine(data[4]);

    print.Close();
}

```

Послідовність дій наступна:

- введене ім'я файлу зберігається в name для подальшого створення файлу з обраним іменем;
- створюється масив data для зберігання текстових значень відповідних вхідних параметрів для розрахунку з усіх textBox, після чого відбувається зчитування;
- створюється потік для створення файлу – об'єкт `FileStream` з параметрами імені файлу, – name + ".txt", – та режиму роботи з файлом як режим створення нового чи перезапису, якщо такий вже існує, – `FileMode.Create`;
- створюється об'єкт `StreamWriter` з параметром створеного потоку, який виконує роль засобу для запису послідовного набору символів;
- методом `WriteLine` об'єкту `StreamWriter` відбувається послідовний запис усіх текстових рядків з ініціалізованого на початку масиву даних у файл;
- метод `Close` закриває в кінці модуль запису та потік.

3.4. Інтерфейс та взаємодія з користувачем

Взаємодія відбувається через чотири діалогові вікна: «Розрахунки», «Схема», «Формули» та «Про програму».

3.4.1. Вікно «Розрахунки»

Основне робоче поле користувача, викликається при запуску програми. Зображення на рис. 3.1.



Рисунок 3.1. Головне вікно

Розмір вікна не змінюється. Кнопка розгортання на весь екран не активована.

На робочому полі виокремлені блоки вхідних параметрів, результатів, робочих кнопок та меню. Поля результату є неактивними, значення вписати до них неможливо, що звертає увагу користувача на блок вводу. Кнопка «Зберегти» для збереження вхідних параметрів у файл є також неактивною, оскільки поля вводу порожні, не здійснена їх перевірка при розрахунку. Параметри можна почати вводити послідовно вручну або завантажити. Останнє реалізується натисканням кнопки «Файл», після чого викликається вікно «Відкриття файлу», зображене на рис. 3.2. При цьому можна вибрати тип файлів текстовий .txt або будь-який All files. Можливий швидкий пошук по імені, яке потрібно ввести в полі «Ім'я файлу». Навігація по папкам здійснюється через поле каталогів в лівій частині вікна. Після вибору файлу та натискання кнопки «Відкрити» необхідні значення завантажаться у відповідні поля введення.

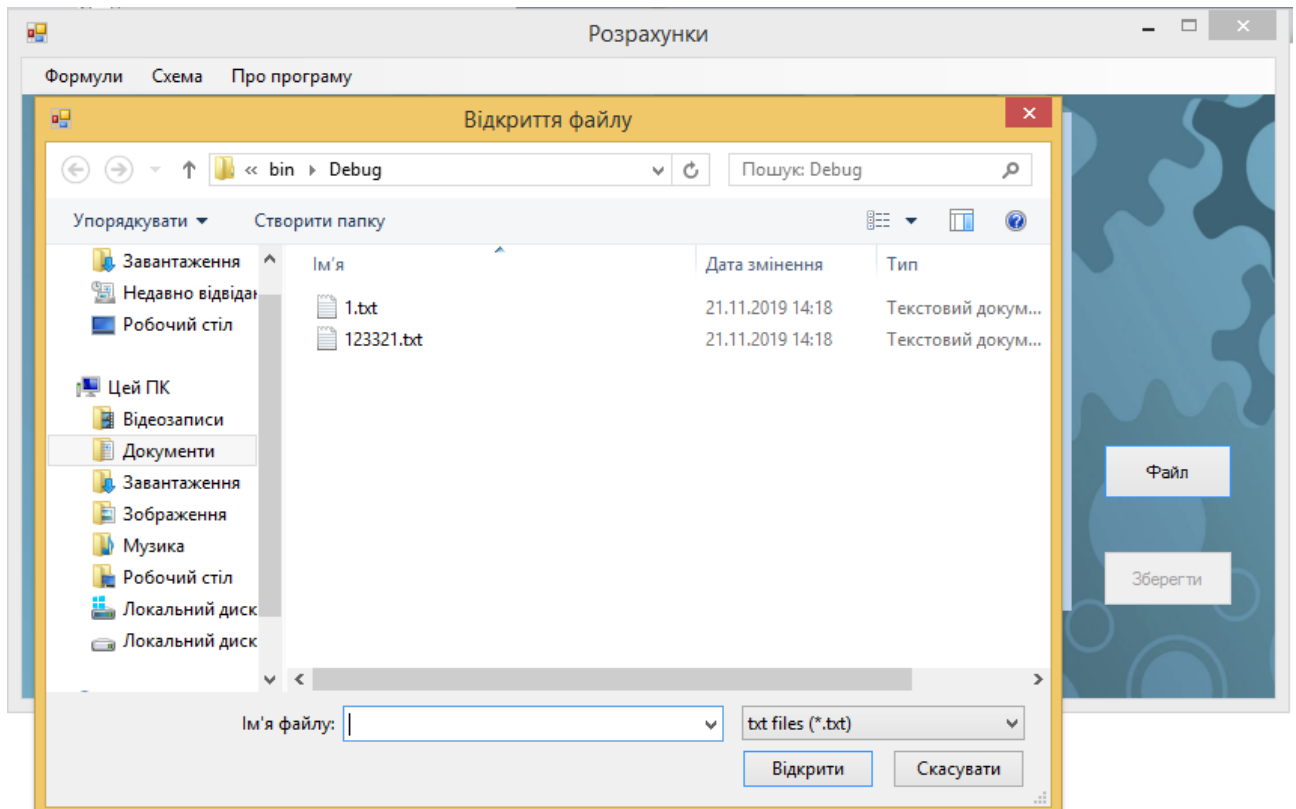


Рисунок 3.2. Вікно «Відкриття файлу»

У разі введення параметрів вручну, необхідне виконання умов по коректності даних що вводяться:

- поле не залишається порожнім;
- вводиться раціональне число, не допускається ввід літери чи будь-якого знаку чи символу;
- роздільник у числі має бути лише комою;
- раціональне число повинно лежати в проміжку, відповідного кожній з введених змінних.

Для допомоги користувачу наявні підказки, які з'являються при наведенні на відповідне поле введення (рис. 3.3).

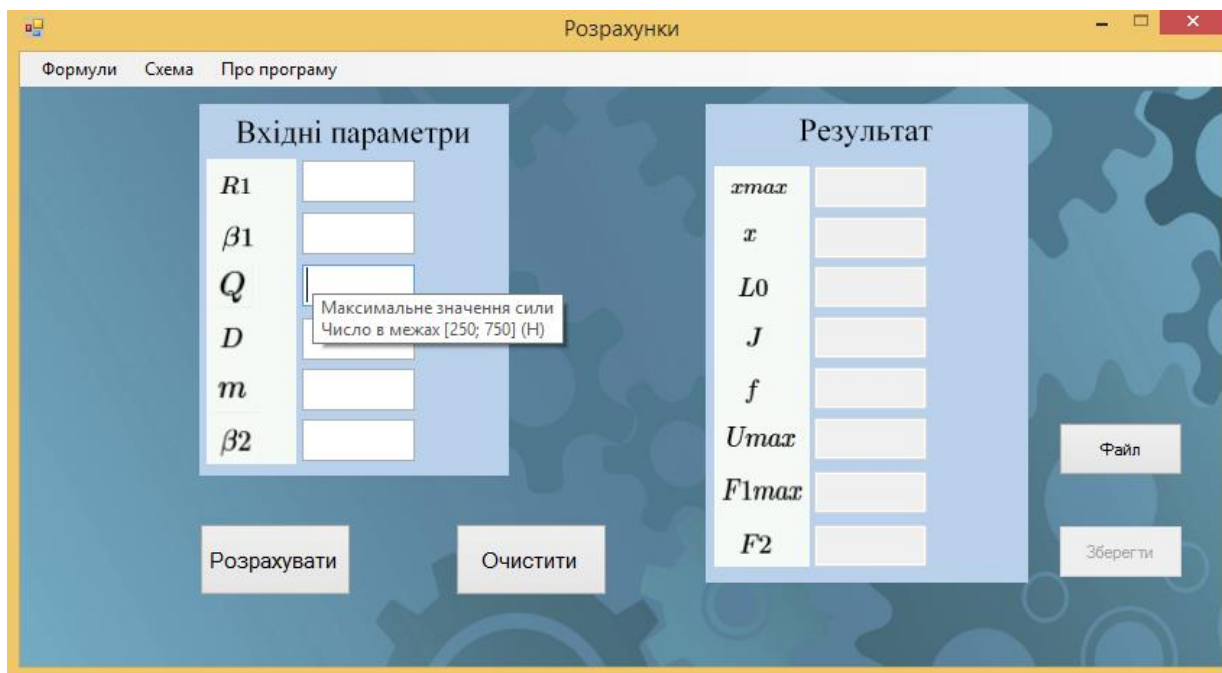


Рисунок 3.3. Допоміжні підказки введення

Для здійснення розрахунків після заповнення усіх вхідних даних натискається кнопка «Розрахувати». При цьому відбувається перевірка коректності вводу, внаслідок чого поля з незадовільними даними підсвічуються червоним, як і у разі відсутності даних взагалі. За наведення вказівника на підсвічене поле з'являється деталізована підказка вводу (рис. 3.4).

