

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Прилади і системи орієнтації та навігації

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 629.127

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) _____

(код і назва спеціальності)

151. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: _____ Система пригнічення тремору верхніх кінцівок

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ПГ-71мп

(шифр групи)

Чейпеш Володимир Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доц. к.т.н. Павловський О.М.

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

_____ (підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

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

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Реферат

Наукова робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків. Загальний об'єм становить сторінок 82, з 27 рисунками та 26 таблицями. Список використаної літератури містить 24 посилання.

Актуальність теми. Тремор є найбільш поширеним гіперкінезом - раптово виникаючим мимовільним рухом в одній, або в декількох груп м'язів, по помилковій команді головного мозку. Він може бути як ізольованим симптомом, так і одним з ряду проявів будь-якого неврологічного захворювання, наприклад хвороби Паркінсона, дистонії, патології мозочка. У більшості випадків дані захворювання не піддається повному лікуванню, і як наслідок лікарі здатні лише частково пригнітити тремор. Практично у всіх цих неврологічних захворюваннях, а особливо на початкових стадіях, основною ділянкою поширення тремору є верхні кінцівки. Оскільки тремтіння рук призводить не тільки до фізичного дискомфорту, але і до психологічного, тому зменшення амплітуди тремору призведе до поліпшення повсякденного життя хворого. Проте, оскільки сучасні методики мають ряд негативних властивостей, таких як шкідливий вплив на здоров'я та звикання до ліків, пропонується розробити інший метод, а саме пристрій який фізично буде впливати на променево-запястковий суглоб, пригнічуючи тремор безпосередньо під час нападу.

Мета: дисертаційної роботи полягає в розробці, як самого пристрою пригнічення тремору рук, так і забезпечення оптимального алгоритму роботи.

Досягнення мети передбачає вирішення наступних задач:

- огляд основних видів тремору;
- збір інформації щодо частотних та типових характеристик тремору;
- збір інформації щодо існуючих методів діагностики;
- розробка власної оптимальної конструкції пристрою пригнічення тремору рук;

- розробка алгоритму роботи системи фіксації;
- розробка алгоритму роботи акселерометру;

Об'єктом дослідження є: дослідження гіперкінезу верхніх кінцівок.

Предметом дослідження є: алгоритм роботи пристрою пригнічення тремору рук, алгоритм роботи акселерометру.

Наукова новизна — розробка алгоритму пригнічення тремору верхньої кінцівки людини.

Ключові слова: есенціальний тремор, пригнічення тремору, тремор-утворюючі хвороби.

Публікації: Чейпеш В.В. Створення мікропроцесорної системи для пригнічення тремору верхньої кінцівки людини / Чейпеш В.В., Павловський О.М.// Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: Матеріали 8-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції / Нац. техн. ун-т України «ЧП». – Чернігів, 2018. – С.48.

Abstract

The scientific work consists of an introduction, four sections, conclusions, appendices. The total volume is 82 pages, with figures and tables. The list of used literature contains 24 references.

Actuality of theme. Tremor is the most common hyperkinesia - a sudden emerging involuntary movement in one, or in several groups of muscles, by a false team of the brain. It can be both an isolated symptom and one of a number of manifestations of any neurological disease, such as Parkinson's disease, dystonia, pathology of the cerebellum. In most cases, the disease is not fully cured, and as a result doctors can only partially suppress tremors. In virtually all these neurological diseases, and especially in the initial stages, the main area of distribution of the tremor is the upper extremities. Since tremor of the hands leads not only to physical discomfort, but also to the psychological, reducing the amplitude of the tremor will improve the daily life of the patient. However, since modern techniques have a number of negative properties, such as adverse effects on health and drug addiction, it is suggested to develop a different method, namely a device that will physically affect the radial joint, suppressing tremor directly during an attack.

The purpose of the dissertation work is to develop, as the device itself, oppression of the tremor of hands, and to provide an optimal algorithm of work.

