

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження впливу вібрації на біологічні об'єкти та розробка
акселерометра

Виконав: студент II курсу, групи 8.1532
спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні
системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Лень Кирило Олександрович

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент,
к.т.н., Небеснюк Оксана Юріївна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент інженер ТОВ «НВП Імпульс» Кузько А.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 176 «Мікро- та наносистемна техніка»
(код і назва)
Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Критська Т.В.
“ _____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Лень Кирилу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Дослідження впливу вібрації на біологічні об'єкти та розробка акселерометра

керівник роботи Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “ 01 ” травня 2023 року № 639-с

2 Строк подання студентом роботи 30.11.2023

3 Вихідні дані до роботи прилад для визначення параметрів вібрації: діапазон частот вібрації від 0,01Гц до 5Гц; діапазон прискорення до 10мм/с²; похибка вимірювання не більше 10%; живлення: постійна напруга – 12В; кліматичні умови експлуатації приладу від -10⁰ до +40⁰С)

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Вплив вібрації на організм людини. Рухова активність 2 Дослідження акселерометра та розробка цифрового крокоміру на його основі 3 Техніко-економічне обґрунтування 4 Охорона праці та техногенна безпека

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

A-4 Дослідження акселерометра ADXL335 (2 шт). Схема електрична

структурна акселерометра. Результати моделювання підсилювача. Результати

моделювання смугового фільтра. Результати моделювання інтератора. Результати моделювання поргового підсилювача. Схема електрична принципова.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	01.11.22	27.03.23
II	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	03.04.23	20.10.23
III	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	23.10.23	13.11.23
IV	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	14.11.23	20.11.23

7 Дата видачі завдання 01.11.2022

1.1.1.1 КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір літератури за темою дипломної роботи. Складання плану роботи.	07.11.22 - 01.02.23	
2.	Написання першого розділу кваліфікаційної роботи.	06.02-27.03.23	
3.	Розробка схеми електричної структурної та моделювання елементів схеми.	03.04-01.08.23	
4.	Розробка схеми електричної принципової.	02.08-01.09.23	
5.	Написання та оформлення другого розділу.	04.09-20.10.23	
6.	Написання та оформлення третього та четвертого розділів.	23.10-20.11.23	
7.	Оформлення пояснювальної записки.	21.11-27.11. 23	
8.	Оформлення графічної частини дипломної роботи.	28.11-30.11.23	

Студент _____ Лень К.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проєкту) _____ Небеснюк О.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Верьовкін Л.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 83 сторінки, 28 рисунків, 14 таблиць, 2 додатки, 35 джерел літератури.

Об'єкт проектування – крокомір цифровий.

Ціль роботи – розробка крокоміру цифрового.

Задачі роботи – дослідити акселерометри; розробити схеми електричну структурну та принципову крокоміру цифрового; провести електричний розрахунок та моделювання окремих його вузлів.

Методика досліджень – моделювання приладу в програмному забезпеченні ELECTRONICS WORKBENCH.

Короткий виклад результатів досліджень - запропонований прилад дозволяє проводити підрахунок кількості кроків зроблених людиною.

Результаті впровадженнь – модель приладу пройшла випробування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується виготовити макет розробленого приладу для подальшого дослідження.

КОЛИВАННЯ, ВІБРАЦІЯ, ДАТЧИК ЄМНОСТНИЙ, ІНТЕГРАТОР, АЦП, МІКРОПРОЦЕСОР, ФІЛЬТР, ПІДСИЛЮВАЧ.

Кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 01.11.2022 по 30.11.2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ВПЛИВ ВІБРАЦІЇ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ. РУХОВА АКТИВНІСТЬ	8
1.1 Вплив вібрації на організм людини	8
1.2 Вплив ходьби на організм людини.....	15
1.2.1 Вплив ходьби та помірних вібрацій на серцево-судинну систему.....	18
1.2.2 Вплив ходьби на нервову систему.....	19
1.3 Користь помірних вібрацій при ходьбі.....	21
1.4 Методи та прилади виміру кількості шагів людини	25
1.5 Постановка мети та задач на проектування приладу	27
2 ДОСЛІДЖЕННЯ АКСЕЛЕРОМЕТРА ТА РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО КРОКОМІРУ НА ЙОГО ОСНОВІ.....	29
2.1 Огляд конструкцій та основних параметрів датчиків вібрації	29
2.1.1 Будова конструкції датчиків прискорення.....	29
2.1.2 Розрахунок електричних параметрів датчика.....	33
2.2 Побудова схеми електричної структурної приладу і призначення її вузлів	34
2.3 Розрахунок та моделювання вузла буферного підсилювача	36
2.4 Розрахунок параметрів та моделювання фільтру нижніх частот	41
2.5 Розрахунок і моделювання параметрів інтегратора	46
2.6 Розрахунок параметрів та моделювання порогового обмежувача.....	50
2.7 Аналіз результатів розрахунку характеристик структурних частин приладу.....	55
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	56
3.1 Огляд крокомірів.....	57
3.1 Порівняльний аналіз крокомірів за критеріями	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	63
4.1 Шкідливі і небезпечні чинники при виготовленні макету приладу.....	63

4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	66
4.3 Виробнича санітарія.....	69
4.4 Електробезпека.....	70
4.5 Пожежна та техногенна безпека	72
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	74
ЛІТЕРАТУРА.....	75

ВСТУП

Крокомір хтось вважатиме необхідним, а хтось іграшкою для пустощів. Незважаючи на прискорений ритм життя, сучасна людина ходить значно менше, ніж її предок. Це пояснюється сидячою роботою, наявністю власних автомобілів і зміненим способом життя людей. Однак людям потрібно намагатися більше ходити, щоб підтримувати свій організм в тонусі.

Загальновідомо, що фізична активність є ефективним методом профілактики багатьох захворювань. Регулярні заняття середньої інтенсивності знижують ризик серцево-судинних захворювань, ожиріння, діабету, інфаркту міокарда та інших серйозних патологічних змін в організмі людини. Займання аеробікою, формуванням та іншими видами спорту для всіх популярних в даний час у фітнес-клубах вимагає від людей вільного часу та коштів, яких часто не вистачає. Незалежні заняття більш доступні, але потрібні спеціальні знання та місце для його проведення. Тому останнім часом самостійна прогулянка стала популярною в деяких країнах. Це простий, доступний та практичний засіб зміни сидячого життя людини.

Для контролю щоденної фізичної активності зручно користуватися крокомірами, які підраховують кількість кроків. Зараз ці пристрої користуються чималою популярністю, так як багато людей ведуть активний спосіб життя, тому тематика роботи є актуальною.

Крокомір - це прилад для автоматичного підрахунку кількості кроків, пройдених людиною. Робота крокоміра основана на прийомі ваги тіла людини при ходьбі. При цьому датчиком може служити механічний маятник або мікрокнопка на взутті, але останнім часом найчастіше для цього використовується електронний датчик прискорення - акселерометр.

2 ВПЛИВ ВІБРАЦІЇ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ. РУХОВА АКТИВНІСТЬ

2.1 Вплив вібрації на організм людини

Вібрація (лат. *vibratio*) - механічне коливання пружних тіл. У біології і медицині з вібраціями звичайно зв'язують механічний коливальний рух тіла, окремих органів і тканин, що виникає під дією зовнішніх чинників (механічна дія, дія звуку і ультразвука). Як правило, вібрація є складною періодичною або близьке до періодичного механічне коливання. Періодичну вібрацію повністю характеризує коливальний спектр, що визначає частоти і амплітуди простих (гармонійних) коливань. Частоти коливань, здатних викликати у людини специфічне вібраційне відчуття, лежать звичайно в області до 8000 Гц, проте іноді в цілях дослідження біологічного ефекту вібрації виділяють низькочастотний діапазон.

Механічна вібрація у ряді випадків приводить до появи акустичного шуму. Природними джерелами вібрації є землетруси, виверження вулканів, шторми і т.д. Штучні джерела вібрації - різні механізми на виробництві, особливо вібраційне устаткування і віброінструменти, акустичні системи, різні механічні установки.

Біологічний ефект дії вібрації визначається локальною інтенсивністю енергії коливань, безпосередньо пов'язаної з величиною виникаючих в тканинах змінних напруг, і виявляється на всіх структурних рівнях організму.

Вібрація полегшує циркуляцію рідини, може викликати розпад молекул або молекулярних комплексів в клітинній протоплазмі, підвищує сорбційні властивості протоплазми, інтенсифікує ферментативні реакції,

збільшує проникність клітинних мембран, здатна викликати перебудови в хромосомному апараті кліток.

Помірні дози невисокої по інтенсивності вібрації надають стимулюючий ефект, підвищують лабільність нервово-м'язового апарату, інтенсифікує, окислювально-відновні процеси, діяльність системи гіпофіз - кора надниркових, щитовидної залози. Позитивний ефект дії помірних доз вібрації дозволяє використовувати її для лікування ряду внутрішніх, нервових і інших захворювань. Рухова активність у вигляді ходьби та бігу як раз викликають помірний рівень вібрацій в організмі людини.

Біг – енергозатратний вид спорту, який збільшує загальну витривалість організму. Навантаження під час бігу підвищує пульс, викликає вібрацію внутрішніх органів і сприяє швидкій витраті енергії. Біг дозволяє зміцнити м'язово-зв'язковий апарат і змушує працювати практично всі групи м'язів, особливо – м'язи ніг, сідниць, стегон, преса і кору [1].

Хід еволюційного розвитку людини визначив нормальне функціонування її органів та систем в умовах активної рухової діяльності. Від активної скелетної мускулатури залежить резервування енергетичних ресурсів, економне їх використання в спокої і в результаті – укріплення здоров'я та збільшення тривалості життя [2].

В основі здоров'я лежать процеси адаптації, які направлені на підтримку рівноваги внутрішньої середовища організму (гомеостазу). Серед факторів, які визначають здоров'я, 50% відносяться до образу життєдіяльності (харчування, ритм життя, рівень рухової активності, інтелектуальне та емоційне напруження); 22,5% - до шкідливих звичок (споживання алкоголю, тютюнопаління, наркоманія); 20% - до екологічних факторів; 7,5% - до медичного забезпечення [3]. Серед цих факторів - одним із головних є рівень рухової активності - ефективний засіб нормального розвитку та оздоровлення підростаючого покоління, оздоровлення осіб літнього і похилого віку [4].

В житті людини генетично запрограмований оптимум рухової активності і тільки у випадку її щоденної реалізації організм може оптимально розвиватися. Природна біологічна потреба людини у рухах позначається науковим терміном - кінезифілія [1].

Останніми десятиріччями в найбільш розвинених країнах світу спеціально організована рухова активність розглядається як потужний засіб зміцнення здоров'я населення, забезпечення високої працездатності, якості життя [5]. В українському суспільстві через низку об'єктивних та суб'єктивних причин недооцінюються можливості рухової активності у веденні здорового способу життя та зміцненні здоров'я громадян, профілактиці шкідливих звичок, передусім, серед молоді, та у вирішенні інших важливих соціально-економічних проблем [6].

Протягом життя людини рухова активність відіграє різну роль. У дитячому віці вона визначає нормальний ріст і розвиток організму, найповнішу реалізацію генетичного потенціалу, підвищує опір до захворювань. Саме у період росту організм найбільш чутливий до впливу різних несприятливих факторів середовища, в тому числі й до обмеження рухової активності.

Потреба у русі (кінезифілія) - біологічна потреба організму людини, котра відіграє важливу роль у її життєдіяльності та знаходиться у нерозривному зв'язку з активною м'язовою діяльністю, що сприяє адаптації до навколишнього середовища [7].

Енергетичний фонд та функціональний стан різних органів і систем у кожному віковому періоді знаходяться у тісному взаємозв'язку з особливостями функціонування скелетної мускулатури. При цьому, чим інтенсивніша рухова активність у межах допустимого оптимуму, тим більше виражені основні негентропійні фактори, що збільшують енергетичні ресурси, функціональні спроможності та тривалість життя організму.

В період від 1,0–1,5 років, коли у дитини реалізується та закріплюється поза стояння, добові енерговитрати найвищі – 50–60 ккал/кг. Потім

починається поступове зниження енерговитрат у стані спокою і в організмі дитини з'являються суттєві характерні риси гомеостазу – холінергічні.

Перебудова на адренергічний характер регуляції відбувається лише під час м'язової діяльності та інших стресових реакцій на зміни у навколишньому середовищі: чим вищий рівень м'язової активності, що стимулює адренергічні механізми, тим найповноцінніша індукція наступного анаболічного спокою та відповідного йому холінергічного гомеостазу. Подібна особливість стану функцій спокою у фізично тренуваних осіб отримала назву принцип економізації функцій [8].

Гіпокінезія — обмеження кількості та обсягу рухів, обумовлене способом життя, особливостями професійної діяльності, постільним режимом під час хвороби та іншими факторами. Часто гіпокінезія супроводжується гіподинамією – зменшенням м'язових зусиль, які витрачаються на підтримування пози, переміщення тіла у просторі, фізичну роботу.

Низький рівень рухової активності справляє складний вплив на організм людини. Різноманітність причин дефіциту рухів, ступінь його вираження та тривалість створюють необмежені можливості для змін в організмі: від адаптаційно-фізіологічних до патологічних.

Зменшення рухової активності знижує енерговитрати, призводить до недостатньої стимуляції росту та розвитку у період найбільшої пластичності та схильності впливу навколишнього середовища, сприяє їх обмеженню і неповноцінному використанню генофонду. Результатом цього є низькі рівні фізичного розвитку та функціональних спроможностей, що важко компенсуються у зрілому віці навіть шляхом систематичного тренування [6].

Оздоровчий і профілактичний ефект масової фізичної культури нерозривно пов'язаний із підвищеною фізичною активністю, посиленням функцій опорно-рухового апарату, активізацією обміну речовин. В результаті недостатньої рухової активності в організмі людини порушуються нервово-рефлекторні зв'язки, що призводить до розладу регуляції діяльності серцево-

судинної та інших систем. Для нормального функціонування людського організму і збереження здоров'я необхідна певна "доза" рухової активності. У зв'язку з цим, виникає питання про так звану звичну рухову активність, тобто діяльність, що виконується в процесі повсякденної професійної праці і в побуті. Найбільш адекватним виразом кількості виробленої м'язової роботи є величина енерговитрат. Мінімальна величина добових енерговитрат, необхідних для нормальної життєдіяльності організму, складає 12-16 мДж (в залежності від віку, статі та маси тіла), що відповідає 2880-3840 ккал. З них на м'язову діяльність повинно витрачатися не менш 5,0-9,0 мДж (1200-1900 ккал.), решта енерговитрат забезпечують підтримку життєдіяльності організму в стані спокою, нормальну діяльність систем дихання і кровообігу, обмінні процеси і т.і. [2].

Дефіцит енерговитрат, необхідних для нормальної життєдіяльності організму, склав, таким чином, близько 2,0-3,0 мДж (500-750 ккал.) на добу. Інтенсивність праці в умовах сучасного виробництва не перевищує 2-3 ккал/хв., що в 3 рази нижче порогової величини (7,5 ккал/хв.). У зв'язку з цим для компенсації недоліку енерговитрат, в процесі трудової діяльності сучасній людині необхідно виконувати фізичні вправи з витратою енергії не менше 350-500 ккал на добу (або 2000-3000 ккал в тиждень). В останній час в Україні тільки 20% населення займаються досить інтенсивним фізичним тренуванням, що забезпечує необхідний мінімум енерговитрат, а у 80% добова витрата енергії значно нижче рівня, необхідного для підтримки стабільного здоров'я [2].

Різке обмеження рухової активності в останні десятиліття призвело і до зниження функціональних можливостей людей середнього віку. Так, наприклад, показники максимального споживання кисню (МСК) у здорових чоловіків знизилася приблизно з 45,0 до 36,0 мл/кг. Таким чином, у більшій частини сучасного населення виникла реальна небезпека розвитку гіпокінезії. М'язи людини є могутнім генератором енергії. Вони посилюють сильний потік нервових імпульсів для підтримки оптимального тону центральної

нервової системи (ЦНС), полегшують рух венозної крові по судинах до серця ("м'язовий насос"), створюють необхідну напругу для нормального функціонування рухового апарату. Енергетичний потенціал організму і функціональний стан всіх органів і систем залежить від характеру діяльності скелетних м'язів. Чим інтенсивніше рухова діяльність у межах оптимальної зони, тим повніше реалізується генетична програма, і збільшується енергетичний потенціал, функціональні ресурси організму і тривалість життя. Розрізняють загальний і спеціальний ефект фізичних вправ, а також їх опосередкований вплив на чинники ризику. Найбільш загальний ефект тренування полягає у витраті енергії, прямо пропорційній тривалості і інтенсивності м'язової діяльності, що дозволяє компенсувати дефіцит енерговитрат. Важливе значення має також підвищення стійкості організму до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища: стресових ситуацій, високих і низьких температур, радіації, травм, гіпоксії. У результаті підвищення неспецифічного імунітету підвищується і стійкість до простудних захворювань. Проте використання граничних тренувальних навантажень, необхідних у великому спорті для досягнення "піку" спортивної форми, нерідко призводить до протилежного ефекту - обмеження імунітету і підвищенню сприйнятливості до інфекційних захворювань. Негативний аналогічний ефект може бути отриманий і при заняттях масовою фізичною культурою з надмірним збільшенням навантаження. Спеціальний ефект оздоровчого тренування пов'язаний з підвищенням функціональних можливостей серцево-судинної системи. Він полягає в економізації роботи серця в стані спокою і підвищенні резервних можливостей апарату кровообігу при м'язовій діяльності. Один з найважливіших ефектів фізичного тренування - вправа частоти серцевих скорочень у спокої (брадикардія), як прояв економізації серцевої діяльності і нижчої потреби міокарда в кисні. Збільшення тривалості фази діастоли (розслаблення) забезпечує більший кровотік і краще постачання серцевого м'яза киснем. Вважається, що збільшення частоти серцевих скорочень (ЧСС) у спокої на 15 уд./хв.