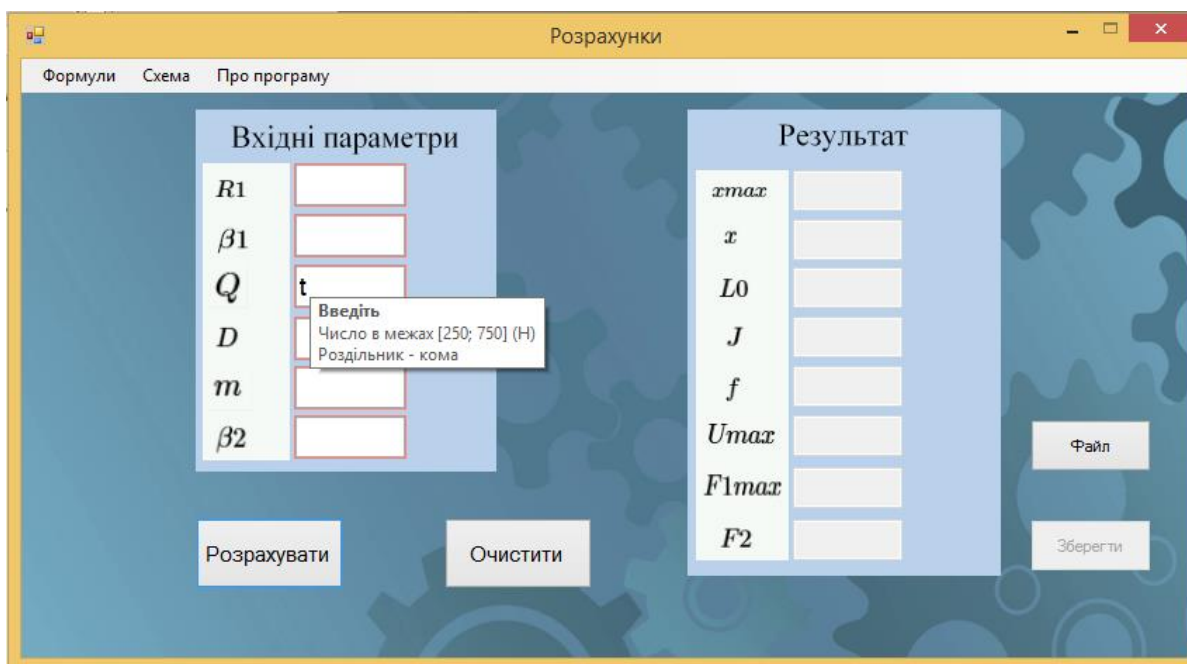


Рисунок 3.4. Відображення підказки при некоректному вводі

У разі редагування неправильних даних червоне підсвічення зникає, та з'являється звичайна підказка вводу.

Після здійснення розрахунків вихідні значення відображаються у блоці результату. Поля виводу стають активними, що дає змогу виділити та скопіювати вихідні дані. Активується кнопка «Зберегти» (рис. 3.5).

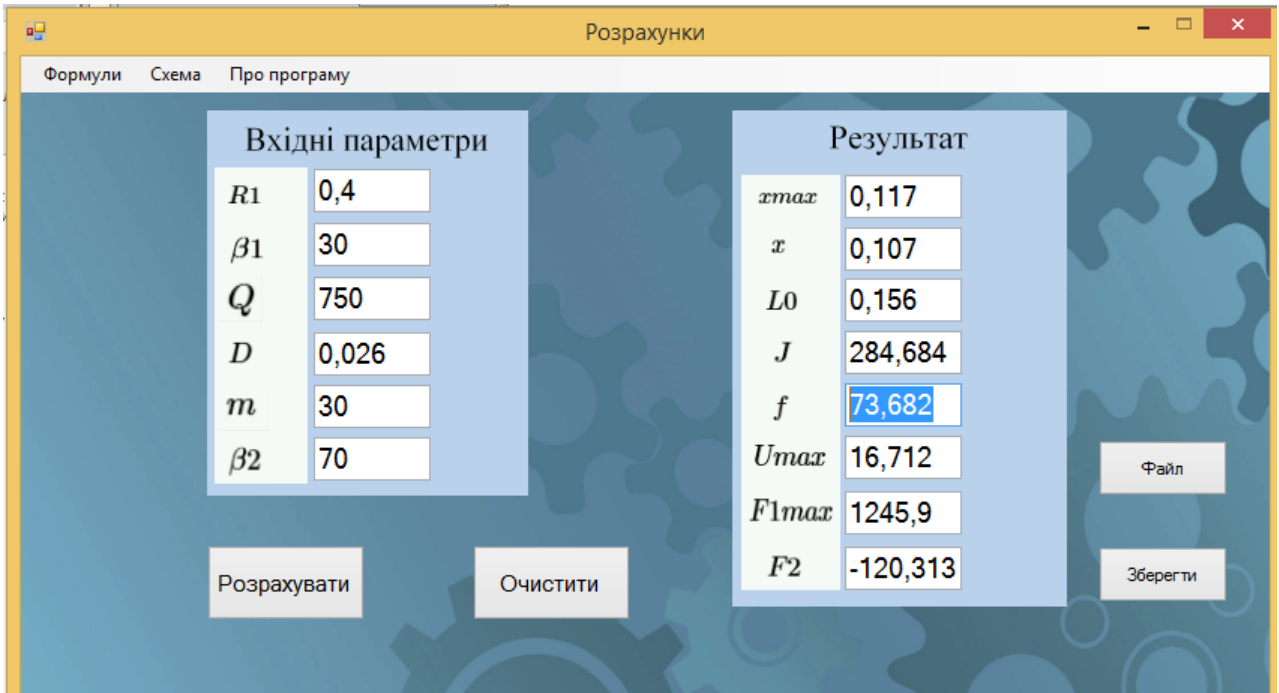


Рисунок 3.5. Результат розрахунку

Коректні вхідні параметри розрахунку можливо зберегти у файл розширення .txt для швидкого завантаження в подальшому. У разі натискання «Зберегти» відображається вікно запису файлу (рис. 3.6).

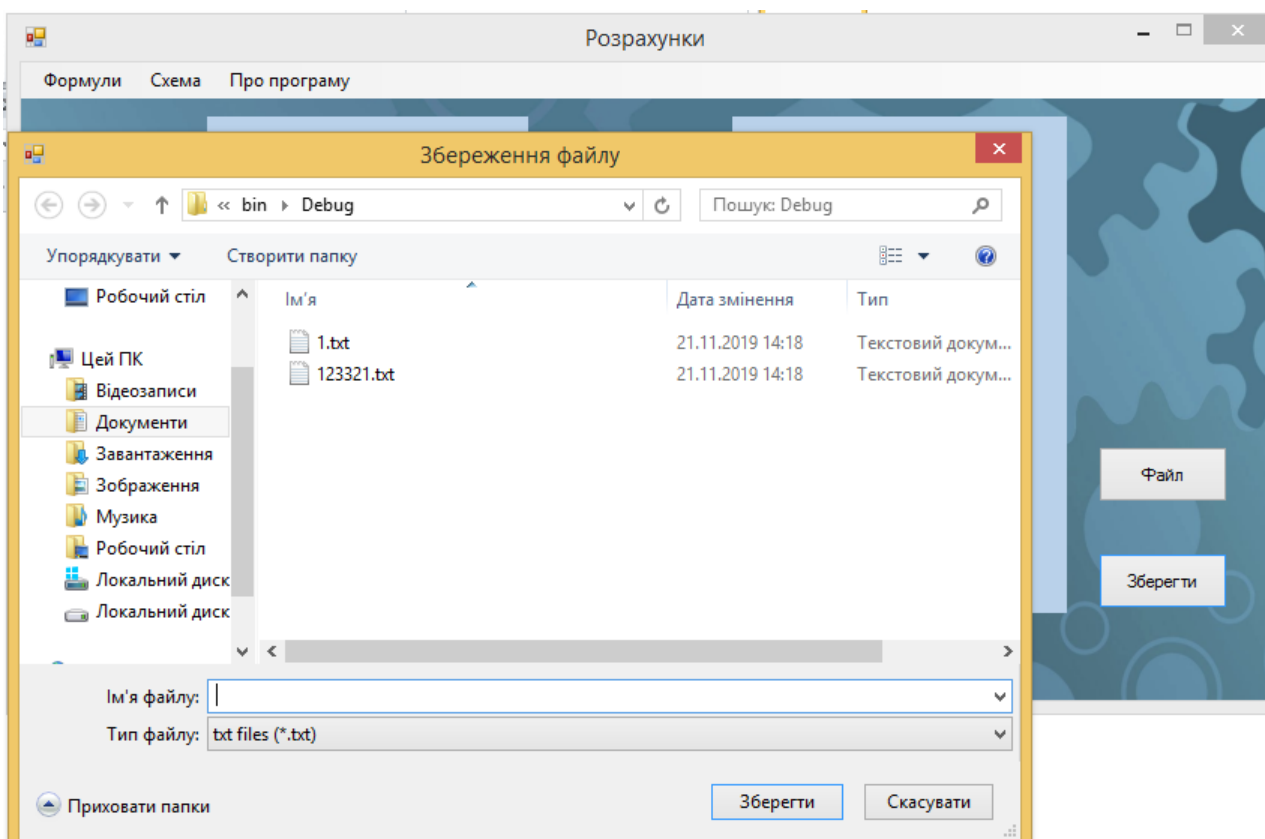


Рисунок 3.6. Вікно запису файлу

Очистити поля введення та результату можна кнопкою «Очистити». Можливість «Зберегти» в такому разі стає неактивною.