Achieving the goal involves solving the following tasks:

- An overview of the main types of tremor;
- collection of information on frequency and typical characteristics of the tremor;
- collecting information about existing diagnostic methods;
- development of own optimal design of the device of oppression of a tremor of hands;
- development of the algorithm of the system of fixation;
- development of algorithm for accelerometer operation;

The object of the study is: the study of hyperkinesia of the upper limbs.

The subject of the study is: the design and algorithm of the device of the oppression of the tremor of hands, the algorithm of the accelerometer.

Scientific novelty - development of the algorithm of oppression of the tremor of the upper limb of a person.

Key words: essential tremor, depression of tremor, tremor-forming diseases,

Publications: Cheyesh VV Creation of a microprocessor system for the suppression of humor's upper limb humor / Cheyesh V.V., Pavlovsky O.M.// Integrated quality assurance of technological processes and systems: Materials of the 8th All-Ukrainian Scientific and Technical Conference / National. tech Unitary Enterprise of Ukraine "PPI". - Chernigov, 2018. - P.48.

Реферат

Научная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений. Общий объем составляет страниц 82 с рисунками и таблицами. Список использованной литературы содержит 24 ссылки.

Актуальность темы. Тремор является наиболее распространенным гиперкинезом - внезапно возникающим невольным движением в одной или в нескольких групп мышц, по ложной команде головного мозга. Он может быть как изолированным симптомом, так и одним из ряда проявлений любого неврологического заболевания, например болезни Паркинсона, дистонии, патологии мозжечка. В большинстве случаев данные заболевания не поддаются полному излечению, и как следствие врачи способны лишь частично подавить тремор. Практически во всех этих неврологических заболеваниях, особенно на начальных стадиях, основным участком распространения тремора являются верхние конечности. Поскольку дрожание рук приводит не только к физическому дискомфорту, но и к психологическому, уменьшение амплитуды тремора приведет к улучшению повседневной жизни больного. Однако, поскольку современные методики имеют ряд негативных свойств, таких как вредное воздействие на здоровье и привыкания к лекарствам, предлагается разработать другой метод, а именно устройство, которое физически будет влиять на лучево-запястный сустав, подавляя тремор непосредственно во время приступа.

Цель: диссертационной работы заключается в разработке, как самого устройства подавления тремора рук, так и обеспечения оптимального алгоритма работы.

Достижение цели предполагает решение следующих задач:

- обзор основных видов тремора;
- сбор информации о частотных и типичных характеристиках тремора;
- сбор информации о существующих методах диагностики;

- разработка собственной оптимальной конструкции устройства подавления тремора рук;
- разработка алгоритма работы системы фиксации;
- разработка алгоритма работы акселерометру;

Объектом исследования являются: исследование гиперкинеза верхних конечностей.

Предметом исследования являются: конструкции и алгоритм работы устройства подавления тремора рук, алгоритм работы акселерометру.

Научная новизна - разработка алгоритма подавления тремора верхней конечности человека.

Ключевые слова: эссенциальный тремор, угнетение тремора, тремор-образующие болезни.

Публикации: Чейпеш В.В. Создание микропроцессорной системы для подавления тремора верхней конечности человека / Чейпеш В.В., Павловский А.М. // Комплексное обеспечение качества технологических процессов и систем: Материалы восьмой Всеукраинской научно-технической конференции / Нац. техн. ун-т Украины «ЧПИ». - Чернигов, 2018. - С.48.