підвищує ризик раптової смерті від інфаркту, на 70% - така ж закономірність спостерігається і при м'язовій діяльності [7].

У будь-якому віці за допомогою тренування можна підвищити аеробні можливості і рівень витривалості - показники біологічного віку організму і його життєздатності. Наприклад, у добре тренуваних бігунів середнього віку максимально можлива ЧСС приблизно на 10 уд./хв. більше, ніж у нетренуваних. Такі фізичні вправи, як ходьба, біг (по 3 години на тиждень), вже через 10-12 тижнів призводить до збільшення МСК на 10-15% [7].

Таким чином, оздоровчий ефект занять масової фізичної культурою пов'язаний перш за все з підвищенням аеробних можливостей організму, рівня загальної витривалості і фізичної працездатності. Всі ці дані свідчать про позитивний вплив занять оздоровчою фізичною культурою на організм людини.

Розглядаючи проблему здоров'я людини з позиції ролі фізичної культури в реалізації генетично запрограмованої тривалості життя індивіда, логічним є формулювання терміну "здоров'я", як психофізичного стану людини з великим обсягом функціональних резервів, як основи її повноцінного біосоціального існування, високої фізичної і інтелектуальної працездатності, стійкості щодо впливу чинників довкілля, високої імунної реактивності та відсутності патологічних відхилень в організмі [9].

Важливим чинником збільшення тривалості життя та зміцнення здоров'я є заняття фізичними вправами. Сьогодні доведено, що оптимальна за величиною рухова активність може підняти власну межу тривалості життя. Ця залежність тривалості життя від рівня рухової активності генетично зумовлена і є специфічною видовою особливістю організму.

Таким чином, фізичні вправи є могутнім специфічним чинником адаптації людини до дії самих різноманітних подразників.

Вчені вважають, що для попередження передчасного старіння та забезпечення фізіологічно повноцінного довголіття, необхідно так організувати фізичне тренування людини, щоб досягти у дорослому віці

економної роботи серця (50-60 сек./хв.) і економічного дихання (8-10 разів за хв.) [6, 10]. Зрозуміло, що здійснити це без систематичних тренувань у молодому віці неможливо. Окрім того, слід пам'ятати, що позитивний ефект спортивних занять у молодому віці короткотривалий, і, щоб підтримувати здоров'я на належному рівні, необхідно продовжувати посильні фізичні тренування на протязі життя людини.

2.2 Вплив ходьби на організм людини

Для поліпшення фізичного стану організму людини, слід застосовувати вправи, що охоплюють основні групи м'язів і забезпечують їх ритмічну роботу. Найпопулярнішими і найдоступнішими засобами оздоровчого тренування є ходьба і біг. Однак дані лікарського контролю свідчать про те, що 50-60% людей, що займаються оздоровчим бігом змушені припинити, або на довго перервати тренування через болі в різних відділах хребта або в суглобах ніг. Особливо це стосується людей із надмірною масою тіла.

Основною перевагою оздоровчої ходьби є її ефективність при вираженій природності та доступності техніки її виконання. Ходьба легко дозується, що дозволяє здійснювати точний облік і контроль фізичного навантаження. Залежно від тривалості і інтенсивності, ця вправа показана всім, не залежно від віку і статі. Заняття оздоровчою ходьбою не вимагають спеціальних умов, мають велике оздоровче значення і, як правило, проводяться на свіжому повітрі у будь яку пору року, та в зручний час. Важливою особливістю є те, що вірно дозована ходьба не призводить до перенапруження функціональних систем організму, що особливо актуально для осіб похилого віку. Під час ходьби фази скорочення м'язів чергуються з фазами їх розслаблення, що забезпечує тривалу підтримку функцій

нервових центрів і тренування серцево-судинної та інших систем організму [8].

Інтенсивність навантаження легко дозується зміною швидкості, дистанції і тривалості ходьби [10]. Навантаження повинне відповідати можливостям організму (фізичному стану).

Загальновідомо, що ходьба синхронізує діяльність і рефлекси головного мозку, стимулює розумову діяльність, крім того ходьба та прогулянки на природі покращують стресовий стан, та і здоровим людям нерідко допомагають позбутися від хмурих думок, розвіятися.

Ходьба по своєму фізіологічному впливу на організм належить до ефективних циклічних вправ аеробної спрямованості й може використовуватися як для збільшення обсягу рухової активності, так і для корекції факторів ризику розвитку серцево-судинних захворювань, поліпшення функції подиху й кровообігу, опорно-рухового апарата, обміну речовин у людей старше 50 років і з низьким рівнем здоров'я. Великі м'язи, що включаються при ходьбі в роботу, відіграють роль «периферичних сердець», поліпшуючи тік крові від нижніх кінцівок до органів черевної порожнини, таза [11].

Ходьба впливає на функцію травних залоз, печінки, кишківника. Дуже корисним є і природній масаж стоп, який відбувається при ходьбі. Як і інші циклічні вправи, ходьба викликає сприятливу перебудову нервових процесів, поліпшує діяльність аналізаторів, підвищує емоційний стан, нормалізує сон.

Заняття ходьбою в будь-яку погоду сприяють загартовуванню організму, що позначається на підвищенні опірності організму, росту його адаптаційних можливостей.

У людей з надлишковою масою тіла ходьба в комбінації з низькокалорійною дієтою є ефективним засобом її зниження. Як показує практика фізкультурно-оздоровчих занять, ходьба й біг ефективні в боротьбі з палінням. Серед осіб, що займаються ходьбою і бігом число людей, що кинули палити, значно вище в порівнянні із середньостатистичними даними.

Мотив відмови від паління в них зв'язаний зі зниженням потреби у палінні [12].

Вплив ходьби на функціональні системи організму обумовлений:

- темпом (кількістю кроків у хвилину);
- довжиною дистанції;
- технікою ходьби;
- характером ґрунту (ходьба по асфальту, піску, снігу й т.ін.);
- рельєфом місцевості (з гори, у гору, по рівній і пересіченій місцевості);
- метеоумовами (вологість, атмосферний тиск);
- характером одягу, взуття.

Розрізняють 5 швидкостей ходьби:

- дуже повільна – від 60 до 70 кроків/хв (2,5-3 км/ч);
- повільна – від 70 до 90 кроків/хв (3-4 км/ч);
- середня – від 90 до 120 кроків/хв (4-5 км/ч);
- швидка – від 120 до 140 кроків/хв (5,5-6,5 км/ч);
- дуже швидка – більш 140 кроків/хв (понад 6,5 км/ч).

Індивідуальна швидкість ходьби визначається шириною кроку й темпом (кількістю кроків у хвилину), що відображено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Індивідуальна швидкість ходьби залежно від ширини кроку й темпу

Ширина кроку	Темп, кроків у хв.	Швидкість, км/год	Ширина кроку	Темп, кроків у хв.	Швидкість, км/год
60	60	2	80	60	2,9
60	70	2,5	80	70	3,4
60	80	2,9	80	80	3,8
60	90	3,2	80	90	4,3
60	100	3,6	80	100	4,8
60	110	4,0	80	110	5,0

60	120	4,3	80	120	5,8
60	130	4,7	80	130	6,2
60	140	5,0	80	140	6,7
70	60	2,6	90	60	3,2
70	70	2,9	90	70	3,7
70	80	3,4	90	80	4,3
70	90	3,7	90	90	4,8
70	100	4,2	90	100	5,4
70	110	4,6	50	110	5,9
70	120	5,0	90	120	6,6

2.2.1 Вплив ходьби та помірних вібрацій на серцево-судинну систему

В результаті навантаження під час оздоровчої ходьби рефлекторно розширюються судини серця, і в міокард надходить більше кисню. Тому постійне тренування сприятиме зміцненню серця, прояви стенокардії з'являтимуться рідше або зовсім зникнуть. Як затверджують учені, ходьба в якій те мірі сприяє розвантаженню серця в його безперестанній роботі. Під час ходьби серце працює не одне. Включається в роботу майже 600 м'язів, маса яких складає близько половини загальної ваги м'язів. При систематичній ходьбі серце і кровоносні судини, спрацьовують, діють погоджено. Зазвичай при спокійній ходьбі людина робить приблизно 60-70 кроків в хвилину. Така кількість кроків майже співпадає з частотою серцевих скорочень, яка при спокійній ходьбі рівна приблизно 70 – 80 ударам в хвилину [9].

Постійна щоденна ходьба може дещо знижувати показники артеріального тиску в гіпертоніків. Тож оздоровча ходьба, не тільки тренує

серцево-судинну і дихальну систему, а й поліпшує обмін речовин, функцію всіх внутрішніх органів, загальний стан здоров'я, зменшує прояви старіння організму.

Оздоровча ходьба є хорошим «масажером» кровоносних судин, поліпшуючи їх еластичність. Під час скорочення м'язів ніг при відштовхуванні крові в усередині м'язових капілярах активно «вичавлюється» у венозні судини. Прискорення венозного відтоку крові полегшує діяльність серця і покращує надходження крові по артеріях до працюючих м'язів. Такий характер діяльності м'язів називають «м'язовим насосом». При оздоровчій ходьбі «м'язовий насос» діє з найбільшою ефективністю. Оздоровчий ходьба визнана унікальним засобом зміцнення здоров'я і підтримки фізичної підготовленості людини. Ходьба викликає в організмі природні позитивні функціональні зрушення. Не випадково говорять: «Ходьба – краща дихальна вправа». Більш довершена дихальна функція активізує обмін речовин в організмі, що, у свою чергу, має пряме відношення до регулювання маси тіла [1].

2.2.2 Вплив ходьби на нервову систему

Збагачена киснем і поживними речовинами кров надходить через розкриті артеріоли і капіляри до всіх внутрішніх органів, центральної нервової системи, органів статевої системи та ендокринних залоз. Ось чому повніше відновлюються функції головного мозку, покращується пам'ять і мислення. Вплив фізичних вправ на нервову систему полягає в розвитку координації різноманітних рухів, регуляції функцій серцево-судинної і дихальної систем, в тренуванні адаптаційних механізмів. Крім цього, при роботі м'язів від них у центральну нервову систему надходить потужний потік нервових імпульсів, що надзвичайно важливо для підтримки її тону. Стимулюючу дію мають помірні фізичні навантаження на залози

внутрішньої секреції, гормони яких разом із нервовою системою є основою адаптаційних механізмів. Таким чином, підвищується стійкість організму до дії несприятливих чинників навколишнього середовища: стресових ситуацій, високих та низьких температур, радіації, мікроорганізмів, які спричиняють простудні захворювання тощо. Під час рухової активності частіше скорочуються м'язи діафрагми (внаслідок підвищення частоти дихання), а також м'язи передньої стінки живота, що покращує перистальтику (хвилеподібні послідовні скорочення) кишечника, а отже, і функцію шлунково-кишкового тракту. Підсилюється секреція і виділення жовчі з печінки, що сприяє її активнішій функції. Як наслідок — краще очищується кров від токсичних речовин, краще синтезуються необхідні організму білки, ферменти і вітаміни.

Кілька років тому дослідники з Університету в Південній Кароліні виявили [13], що 15-хвилинна прогулянка знімає почуття тривоги і напруги ліпше, ніж транквілізатори слабкої дії. Як і під час інших фізичних вправ, при ходьбі мозок починає виробляти ендорфіни — хімічні речовини, які вгамовують біль і стимулюють розслаблення організму, внаслідок чого у людини виникає почуття спокою.

Під час прогулянок до мозку потрапляє більше кисню, і це дозволяє йому швидше думати і сприяє знаходженню виходу із ситуації, що склалась.

Варто також звернути увагу на ще одне дослідження, пов'язане із прогулянками на свіжому повітрі. Адже вчені стверджують [14], що люди, які живуть в сільській або гірській місцевості рідше стикаються із симптомами депресії. А все тому, що вони більше часу проводять в місцях з зеленими насадженнями, на відміну від містян.

2.3 Користь помірних вібрацій при ходьбі

Користь ходьби пішки, найпростішою і звичайною, особливо на свіжому повітрі, безмірна. Її важко переоцінити, і полягає вона в наступному:

- Це найкращий антидепресант. Такі прогулянки піднімають настрій, знімають стрес і дарують сильний заряд енергії.
- Зміцнення м'язової і кісткової систем організму.
- Боротьба із зайвою вагою і корекція фігури.
- Профілактика серцево-судинних захворювань хребта.
- Уповільнення процесів старіння.
- Значне поліпшення перетравлювання їжі, а також якості сну.
- Позитивний вплив на зір, органи дихання і рухливість суглобів.
- Виведення шлаків і токсинів з організму.
- Зниження ризику розвитку діабету, а також рівня холестерину.
- Поліпшення кровопостачання і роботи головного мозку.
- Зміцнення судин і боротьба з варикозним розширенням вен.
- Підвищення витривалості організму, поліпшення волевих якостей особистості.
- Імуностимулюючу та загальноукріплювальні властивість.

Користь ходьби пішки складно описати. Адже піші прогулянки впливають на весь організм в цілому, сприяють поліпшенню роботи всіх його систем, допомагають у підвищенні імунітету.

Користь ходьби величезна, але, як і у будь-якої фізичної вправи, тут не обходиться без негативних моментів. Перш за все, як таких протипоказань у звичайної ходьби немає, якщо дотримуються правильні умови піших прогулянок:

— Гуляння повинно приносити задоволення, а больові відчуття повністю відсутнім.

— Ступінь складності, як і темп, повинні наростати поступово і визначатися в індивідуальному порядку. Ходьба не повинна приносити дискомфорту, викликати неприємні відчуття.

— Не опускайте при ходьбі голову і розслабте плечі. Тримайте спину рівно.

— Вибирайте зручне взуття і правильно ставте ноги. Вони повинні відштовхуватися носками і опускатися на п'яти.

— Слідкуйте за серцевим ритмом і диханням. Якщо відчуваєте дискомфорт або труднощі, знизьте навантаження. При дотриманні цих нескладних правил, можна уникнути небажаних наслідків, наприклад, у вигляді болю в м'язах [13].

В залежності від темпу, умов і поставлених цілей ходьба буває декількох видів:

— Піша прогулянка. Досить повільна, рівномірна, без збоїв дихання і якого-небудь дискомфорту, якщо ви в хорошій фізичній формі. Саме з неї і варто почати заняття, якщо ви задалися метою схуднути за допомогою піших прогулянок. Це не лише користь для здоров'я, але і приємно проведений час – дружня бесіда буде як не можна до речі, тим більше, що удвох веселіше. В такому темпі можна займатися стільки, скільки забажаєте – помірні навантаження шкоди не принесуть.

— Оздоровча ходьба. Тут прогулянки швидким темпом, по пересіченій місцевості, ходьба в гору і по сходах. Швидкість може розвиватися до 6-7 км/ч. Дихання стає прискореним, збільшується пульс, і тіло вже відчуває суттєву навантаження. Активно спалюються калорії, тренується серце і судини. Такий вид прогулянок може тривати близько години або трохи більше, якщо ви в хорошій фізичній формі, а заняття слід починати поступово.

— Спортивна ходьба. Характеризується швидкістю вище 7-7,5 км/год, а також особливою технікою. Цей вид вимагає підготовки, а тренування не

варто проводити самостійно – краще звернутися до професійного інструктора.

Якщо ваша мета — схуднути, то потрібно знати, кількість спалюваних калорій, а також в якій кількості і як саме треба ходити, щоб знизити вагу. На спалювання калорій впливають багато факторів [14].

Серед них головні:

- темп ходьби,
- тривалість і частота піших прогулянок,
- ваш вік і вага,
- температура навколишнього середовища,
- рівень фізичної підготовки,
- нахил поверхні, по якому ви йдете.

Від поєднання цих факторів залежить користь ходьби для втрати ваги. Так, наприклад, ходьба в більш швидкому темпі спалює більше калорій, ніж повільна прогулянка. Гуляння взимку по снігу чи влітку з собакою, рух по лісі або в гору продуктивніше ходіння по бруківці або парковими доріжками. Чим більше вага, тим інтенсивніше будуть спалюватися калорії, так як вашому організму потрібно значно більше енергії на переміщення в просторі [11].

Скільки калорій спалюється при ходьбі сказати можна тільки приблизно. Якщо середня вага 70 кг, то за годину це значення в розрахунку на 1 кг ваги в залежності від виду прогулянки в середньому буде:

— по прямій дорозі без ухилу повільно (приблизно 4 км/год) — 3,2 ккал;

— по прямій дорозі без ухилу середньо (приблизно 6 км/год) – 4,5 ккал;

— по прямій дорозі без ухилу швидко (приблизно 8 км/год) – 10 ккал;

— в гору – 6,5 ккал;

— прогулянки по пересіченій місцевості – 6,5 ккал;

— спортивна ходьба – приблизно 6,8 ккал;

— при ходьбі по сходах вгору і вниз ви витратите в середньому 6 і 4 ккал відповідно.

У сучасному суспільстві, де важка фізична праця протягом короткого, з точки зору розвитку людства, періоду часу виявилася витіснена машинами і автоматами, людину підстерігає небезпека - гіпокінезія. Саме їй приписується в значній мірі переважна роль в широкому поширенні так званих хвороб цивілізації. У цих умовах особливо високу ефективність у підтримці та зміцненні здоров'я людини відіграє фізична культура.

Сприятливий вплив фізичного навантаження на людський організм справді безмежний. Адже людина спочатку була розрахована природою на підвищену рухову активність. Знижена активність веде до багатьох порушень і передчасного старіння організму.

Під впливом фізичних вправ вдосконалюється будова і діяльність всіх органів і систем людини, підвищується працездатність, зміцнюється здоров'я.

Рухова активність є провідним фактором оздоровлення людини, тому що спрямована на стимулювання захисних сил організму, на підвищення потенціалу здоров'я.