3.4.2. Вікно «Формули»

Вікно викликається відповідною кнопкою головного вікна. Слугує для надання користувачу основної інформації про фізичні формули, за якими розраховуються шукані значення. На полі відображаються назви усіх шуканих величин, їх одиниці вимірювання, проміжки можливих значень, позначення та формульне вираження (рис. 3.7). Кнопка «Повернутись» відображає головне вікно, закриваючи поточне.

Формули

Максимальне переміщення поршня газового накопичувача енергії становить:
де $R_1 = (0,100 \dots 0,500)$ м – довжина ноги (педипулятора) робота у вільному стані.

$$x_{\max} = R_1 - R_1 \cos 45^\circ = R_1 \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$

Переміщення x поршня газової камери накопичувача потенціальної енергії:

$$x = R_1 \left(1 - \frac{\cos 45^\circ}{\cos(45^\circ - \beta_1)} \right); \quad 0 \leq \beta_1 \leq 90^\circ;$$

Необхідна довжина L_0 газової камери визначається мінімальним тиском p_0 і максимальним тиском p_{\max} :
де: $p_0 = 2$ bar; $p_{\max} = 8$ bar.

$$L_0 = \frac{p_{\max} x_{\max}}{p_{\max} - p_0}$$

Величина пружної сили J , яка діє на поршень газової камери:
де p_a – атмосферний тиск при нормальних умовах.

$$J = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_0 \frac{L_0}{L_0 - x} - p_a \right)$$

Сила опору f рухові від пружного елемента становить:

$$f = J \sin(45^\circ - \beta_1)$$

Максимальне значення потенціальної енергії в одній газовій камері:

$$U_{\max} = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_0 L_0 \ln \frac{L_0}{L_0 - x_{\max}} - p_a x_{\max} \right)$$

Максимальне значення сили руху робота:

$$F_1^{\max} = 2 \sqrt{(\mu Q_{\max})^2 - (J_0 \cos(45^\circ - \beta_0))^2} + (m + 4m_1)g + 2J_0 \sin(45^\circ - \beta_0)$$

Повернутись

Рисунок 3.7. Вікно формул

3.4.3. Вікно «Схема»

У вікні, що відображається після натискання відповідної кнопки головного вікна, наведена розрахункова схема з позначенням величин, що використовуються під час розрахунку (рис. 3.8). Після натискання «Повернутись» поновлюється головне вікно, а поточне закривається.

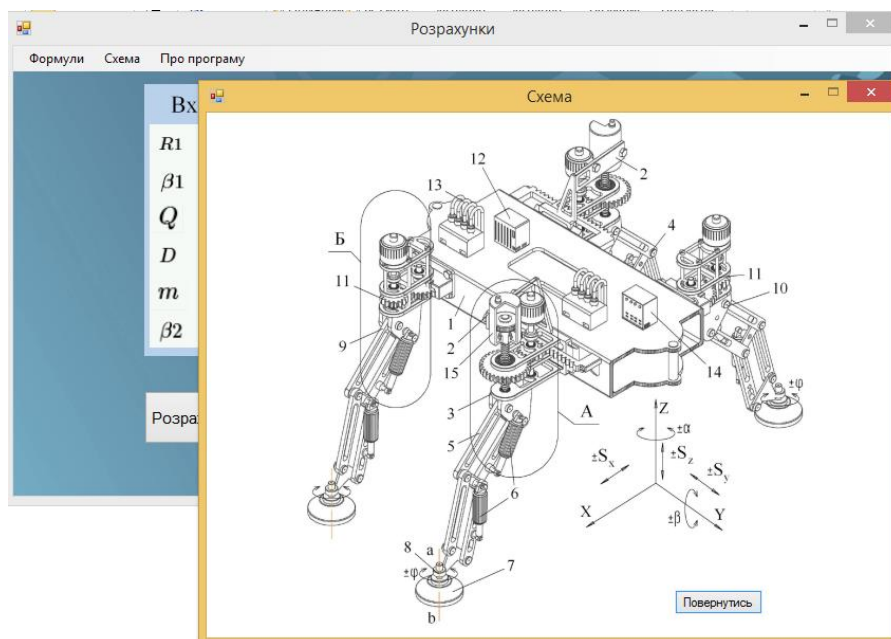


Рисунок 3.8. Вікно «Схема»

3.4.4. Вікно «Про програму»

Вікно викликається відповідною кнопкою головного вікна (рис. 3.9). У вікні наводиться інформація про призначення програми, її функціональні можливості, вміст вікон.

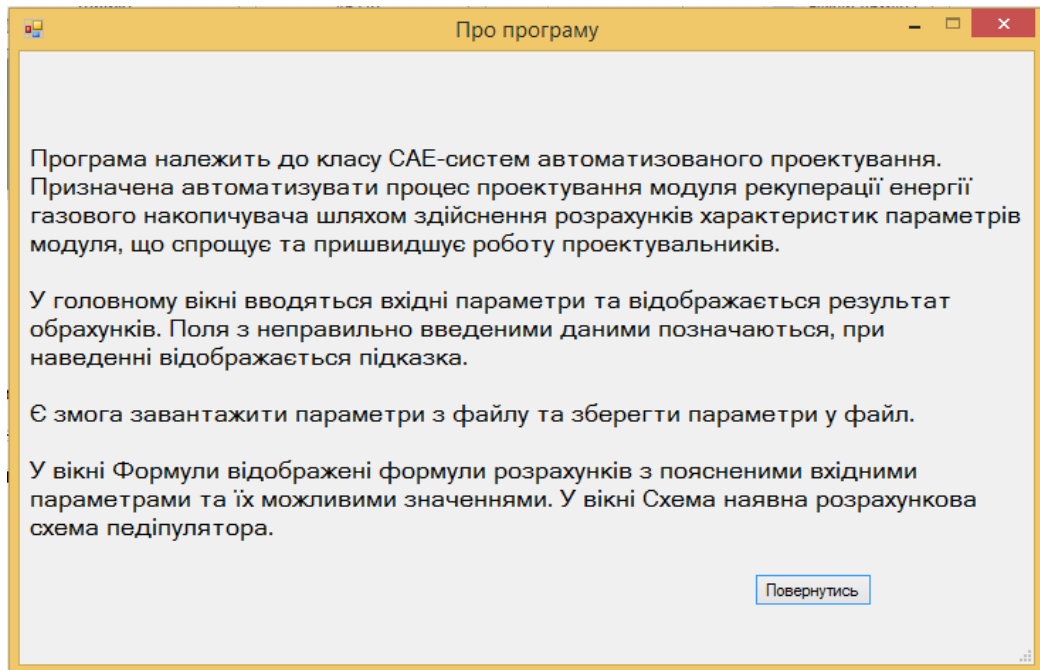


Рисунок 3.9. Вікно «Про програму»

Висновки до розділу

З-поміж розглянутих середовищ для розробки обрано Visual Studio Windows Forms. Наявна підтримувана мова C#, зручний графічний дизайнер для швидкої розробки інтерфейсу та ємкісні бібліотеки вже реалізованих необхідних функцій.

Використовуючи описані базові об'єкти розроблена програма. Додаток відкликається на дії користувача через реалізовані функції-події такі як натискання клавіш та наведення курсору миші. Взаємодія відбувається через чотири діалогові вікна – вікно розрахунку, вікно формул, вікно структурної схеми та вікна інформації про програму.

4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1. Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології) (табл. 4.1)

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Підвищити ефективність етапу розробки модуля рекуперації газового накопичувача шляхом розробки САПР	Використання під час розробки робіт інженерами-розробниками; у якості допоміжного засобу під час дослідження науковими співробітниками, студентами тощо.	Заощадження часу; гарантована правильність розрахунків; наявність супровідних пояснювальних даних.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї.

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї
1.	Простий зрозумілий інтерфейс.
2.	Наявність супровідної інформації у вигляді розрахункової схеми та формул.
3.	Швидке та правильне здійснення розрахунків.
4.	Супровід користувача у вигляді підказок та обмеження зайвих дій.
5.	Швидкий ввід вручну або завантаження вже готових даних з файлу.
6.	Можливість зберегти правильні дані у файл.

Таблиця 4.2. Продовження

(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
Мій проект	Конкурент1	Конкурент2	Конкурент3			
Модуль САПР для здійснення розрахунків параметрів газового накопичувача робота з рекуперацією енергії	Математично-розрахункові пакети типу Mathcad або MATLAB	Розрахунок вручну з обчислювальними потужностями виконання елементарних розрахунків	Відсутній	Вузька спеціалізація, яка вимагає додаткових значних ресурсів при внесенні незначних змін у роботу програми	Для використання необхідний звичайний персональний комп'ютер без обмежень і вимог до характеристик	Усі розрахункові формули вже реалізовані, потрібно просто вводити значення
				Необхідність додатково платити за окрему програму замість використання розповсюджених недорогих математично-розрахункових пакетів типу Mathcad		Точність розрахунків та відсутність помилок
						Наявність допоміжної супровідної інформації як то розрахункова схема, формули
						Простота та зрозумілість використання, що гарантує результат та відсутність проблем у користувача

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Підвищити ефективність процесу розробки модуля газового накопичувача з рекуперацією енергії	Visual Studio, Windows Forms, C#	Технологія наявна	Технологія доступна, проблем виготовлення не передбачається

Висновок – програмне забезпечення доступне, передбачається відсутність проблем.