Зміст

Список умовних позначень, скорочень і термінів	10
Вступ.....	11
Розділ 1. ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ	12
1.1 Тремор та його феноменологічна класифікація	12
1.2 Класифікація недуг що супроводжуються тремором	13
1.2.1 Фізичний посилений тремор	13
1.2.2 Есенціальний тремор	14
1.2.3 Паркінсонічний тремор	16
1.2.3 Дистонічний тремор	17
1.2.4 Ортостатичний тремор	18
1.2.5 Тремор м'якого піднебіння	19
1.2.6 Тремор Холмса	20
1.2.7 Мозочковий тремор	20
1.3 Загальна класифікація тремору.....	21
1.4 Огляд раніше виконаних робіт за темою досліджень.....	23
1.4.1 Огляд статей за темою досліджень	23
1.4.2 Огляд існуючих патентів за темою досліджень.....	24
1.5 Мета і задачі наукових досліджень	28
Розділ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПРИГНІЧЕННЯ ТРЕМОРУ ТА РОЗРОБКА ВЛАСНОГО	29
2.1 Негативні сторони існуючих методів.....	29
2.1.1 Негативні сторони медикаментозного лікування	30
2.1.2 Негативні сторони хірургічного втручання	32
2.1.3 Негативні сторони методів діагностування тремор-утворюючих захворювань.....	34

	9
2.2 Запропонований метод	36
2.3 Висновки до другого розділу	43
Розділ 3. РОЗРОБКА МАКЕТУ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	44
3.1 Середовище розробки Arduino.....	44
3.2 Макет фіксуючого назап'ястника.....	45
3.2.1 Фізична реалізація механізму фіксації.....	46
3.2.1 Програмне забезпечення роботи крокового двигуна	50
3.3 Принцип роботи блоку датчиків.....	51
3.4 Складання макету.....	54
3.5 Експериментальні дослідження.....	58
3.6 Висновки до третього розділу.....	62
Розділ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ	63
4.1 Опис ідеї проекту	63
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	64
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	65
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	72
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	74
4.6 Висновки до четвертого розділу.....	77
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	79
Додаток 1.....	82
Додаток 2.....	84

Список умовних позначень, скорочень і термінів

АЦП — аналогово-цифровий перетворювач.

БД — блок датчиків.

БІНС — безплатформена інерційна навігаційна система.

ДОФА - диоксифенилаланин

КПІ — Київський Політехнічний Інститут.

КФК — креатинфосфокіназа

МАО — моноаміноксидаза

ММА — мікро механічний акселерометр.

МК — мікроконтролер.

МП — мікропроцесор.

ПЗ — програмне забезпечення.

ПЕТ – позитрон-емісійна томографія

ССС — сердечно судинна система

ХП — хвороба Паркінсона

СОМ-порт — Двонаправелний послідовний інтерфейс.

СОМТ — Catechol-O-methyl transferase

Vit ядро — ядро гіпоталамуса

Вступ

Тремор може бути як ізольованим симптомом, так і одним з ряду проявів будь-якого неврологічного захворювання, наприклад хвороби Паркінсона, дистонії, патології мозочка. У більшості випадків дані захворювання не піддаються повному лікуванню, і як наслідок, лікарі здатні лише частково пригнітити тремор [1,2]. Практично у всіх цих неврологічних захворюваннях, а особливо на початкових стадіях, основною ділянкою поширення тремору є верхні кінцівки.

Оскільки сучасні методики лікування тремору, мають ряд негативних наслідків, таких як шкідливий вплив на здоров'я та звикання до препаратів [2], було запропоновано розробити інший метод, а саме прилад який буде фізично блокувати променево-зап'ястковий суглоб, пригнічуючи тремор саме під час нападу.