Повноцінна рухова активність є невід'ємною частиною здорового способу життя, що впливає практично на всі сторони життєдіяльності людини.

Можна гуляти в парку, не лінуватися пройти одну-дві зупинки, бігати вранці, ходити пішки на роботу. Удень необхідно пройти до 10000 кроків – це норма, яка дозволить підтримувати здоров'я і фігуру.

Отже, активній сучасній людині абсолютно необхідний крокомір - найпростіший прилад для контролю за основними параметрами руху протягом дня.

2.4 Методи та прилади виміру кількості шагів людини

Більшість крокомірів визначають кроки за негативним прискоренням тіла людини в момент зіткнення ступні із землею, яке фіксується датчиком-акселерометром. В залежності від того який, за принципом дії, використовується акселерометр крокоміри поділяються на механічні, електромеханічні та електронні.

У механічному крокомірі рухомий важок за інерцією долає опір пружини й за допомогою зубчастої або іншої передачі повертає вісь механічного лічильника на одну поділку (рис 1.1).



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд механічного крокоміру

Перші повністю механічні пристрої були досить важкими і використовувалися переважно військовими. З часом крокоміри зменшилися до розміру карманних годинників, але принцип дії не змінився. В основі був маятник, який за кожним кроком качався і зворушив шестерінку на один зуб. Це, у свою чергу, заставило стрілку перейти на одне ділення - вийшли годинники з кроками замість секунд на табло. З-за простих пристроїв такі крокоміри легко було обманути, імітуючи його рухи при русі.

Наступною сходинкою в еволюції стало відмова від шестерень в користь електронного обчислення коливань маятника (рис1.2).

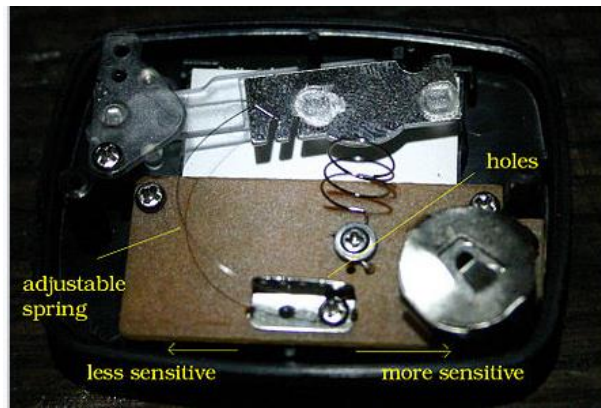


Рисунок 2.2 – Будова конструкції електромеханічного крокоміра

В електро-механічних крокомірах електромеханічний датчик перетворює струшування в електричний імпульс, що збільшує покази електронного лічильника.

Це, звичайно, зробило пристрій легше і компактніше, але не позбавило від неприємної недоліки. Портативні шаговики з маятником рекомендується закріпити на поясному реміні, інакше є ризик недоцінню великої частини тренувань або марш-броски.

Ще одна версія того, як рахує крокомір (з кріпленням до кроссовок). У цьому випадку використовується контактний датчик, який реагує на натискання. Зазвичай фіксується тільки на одній нозі, тому підраховує кроки попарно.

Вершиной «крокомірства» стала заміна маятника на акселерометр. Якщо не вдаватися в деталі, то це мікросхема, що вимірює прискорення в декількох напрямках. У вашому смартфоні акселерометр, швидше за все, теж є, саме він дає зрозуміти пристрою, коли потрібно перевернути зображення на екрані. В сучасних крокомірах данні з акселерометра обробляються за спеціальними алгоритмами, що дозволяють пристрою працювати в будь-якому положенні - і в кишені, і в руці. Сучасні моделі використовують дво- або трьохвісеві акселерометри, а вбудований у них мікропроцесор застосовує досить складний алгоритм для уникання помилкових спрацьовувань під час

виконання інших рухів. Самі продвинуті моделі можуть навіть визначити тип вашої активності, наприклад, біг або піша прогулянка.

Перший мобільний телефон з вбудованим крокоміром працював цілодобово і рахував кроки подібно крокоміру Omron. Датчик був виготовлений фірмою ADI. Телефон з'явився в Японії у 2004 році.

Телефони Sony Ericsson W710 та Sony Ericsson W580 містять 2-осьовий акселерометр, який сприймає кроки. W710 рахує кроки, тільки якщо його кришка закрита і показує число кроків на зовнішньому дисплеї. Опівночі зроблені за день кроки переписуються в файл історії, а лічильник обнуляється.

Вбудовані акселерометри дозволяють реалізовувати програми-крокоміри для Apple iPhone та різноманітних смартфонів з ОС Android. Для користувачів обох мобільних платформ доступна велика кількість програм для автоматичного підрахунку кроків, серед яких додатки Google Фітнес, All in pedometer, Accupedo та інші.

2.5 Постановка мети та задач на проектування приладу

Підводячи підсумки по викладеному вище матеріалу, який торкається методів та приладів вимірювання кількості кроків, що виконала людина за допомогою приладу на основі тривісного акселерометру, необхідно відзначити наступне. Для забезпечення отримання якісних результатів при підрахунку кількості кроків людини, необхідно визначати параметри прискорення пацієнта в трьох площинах.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- розробити схеми електричні структурну та принципову електронного приладу;

- провести розрахунки параметрів окремих вузлів приладу;
- провести моделювання електронного приладу для перевірки правильності розрахунків.

Тому метою роботи є розробка приладу для визначення параметрів вібрації з наступними параметрами:

- діапазон частот вібрації, що вимірюється від 0,01Гц до 5Гц;
- діапазон прискорення до 10мм/с²;
- похибка вимірювання не більше 10%;
- живлення: постійна напруга – 12В;
- кліматичні умови експлуатації приладу повинні відповідати класу УХЛЗ (від -10⁰ до +40⁰С)

3 ДОСЛІДЖЕННЯ АКСЕЛЕРОМЕТРА ТА РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО КРОКОМІРУ НА ЙОГО ОСНОВІ

3.1 Огляд конструкцій та основних параметрів датчиків вібрації

З метою отримання необхідних параметрів для розробки схеми електричної структурної та схеми електричної принципової цифрового крокоміру був проведений огляд конструкцій, вибір та розраховані окремі параметри датчика прискорення.

3.1.1 Будова конструкції датчиків прискорення

Датчики лінійного прискорення (акселерометри) широко використовуються для вимірювання кутів нахилу тіл, сил інерції, ударних навантажень і вібрації. Вони знаходять широке застосування на транспорті, в медицині, в інерційних системах навігації, в промислових системах виміру і управління.

Сучасні мікро та нанотехнології дозволяють виготовити інтегральні акселерометри, які мають малі габарити і низьку ціну. В даний час виготовляються ІМС акселерометрів трьох типів: пьезо–плівкові, об'ємні і поверхневі.

Плівкові п'єзоелектричні датчики прискорення виконуються на основі багатошарової п'єзоелектричної полімерної плівки. Багатошарова плівка закріплена на підкладці з оксиду алюмінію, і до неї приєднана інерційна маса

з порошкового металу. При зміні швидкості руху датчика в результаті дії інерційних сил відбувається деформація плівки. Завдяки п'єзоефекту виникає різниця потенціалів на межах шарів плівки, що залежить від прискорення. Чутливий елемент датчика має надзвичайно високий вихідний опір, тому у конструкції датчика є також польовий транзистор з малим струмом затвора, який представляє собою підсилювач напруги. Це дозволяє вимірювати змінні прискорення з порівняно низькою частотою. Датчики цього типу мають погану повторюваність характеристик в серійному виробництві, високу чутливість до зміни температури і тиску. Вони не можуть контролювати постійні прискорення і гравітаційні сили.

Прикладом об'ємного датчика може служити NAC-201/3 компанії Lucas NovaSensor до складу якого входить інерційна маса яка впливає на резистивний міст. Інтегральні датчики прискорення об'ємної конструкції мають ряд недоліків. По-перше, вони складні у виробництві, оскільки операції формування об'ємних структур не дуже просто поєднуються зі стандартними поверхневими інтегральними технологіями. По-друге, бажано мати датчик мінімально можливих розмірів на кристалі також мінімально можливих розмірів. Зменшення розмірів кристала дає підвищення його механічної міцності і зниження вартості. У той же час в датчику об'ємної конструкції тільки на розміщення чутливого елемента потрібно від 6,5 до 16мм² площі кристала. Розміщення на кристалі схем формування сигналу може збільшити цю площу ще в два рази. Тому, зокрема, один з датчиків прискорення компанії Motorola має двокристалъну конструкцію. На одному кристалі виконаний об'ємний чутливий елемент, а на іншому - схема обробки сигналу.

Компанія Analog Devices виготовляє сімейство акселерометрів ADXLxxx поверхневої конструкції. Весь кристал акселерометра розміром 3,05x3,05мм зайнятий головним чином схемами формування сигналу, які оточують мініатюрний датчик прискорення розміром 1x1мм, розташований в його центрі. Датчик являє собою диференціальну конденсаторну структуру з

повітряним діелектриком, обкладки якого вирізані (витравлені) з плоского шматка полікремнієвої плівки товщиною 2 мкм. Нерухомі обкладки цього конденсатора є прості консольні стержні, розміщені на висоті 1 мкм від поверхні кристала в повітрі на стовпчиках-анкерах, приварених до кристалу на молекулярному рівні (рис.2.1).

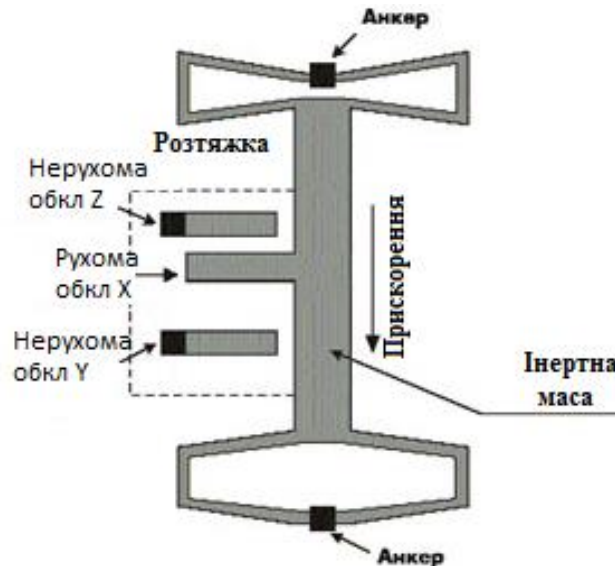


Рисунок 3.1 – Інертна маса датчика

Інерційна маса датчика прискорення при зміні швидкості переміщення кристала зміщується відносно іншої частини кристала. Її виступи утворюють рухливу обкладку конденсатора змінної ємності. З кожного кінця ця структура спирається на стовпчики-анкери, аналогічні за конструкцією нерухомих обкладинок. Розтяжки по кінцях інерційної маси, які утримують її у всячому положенні, виконують функцію механічних пружин постійної пружності, що обмежують переміщення інертної маси і забезпечують її повернення в початкове положення.

В даний час Analog Devices випускає кілька моделей інтегральних акселерометрів: одновісні ADXL103, ADXL150, ADXL190 на максимальне прискорення $\pm 1,7g$, $\pm 50g$, $\pm 100g$ відповідно, і двовісні ADXL202, ADXL210 і ADXL250 на максимальне прискорення по обох осях $\pm 2g$, $\pm 10g$ і $\pm 50g$ відповідно, а також тривісні ADXL335 на максимальне прискорення по осях

від $\pm 3g$ до $\pm 20g$. Оскільки максимальне прискорення що виникає при переміщенні людини складає приблизно від 0 до 2 g, тому для побудови приладу використаємо тривісний акселерометр ADXL335 основні параметри якого приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технічні параметри акселерометра ADXL335

Найменування параметра	Номінал
Напруга живлення не більш, В	3,6
Межа прискорення, g	± 3
Похибка перетворення, %	0,3
Базова напруга ($g=0$), В	1,5
Чутливість, мВ/g	1000
Максимальна частота перетворення, Гц	1600
Вихідний опір не більш, кОм	32
Резонансна частота не менше, кГц	5,5
Споживана потужність не більш, мВт	1
Діапазон робочих температур, $^{\circ}\text{C}$	$-40 \div 70$

Схема електрична структурна акселерометра ADXL335 наведена на рис. 2.2.

Розрахуємо максимальну напругу датчика ($U_{ВИХ\ MAX}$) на межі перетворення:

$$U_{ВИХ\ MAX} = S \cdot M + U_{REF} = 0.9B/g \cdot 1.7g + 1.5B = 3.03B, \quad (3.1)$$

де S – чутливість датчика, M – межа перетворення, U_{REF} – базова напруга.

Розрахуємо мінімальну напругу датчика ($U_{ВИХ\ MIN}$) на межі перетворення:

$$U_{ВИХ\ MIN} = U_{REF} - S \cdot M = 1.5B - 0.9B/g \cdot 1.7g = 0,02B. \quad (3.2)$$

Розрахуємо динамічний діапазон вихідної напруги ($D_{ДАТ}$) датчика:

$$D_{ДАТ} = 201g \frac{U_{ВИХ\ MAX}}{U_{ВИХ\ MIN}} = 201g \frac{3,03B}{0,02B} = 43,6дБ (151,5рази) \quad (3.3)$$

3.2 Побудова схеми електричної структурної приладу і призначення її вузлів

Для обробки сигналу датчика була побудована схема електрична структурна до якої входять наступні модулі: ємнісний перетворювач прискорення, модулі вимірювання прискорення, мікропроцесорний блок управління, блок індикації, а також блок зв'язку з зовнішніми приладами. Схема електрична структурна приладу приведена на рисунку 2.4.

Ємнісний перетворювач прискорення перетворює механічні вібраційні коливання в електричний сигнал амплітуда якого пропорційна інтенсивності

вібрації. Сигнал з перетворювача надходить на буферний підсилювач модуля вимірювання, який узгоджує вихідний опір перетворювача з вхідними опорами ланцюгів наступних модулів. Сигнал з буферного підсилювача надходить на смуговий фільтр де придушуються сигнали завад. Сигнал з виходу смугового фільтру надходить на обмежувач пороговий, на виході якого формується прямокутний сигнал при умові, що вхідний сигнал перевищує необхідний рівень.

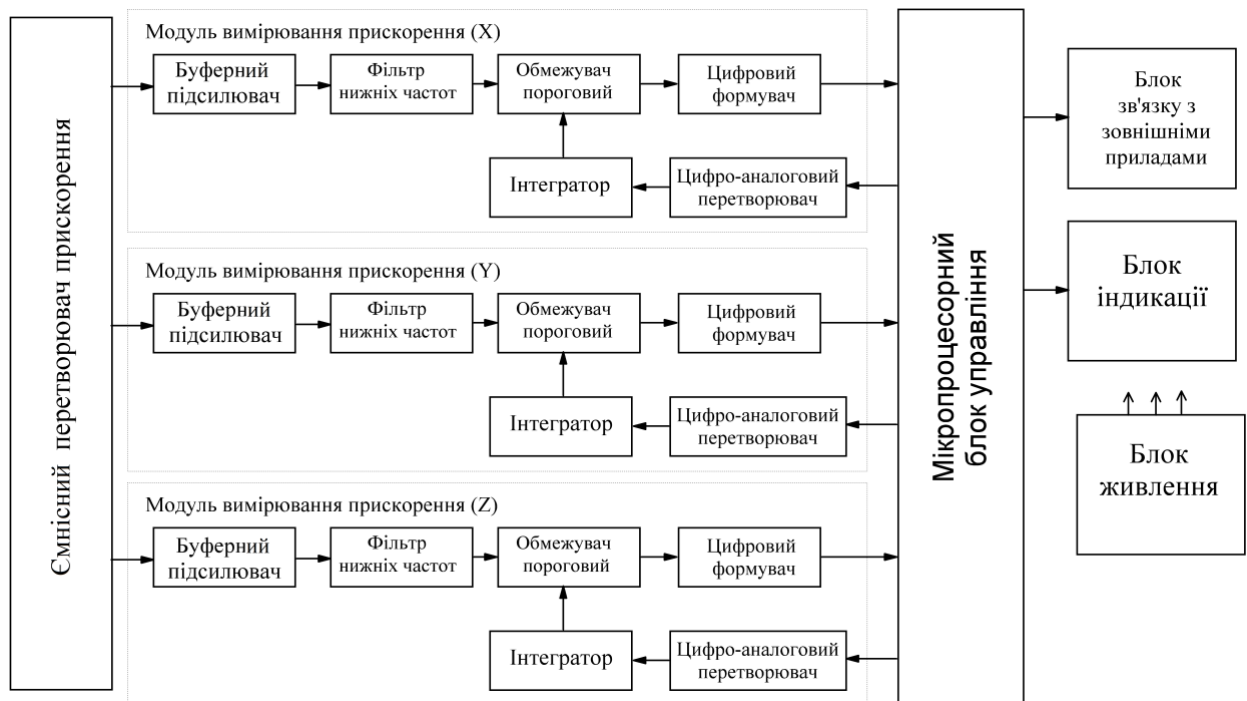


Рисунок 3.4 - Схема електрична структурна приладу

Таким чином є можливість фільтрування сигналів перешкод (механічної вібрації). Цифровий формувач, до складу якого входить диференціатор та одновібратор, формує прямокутний сигнал постійної тривалості період якого дорівнює періоду кроків людини і який надходить на вхід блоку мікропроцесорного управління [15,16,17]. Для нормальної роботи обмежувача порогового на його схему надходить сигнал з цифро-аналогового перетворювача [18], який є опорним сигналом та його величина дорівнює величині перешкод яка визначається автоматично при калібруванні приладу.

Мікропроцесорний блок управління призначений для управління апаратом в цілому. У ньому виконуються арифметичні і логічні операції алгоритму управління приладом, а також проводяться необхідні розрахунки [17].