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартапу

Попередня характеристика потенційного ринку стартапу.

Проведення аналізу попиту.

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3 виробники, покупці, постачальники
2	Загальний обсяг продаж	1000 штук/рік на суму 1 млн. грн..
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Законодавчі обмеження відсутні; конкуренти виробляють товари-замінники (Mathcad, MATLAB).
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність ДСТУ
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	120%

Висновок – умови ринку сприятливі.

Характеристика потенційних клієнтів.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Деба, щофор- мує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Здійснювати розрахунки параметрів при проектуванні роботи швидко та без помилок. Усунути витрати часу на розгляд та розбір методології розрахунку.	Інженери-розробники для пришвидшення процесу проектування; науковці та дослідники при дослідженні роботи технічної сфери; студенти у навчальних та освітніх цілях.	Різні вимоги з точки зору докладності та зрозумілості складових розрахунку. Різні вимоги до функціоналу, більш детальні для спеціалістів та прості для студентів.	Відсутність помилок, двозначних ситуацій під час розрахунку; наявність супровідної роз'яснювальної інформації; вичерпний та простий інтерфейс.

Висновок – потенційні групи клієнтів визначені, особливості товару для груп зазначені, потенційність попиту достатня.

Аналіз ринкового середовища.

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Вузька цільова аудиторія	Мала кількість спеціалістів, для яких призначений модуль	Об'єднати декілька модулів розрахунку параметрів для різних типів робіт
2.	Невеликий національний ринок	Розвиток робототехніки дуже незначний в Україні	Перевід інтерфейсу на інші мови та вихід на ринки інших країн
3.	Вузькоспеціалізований продукт з малою впізнаваністю	Саморозповсюдження інформації про продукт низьке через малу кількість зацікавлених осіб	Проведення таргетованих рекламних компаній

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Створення безкоштовної пропозиції	Поширеність інформації простіше при наявності активних лояльних неприбуткових користувачів	Надання обмеженому колу осіб безкоштовної версії або випробувальної версії для всіх бажаючих
2.	Підвищення доступності програми	Веб-додатки або версії для смартфонів набагато доступніші у користуванні	Розробка версії додатків для веб-користування та версії для смартфонів
3.	Розвиток сфери робототехніки	Зростання сфери розширить ринок систем САПР для різних типів робіт	Розробка аналогічних систем для інших типів робіт
4.	Розширення функціоналу модуля	Дозволяє розширити ринок через залучення інших проектувальників	Внесення змін та вдосконалення поточної версії додатку

Висновок: існують загрози та можливості та відповідні шляхи реагування для запобігання та реалізації. Проект можна впроваджувати.

Аналіз пропозицій на ринку.

Загальні риси конкуренції на ринку

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	Вчому проявляється дана характеристика
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Монополістична конкуренція: достатня кількість невеликих виробників, продаж схожої, але неідентичної продукції.
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Національний.
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова товарно-видова між бажаннями	Товарно-родова, найближчі конкуренти Mathcad та MATLAB належать до іншого роду
5. За характером конкурентних переваг - ціновий / неціновий	Неціновий
6. За інтенсивністю - марочна/немарочна	Товар немарочний бренд не відіграє велику роль, здійснюється вихід на ринок

Висновок – конкуренція прийнятна.

Аналіз конкуренції в галузі за Майклом Потером

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Відсутні	Потенційними конкурентами може стати будь-яка компанія ІТ-розробки, яка створить аналогічну версію додатку	Розробники пакету Microsoft Visual Studio, за допомогою якого відбулась розробка, та можливий подальший супровід, виправлення та оновлення версій	Клієнти можуть знайти заміну та не користуватись продуктом у разі високої ціни	Товари-замінниками є математично-обчислювальні пакети типу Mathcad або MATLAB
Висновки:	Боротьба з прямими конкурентами відсутня	Можливості входу на ринок вільні; строки виходу на ринок короткі – півроку.	Постачальники не диктують умови на ринку, але можуть ускладнити роботу своїми діями	Клієнти не диктують умови на ринку, але можуть відмовитись від продукту, знайти аналог	Товари-замінники не задають прямо обмеження для роботи на ринку

Висновок – можливість роботи з визначеним станом конкуренції прийнятна. Бар'єри входження на ринок – низькі.

Фактори конкурентоспроможності

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Відсутність необхідності підготовки до розрахунків, їх розробки	Усі формули вже реалізовані, для початку роботи треба лише ввести значення вхідних величин.
2.	Відсутність помилок	Розрахунки гарантовано проводяться правильно.
3.	Наявність супровідного матеріалу у вигляді розрахункової схеми та формул з поясненнями	Немає необхідності додатково шукати будь-яку інформацію. Пояснення формули та величин з них на схемі доступні в додатку.
4.	Дружній інтерфейс	Дії користувача обмежені, наявні підказки та орієнтації, що робити в першу чергу.

Висновок – продукт має переваги та кращі характеристики певних параметрів.

Сильні та слабкі сторони

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ п/п	Фактори конкуренто-спроможності	Кількість балів (1-10)		
		Модуль САПР	Mathcad, MATLAB	Розрахунок на папері з калькулятором
1	Готовність до використання	10	4	1
2	Вартість	6	1	10
3	Інформативність	10	7	1
4	Інтерфейс	10	8	3
5	Правильність розрахунків	10	7	2
	Сума балів	46	27	17

Висновок – модуль САПР має найвищу кількість балів.

SWOT аналіз, виділення сильних та слабких сторін

Таблиця 4.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні	Слабкі
Маркетинг	
Можливість застосувати поширені типи реклами та маркетингу	Імідж відсутній, впізнаваність мінімальна, необхідне докладання значних зусиль та ресурсів
Виробництво	
Нескладне, необхідний лише безкоштовне доступне середовище Visual Studio	ПЗ знаходиться у відкритому доступі, що полегшує вихід на ринок конкурентів
Персонал	
Досить просто знайти персонал ІТ-галузі	Невисока кількість спеціалістів з робототехніки
Дослідження та розробки	
Технології відомі, додаткові дослідження не затребувані	Залежність від одного виду середовища розробки Visual Studio та умов його використання
Фінанси	
Для запуску виробництва потрібна невелика кількість фінансових ресурсів	Необхідність сплачувати податки може стати проблемою на початковому етапі низьких доходів
Можливості	Загрози
Вихід на закордонні ринки	Витіснення конкурентами
Розширення переліку створюваних додатків та їх функції	Відсутність достатнього попиту
Підвищення впізнаваності та створення бренду	Проблеми з наявністю ресурсів для маркетингових компаній
Створення безкоштовної версії для обмеженої кількості клієнтів або обмеженої версії для всіх клієнтів для запуску саморозповсюджувальної реклами	Погіршення економічного та політичного станів в країні
Укласти партнерський договір з виробниками роботів	Зниження купівельної спроможності

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ізність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія зросту	Невисока, здебільшого власна виручка за продаж	Від 0.5 до 1 року
2	Стабільності	Середня, збереження ресурсів від експансійної діяльності на інших ринках та агресивних рекламних компаній	Від 1 до 2 року
3	Скорочення	Невисока, мінімальні надходження від обмеженої кількості клієнтів	Від поточного моменту, кінець проекту до 1 року

4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Інженери-розробники роботів	Висока	Високий	Низька	Висока
2	Дослідники та науковці	Низька	Низький	Низька	Висока
3	Студенти	Низька	Дуже низький	Низька	Висока

Які цільові групи обрано: Інженерів-розробників та науковців

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Головна характеристика – якісна, а не цінова	Стратегія диференційованого маркетингу, оскільки обрано декілька сегментів	Тип конкурентної переваги – за визначними якостями	Стратегія диференціації

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Так	Пошук нових	Ні, оскільки повних аналогів немає	Стратегія лідера, а саме – стратегія розширення первинного попиту

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Правильність розрахунків	Стратегія диференціації	Коректність	Висока якість
2	Простий інтерфейс	Стратегія диференціації	Зрозумілість	Простота
3	Наявність підказок та супровідного матеріалу	Стратегія диференціації	Дружність інтерфейсу	Супровід

За базову стратегію розвитку обрано стратегію диференціації.

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Спершу формується маркетингова концепція товару для споживача (табл. 4.18).

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Правильність розрахунків	Розрахунки вже автоматизовані, здійснені перевірки, що гарантує високу надійність	Існуючі системи Mathcad та MATLAB не надають готових рішень, тому за створення розрахункових програм у користувачів є імовірність допущення помилок. Ручний розрахунок має ще більшу імовірність неправильних розрахунків.
2	Простота та зрозумілість	Ефективний та простий інтерфейс	Існуючі системи Mathcad та MATLAB не мають готового спеціалізованого інтерфейсу та пояснень для даного типу розрахунків.