Розділ 1. ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ

1.1 Тремор та його феноменологічна класифікація

Існує безліч видів тремору з різними механізмами розвитку, особливостями клінічної картини. Тремор класифікується за топографії (в залежності від того, в яких частинах тіла виникає), характером (тремор спокою, що виникає при розслабленому стані м'язів, і тремор дії, що з'являється або посилюється при будь-якому довільному напруженні м'язів). Останній в свою чергу підрозділяється на підгрупи: постуральний тремор, що виникає при підтримці пози, і кінетичний, що з'являється в ході виконання довільного руху. Різновидами кінетичного тремору є простий кінетичний тремор, що з'являється при будь-яких довільних рухах, та інтенційний, що виникає при цілеспрямованих рухах і посилюється в міру наближення до мети. Крім того, виділяють і більш рідкісні підтипи тремору дії - наприклад, ізометричний тремор і тремор, що виникає при виконанні певних рухів (task-specific tremor). Нарешті, відповідно за синдромною класифікацією виділяють фізіологічний тремор (низько-амплітудний тремор, невидимий оком, реєстрований у здорових осіб і є складовою нормального механізму моторного контролю), а також різні варіанти патологічного тремору: есенціальний, паркінсонічний, мозочок, дистонічний, невропатичний, тремор Холмса, ортостатичний, тремор м'якого піднебіння, психогенний і деякі інші типи тремору.

Табл.1 Феноменологічна класифікація тремору

Поведінка	Визначення
Відпочинок/спокій	Тремор, що відбувається у відсутності навмисного скорочення м'яз в порушеній частині тіла. Частина тіла що тремтить повинна бути повністю розслаблена і розташована на опорі (наприклад, руки на колінах).

Дія	Тремор, зустрічається під час навмисного м'язового скорочення, включає в себе постуральний, кінетичний і ізометричний.
Підтримка положення тіла (постуральний)	Тремор виникає при довільному підтримку положення тіла проти сили тяжіння (наприклад, витягнуті перед собою руки).
Кінетичний	Тремор виникає під час руху (наприклад, при листі, при тому, що піднесло чашки до рота для пиття, при попаданні ключем у замкову щілину); також включає певні намір і виконання вузькоспеціалізованих завдань.
Ізометричний	Тремор, що виникає в результаті м'язового скорочення з додатком певних зусиль (наприклад, стискання кулака).

1.2 Класифікація недуг що супроводжуються тремором

1.2.1 Фізичний посилений тремор

Генерація фізіологічного тремору пов'язана в основному з двома механізмами: пасивними механічними осциляціями кінцівки і центральними осциляціями з частотою 8-12 Гц. Участь рефлексів стає значущим тільки в випадках посилення фізіологічного тремору - при втомі, тривозі, гіпертиреозі, при прийомі треморогенних препаратів. Передбачається, що джерело 8-12 Гц центральних осциляцій локалізується в оливо-церебральних шляхах [3]. Амплітуда цього компонента широко варіює при нормальному фізіологічному треморі й найбільш виражена при посиленому фізіологічному треморі.

Фізіологічний тремор, як правило, не проявляє себе за винятком ситуацій, коли потрібне виконання особливо тонких і точних рухів, або при його посиленні внаслідок емоційної напруги, втоми, гіпертиреозу, прийому деяких препаратів. Як лікування (якщо це необхідно) застосовують, як правило, бета-

блокатори (пропранолол). Характеристика окремих видів патологічного тремору.

1.2.2 Есенціальний тремор

Есенціальний тремор. Це найбільш поширена форма патологічного тремору, що представляє собою окрему нозологію. У своєму класичному варіанті це моносимптомне захворювання, що характеризується кінетичним тремором рук, іноді в поєднанні з тремором голови (рідше може мати місце ізольований тремор голови), м'язових м'язів/нижньої щелепи, голосу, мови, тулуба, нижніх кінцівок. При есенціальному треморі рук нерідко спостерігається деяка асиметрія, проте виражена асиметрія тремору, що зберігається протягом тривалого часу (10 років і більше), є предпоказником розвитку хвороби Паркінсона в майбутньому навіть при відсутності тремору спокою [4].

У міру прогресування есенціального тремору нерідко приєднуються легко або помірно виражені ознаки мозочкової дисфункції: з'являється інтенційний компонент тремору (виникає при наближенні до мети виконати якусь функцію рукою), порушення тандемної ходьби, пацієнти можуть пред'являти скарги на хиткість. Вивчення мозочкових функцій при есенціальному треморі - показало порушення активації м'язів-антагоністів, що характерно для мозочка патології. Майже половина пацієнтів з есенціальним тремором демонструють наявність інтенційного компоненту тремору при виконанні цілеспрямованих рухів, а також сповільненість виконання довільних рухів, що свідчить про наявність у мозочка дисфункції, що розвивається, мабуть, у міру прогресування захворювання.