Блок індикації перетворить цифровий сигнал, який містить інформацію про той або інший параметр у візуальну інформацію, що відображається на рідкокристалічному індикаторі.

Блок зв'язку з зовнішніми приладами необхідний для збереження в базі даних інформації про параметри вібрації.

Модуль живлення призначений для забезпечення окремих вузлів і блоків приладу стабілізованою напругою.

Принципова реалізація структурної схеми наведена у Додатку Б.

Для побудови окремих елементів електричної схеми модулів вимірювання (інтегратор, буферний підсилювач, фільтр нижніх частот) в якості активних компонентів рекомендується застосувати операційні підсилювачі. Електронна промисловість випускає в даний час досить великий асортимент операційних підсилювачів, в тому числі і з вхідними ланцюгами виконаних на польових транзисторах [19]. Отже, є можливість шляхом застосування таких операційних підсилювачів реалізувати основні вузли модулів вимірювання з потрібними характеристиками.

3.3 Розрахунок та моделювання вузла буферного підсилювача

У зв'язку з тим, що вихідний опір ємнісного перетворювача вібрації перевищує величину 30кОм для узгодження її вихідного опору з величинами вхідних опорів навантаження наступних каскадів приладу до складу пристрою входить буферний підсилювач виконаний на основі операційного підсилювача що включений за схемою повторювача сигналу [19]. Така схема

включення операційного підсилювача дає можливість отримати високий вхідний опір буферного підсилювача та малу величину вихідного опору.

Розрахуємо необхідну величину вхідного опору буферного підсилювача:

$$R_{BX} = 10R_{BHX} = 10 \cdot 30 \text{кОм} = 300 \text{кОм} \quad (3.4)$$

Розрахуємо необхідну величину вихідного опору буферного підсилювача за умовою узгодження опорів і отримання максимальної потужності у навантаженні:

$$R_{BHX} = R_H = 0,1 \text{кОм} \quad (3.5)$$

Принципова схема буферного підсилювача приведена на рисунку 2.5.

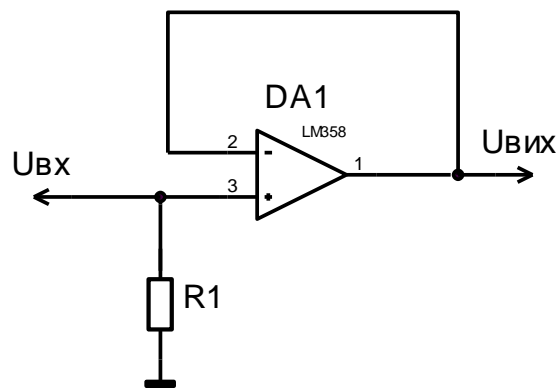


Рисунок 3.5 – Принципова схема буферного підсилювача

До складу буферного підсилювача входить повторювач сигналів, виконаний на операційному підсилювачі DA1. Повторювачі сигналів забезпечують високий вхідний опір і низький вихідний опір буферного підсилювача.

Для реалізації буферного підсилювача сигналу датчика в якості мікросхеми DA1 застосуємо широко поширений операційний підсилювач LM358 [20].

Основні параметри LM358 приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики ОП LM358

Найменування параметра	Номінал
Напруга живлення не більш, В	$\pm(3-32)$
Напруга зсуву не більш, мВ	2
Вхідний струм не більш, нА	5
Коефіцієнт підсилення не менше, дБ	100 (100000раз)
Коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу не менше, дБ	70
Вхідний опір не менше, кОм	100
Вихідний опір не більш, кОм	1

прод. табл. 2.2

Гранична частота підсилення не менше, МГц	1
Споживана потужність не більш, мВт	30
Діапазон робочих температур, °С	0+80

Для того, щоб отримати високий вхідний опір попереднього підсилювача, використовуємо схему включення операційного підсилювача DA1 в режимі неінвертуючого підсилювача охопленого 100% зворотним зв'язком (повторювач сигналу).

Вхідний опір, якого розраховуємо:

$$R_{вх} = R_{вх\text{ оп}}(1 + \beta K_{оп}) \quad (3.6)$$

$$R_{вх} = 100\text{кОм} (1 + 100000) = 1 \cdot 10^4 \text{МОм},$$

де $R_{вх\text{ оп}}$ - вхідний опір ОП, кОм, $\beta = 1$, $K_{оп} = 100000$

Вхідний опір такої величини практично не досяжний, оскільки обмежується величиною опору витоків друкованих плат. Проте можна відмітити, що умова узгодження вихідного опору датчика і вхідного опору попереднього підсилювача виконані. Для того, щоб привести потенціал на вході операційного підсилювача DA1.1 до потенціалу загального дроту і тим самим збалансувати операційний підсилювач, встановлений резистор R1, величина якого рівна 9,1МОм. Таким чином, вхідний опір ланки виконаного на операційному підсилювачі DA1 дорівнює 9,1МОм.

В якості резистора R1 застосований резистор R1206 -9,1МОм \pm 10%

Розрахуємо вихідний опір ланки виконаного на операційному підсилювачі DA1.1:

$$R_{вих} = \frac{R_{вих\text{ ОП}}}{1 + \beta K_{оп}} \quad (3.7)$$

$$R_{вих} = \frac{1000}{1 + 100000} = 10\text{м}$$

Для підтвердження правильності проведених розрахунків схема розрахованого підсилювача була промодельована в середовищі Electronic workbench.

Схема електрична принципова моделі приведена на рисунку 2.6.

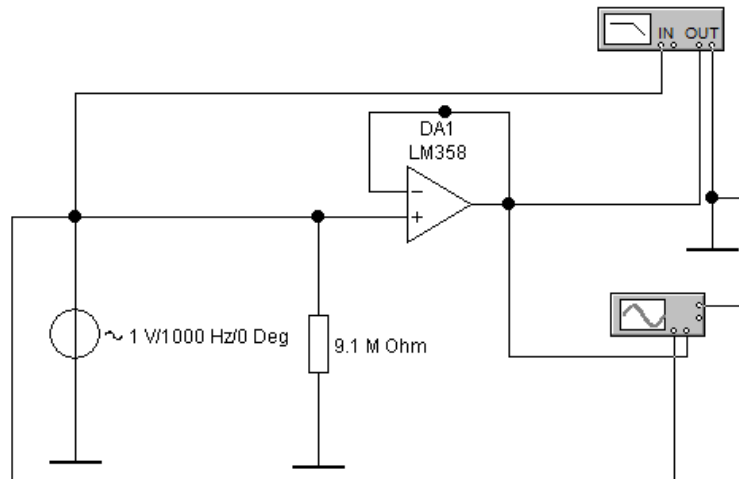


Рисунок 3.6 - Схема електрична принципова моделі підсилювача

Часові діаграми роботи підсилювача приведені на рисунку 2.7.

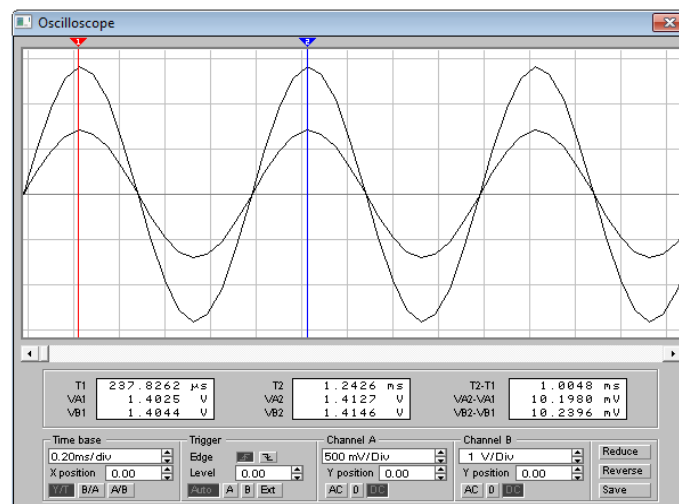


Рисунок 3.7 – Результати моделювання (тимчасові діаграми вихідного сигналу)

За результатами моделювання можна зробити висновок, що коефіцієнт передачі модельованого підсилювача складає більш 0,999раз.

Амплітудно-частотна характеристика підсилювача приведена на рисунку 2.8.

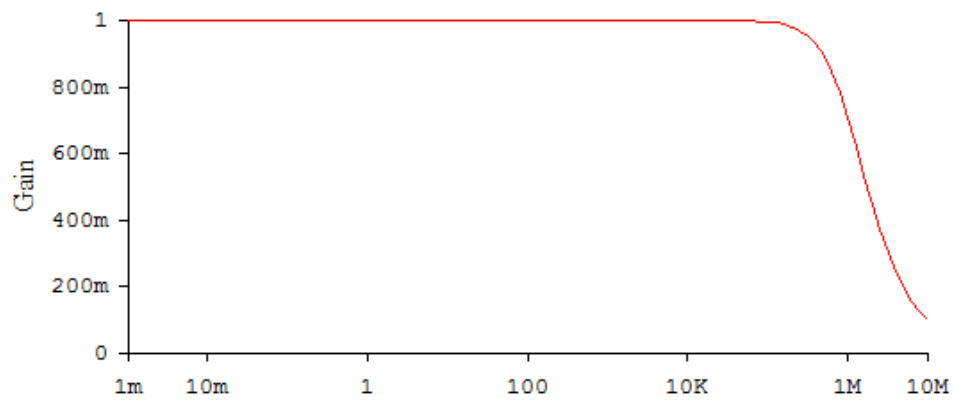


Рисунок 3.8 – Амплітудно-частотна характеристика підсилювача

Ці моделювання показують правильність проведених розрахунків підсилювача.

3.4 Розрахунок параметрів та моделювання фільтру нижніх частот

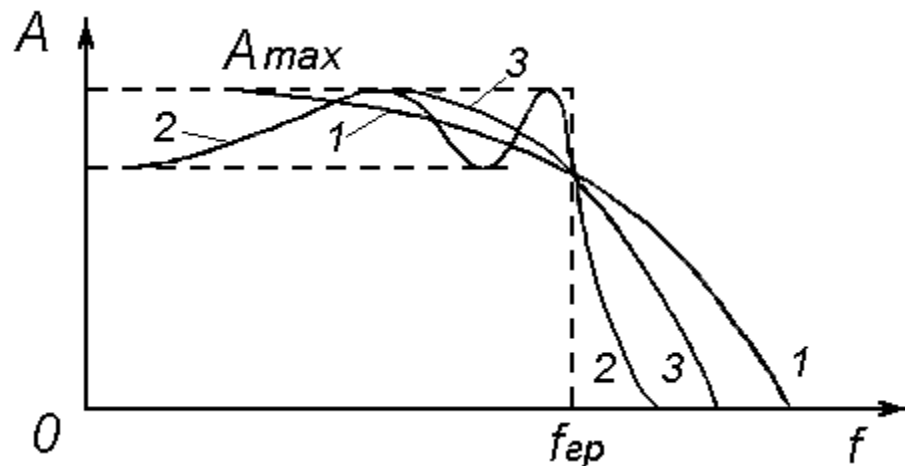
Як вже було зазначено раніше, використовуючи операційний підсилювач (ОП) також можна спроектувати підсилювач, що має властивості фільтра. Такий фільтр називається активним. [21,19,22] Його найбільш ефективно вдається використовувати в діапазоні наднизьких та низьких частот (одиниці герц - одиниці кілогерц). У цьому діапазоні не вигідно застосовувати індуктивності великого номіналу, що має невисоку добротність і стабільність.

В активному фільтрі ОП використовується спільно з конденсаторами, але необхідний зрушення фаз, що моделює індуктивність, створюється за рахунок петлі зворотного зв'язку. Якщо власний паразитний зсув фаз всередині ОП невеликий, то властивості реактивного підсилювального каскаду з хорошою точністю відповідають властивостям реальної індуктивності. Крім того, статичні властивості ОП, що застосовуються для побудови фільтрів, повинні бути близькі до ідеальних ($R_{вх} \rightarrow \infty$, а $R_{вих} \rightarrow$

0), в цьому випадку реактивні ланцюги можуть працювати в погодженому режимі.

Найчастіше розглядають три види фільтрів і відповідно три види амплітудно-частотних характеристик (АЧХ). Ці АЧХ представлені на рис. 2.9 в логарифмічному масштабі.

Крива 1 - АЧХ фільтру Бесселя. У нього фазочастотна характеристика (ФЧХ) близька до лінійної, однак АЧХ далека від ідеальної. Недолік фільтра Бесселя - малий нахил АЧХ поблизу смуги пропускання, тобто мале придушення позасмугової перешкоди, якщо її частота ненабагато перевершує значення граничної.



1 - АЧХ фільтру Бесселя; 2 - АЧХ фільтру Чебишева; 3 - АЧХ фільтра Баттерворта

Рисунок 3.9 - АЧХ фільтрів нижніх частот

Крива 2 описує фільтр Чебишева. АЧХ цього фільтру в смузі пропускання має хвилястий характер. Число вершин часто називають порядком фільтра. Проте, порядок фільтра - це порядок рівняння, яке описує його АЧХ один з локальних максимумів (мінімумів) завжди лежить на нульовій частоті. Різницю в децибелах між цими рівнями називають нерівномірністю АЧХ фільтру Чебишева в смузі пропускання. Зазвичай розглядаються фільтри Чебишева з нерівномірністю АЧХ 0,5; 1 і 3 дБ. Чим більше нерівномірність, тим більше крутизна АЧХ поблизу кордону

смуги пропускання. Однак через таку підвищеної вибіркової велика нерівномірність АЧХ і особливо ФЧХ, і як наслідок - сильні спотворення корисного сигналу.

Крива 3 (рис.2.9) - це АЧХ фільтра Баттерворта, який є компромісом між фільтром Бесселя та Чебишева. Його АЧХ найбільш близька до асимптоти і ніде не перетинає її. Лише поблизу граничної частоти має не великий - на 3 дБ «завал» АЧХ. ФЧХ фільтра Бесселя дещо відрізняється від лінійної.

Ліва асимптота АЧХ будь-якого НЧ фільтра горизонтальна, а права нахилена під кутом $20N$ дБ на декаду, де N - порядок фільтра. Порядок дорівнює (за рідкісним винятком) числу реактивних елементів, які входять у фільтр, в нашому випадку конденсаторів.

Основний параметр ФНЧ - це межа смуги пропускання, або гранична частота виміряна на рівні -3дБ щодо максимального коефіцієнта передачі A_{\max} . Інший частотний параметр - частота зрізу $f_{\text{ср}}$, яка дорівнює абсцисі точки перетину асимптот (базисної точки).

При побудові ФНЧ зазвичай не можливо отримати будь-який заздалегідь заданий коефіцієнт передачі в смугі пропускання.

На рис. 2.10 представлена схема ланки другого порядку, яка дозволяє отримати необхідний вид АЧХ. Ланку побудовано на основі підсилювача. Ланка $R2, C2$ визначає частоту зрізу фільтра низьких частот.

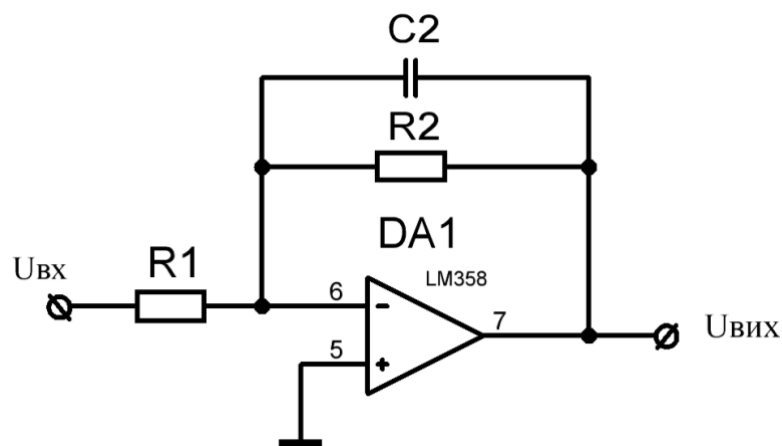


Рисунок 3.10 - Принципова схема смугового фільтра

Для проведення розрахунку компонентів смугового фільтру використаємо наступні вихідні дані: верхня гранична частота смуги пропускання $f_v=5\text{Гц}$, вхідний опір $R_{вх}=1\text{кОм}$, коефіцієнт підсилення $K_u=2$.

Розрахуємо компоненти смугового фільтра.

Оскільки величина резистора R_1 визначає вхідний опір інвертуючої схеми включення операційного підсилювача ($R_{вх}=R_1$) тому в якості резистора R_1 використаємо резистор типу R1206-1кОм \pm 10%.

Коефіцієнт підсилення операційного підсилювача описується рівнянням:

$$K_u = -\frac{R_2}{R_1} \quad (3.8)$$

З цього співвідношення обчислимо величину резистора R_2 :

$$R_2=K_u \cdot R_1=2 \cdot 1\text{кОм}=2\text{кОм} \quad (3.9)$$

В якості резистора R_2 використаємо резистор типу R1206-2,2кОм \pm 10%.

Розрахуємо величину конденсатора фільтру нижніх частот C_2 :

$$C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot f_g} = \frac{1}{2\pi \cdot 2,2\text{кОм} \cdot 7\text{Гц}} = 10\text{мкФ} \quad (3.10)$$

В якості конденсатора C_2 використаємо конденсатор типу K50-33-12В 10мкФ.

На рис. 2.11 та рис. 2.12 представлена модель та АЧХ розрахованого фільтра, моделювання якого проводилося за допомогою програмного продукту Electronic Workbench.

Таким чином, спроектований фільтр має величину коефіцієнта передачі в смузі частот пропускання рівній 5,6дБ (2,2 разів). Верхня гранична частота фільтру складає 7,7Гц.