3	Зрозумілість основ розрахункових формул	Наявність супровідної інформації у вигляді розрахункової схеми та формул з зазначеними межами фізичних величин, їх одиниць виміру та позначень	Існуючі системи Mathcad та MATLAB не надають будь-якої інформації стосовно даного типу розрахунків.

Наступною відбувається розробка трьохрівневої маркетингової моделі товару: уточнення ідеї продукту, його фізичні складові (табл. 4.19).

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Швидке та правильне здійснення розрахунків модуля рекуперації газового накопичувача		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Правильність розрахунків.	М	Тл
	2. Наявність пояснювальної інформації.	М	Е
	3. Дружність та простота інтерфейсу	М	Е
	4. Наявність підказок та направлень дій користувача.	М	Е
	5. Вартість.	М	Вр
	6. Зовнішній вигляд.	М	Е
	7. Додаткові можливості – завантаження та запис з файлу.	М	Тл
	Якість: задовольняє вимогам якості		
Пакування: відсутнє			
Марка: Модуль САПР газових накопичувачів модуля рекуперації			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: надійний модуль САПР зі зрозумілим інтерфейсом		
	Після продажу: підтримка сервісу, оновлення версій, безкоштовні консультації.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патентуванням.			

Наступним етапом є визначення рівня цін на потенційний товар (табл. 4.20).

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	1300\$/рік	Немає аналогів	1000-2000\$/місяць	40-60\$/рік

Наступним етапом є формування системи збуту (табл. 4.21).

Таблиця 4.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної діяльності цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Канали збуту	Оптимальна система збуту
	Клієнту для придбання ліцензії необхідно здійснити оформлення замовлення на сайті та здійснити електронну оплату через зручну для нього систему.	Розробити сайт з детальним описом програми. Забезпечити розробку зручної форми для оформлення замовлення та підключити безпечні швидкі способи оплати через розповсюджені системи. Надати можливість зворотнього зв'язку, підтримки клієнта.	Кількість посередників, що передають товар один одному до придбання клієнтом нульова	Збут через сайт через одноосібні та групові ліцензії на визначений термін.

Останнім етапом є розробка концепції маркетингових комунікацій (табл. 4.22).

Таблиця 4.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Інженери-розробники та науковці як головні цільові групи клієнтів взмозі самостійно розробити схожу програму в зручному середовищі, тому будуть витрачати кошти на розроблюваний модуль САПР лише в тому випадку, якщо він буде недорогий та зручний.	Виставки, таргетована реклама для певних сегментів, реклама у робототехнічних групах в соціальних мережах, згадки та реклама у журналах та періодичних виданнях відповідної тематики.	Невелика ціна, надійність розрахунків, простота, мобільність та зручність.	Переконати потенційного клієнта, що за невелику суму він виправдано спростить свою роботу.	Схилити клієнта прийняти незначне рішення, яке не коштуватиме для нього практично ніяких коштів, зате достатньо спростить роботу.

Висновки до розділу

У четвертому розділі визначена ідея стартапу, його сильні та слабкі сторони, здійснений технологічний аудит проекту, здійснене дослідження ринку, цільових груп клієнтів, їх характеристика, очікування та бажання. Проведений SWOT-аналіз, аналіз конкуренції, визначені стійкі

конкурентоздатні властивості та переваги. Розроблена ринкова стратегія та маркетингова програма. Дослідження встановило, що продукт має унікальні характеристики, існують сегменти споживачів на ринку, які можуть бути зацікавлені в придбанні товару. Використовуючи стратегію диференціації як стратегію розвитку та стратегію розширення первинного попиту як базову стратегію конкурентної поведінки можна виходити на ринок.

ВИСНОВКИ

Пошук ефективних джерел живлення для роботів є затребуваною задачею сьогодні. У наш час розроблено багато електричних джерел живлення акумуляторів різних типів. Проводяться дослідження для пошуку рішень з рекуперацією енергії, що дозволяло б збільшити ефективний час використання робота з однієї зарядки. Так, наявні хімічні та фізичні накопичувачі енергії з рекуперацією. Існує також рішення газового накопичувача. У результаті проведеної роботи була вирішена одна з проблем для рішення газового накопичувача з рекуперацією енергії – підвищення ефективності шляхом автоматизації процесу проектування, що дозволить пришвидшити роботу проектувальників, зробити її більш якісно.

Додаток, розроблений внаслідок виконання дисертації, дозволяє інженерам-проектувальникам, дослідникам та науковцям робити розрахунки з вищою ефективністю та уникати помилок.

Додаток дозволяє почати розрахунки без введення формули як в математично-розрахункових пакетах Mathcad або MATLAB. Підтримка користувача здійснюється протягом його роботи. Під час введення є можливість отримати інформацію про назву величини, її одиниці виміру та можливі значення з впливаючих підказок. Користувач має змогу звернутись за уточнюючою інформацією до розрахункової схеми чи блоку формул. У разі здійснення помилок звертається увага на відповідні блоки, наявні підказки, як виправити дану помилку. Для зручності є можливість завантажити параметри з файлу та здійснити запис правильних параметрів у файл в кінці. Dodatok є самодостатнім та виконує розрахункові функції в повній мірі.

Маркетингове дослідження встановило наявність необхідних переваг та характеристик для зайняття конкурентної ніші на ринку. Встановлена базова стратегія розвитку та конкурентної поведінки, що дає змогу вивести продукт на ринок для визначеної цільової групи споживачів.

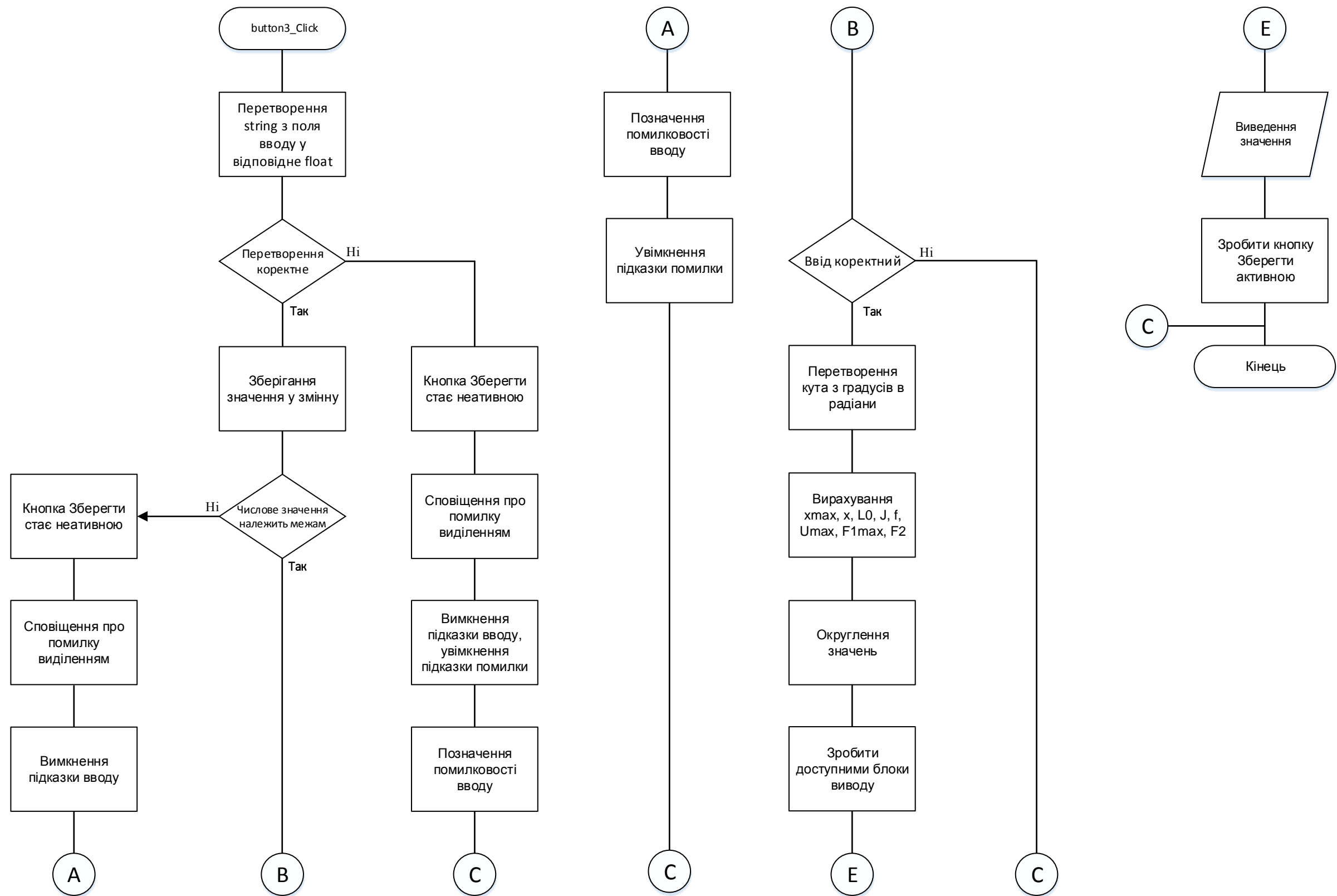
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андре П. Конструирование роботов: Пер. с франц. / Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф. – М.: Мир, 1986. – 360 с.