Електрофізіологічні дослідження виявляють синхронну активність рухових одиниць на частоті тремору (4-10 Гц), в м'язах-антагоністів однієї кінцівки (але, як правило, некогерентного в різних). Дані електрофізіологічних досліджень свідчать про те, що есенціальний тремор відноситься до центральних видів тремору, оскільки його основний частотний пік в спектрі ЕМГ не зміщується при навантаженні. На жаль, на ранніх етапах розвитку

захворювання ця закономірність не завжди може бути продемонстрована, і диференціальна діагностика між есенціальним тремором і посиленим фізіологічним тремором може бути ускладнена.

Есенціальний тремор може маніфестувати в будь-якому віці, але його поширеність з віком підвищується, досягаючи приблизно 5% у віковій групі старше 65 років[4]. У багатьох випадках цей недуг успадковується нащадками хворого. Патоморфологічні зміни, а також когнітивна дисфункція, депресія та інші симптоми нейро-дегенеративних захворювань спостерігаються і у хворих на есенціальний тремор, такі випадки все частіше фігурують в світовій літературі останніх років. Однак, як видно за клінічними характеристиками, ця патологія дуже гетерогенна і може носити характер нейрон-дегенеративної лише в частині випадків.

Фармакотерапія. Відповідно до систематичним оглядом Американської Академії неврології, проведеному в 2005 р і оновленому в 2011 р, максимально високий рівень доказовості (рівень А) при лікуванні есенціального тремору рук було отримано для наступних препаратів: пропранолол і примідон. Рівень доказовості В при лікуванні тремору рук отриманий для препаратів: алпразолам, атенолол, габапентин, соталол, топірамат, а також для пропранололу при лікуванні тремору голови. Можливо ефективними для лікування тремору рук (рівень С) визнані: клоназепам, клозапін, надолол, нимодипин. Примідон і пропранолол зменшують тремор рук в середньому на 50%. Вкрай рідко вдається досягти 80% і більше редукції тремору, а іноді пацієнти погано відгукуються на всі медикаменти. Часто кращий ефект досягається шляхом комбінації препаратів. Крім того, в резистентних випадках ефективним лікуванням есенціального тремору рук є стереотаксична таламотомія або глибока стимуляція мозку в області таламуса (Vim ядра). До найбільш частих ускладнень стереотаксичних втручань з приводу тремору відносять: дизартрію, дисфагію, парестезії, когнітивну дисфункцію, атаксія, інфекційні ускладнення, внутрішньочерепний крововилив. Велика частина ускладнень може бути знівельована при корекції параметрів стимуляції.

Проведення таламотомія не рекомендоване через високий ризик незворотних ускладнень[5].

1.2.3 Паркінсонічний тремор

Класичний варіант паркінсонічного тремору є тремор спокою, амплітуда якого збільшується при розумовому навантаженні і зменшується при виконанні довільних рухів. Частота такого тремору зазвичай становить 4-6 Гц. На практиці нерідко спостерігається поєднання тремору спокою і постурального тремору. Характерною рисою постурального тремору при хворобі Паркінсона є наявність латентного періоду (при витягуванні рук вперед або прийнятті іншої пози), по закінченні якого тремор поновлюється (Re-emergent tremor). Іншою його особливістю є виражена асиметрія, що зберігається протягом тривалого часу. Відомо, що вираженість тремору не корелює зі ступенем нестачі дофаміну або із загальною тяжкістю захворювання, хоча, з іншого боку, тремор спокою є високо специфічним симптомом для хвороби Паркінсона. Висловлюється думка про те, що паркінсонічний тремор є свого роду пристосувальною реакцією ЦНС на рухові порушення при паркінсонізмі що розвиваються, причому розвиток такої реакції з найбільшою ймовірністю відбувається при досить повільному прогресуванні останніх (як це буває при класичній тремтячій формі хвороби Паркінсона). Показано, що рефлекторні механізми практично не грають ролі в генерації і підтримці паркінсонічного тремору.