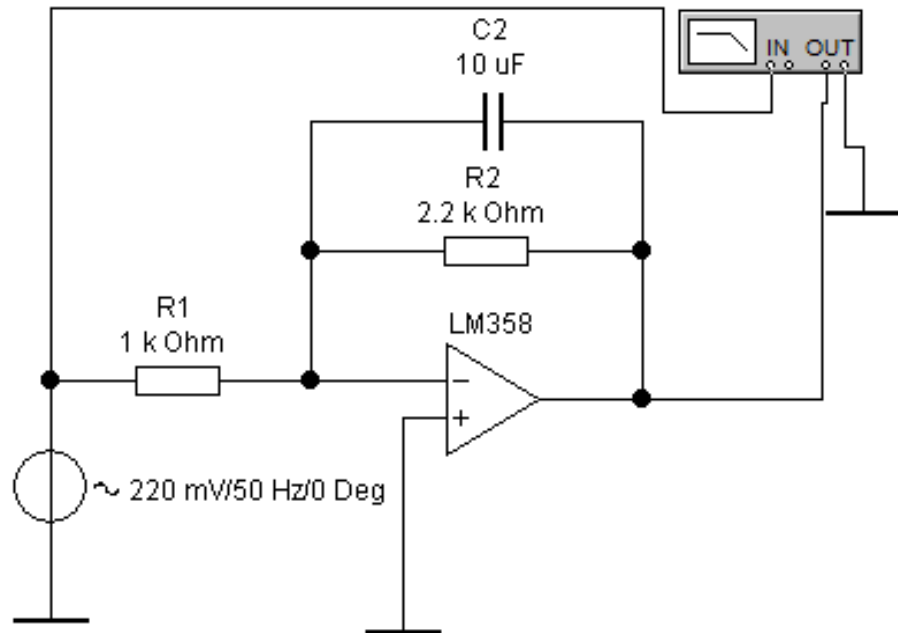


Рисунок 3.11 – Схема електрична принципова моделі смугового фільтра

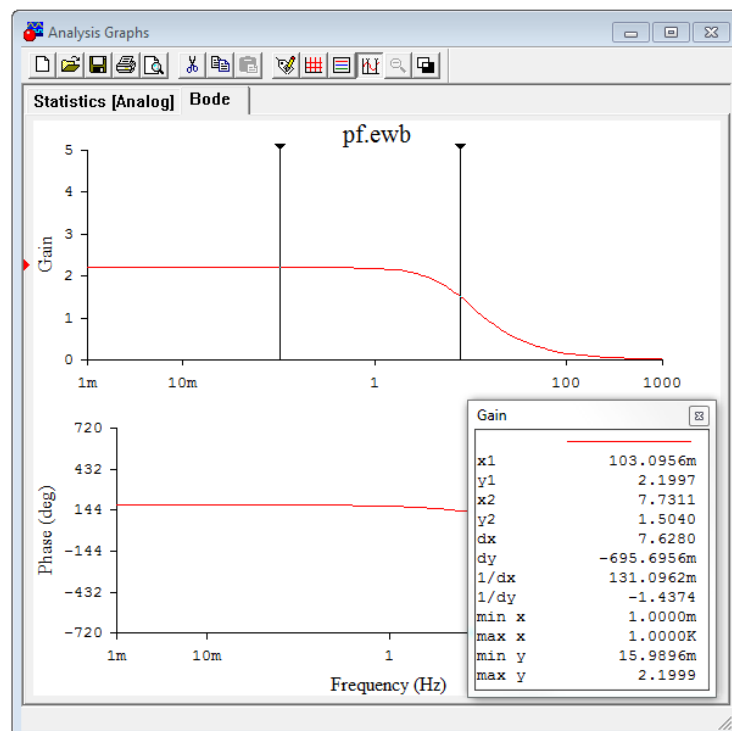


Рисунок 3.12 – АЧХ смугового фільтра

3.5 Розрахунок і моделювання параметрів інтегратора

Інтегратори проводять усереднювання сигналу того, що поступає з цифро-аналогового перетворювача [21,19]. Крім того, вони грають роль фільтру нижніх частот, що не дає сигналу імпульсної перешкоди можливості проникати на вхід АЦП блоку мікропроцесорного управління і збільшувати похибку при вимірюванні [23].

На основі операційного підсилювача (ОП) можна побудувати практично ідеальні інтегратори. На рисунку 2.13 показана проста схема, що виконує цю функцію.

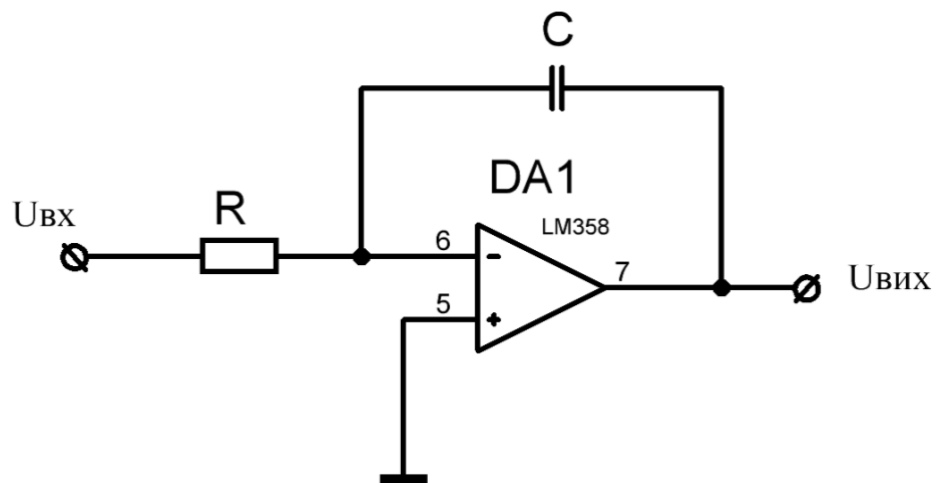


Рисунок 3.13 - Схема ідеального інтегратора на ОП

Її вихідна напруга ($U_{вих}$) пов'язана з вхідною напругою ($U_{вх}$) наступними співвідношеннями:

$$\frac{U_{вих}}{R} = -C \frac{dU_{вих}}{dt}$$

$$U_{вих} = -\frac{1}{RC} \int U_{вх} \cdot d\xi + const, \quad (3.11)$$

де: R - опір резистора інтегратора; C - ємність конденсатора інтегратора

Недоліком цієї схеми є дрейф вихідної напруги, обумовлений напругою зсуву і вхідними струмами ОП [19,20]. Це небажане явище можна ослабити, якщо до конденсатора C підключити резистор R2 з великим опором, який забезпечує стабілізацію робочої точки за рахунок зворотного зв'язку по постійному струму як показано на рисунку 2.14.

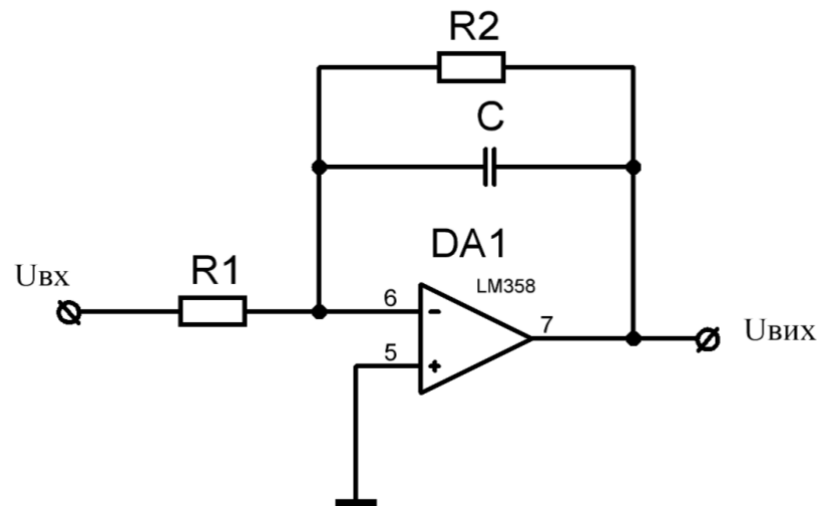


Рисунок 3.14 - Схема реального інтегратора на ОП

Резистор зворотного зв'язку R2 запобігає також насиченню ОП після заряду конденсатора, коли струм через конденсатор стане рівним нулю. Вихідна напруга цієї схеми при подачі на неї стрибка вхідної напруги амплітудою $U_{вх}$ змінюється відповідно до виразу:

$$U_{вих} = -U_{вх} \frac{R2}{R1} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{R2 \cdot C}\right) \right] \quad (3.12)$$

На початковому інтервалі перехідного процесу при $t \ll R_1 \cdot C$, зміна вихідної напруги $U_{вих}$ буде достатньо близька до лінійного і швидкість його зміни може бути обчислена з виразу:

$$\frac{U_{вих}}{\Delta t} = \frac{-U_{вх}}{R_1 \cdot C} \quad (3.13)$$

Для побудови інтегратора застосуємо інтегральну схему LM358 яка є здвоєним операційним підсилювачем. Його параметри приведені в табл. 2.2.

Початковими даними для розрахунку елементів інтегратора є:

- Загальний коефіцієнт підсилення інтегратора рівний 1
- Частота вхідного сигналу = 1кГц
- Максимальна вихідна напруга = 3В

Для отримання на виході інтегратора постійної напруги з мінімальним рівнем пульсації необхідно щоб виконувалася умова:

$$10/f_{вх} \leq \tau_{инт} = R_1 C \quad (3.14)$$

де: $\tau_{инт}$ – постійна часу інтегратора.

В якості резистора R_1 застосуємо резистор номіналом $51\text{кОм} \pm 10\%$

Розрахуємо величину конденсатора інтегруючого ланцюга:

$$C = \frac{10}{f_{вх} R} \quad (3.15)$$

$$C = \frac{10}{1\text{кГц} \cdot 51 \cdot 10^3 \text{Ом}} = 0,2 \text{ мкФ}$$

В якості конденсатора інтегруючого ланцюга застосований конденсатор типа КМ56-60В-0,22мкф $\pm 10\%$.

Розрахуємо величину резистора R1 яка одночасно визначає величину вхідного опору інтегратора:

$$R1 = \frac{R2}{K_{yc}} = R_{BX} \quad (3.16)$$

$$R1 = \frac{51 \cdot 10^3}{1} = 51 \cdot 10^3 = 51 \text{кОм}$$

В якості резистор R1 застосовний резистор типа R1206-51кОм±10%

В результаті проведених розрахунків визначимо параметри спроектованого інтегратора.

Постійна часу ланцюга інтегратора буде дорівнювати:

$$\tau_{int} = R2 \cdot C$$

$$\tau_{int} = 51 \text{кОм} \cdot 200 \text{мкФ} = 1,02 \text{С}$$

Для підтвердження правильності проведених розрахунків схема даного інтегратора була промодельована в середовищі Electronic Workbench.

Схема електрична принципова моделі приведена на рисунку 2.15.

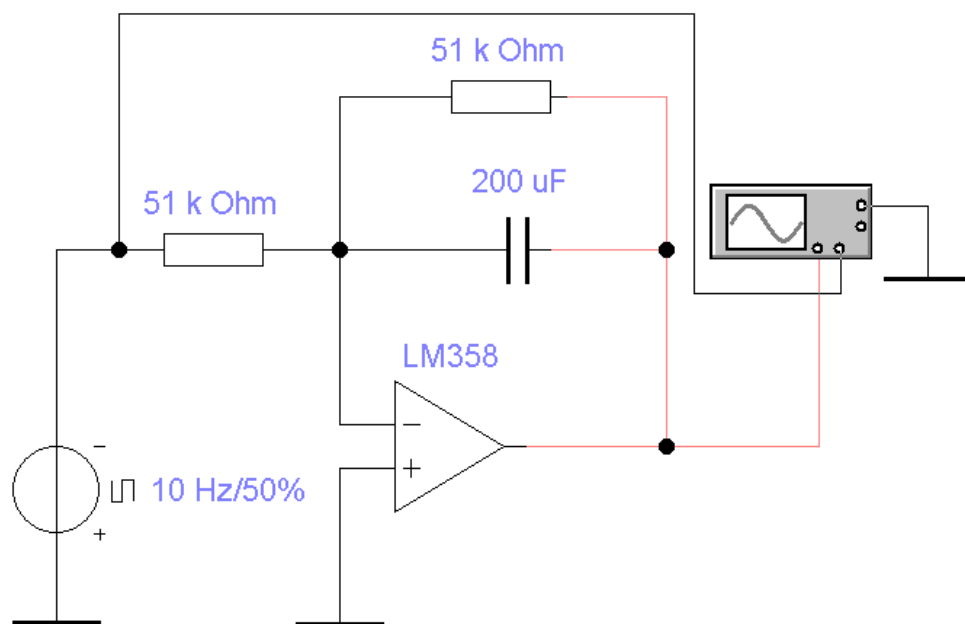


Рисунок 3.15 - Схема електрична принципова моделі інтегратора

Часові діаграми роботи інтегратора приведені на рисунку 2.16.

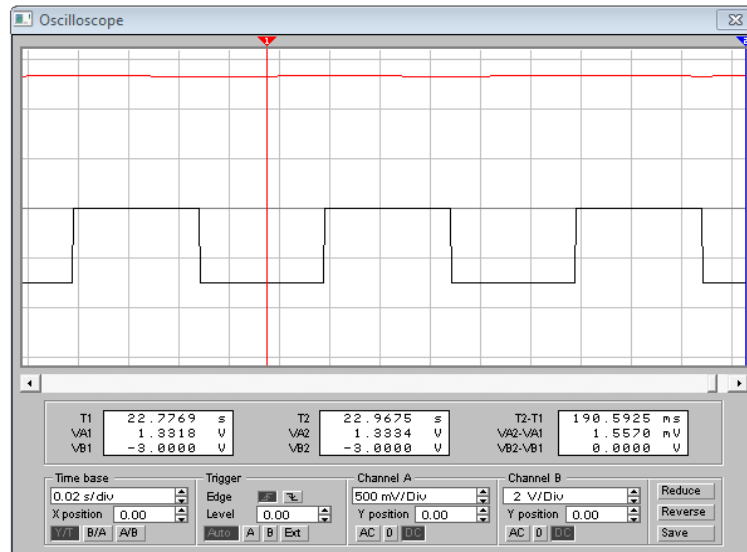


Рисунок 3.16 – Результати моделювання (часові діаграми вихідного сигналу)

За наслідками моделювання можна зробити висновок, що пульсації (паразитна модуляція) сигналу на виході інтегратора складає не більше 2мВ що може збільшити похибку вимірювання напруги не більше ніж на 0,02%

Дані моделювання показують правильність проведених розрахунків інтегратора.

3.6 Розрахунок параметрів та моделювання порогового обмежувача

Пороговий підсилювач служить для "розтягування" обраної області амплітудного сигналу. Інша його назва - експандер. Він служить для підсилення сигналу амплітуда якого перевищує заданий поріг. На рис. 2.17 показана залежність вихідних амплітуд $U_{\text{вих}}$ від вхідних $U_{\text{вх}}$. Рівень порога $U_{\text{п}}$ і коефіцієнт посилення порогового підсилювача.

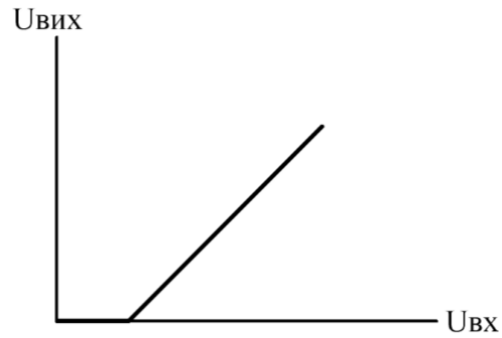


Рисунок 3.17 – Амплітудна характеристика порогового підсилювача

Пороговий підсилювач (рис. 2.18) (біполярний пороговий елемент) виконаний на базі інвертуючого підсилювача, в якому в ланцюг негативного зворотного зв'язку спільно з резистором R_3 включений випрямний міст (VD1-VD4), підключений діагоналями через резистори R_2 та R_3 до джерел опорної напруги ($E_{оп+}$, $E_{оп-}$).

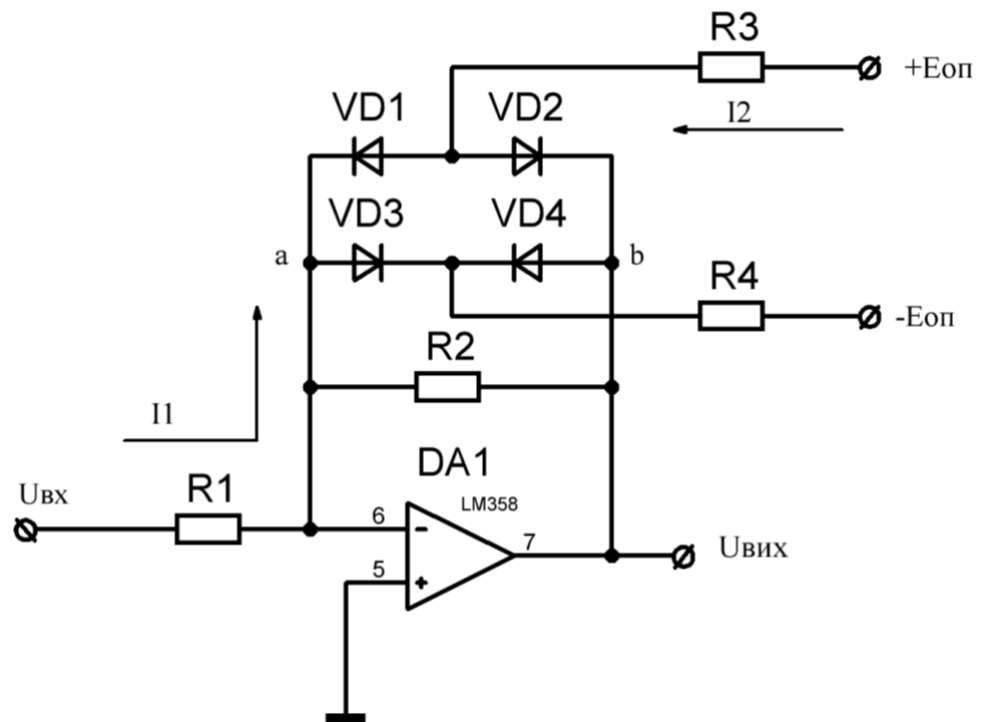


Рисунок 3.18 – Схема електрична принципова порогового підсилювача

При $U_{вх}=0$ струм I_2 , що протікає по резисторам R_4 і R_3 від джерела опорної напруги, розгалужується через діоди VD1, VD3 і VD2, VD4, таким чином всі діоди відкриті і напруга між входом моста (точка a) і його виходом

(точка b) дорівнює нулю, відповідно до чого коефіцієнт підсилення і вихідна напруга також буде дорівнювати нулю.