2. Начало пути шагающих роботов. – [Электронный ресурс]. – <https://topwar.ru/37559-nebolshie-shagi-nachalo-puti-shagayuschih-robotov.html>
3. Корсунский В.А. Повышение эффективности мобильных роботов путем использования дополнительного источника энергоснабжения – маховичного аккумулятора энергии / Научное издание МГТУ Им. Н. Э. Баумана «Наука и образование». – 2013. – С. 125-134.
4. Ляшенко С.Г. Маховичный рекуператор энергии // Холодильная техника и кондиционирование. 2010. №1.
5. Надараиа Цезари Гергиевич, Бабкина Людмила Алексеевна, Шестаков Иван Яковлевич, Фадеев Александр Александрович Химико-кинетический накопитель энергии // Сибирский журнал науки и технологий. 2014. №2 (54).
6. Янг Дж. Ф. Робототехника: Пер. С англ./Ред. М. Б. Игнатъев. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 300 с. – С. 64.
7. Источники питания мобильных роботов. – [Электронный ресурс]. – <http://robot-develop.org/archives/1464>
8. Future batteries, coming soon: Charge in seconds, last months and power over the air. – [Электронный ресурс]. – <https://www.pocket-lint.com/gadgets/news/130380-future-batteries-coming-soon-charge-in-seconds-last-months-and-power-over-the-air>
9. В ожидании "большого взрыва": как украинцы создали лучшие накопители энергии в мире. – [Электронный ресурс]. – <https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2018/04/23/636238/>