На сьогоднішній день, не викликає сумнівів той факт, що паркінсонічний тремор є центральним за своєю природою, а базальні ядра [6] представляються найбільш імовірною локалізацією осциляцій. У той же час висловлювалися припущення про те, що центральний осцилятор може локалізуватися в мозочку, оскільки він при даному виді тремору демонструє значну гіперактивність, а деструкція (Vim) ядра таламуса, призводить до ослаблення тремору. Проте був описаний хворий, у якого через 17 років після операції на правій половині мозочка розвинулася хвороба Паркінсона, з класичним 4,3-Гц тремором спокою зліва і 3,1-Гц тремором в спокої, постуральним і інтенційним тремором справа

(клінічна картина аналогічна тремору Холмса). Когерентний аналіз тремору у пацієнтів з хворобою Паркінсона і на МФТП-моделі хвороби Паркінсона у мавп показав, що тремор в різних групах м'язів однієї кінцівки має ступінь висока ступінь когерентності, навіть якщо пікова частота тремору при цьому однакова. Дане спостереження дозволяє припускати наявність декількох центральних осциляторів при даному захворюванні.

Для лікування паркінсонічного тремору, поряд з іншими моторними проявами хвороби Паркінсона, застосовується весь спектр належних препаратів. У деяких випадках паркінсонічний тремор слабо відповідає на препарати леводопи [4]. У деяких випадках позитивний ефект може принести застосування пропранололу (особливо при наявності Постуральний-кінетичного компонента тремору), а в резистентних випадках - клозапина. Пацієнти з вираженим тремором, погано відповідають на медикаментозну терапію, та частіше можуть розглядатися як кандидати на хірургічне лікування.

1.2.3 Дистонічний тремор

У своєму класичному варіанті виникає в частині тіла, залученої в дистонічний гіперкінез. Це постурально-кінетичний тремор, який є нерегулярним за своїм малюнком (з елементами посмикувань, може поєднуватися з дистонічними спазмами). Як правило, цей вид тремору є позиційно-чутливим (тобто значно змінюється в залежності від пози). У деяких випадках він може бути першою ознакою що розвивається дистонії. Крім власне дистонічного тремору, виділяють так званий тремор, асоційований з дистонією, що розвивається в частині тіла, яка не причетна до дистонічного гіперкінезу. Найбільш ефективним методом лікування дистонічного тремору голови є терапія ботулотоксином. Застосування ботулотоксину при дистонічному треморі рук обмежена через асоційованих з даним методом парезів, хоча і надає позитивний ефект у вигляді зменшення тремору [7]. У важких випадках дистонічного тремору розглядають хірургічне втручання до мозку з стимуляцією блідої кулі. Тремор, асоційований з дистонією, нерідко

відповідає на препарати, що застосовуються при класичному есенціальному треморі.

1.2.4 Ортостатичний тремор

Ортостатичний тремор клінічно характеризується:

1) суб'єктивним відчуттям нестійкості в положенні стоячи, у деяких випадках - при ходьбі, але практично ніколи дискомфорт не виникає в положенні сидячи або лежачи.

2) наявністю в неврологічному статусі низько-амплітудного тремору м'язів ніг, видимого в положенні стоячи.

3) відносно високою частотою тремору 13-18 Гц. Складність діагностики ортостатичного тремору обумовлена тим, що пацієнти, пред'являючи скарги на почуття нестійкості в вертикальному положенні, практично ніколи не скаржаться на власне тремор.