При появі позитивного $U_{ВХ}$ з'являється струм $I_1 = U_{ВХ}/R_1$, який збільшує струм в діодах VD3 і VD2 і знижує в VD1 і VD4. У міру збільшення напруги $U_{ВХ}$ відповідно зростає струм I_1 , але прямий струм в діодах VD1 і VD2 продовжує протікати, хоча і істотно знижується за значенням. Всі діоди моста залишаються відкритими, напруга U_{ab} залишається рівним нулю і коефіцієнт підсилення як і раніше дорівнює нулю. Коли $U_{ВХ}$ досягає рівня, при якому $I_1 = I_2$, підсилювач починає підсилювати вхідний сигнал, так як при цьому діоди VD1 і VD4 обриваються, їх зворотний струм дорівнює нулю, а в ланцюгу НЗЗ остається тільки резистор R_2 і таким чином коефіцієнт підсилення (K_U) буде визначатися:

$$K_U = \frac{R_2}{R_1} \quad (3.17)$$

При негативному $U_{ВХ}$ схема працює аналогічно.

Для того що би на виході підсилювача з'явилася напруга необхідно що би вхідний струм I_1 був незначно більше ніж струм I_2 . З урахуванням що $I_2 = E_{оп}/R_3$, отримаємо значення порогової напруги ($U_{пор}$) схеми:

$$U_{пор} = \frac{E_{оп} R_1}{R_3} \quad (3.18)$$

З цього можливо зробити наступний висновок що $U_{пор}$ може бути змінено шляхом зміни опору одного резистора (R_1 або R_3) або значення $E_{оп}$.

Для розрахунку елементів схеми та параметрів підсилювача використаємо наступні вихідні дані: вхідна напруга ($U_{ВХ}$) дорівнює 1В, вхідний опір підсилювача ($R_{ВХ}$) не менше 1кОм, коефіцієнт підсилення (K_U)

не менше 3разів (10дБ), порогова напруга ($U_{\text{пор}}$) підсилення дорівнює 100мВ, величина опорної напруги ($E_{\text{оп}}$) дорівнює $\pm 5\text{В}$.

Оскільки вхідний опір схеми підсилювача (рис 2.28) дорівнює величині резистора R1:

$$R1 = R_{\text{BX}} = 1\text{кОм}, \quad (3.19)$$

тому в якості резистора R1 використаємо резистор типу R1206-1кОм $\pm 10\%$.

Розрахуємо величину резистора негативного зворотного зв'язку (R2) з метою отримання необхідного коефіцієнта підсилення:

$$R2 = K_U \cdot R1 = 3 \cdot 1\text{кОм} = 3\text{кОм}. \quad (3.20)$$

В якості резистора R2 використаємо резистор типу R1206-3,3кОм $\pm 10\%$.

Розрахуємо величину резисторів R3 та R4 (вважаючи що R3=R4) для отримання необхідної порогової напруги:

$$R3 = R4 = \frac{E_{\text{оп}} R1}{U_{\text{пор}}} = \frac{5\text{В} \cdot 1\text{кОм}}{0,1\text{В}} = 50\text{кОм} \quad (3.21)$$

В якості резисторів R3 та R4 використаємо резистори типу R1206-51кОм $\pm 5\%$.

Для підтвердження правильності проведених розрахунків схема пікового детектора була промодельована в середовищі Electronic workbench.

Схема електрична принципова моделі приведена на рисунку 2.19.

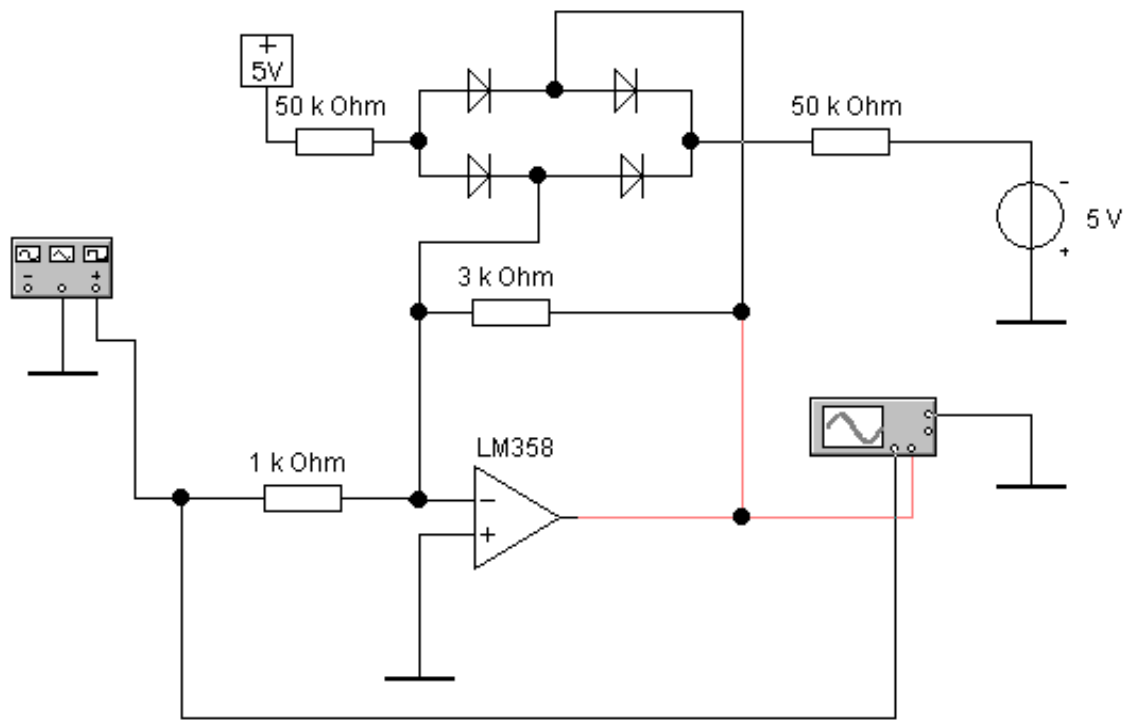


Рисунок 3.19 - Схема електрична принципова моделі порогового підсилювача

Часові діаграми роботи порогового підсилювача приведені на рис. 2.20.

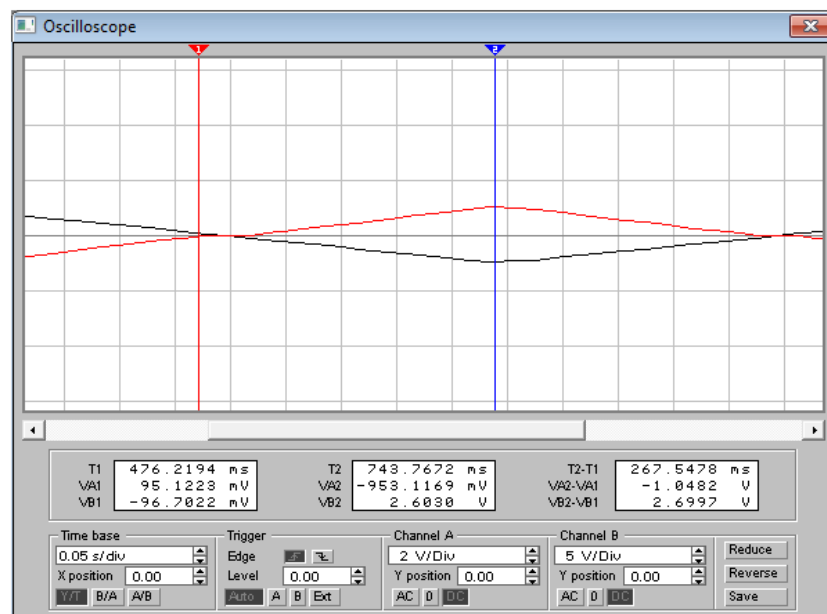


Рисунок 3.20 – Результати моделювання (часові діаграми вихідного сигналу)

Результати моделювання: порогова напруга ($U_{\text{пор}}$) дорівнює 95мВ, коефіцієнт підсилення становить 3,1рази, показують правильність проведених розрахунків.

3.7 Аналіз результатів розрахунку характеристик структурних частин приладу

В результаті проведених досліджень і розрахунків можна зробити наступні висновки:

- Встановлено що використання приладу при підрахунку кількості кроків людини дає можливість збільшити точність рахунку завдяки використанню тривісного акселерометра та підвищити завадостійкість приладу.
- Доведено що, завдяки наявності в приладі модуля порогового підсилювача, є можливість встановити відповідний поріг сигналів які підлягають аналізу, тим самим підвищити завадостійкість приладу та якість отриманих результатів.
- Доведено завдяки результатам моделюванням, що прилад має характеристики, що відповідають технічному завданню.
- Низька напруга живлення і споживана потужність приладу дає можливість експлуатувати прилад, як в стаціонарних, так і в польових умовах.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Крокомір – механічний, електронно-механічний або електронний пристрій для підрахунку кількості зроблених кроків під час ходи. Нерідко крокомір має додаткові функції, такі як годинник, плеєр, калькулятор калорій, існують телефони із вбудованим крокоміром. Більшість крокомірів визначають кроки за негативним прискоренням тіла людини в момент зіткнення ступні із землею, яке фіксується датчиком-акселерометром. У механічному крокомірі рухомий важок за інерцією долає опір пружини й за допомогою зубчастої або іншої передачі повертає вісь механічного лічильника на одну поділку. В електронних крокомірах електромеханічний датчик перетворює струшування в електричний імпульс, що збільшує покази електронного лічильника. Сучасні моделі використовують дво- або трьохосеві акселерометри, а вбудований у них мікропроцесор застосовує досить складний алгоритм для уникання помилкових спрацьовувань під час виконання інших рухів. Крокоміри не належать до точних вимірювальних пристроїв, похибка до 10% вважається допустимою. Точність крокомірів сильно залежить від моделі – чим дешевші моделі тим менш вони точні. Для підвищення точності вимірювання слід дотримуватися певних правил. Крокоміри різних моделей можуть мати різні місця для кріплення (зазвичай на поясі). Більшість крокомірів роблять значну похибку під час пересування транспортом по неякісній дорозі, сприймаючи вибоїни за зроблені кроки. Точність сильно залежить від особливостей ходи конкретної людини.

4.1 Огляд крокомірів

Крокомір Nitрах Step 3D - Визначає швидкість бігу, кількість кроків, пройдену дистанцію, витрата калорій, спалювання жиру. Завдяки 3D-датчику пристрій можна розташувати в будь-якому місці (ремінь, кишеня, сумка).



Рисунок 3.1-Зовнішній вигляд крокоміру Nitрах Step 3D

Основні технічні характеристики:

Функція авто вимикання: через 10 хвилин

Точність рахунку кроків: ± 50 на 1000 кроків

Настроювана довжина кроку (см – дюйм)

Годинник (12/24-годинний формат)

Витрата / спалювання калорій (ккал – грам/унція)

Температура ($^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$)

Відстань в км/милях

Зберігання інформації в пам'яті: 7 днів

Живлення - батарейка (CR 2032)

Вага- 25 г

Габаритні розміри-8 x 5.5 x 1.7 см

Вартість -1370 грн.

Крокомір BauTech Pedometer Step кріпиться вертикально збоку на талії, 15-20 см праворуч або ліворуч від центру тіла.



Рисунок 3.1-Зовнішній вигляд крокоміру BauTech Pedometer Step

Основні технічні характеристики:

Підрахунок кроків макс. до 99999

Підрахунок пройденої відстані

Підрахунок спалених калорій

Кнопка скидання, щоб очистити пам'ять

Живлення- Батарея: 1 x AG10

Автоматичний запуск і відключення

4 режими відображення: крок, калорії, км, милі

Вага: 17 г

Габаритні розміри- 47x35x21 мм

Вартість -161 грн.

4.1 Порівняльний аналіз крокомірів за критеріями

Для вибору крокоміру проведено їх аналіз методом ієрархій, враховуючи шкалу відносної важливості (табл.3.4) [20].

Таблиця 3.4 – Види крокомірів

Технологія	Короткий опис
А	Hitrax Step 3D (Китай)
В	BauTech Pedometer Step (Китай)
С	Запропонований цифровий крокомір

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.6, встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (таблиці 3.7–3.11). Оскільки тепер порівнюються 3 технології по одному критерію, то $i = 1, 2, 3$;

Таблиця 3.6 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	$\sqrt[5]{\prod_{i=1}^5 \omega_i}$	X_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Габаритні розміри	1	5	7	5	1/3	2,25	0,33
2. Додаткові функції	1/5	1	5	7	1/5	0,67	0,1
3. Пам'ять	1/7	1/5	1	1/3	1/7	0,27	0,04
4. Режими роботи	1/5	1/7	3	1	1/3	0,49	0,07
5. Точність	3	5	7	3	1	3,15	0,46
Σ						6,83	1

$$X_i = \frac{\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}}{\sum_{i=1}^3 \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}} \quad (3.1)$$

де Σ - сума по стовпці $\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}$.

Таблиця 3.7 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «габаритні розміри»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}$	X_i
A	1	5	1/3	1,18	0,29
B	1/5	1	1/5	0,34	0,09
C	3	5	1	2,46	0,62
Σ				3,98	1

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «додаткові функції»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	1/3	1/3	0,47	0,14
B	3	1	1/3	1	0,28
C	3	3	1	2,08	0,58
Σ				3,55	1

Таблиця 3.9 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «пам'ять»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	3	1/3	1	0,26
B	1/3	1	1/5	0,4	0,11
C	3	5	1	2,46	0,63
Σ				3,86	1

Таблиця 3.10 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «режими роботи»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	3	1	1,44	0,43
B	1/3	1	1/3	0,48	0,14
C	1	3	1	1,44	0,43
Σ				3,36	1

Таблиця 3.11 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «точність»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	1/2	1/3	1,22	0,26
B	2	1	1/3	1,5	0,32
C	3	3	1	1,91	0,41
Σ				4,63	1

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт.

Таблиця 3.12 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	Глобальний
Вага	0,33	0,1	0,04	0,07	0,46	
Hitrax Step 3D (Китай)	0,29	0,4	0,26	0,43	0,26	0,2958
VauTech Pedometer Step (Китай)	0,09	0,28	0,11	0,14	0,32	0,2191
Запропонований крокомір	0,62	0,58	0,63	0,43	0,41	0,5065

Висновки: За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння трьох крокомірів різних виробників за наступними критеріями: габаритні розміри; додаткові функції; пам'ять; режими роботи; точність.

За даними таблиці (3.120) глобальний пріоритет за більшістю критеріїв є найвищим для запропонованого пристрою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

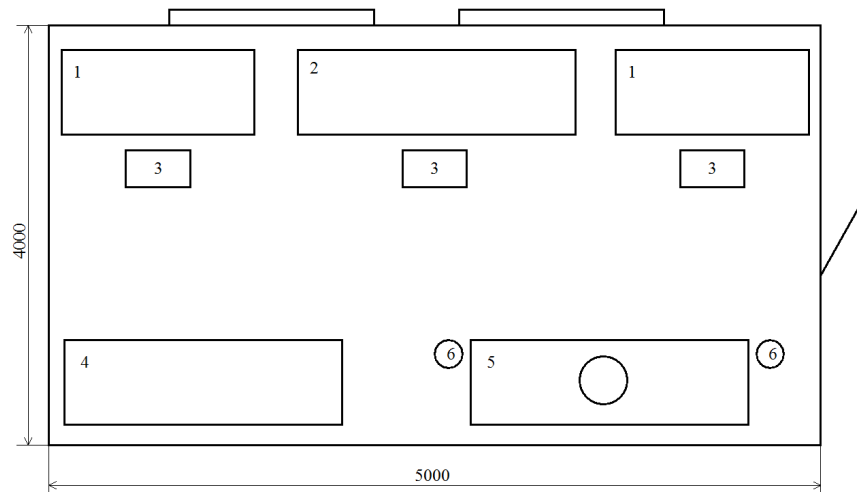
Вивчення і розв'язання проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, в яких протікає праця людини – одна з найважливіших задач в розробці нових технологій і систем виробництва. Дослідження і виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, направлених на усунення цих причин дозволяють створити безпечні і сприятливі умови для праці людини[24].

4.1 Шкідливі і небезпечні чинники при виготовленні макету приладу

Робота співробітників у приміщенні лабораторії (рис 4.1) при виготовленні макету приладу пов'язана з додатковою шкідливою дією цілої групи чинників, що істотно знижує продуктивність їх праці.

До таких чинників можна віднести:

- вплив електромагнітних випромінювань;
- можливість впливу електричного струму;
- дія хімічних реактивів;
- недостатня освітленість;
- підвищений рівень шуму;
- не комфортні метеорологічні умови; та інші.



1 - Стіл комп'ютерний, 2 – Стіл радіо-монтажний, 3 – Стілець, 4 – Шафа металева, 5 – Шафа витяжна, 6 – Вогнегасник ОУ-5

Рисунок 4.1 – План лабораторії

Кожен працівник повинен прагнути підвищувати санітарну культуру і сприяти оздоровленню умов праці [24]. Для цього потрібно мати уявлення про професійні небезпеки, їх дії на організм людини, а також про основні заходи щодо попередження їх шкідливої дії на організм.