10. Суперконденсаторы – накопители энергии нового поколения. – [Электронный ресурс]. – <http://www.energyland.info/interview-expert-497>
11. Л. А. Бабкина. Химико-кинетический накопитель энергии / Вестник СибГАУ. – 2014. – № 2(54). – С. 56-61.

12. Trevelyan J.P., Kang S.C., Hamel W.R. Robotics in hazardous applications // Springer Handbook of Robotics / Eds B. Siciliano, O. Khatib. Berlin: Springer-Verlag, 2008. P. 1101-1126. DOI: 10.1007/978-3-540-30301-5_49.

ДОДАТОК А

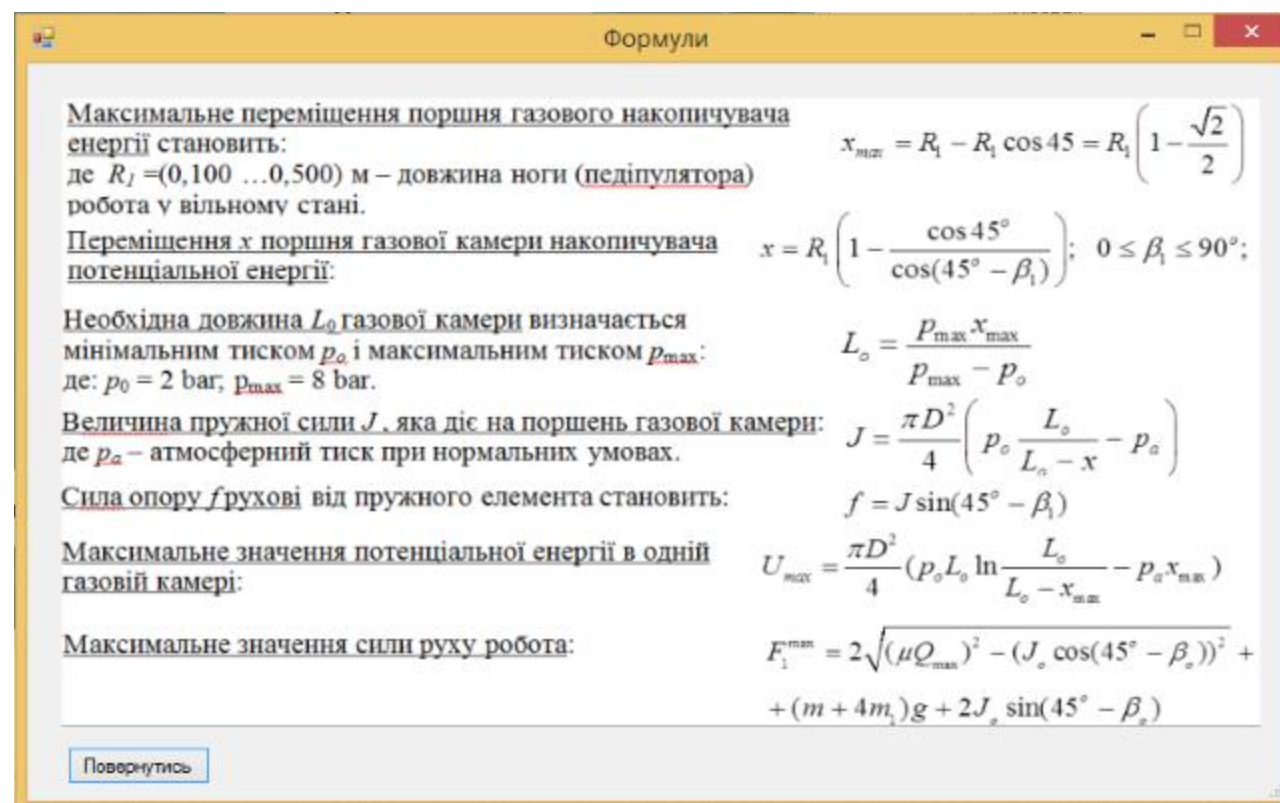
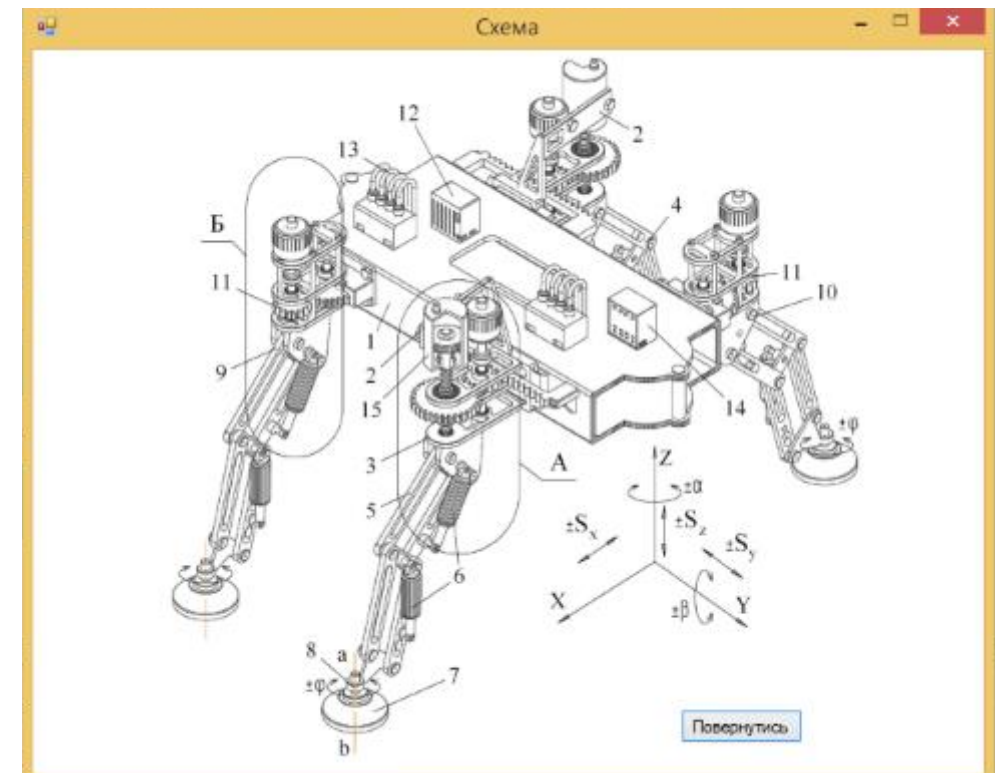
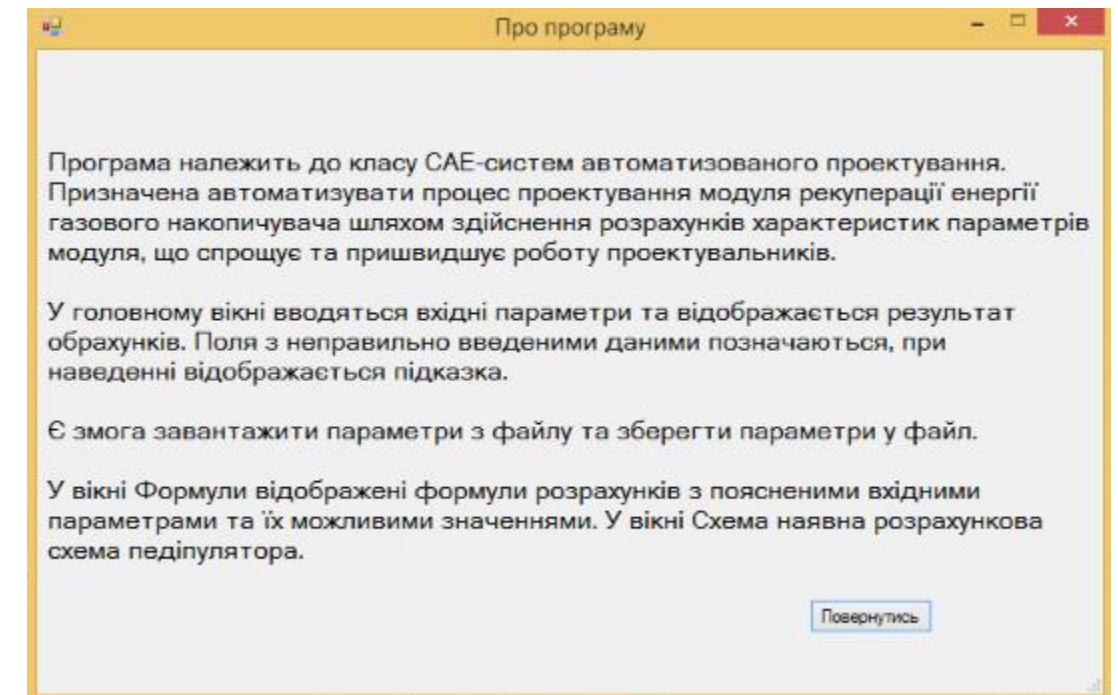
Демонстраційні плакати



Демонстраційний плакат №1 «Блок-схема алгоритму розрахунку»
до дипломної роботи на тему
«Автоматизований модуль розрахунку параметрів газового
накопичувача енергії крокуючого робота»

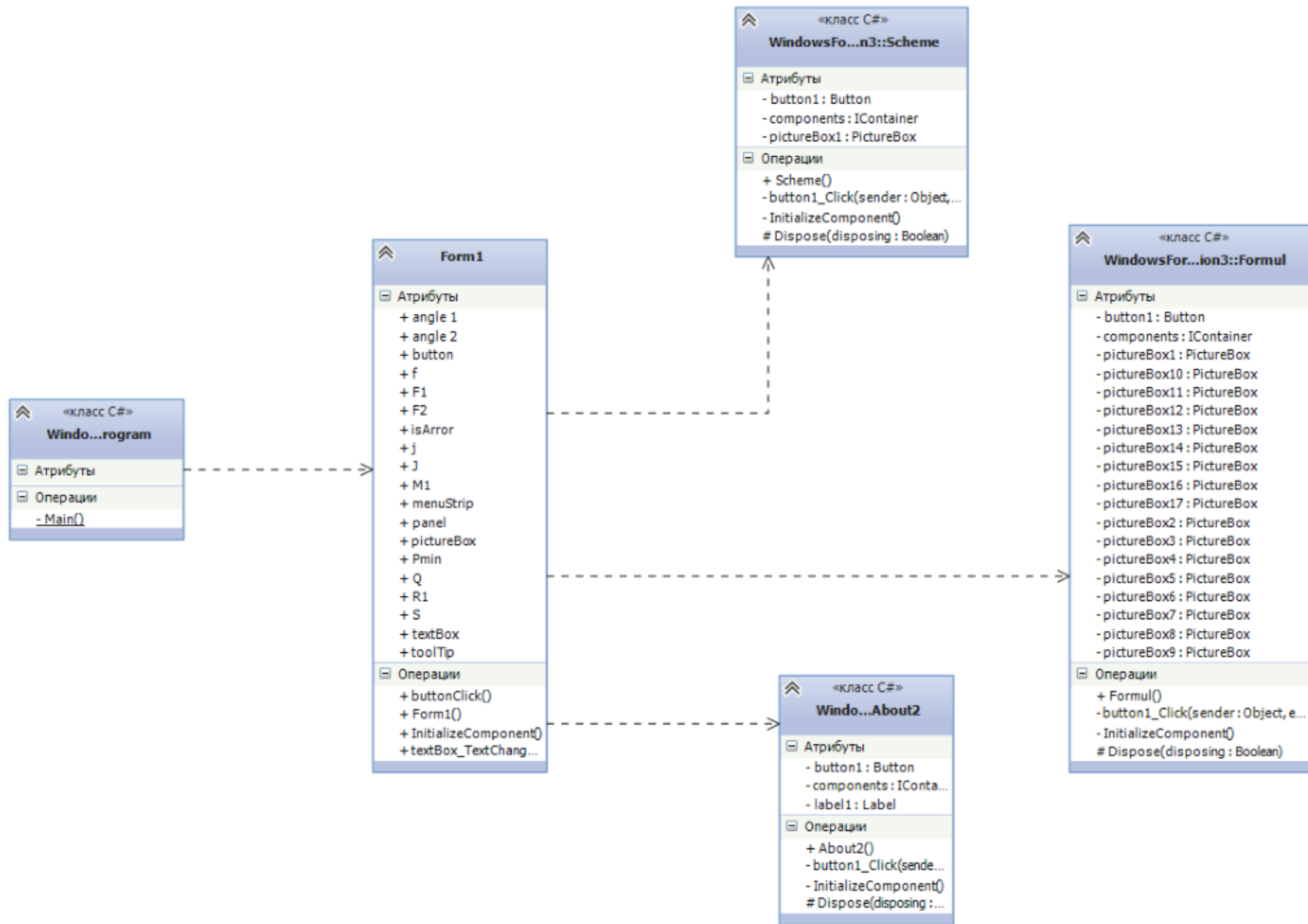
Виконав: студент гр. ІК-81мп Комісар М.В.

Керівник: к. т. н., доцент Поліщук М.М.



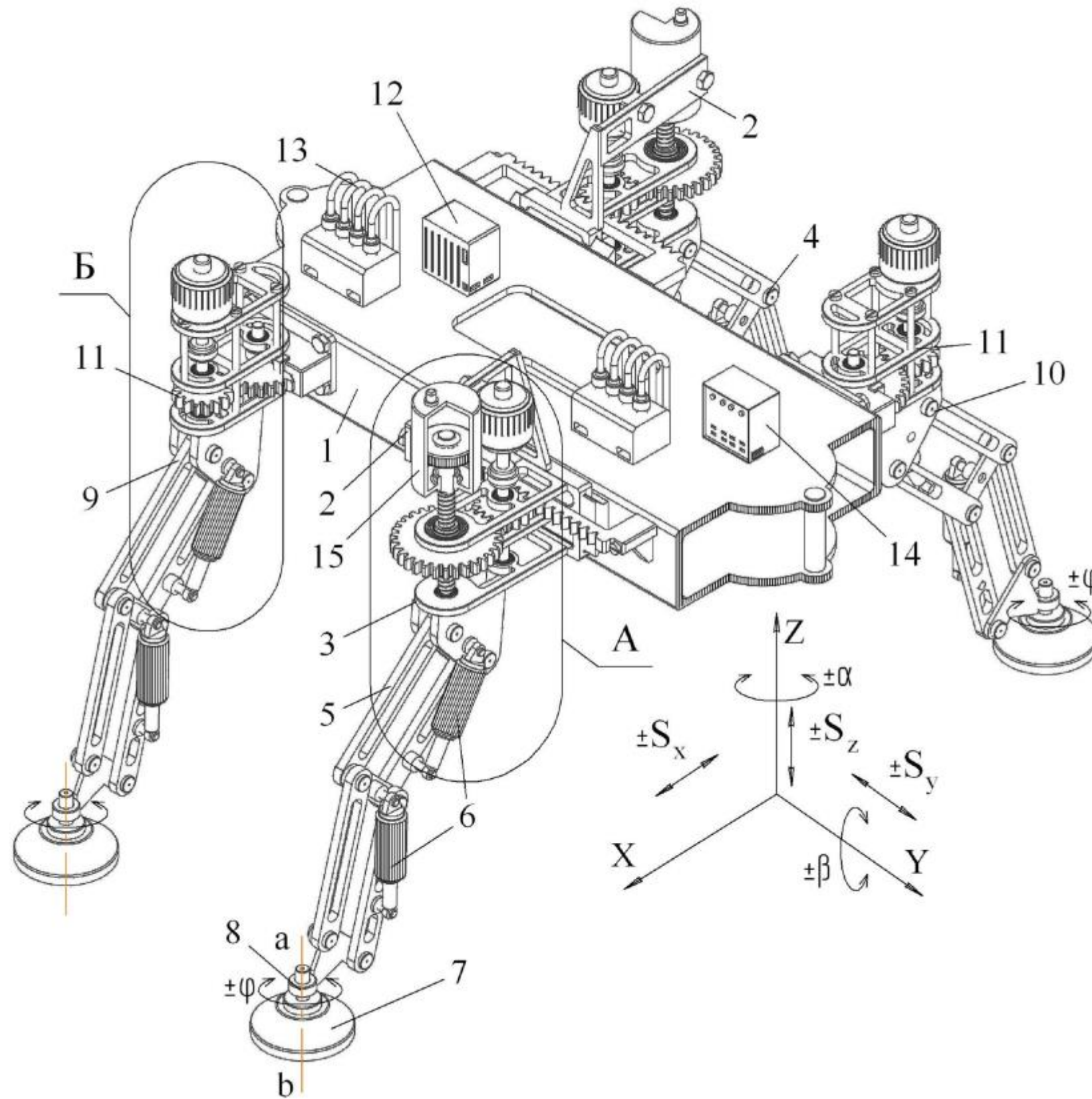
Демонстраційний плакат №2 «Діалогові вікна програми»
до дипломної роботи на тему
«Автоматизований модуль розрахунку параметрів газового
накопичувача енергії крокуючого робота»

Виконав: студент гр. ІК-81мп Комісар М.В.