Характерний шаблон ЕМГ-активності м'язів виникає в вертикальному положенні тіла [8], зрідка - в горизонтальному при рівномірному навантаженні на м'язи ніг. Розвантаження власної ваги тіла у вертикальному положенні (наприклад, підвішування на ременях) не призводить до зміни характеристик тремору. Унікальність даного синдрому полягає в тому, що високочастотний (13-18 Гц) тремор спостерігається по всій довільній мускулатурі тіла. Виходячи з цього, можна припустити наявність єдиного, але дуже потужного центрального осцилятора, локалізація якого, втім, залишається поки невідома. Очевидно, що для діагностики первинного ортостатичного тремору необхідно виконання електроміографії, що підтверджує наявність вищеописаною м'язової активності. Існують випадки асоціації ортостатичного тремору з такими захворюваннями, як хвороба Паркінсона, прогресуючий параліч, синдром неспокійних ніг, хвороба дифузних тілець Леві, фокальна дистонія.

Препаратом який назначають при лікуванні ортостатичного тремору є габапентин. Також може бути отриманий ефект при застосуванні повідомлення про ефективність пропранололу.

1.2.5 Тремор м'якого піднебіння

Характеризується ритмічними посмикуваннями м'якого піднебіння, а іноді і інших м'язів. Тремор м'якого піднебіння класифікують на есенціальний і симптоматичні варіанти. На частку останнього припадає близько 75% випадків [4]. Найбільш часта причина пошкодження - стовбурової інсульт, рідше - розсіяний склероз, пухлини. У деяких пацієнтів крім тремору можуть відзначатися синхронні посмикування м'язів очі, обличчя, гортані, шиї, плеча, діафрагми, а також мозочкові порушення. Крім того, пацієнти з симптоматичним тремором м'якого піднебіння нерідко відчують клацання в вусі в зв'язку з швидким періодичним розкриттям гирла євстахієвої труби. Симптоматичний тремор м'якого піднебіння може зберігатися уві сні. При цьому типі тремору при нейровізуалізації можна виявити вогнищеві зміни в стовбурі мозку а саме мозочку, а також гіпертрофію нижніх олив.

Есенціальний тип тремору м'якого неба не пов'язаний з будь-якої видимою причиною, залишається ізольованим, зникає уві сні і не супроводжується змінами при магнітно-резонансної томографії (МРТ).

Існуюча в даний час гіпотеза патогенезу даного виду тремору включає кілька етапів:

1) пошкодження шляхів які ведуть від глибоких ядер мозочка до нижніх олив, що пригнічують функціонування щілинних контактів клітин.

2) Електротонічних сполучення нейронів нижніх олив, що приводить до синхронізованому порушення.

3) Передача синхронізованого збудження в мозочок, а звідти в стовбур і спинний мозок. Лікування тремору м'якого піднебіння може знадобитися лише в тих випадках, коли пацієнта турбують «клацання» у вусі.

Найбільш ефективна терапія цього недугу є курс ботулотоксином, однак метод технічно складний і вимагає точного введення препарату саме в потрібний м'яз, при попаданні ботулотоксину в інші м'язи глотки високий ризик розвитку серйозних побічних ефектів.

1.2.6 Тремор Холмса

Тремор Холмса (тремор середнього мозку), являє собою комбінацію тремору спокою, постуральної-кінетичного і інтенційного тремору, що виникають в результаті комбінованого пошкодження церебральних шляхів таламуса. Цей тип тремору є низькочастотних (3-4,5 Гц) і дещо нерегулярним. До найбільш частих причин відносять інсульт, пухлини, або судинні деформації в області середнього мозку, причому в разі його гострого пошкодження, тремор Холмса виникає не відразу, а через деякий проміжок часу (від 2 тижнів до 2 років). Крім власне тремору у таких пацієнтів можна виявити і інші неврологічні симптоми: окорухові розлади, геміпарез, геміанопсію, паркінсонізм.

Доведеного і загальноприйнятою методикою терапії тремору Холмса не існує. Деякі пацієнти відповідають на леводопу [4]. Про ефективність функціональної нейрохірургії на сьогоднішній день накопичено недостатньо даних.