Аналіз умов при виготовленні макету (дослідного зразка) розробленого приладу показує, що найбільш небезпечними, з погляду охорони праці і техніки безпеки, є такі операції як: паяння, виготовлення друкарських схем, збірка макету.

Для виготовлення друкарської плати застосовуються два різновиди технологічних процесів отримання рисунка плати з використанням в якості основи друкарської плати фольгованого склотекстоліту. Друкарська плата може бути однібічною, двобічною і багат шаровою. При виготовленні однібічної друкарської плати для отримання провідного рисунка застосовують метод шовкографії нітрофарбою з подальшим травленням міді на незахищених фарбою ділянках плати. При виготовленні однібічної друкарської плати для отримання провідного рисунку застосовують метод з використанням сухого плівкового фоторезиста СПФ-2ВЩ з подальшим травленням міді на незахищених фоторезистом ділянках плати. Для

створення міжшарових з'єднань за допомогою контактних і перехідних отворів використовують хімічне осадження міді. Крім шкідливих чинників, характерних для процесів травлення і хімічного осадження металів, на працюючих надають дію розчинники, використовувані для видалення фарб, оптичне випромінювання використовуване для засвічення фоторезисту.

При нанесенні рисунка струмопровідними фарбами з подальшим гальванічним нарощуванням металу велику шкідливість для організму працюючих представляють різні зв'язуючі речовини, розчинники, відновники, наповнювачі, що входять до складу струмопровідних фарб.

Найшкідливішу дію з цих речовин надають хлорорганічні розчинники (дихлоретан, хлороформ і ін.), ароматичні з'єднання (бензол, толуол, ксилол і ін.), фенолоальдегідні і інші смоли, формальдегід і інші речовини [25].

При побудові технологічного процесу нанесення схем струмопровідними фарбами слід виключити можливість безпосереднього контакту з ними працюючих; велику роль при цьому виконує механізація і автоматизація технологічного процесу. На робочому місці повинна бути встановлена вентиляція, а працюючий персонал зобов'язаний дотримувати заходи виробничої та особистої гігієни.

При паянні друкарських схем методом занурення в розплавлений припій ПОС-61 пари свинцю можуть забруднювати повітря. Крім того, можливі і опіки працюючих краплями розплавленого припою (при ручному способі занурення плати). Тому ванни з розплавленим припоєм повинні мати кришки і пристрої для відсмоктування повітря з ванн, а процес занурення плати при паянні повинен бути механізований.

При паянні способом хвилі випаровування припою йде ще інтенсивніше, оскільки припій перемішується.

При виготовленні макету планується використання припою ПОС-61 (ГОСТ 21930-76) і каніфоль світла (ГОСТ 797-64). При паянні і лудінні олов'яно-свинцевими припоями утворюються пари свинцю. Свинець надає несприятливу дію на організм, шкідливо відображається на стані нервової і

серцево-судинної системи, викликає ряд хворобливих явищ шлунково-кишкового тракту, що приводить до професійного отруєння. Тому при систематичній роботі з припоями, що містять свинець, необхідна припливно-втяжна вентиляція, а на робочому місці повинне бути встановлений відсмоктувач. Паяння і лудіння рекомендується виробляти в спеціальних втяжних шафах.

Склад припою марки ПОС-61 і допустимих домішок, а також ГДК цих матеріалів вказані в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Склад і ГДК компонентів припою ПОС-61

Компонент	зміст	ГДК
Олово	60...62 %	0,05 мг/м ³
Вісмут	0,1 %	0,5 мг/м ³
Миш'як	0,05 %	0,3 мг/м ³
Залізо	до 0,02 %	0,004 мг/м ³
Нікель	до 0,02 %	0,001 мг/м ³
Сіра	до 0,02 %	6 мг/м ³
Цинк	до 0,002%	0,25 мг/м ³
Алюміній	до 0,002%	2 мг/м ³
Мідь	до 0,05 %	0,002 мг/м ³
Свинець	решта	0,0003 мг/м ³

4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При роботі з олов'яно-свинцевими припоями потрібно строго виконувати передбачені правила виробничої і особистої гігієни:

- категорично забороняється приймати їжу і палити в приміщеннях, де виконується паяння.
- перед обідньою перервою і після роботи необхідно обмивати руки 1% розчином соди і ретельно мити їх теплою водою.
- після закінчення роботи слід приймати душ.
- очищення місць паяння від залишків флюсу проводити спирто-бензиною сумішшю. Співвідношення етилового спирту (ГОСТ 5962-67) і бензину в суміші 1:1.
- спецодяг слід регулярно стирати і зберігати на виробництві.
- медичний огляд осіб тих, що працюють з припоями повинен проводитися не рідше за один раз на рік.

Враховуючи шкідливість роботи, робоче місце, на якому виробляється паяльна операція, повинне бути обладнане місцевою механічною витяжною вентиляцією. Оскільки кількість робочих місць, на яких виробляється паяння при розробці, макетуванні і наладці приладу як правило не перевищує двох. Рекомендується такі робочі місця обладнати спеціальними настільними димопоглиначами типа СТ-628. Даний димопоглинач розрахований для обслуговування одного робочого місця, де виробляються паяльні роботи по збірці і наладці друкарської плати і приладів. Він забезпечений спеціальними фільтрами для поглинання парів олов'яно-свинцевих припоїв, парів спирто-каніфольних флюсів і інших продуктів виникаючих при виконанні паяння. Зовнішній вигляд димопоглинача типа СТ-628 представлений на рисунку 4.2, а використання димопоглинача сумісно з паяльною станцією на рис. 4.3.

Лудіння кінців дротів також супроводжується забрудненням повітря парами свинцю і флюсів. Тому лудіння кінців дротів дозволяється проводити тільки у витяжній шафі при працюючій місцевій вентиляції.

Ізоляцію монтажних дротів у ряді випадків закладають різними клеями, приготованими на бакелітовій (фенол-формальдегідній) основі. Постійне забруднення поверхні шкіри клеями може викликати появу шкірних

захворювань. Для попередження цих захворювань рекомендується користуватися спеціальними захисними пастами та гумовими рукавичками.



Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд димопоглинача типу СТ-628



Рисунок 4.3 – Димопоглинач сумісно з паяльною станцією

Таким чином, на ділянці збірки і монтажу на працюючий персонал можуть впливати: пари свинцю і флюсів (при паянні), пари і найдрібніший пи́л металів, що сполучаються, газоподібні речовини, а також дим і пари, що утворюються при приготуванні ізоляції дротів.

Звідси витікає, що складальні і монтажні місця повинні бути обладнані ефективною, раціонально влаштованою припливно-витяжною механічною вентиляцією [26].

4.3 Виробнича санітарія

Особливу увагу необхідно звертати на освітленість складально-монтажних робочих місць, оскільки роботи, виконувані на цих місцях, зв'язані із значною напругою зору і уваги працюючих. Повинне бути передбачене як загальне, так і місцеве освітлення робочих місць [27]. Загальне освітлення може бути природним або штучним. Загальне освітлення у світлу частину доби здійснюється за рахунок зовнішнього природного освітлення. Для забезпечення рівномірного світлового потоку на вікнах приміщення необхідно встановити жалюзі з білого напівпрозорого матеріалу. Також для отримання рівномірного освітлення приміщення його стіни повинні бути пофарбовані в спокійні світлі тони (наприклад пастельні). Для забезпечення необхідного освітлення робочої зони де здійснюється збірка макету, та на робочих місцях які обладнані комп'ютерною технікою встановлені світильники локального освітлення з енергозберігаючими газорозрядними лампами. Таким чином на робочих місцях забезпечується освітленість на рівні не менш 400лк.

Оскільки виготовлення макету не зв'язано з великими енерговитратами (маса макету не перевищує одного кілограма) то роботи можна віднести, відповідно до класифікації категорії робіт за енерговитратами організму ГОСТ 12.1.005-88 робота в лабораторії відноситься до легкої - 1а

(енерговитрати до 120 ккал/год), так як робота виконується сидячи або стоячи, і не вимагає систематичного фізичної напруги або підняття і перенесення ваги.

Мікроклімат робочого приміщення згідно з ДСН 3.3.6.042-99 визначають наступні параметри: температура повітря в приміщенні; відносна вологість повітря, швидкість руху повітря; інтенсивність радіації.

Ці параметри слід приймати на теплий, холодний і перехідний періоди року. Отже, оптимальна температура, відносна вологість і швидкість руху повітря в лабораторії при холодному (теплому) періоді року мають такі значення: оптимальна температура - $22\div 24$ ($23\div 25$)°C; оптимальна відносна вологість $40\div 60$ ($40\div 60$)%; оптимальна швидкість руху повітря не більше 0,1 (0,1) м/с. Оскільки вищеназвані роботи виконуються в основному в холодний і перехідний періоди року тому в приміщенні встановлені радіатори централізованого опалення [26].

4.4 Електробезпека

Приміщення в якому виконуються роботи по складанню та випробуванню макету розробляє мого приладу відноситься до категорії приміщень з підвищеною небезпекою ураження струмом, тому що в приміщенні для живлення лабораторного устаткування використовується промислова мережа живлення з напругою 380В, підлога приміщення виконана з бетону та вкрита лінолеумом, а також є можливість одночасного торкання предметів які знаходяться під дією електричного струму та які з'єднані з заземлюючим дротом [28].

При виконанні складальних, монтажних і регулювальних операцій повинні строго дотримуватися правил електробезпеки:

- всі доступні для дотику токоведущі частини електроустаткування повинні бути захищені;

- рубильники і автоматичні вимикачі повинні бути миттєвої дії;
- щитки і рубильники повинні бути встановлені в глухих металевих кожухах, що закриваються на замок, і мати написи про робочу напругу;
- ручки, рукоятки, маховики повинні бути зроблені з ізолюючих матеріалів; металеві деталі з ізолюючими покриттями повинні бути ізольовані від струмопровідних частин і заземлені;
- все електроустаткування, а також устаткування і механізми, які можуть виявитися під напругою повинні бути заземлені;
- металеві частини переносних електричних печей, і електрифікований інструмент при використанні в ньому напрузі понад 36В повинні бути заземлені, електропроводка, арматура освітлювальної мережі повинні бути надійно ізольовані і захищені від впливу високої температури, механічних пошкоджень і хімічних дій;
- роботи по ремонту устаткування і механізмів повинні вироблятися тільки після повного відключення від мережі електроживлення; на місці робіт обов'язково вивішуються попереджувальні плакати;
- контактні дроти, що підлягають ремонту, повинні бути заздалегідь відключені і заземлені;
- ручний інструмент, вживаний для електромонтажних робіт (викрутки, плоскогубці, кусачки і ін.), повинен бути забезпечений ізольованими рукоятками;
- робочі, працюючі ручним переносним електроінструментом і приладами, повинні бути забезпечені справними, випробуваними засобами захисту (гумовими рукавичками, калошами і гумовими килимками);
- у місцях роботи поблизу відкритих струмопровідних частин повинні бути встановлені захисні огорожі (ізоляційні щити і ґрати).

4.5 Пожежна та техногенна безпека

Категорія приміщення по пожежній вибухонебезпечності згідно СНиП 2.01.02 - 85 має I ступінь вогнестійкості, а по пожежовибухонебезпеці відноситься до категорії В, тобто в приміщенні зберігаються тверді горючі речовини. Клас приміщення лабораторії з пожежної небезпеки відповідно до ПУЕ-85-П-110 (використовуються горючі матеріали, магнітні носії інформації) [29].

У лабораторії можливі наступні причини виникнення пожежі: несправність електропроводки, порушення протипожежних правил і правил експлуатації приладів.

Тому, відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 в приміщенні слід встановити первинні засоби пожежогасіння. Виходячи із загальної площі приміщення і категорії приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки, потрібно поставити два вогнегасника з вуглекислотою типу ОУ-5 [30]. Вогнегасники повинні розміщуватися на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника. Їх розміщують таким чином, щоб інструктивні написи на корпусі були видні. Також пропонується застосування сигналізації про виникнення пожежі шляхом установки датчиків КН-1, налаштованих на температуру спрацювання 70°C.

Оскільки один датчик типу КН-1 здатен контролювати площу 3 кв.м. розрахуємо кількість датчиків (K_d) необхідних для приміщення лабораторії:

$$K_d = \frac{S}{3} = \frac{20}{3} \approx 7шт \quad (4.1)$$

Для більш надійного контролю приміщення лабораторії приймаємо кількість датчиків типу КН-1 яка дорівнює 8.

Різні рідини використовувані при монтажних-складальних роботах (спирт, розчинники, скипидар і ін.), повинні зберігатися в закритому небиткому посуді. Посуд повинен мати написи про її вміст [31].

Організаційно-технічними заходами [29] щодо забезпечення пожежної безпеки є: організація навчання персоналу правилам пожежної безпеки; розробка заходів щодо дій робітників на випадок виникнення пожежі. Важливою мірою щодо забезпечення пожежної безпеки є організація пожежної охорони приміщення, яка передбачає профілактичний і оперативне обслуговування.

Розроблений заздалегідь план евакуації (рис. 4.4) знаходиться біля вхідних дверей. В лабораторії працює 4 людини, тому в разі виникнення пожежі при евакуації робочого персоналу при евакуації використовується вхідні двері.

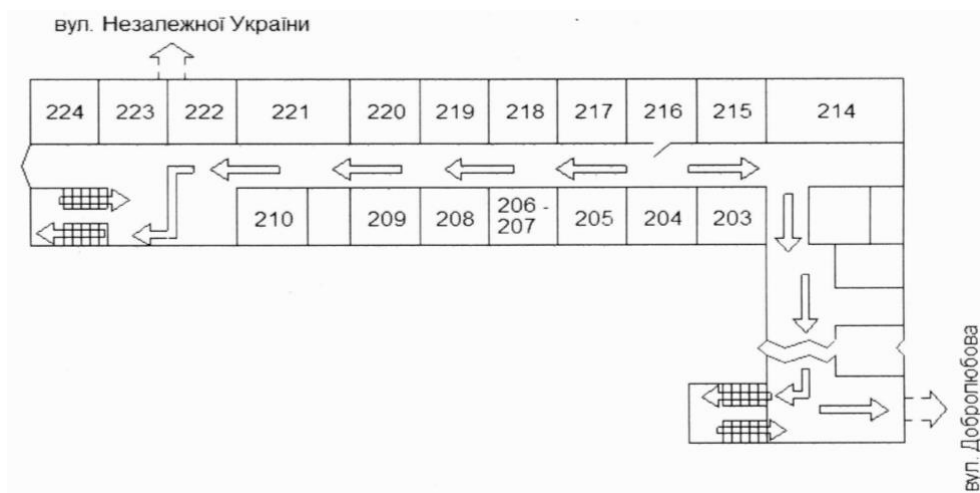


Рисунок 4.4 – План евакуації на випадок пожежі

Таким чином розглянуті питання умов праці, техніка безпеки, виробничої санітарії, пожежної профілактики та викладені пропозиції, що до поліпшення умов праці при виготовленні та випробуванні макету приладу.

Оскільки в розробленому приладі не використовуються високі напруги, прилад не має в своєму складі генераторів надвисокої частоти, ультразвукових випромінювачів, джерел радіаційного випромінювання мери захисту від вищевказаних впливів не потрібні.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

Розроблено прилад для контролю рухової активності людини на основі акселерометра ADXL335, що дозволило значно підвищити його завадостійкість. Розрахунки та результати моделювання в Electronics Workbench окремих вузлів схеми підтвердили працездатність приладу.

Запропонований прилад живиться від джерела постійної напруги 12В, дозволяє вимірювати діапазон частот вібрацій від 0,01Гц до 5Гц та діапазон прискорення до 10мм/с^2 , з похибкою не більше 10% в широкому температурному діапазоні ($-10^\circ\text{C} \div +40^\circ\text{C}$). Наявність модуля порогового обмежувача дає можливість регулювати відповідний поріг сигналів, що підлягають аналізу.