Керівник: к. т. н., доцент Поліщук М.М.

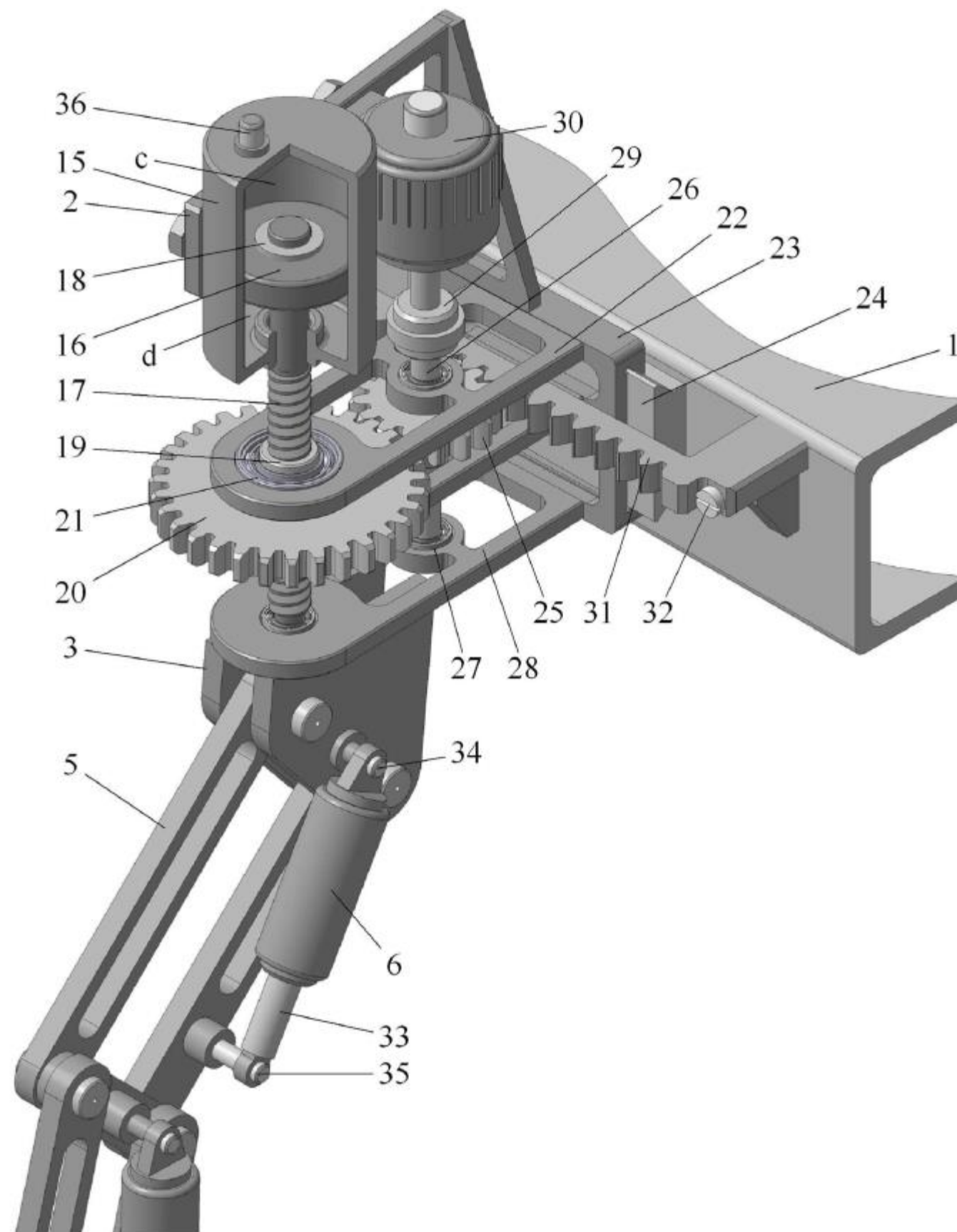


Демонстраційний плакат №3 «Діаграма класів»
 до дипломної роботи на тему
 «Автоматизований модуль розрахунку параметрів газового
 накопичувача енергії крокуючого робота»

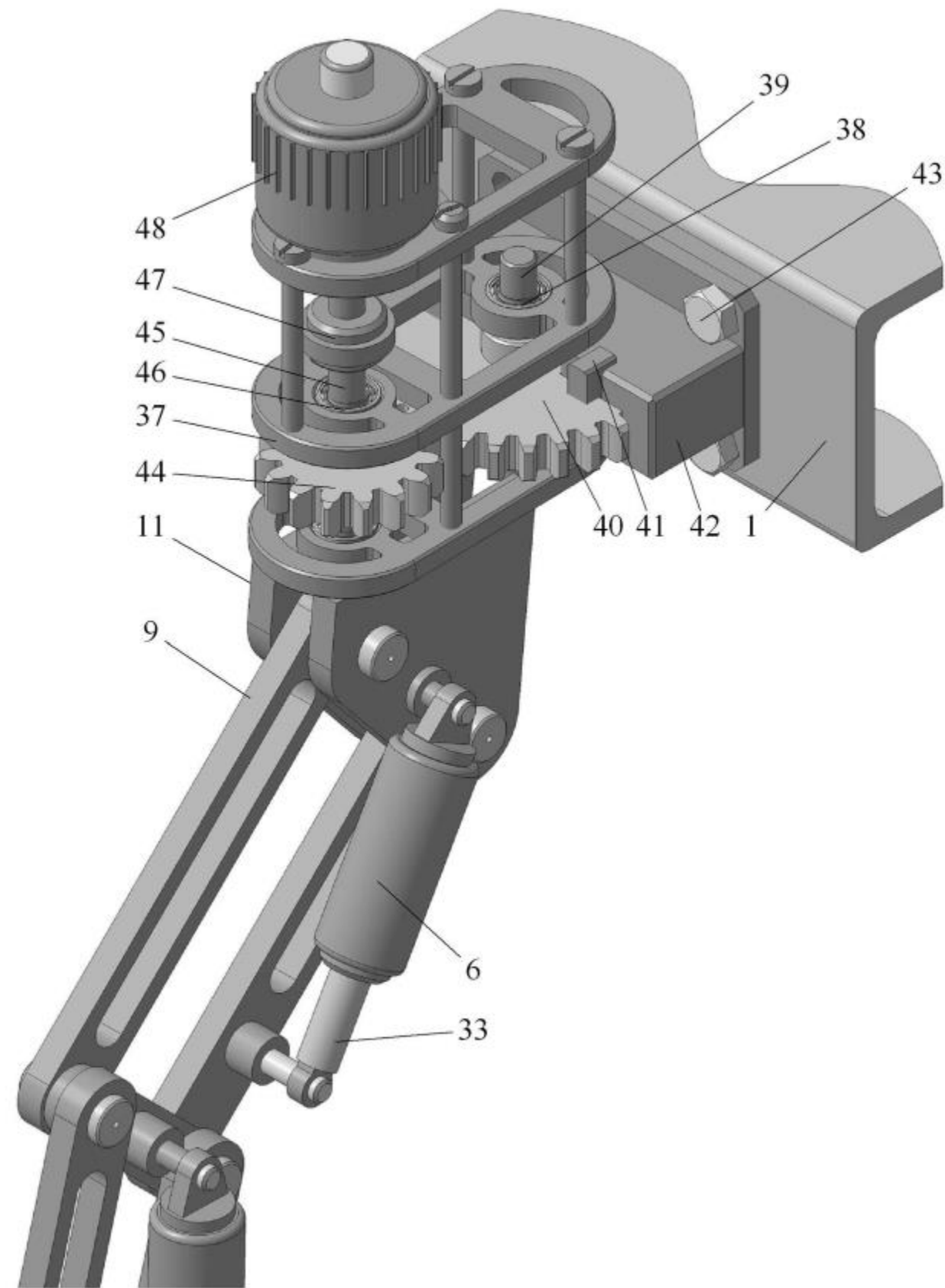
Виконав: студент гр. ІК-81мп Комісар М.В.
 Керівник: к. т. н., доцент Поліщук М.М.



Демонстраційний плакат №4 «Крокуючий мобільний робот з газовим накопичувачем. Складальне креслення»
 до дипломної роботи на тему
 «Автоматизований модуль розрахунку параметрів газового накопичувача енергії крокуючого робота»
 Виконав: студент гр. ІК-81мп Комісар М.В.
 Керівник: к. т. н., доцент Поліщук М.М.



Демонстраційний плакат №5 «Модуль газового накопичувача енергії.
Складальне креслення»
до дипломної роботи на тему
«Автоматизований модуль розрахунку параметрів газового
накопичувача енергії крокуючого робота»
Виконав: студент гр. ІК-81мп Комісар М.В.
Керівник: к. т. н., доцент Поліщук М.М.



Демонстраційний плакат №6 «Привід повороту крокуючого робота.
Складальне креслення»
до дипломної роботи на тему
«Автоматизований модуль розрахунку параметрів газового
накопичувача енергії крокуючого робота»
Виконав: студент гр. ІК-81мп Комісар М.В.
Керівник: к. т. н., доцент Поліщук М.М.