Цифровий крокомір після допрацювання може використовуватися в медичних закладах та на виробництві для контролю рухової активності людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Механічні коливання (вібрація, шум, інфразвук, ультразвук). URL: <https://is.gd/R9ufqi> (дата звернення: грудень 2022 р.).
2. Небезпека механічних та електромагнітних коливань. URL: <https://studies.in.ua/bjd-atamachuk/1066-33-nebezpeka-mehanchnih-ta-elektromagntnih-kolivan.html> (дата звернення грудень 2022 р.).
3. Параметри та види вібрації, її дія на організм людини. URL: <https://is.gd/xsFObu> (дата звернення: січень 2023 р.).
4. Параметри та види вібрації, її дія на організм людини. Pidru4niki. URL: <https://pidru4niki.com/1181092038290/bzhd/vibratsiya>
5. Фізіологія людини. / І. Ф. Вільям та інш. Львів: БаК, 2012. 784 с.
6. Фізіологія / За ред. В.Г. Шевчука. Вінниця: Нова книга, 2012. 452 с.
7. Ходьба пішки. Корист і вплив на організм. *Клініка Лад* URL: <https://clad.com.ua/a-znaete-li-vyi/hodba-peshkom-polza-i-vliyanie-na-organizm/> (дата звернення: січень 2023 р.).
8. Медики розповіли скільки часу в день треба ходити пішки, щоб добре почуватися. *Львівський портал*. URL: <https://portal.lviv.ua/news/2019/02/22/mediki-rozpovili-skilki-chasu-v-den-var-to-hoditi-pishki-shhob-dobre-pochuvatisya> (дата звернення: лютий 2023 р.).
9. Чим біг корисний для здоров'я? *Центр громадського здоров'я МОЗ України*. URL: <https://is.gd/yLfqPA> (дата звернення: березень 2023 р.).
10. U. S. Department of Health and Human Services. Healthy People 2010: Understanding and improving health; Objectives for improving health (2

- vol.). *Washington, DC: Government Printing Office*. URL: <http://www.healthypeople.gov/> (дата звернення: квітень 2023 р.).
11. Кутек Т.Б. Оздоровча ходьба як засіб підвищення фізичної активності людини. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фіз. вих. і спорту*. 2021, № 4. С. 3-7.
 12. Модель погрешности осевого микромеханического акселерометра в условиях вибрации / П.С. Мироненко та інш. *Вісник НТУУ "КПІ" Серія Приладобудування*. 2014, № 47. С. 39 -43.
 13. Романов М.О., Мироненко П.С. Компенсація похибки акселерометра за допомогою додаткової інформації про рух інерційної маси. *Погляд у майбутнє приладобудування: збірник статей XI науково-практичної конференції студентів та аспірантів, 15-16 травня 2018р., м. Київ, Україна, 2018*. С. 61.
 14. Дутчак М. В. Теоретико-методологічні засади формування системи спорту для всіх в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра наук з фіз. виховання і спорту: .24.00.02. Київ, 2019. 40 с.
 15. Основи теорії чутливих елементів систем орієнтації: підруч./ Ю.Ф.Лазарев і інш. Київ: НТУУ "КПІ", 2011. 644 с.
 16. Janssen I. Systematic Review of the Health Benefits of Physical Activity in School-Aged Children and Youth. *International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity*. 2021. P. 7-40.
 17. Yin Y., Fang Z., Liu Y., Han F. Temperature-insensitive structure design of micromachined resonant accelerometers. *Sensors*. 2019, V19, №7. P.1544.
 18. Fontanella R., Accardo D., Moriello R. S. L., Angrisani L., De Simone D. MEMS gyros temperature calibration through artificial neural networks. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2018, V. 279 .P. 553-565.

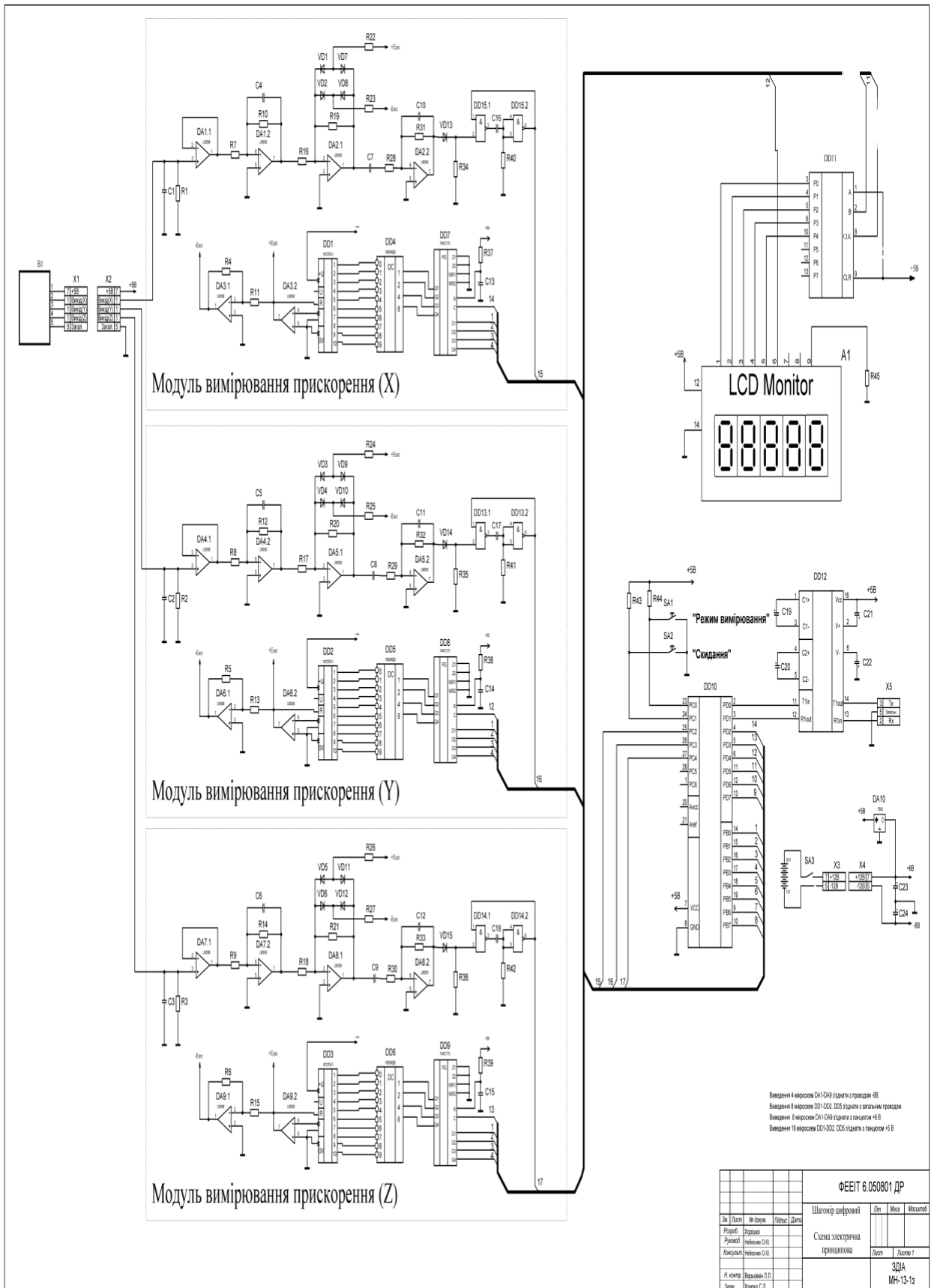
- 19.11. Lu Q., Shen C., Cao H., Shi Y. Fusion Algorithm-Based Temperature Compensation Method for High-G MEMS Accelerometer. *Shock and Vibration*, 2019. P.1-13.
20. Пристрої аналогової електроніки : конспект лекцій / укладач В. В. Гриненко. Суми : Сумський державний університет, 2015. 272 с.
21. Юдін О. К. Електроніка : конспект лекцій. . Київ : НАУ, 2010. – 74 с.
22. Юдін О. К. Електроніка : конспект лекцій. Київ : НАУ, 2010. 74 с.
23. Щупляк Н.М. Основи електроніки і мікроелектроніки: навч. посібник. м. Дрогобич, 2012. 217 с.
24. Віннічук М.В., Варава І.А. Оптимізація коефіцієнтів цифрового фільтру методом частотної вибірки за допомогою генетичного алгоритму. *Інформаційні технології: зб. тез VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців*. Київ. 16 травня 2019.
25. Електронні пристрої. URL: <http://coviraylhik.at.ua/publ/1-1-0-2> (дата звернення: квітень 2023 р.).
26. Аналіз та проектування активних фільтрів на операційних підсилювачах: навч. посібник / Зеленін А.М. та інш. Харків: ХНУРЕ, 2010. 160 с.
27. Цифрові крокоміри. *Rozetka* URL: <https://apteka.rozetka.com.ua/ua/shagomery/c4625871/> (дата звернення: червень 2023 р.).
28. Як вибрати крокомір? Можливості сучасних моделей. *OZ/UA* URL: <https://oz.com.ua/art-kak-vibrat-shagomer.html> (дата звернення: червень 2023 р.).
29. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Чинний від 14.03.2011. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 78 с.

30. ДСТУ 12.1.018-93 Система стандартів безпеки праці. Пожежовибухобезпека статичної електрики. Загальні вимоги. Чинний від 01.01.1998. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2001. 97 с.
31. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Чинний від 01.08.2011. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 201 с.
32. Основи охорони праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Р.М. Івах та ін. Київ: Кодар, 2010. 462 с.
- 33., Дерев'янка О.А., Христич В.В., Антошкін О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації. / С.М. Бондаренко та інш. Харків: УЦЗУ, 2008. 144 с.
34. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ: Державні санітарні норми, 2011. 105 с.
35. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація. Чинний від 2011-12-01. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 135 с.

Додаток А

Зонт	Поз. позначення	Найменування	Кількість	Примітки
	A1	Блок індикації MT-10S1	1	
	B1	Акселерометр ADXL335	1	
<u>Конденсатори</u>				
	C1...C3	C1206 0,47мкф±10% 60В	3	
	C4...C6	CEL 10мкф±10% 12В	3	
	C7...C9	KM-66-60В-2,2нф±10%	3	
	C10...C12	KM-66-60В-0,22мкф±10%	3	
	C13...C15	C1206 0,1мкф±10% 60В	3	
	C16...C18	C1206 2,2нф±10% 60В	3	
	C19...C22	CEL 22мкф±10% 12В	4	
	C23,C24	CEL 100мкф±10% 10В	2	
<u>Мікросхеми</u>				
	DA1.. DA9	LM358	9	
	DA10	LM7805	1	
	DD1...DD3	K572ПА1	3	
	DD4...DD6	K555ИД6	3	
	DD7...DD9	74HC4051	1	
	DD10	ATmega 48	1	
	DD11	74HC164	1	
МН 153 КР				
Крокомір цифровий				
ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ				
ІННІ ім.Ю.М.Потебні ЗНУ 8.1532				
Зм.	Лист	№ Документу	Підпис	Дата
Розроб.	Лінь			
Керівник	Небестюк			
Консулт.	Небестюк			
Н.контр.	Верьовкін			
Затвердив	Критська			
Лист	Лист	Листов		
	1	3		

Додаток Б



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю.М. Потебні

**ГЕОСТРАТЕГІЧНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ
ТА ТРАЄКТОРІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ
БЕЗПЕКИ В КОНТЕКСТІ ВІДБУДОВИ
І СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ**

МАТЕРІАЛИ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

25–26 травня 2023 року
м. Запоріжжя

призначено для забезпечення цілісності ланцюга протікання струму світлодіодів кластера, якщо виникне обрив в одному або кількох світловипромінюючих ланцюжках. Робоча напруга стабілітрона повинна на 1,0–2,0 В перевищувати значення сумарного падіння напруги на світлодіодах у відповідній комірці при максимальному значенні робочого струму кластера. При цілісності ланцюга протікання струму світлодіодів стабілітрона не впливають на роботу кластера.

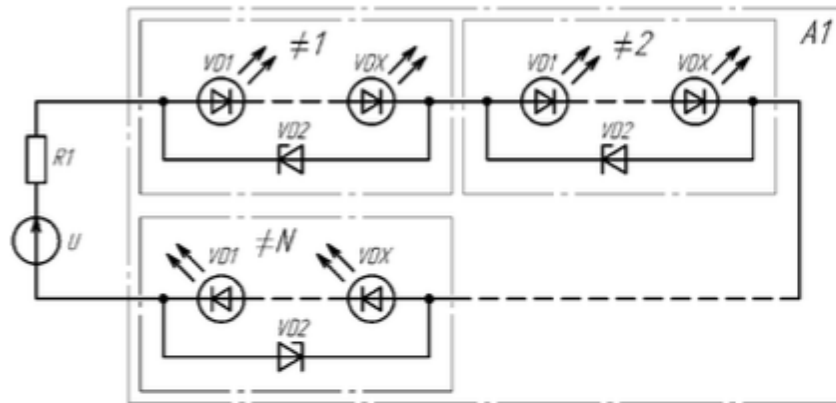


Рисунок 2 – Кластер з послідовним з'єднанням світловипромінюючих комірок

Живлення кластера (A1) здійснюється від джерела стабілізованого струму, утвореного послідовним з'єднанням стабілізованого джерела напруги (U) та резистора (R1). Регулювання потужності світлового потоку здійснюється шляхом зміни величини робочого струму світлодіодів (зміна величини напруги живлення та/або опору резистора R1). Доцільно, як джерело живлення кластера, використовувати регульоване джерело постійного стабілізованого струму.

Висновки та рекомендації. Перевагами схеми є:

- висока надійність – при виході з ладу одного або кількох комірок виріб, загалом, залишається працездатним;
- низьке значення споживаного струму (струм споживання відповідає величині робочого струму одного світлодіода);
- відносна простота локалізації несправностей.

До недоліків схеми слід віднести:

- низьку електробезпеку (напруга живлення кластера перевищує сумарне значення падіння напруги на всіх світлодіодах, що входять до складу схеми);

- відносну складність схеми, що вимагає кваліфікованого персоналу для виробництва виробу.

Список використаних джерел

1. Lucas Freitas de Freitas, Michael R. Hamblin. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*. May-June 2016. Volume 22. Issue 3.
2. Photobiomodulation (PBM Therapy) Low Level laser Therapy (LLLT) – THOR Laser : вебсайт. URL: <https://www.thorlaser.com/> (дата звернення: 30.03.2023).
3. Туришев К. О., Плетеницька А. Б. Розробка випромінюючого пристрою для світлодіодної терапії. *XVI університетська науково-практична конференція студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2023»*. У 5 т. / Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. Т. 5. 429 с. С. 67–69.

УДК 621.3

Лень Кирило Олександрович,
здобувач вищої освіти II освітнього рівня магістр,
кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні
Запорізького національного університету

Небеснюк Оксана Юріївна,
к. т. н., доцент, доцент кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні
Запорізького національного університету

МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИЛАД ДЛЯ КОНТРОЛЮ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ ЛЮДИНИ

Актуальність дослідження. Рухова активність – це не тільки здібність високоорганізованої матерії, а також необхідна умова самого життя, його еволюції.

Результати дослідження. Хід еволюційного розвитку людини визначив нормальне функціонування її органів та систем в умовах активної рухової діяльності. Від активної скелетної мускулатури залежить резервування енергетичних ресурсів, економне їх використання в спокої і в результаті – укріплення здоров'я та збільшення тривалості життя.

В основі здоров'я лежать процеси адаптації, які направлені на підтримку рівноваги внутрішньої середовища організму (гомеостазу). Серед

факторів, які визначають здоров'я, 50 % відносяться до образу життєдіяльності (харчування, ритм життя, рівень рухової активності, інтелектуальне та емоційне напруження); 22,5 % – до шкідливих звичок (споживання алкоголю, тютюнопаління, наркоманія); 20 % – до екологічних факторів; 7,5 % – до медичного забезпечення. Серед цих факторів – одним із головних є рівень рухової активності – ефективний засіб нормального розвитку та оздоровлення підростаючого покоління, оздоровлення осіб літнього і похилого віку [1].

Останніми десятиріччями в найбільш розвинених країнах світу спеціально організована рухова активність розглядається як потужний засіб зміцнення здоров'я населення, забезпечення високої працездатності, якості життя. В українському суспільстві через низку об'єктивних та суб'єктивних причин недооцінюються можливості рухової активності у веденні здорового способу життя та зміцненні здоров'я громадян, профілактиці шкідливих звичок, передусім, серед молоді, та у вирішенні інших важливих соціально-економічних проблем.

Протягом життя людини рухова активність відіграє різну роль. У дитячому віці вона визначає нормальний ріст і розвиток організму, найповнішу реалізацію генетичного потенціалу, підвищує опір до захворювань. Саме у період росту організм найбільш чутливий до впливу різних несприятливих факторів середовища, в тому числі й до обмеження рухової активності.

Потреба у русі – біологічна потреба організму людини, котра відіграє важливу роль у її життєдіяльності та знаходиться у нерозривному зв'язку з активною м'язовою діяльністю, що сприяє адаптації до навколишнього середовища [2].

Висновки та рекомендації. Отже, активній сучасній людині абсолютно необхідний крокомір – найпростіший прилад для контролю за основними параметрами руху протягом дня. Для забезпечення отримання якісних результатів при підрахунку кількості кроків людини, необхідно визначити параметри прискорення пацієнта в трьох площинах, тож авторами запропоновано прилад для контролю рухової активності людини на основі акселерометра, що дозволило значно підвищити його завадостійкість. Запропонований прилад живиться від джерела постійної напруги 12 В, дозволяє вимірювати діапазон частот вібрацій від 0,01 Гц до 5Г ц та діапазон прискорення до 10 мм/с², із похибкою не більше 10 % в широкому температурному діапазоні (-10 °С ÷ +40 °С). Наявність модуля порогового обмежувача дає можливість регулювати відповідний поріг сигналів, що підлягають аналізу. Низька напруга живлення і споживана потужність приладу дають можливість використовувати його

як в стаціонарних, так і в польових умовах для контролю рухової активності людини.

Список використаних джерел

1. Земцов Й. Ф., Ландарь В. В. Здоровий спосіб життя та рухова активність в ієрархії потреб та цінностей студентської молоді : матер. наук.-практ. конф. Київ : Нац. університет «Києво-Могилянська академія», 2017. С. 150–152.
2. Рибковський А. Г., Канишевський С. М. Системна організація рухової активності людини. Донецьк : ДонУ, 2003. 436 с.

УДК 621.31

Лимарчук Олексій Станіславович,
здобувач вищої освіти II освітнього рівня,
кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

Ніконова Зоя Андріївна,
к. т. н., професор, кафедра електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ДОЗАТОР

Актуальність дослідження. Автоматизоване дозування – це аптечна практика, в якій пристрій відпускає ліки та заповнює рецепти. Хоча члени фармацевтичної спільноти використовують технології автоматизації з 1980-х років, компанії постійно вдосконалюють автоматизовані системи, розробляють нові пристрої дозування ліків, щоб відповідати мінливим потребам та стандартам охорони здоров'я в галузі.

Результати дослідження. Наразі постало питання щодо лікування та реабілітації як військових так і цивільного населення, які постраждали від повномасштабного вторгнення агресора. Необхідна невідкладна допомога з використанням сучасних ефективних методик, медичних препаратів та обладнання.

Лікування ендокринної, судинної, кардіологічної та нервової патологій людини, особливо тяжких захворювань, передбачає використання цілого комплексу терапевтичних заходів, а також правильне, дозоване та своєчасне застосування ліків.