1.2.7 Мозочковий тремор

Мозочковий тремор є, як правило, проксимальний високо-амплітудний кінетичний тремор низької частоти (3-5 Гц), що посилюється в міру наближення до мети (тобто носить терміновий характер) [5]. Разом з тим при пошкодженнях мозочка можуть зустрічатися також різні типи постурального тремору. Як приклад можна привести так звану тітубацію - постуральний тремор голови та/або тулуба, найбільш виражений, коли пацієнт перебуває в положенні стоячи. Як правило, він супроводжується іншими симптомами мозочкової патології, такими як атаксія, дисметрія. Як правило, до розвитку мозочкового тремору призводять пошкодження глибоких ядер мозочка або шляхів що ведуть до червоних ядер. У свою чергу, пошкодження червоних ядер і структур, розташованих вище, призводить до розвитку тремору Холмса. Ізольоване пошкодження кори мозочка не може бути причиною розвитку тремору. Мозочковий тремор може розвиватися при таких захворюваннях, як розсіяний склероз, пухлини мозочка, судинні захворювання, токсичні ураження

мозочка (при вживанні алкоголю, деяких лікарських препаратів. Дифузна або вогнищева патологія мозочка викликає двосторонній або односторонній мозочковий тремор відповідно. Мозочковий тремор в переважній більшості випадків практично не відповідає на медикаментозне лікування.

У ряді робіт 90-х років минулого століття був показаний позитивний ефект при застосуванні ізоніазиду, що не підтвердилося в більш пізньому подвійному сліпому дослідженні. По всій видимості, найкращий ефект у ряду пацієнтів (зокрема, при розсіяному склерозі) може бути досягнутий за допомогою нейрохірургічного втручання: стимуляції Vim-ядра таламуса або таламотомія. Функціональні результати після таких операцій можуть мати високу позитивну оцінку, проте, широко варіюють і залежать від наявності інших моторних проявів захворювання [9].

1.3 Загальна класифікація тремору

Підсумовуючи класифікацію недуг що супроводжуються тремором можна дійти до наступних проміжних висновків:

- Практично у всіх тремору-утворюючих неврологічних захворюваннях, а особливо на початкових стадіях, основною ділянкою поширення гіперкенізу є верхні кінцівки.
- Амплітудно-частотна характеристика та тип коливань кінцівок дозволяє на первинному рівні діагностувати тремору-утворююче захворювання.
- У ролі збудника гіперкенізу можуть виступати одночасно декілька захворювань, в такому випадку це призводить до комбінуючого тремору.
- Лікування одного класу тремору може призвести до появи іншого.

Табл. 2 Загальна класифікація тремору

Тремор		Частота(Гц)	Топографія	Тип
Посилений фізіологічний		6-13	Руки	Постуральний, кінетичний
Есенціальний		4-11	Руки/голова/язик голос/тулуб/обличчя	Постуральний, кінетичний, інтенційний
Паркінсонічний		4-7	Руки/ноги/ обличчя/тулуб	Покою, постуральний (рідко кінетичний)
Дистонічний		5-10	Голова/руки/ноги	Постуральний, кінетичний
Первинний ортостатичний		13-18	Ноги (рідше руки/тулуб)	Стоячи
М'якого піднебіння	Первинний	2-5	М'яке піднебіння	Покою
	Симптоматичний	2-7	М'яке піднебіння/обличчя/ руки	Покою, (постурально- кінетичний)
Холмса		3-6	Рука/нога	Покою, постуральний, кінетичний, інтенційний
Мозочковий		3-5	Рука/нога/ тулуб/голова	Постуральний, кінетичний, інтенційний

1.4 Огляд раніше виконаних робіт за темою досліджень

1.4.1 Огляд статей за темою досліджень

В статті [10] висвітлені основні моменти механізми треморогенеза, розглянуто патогенез, клінічні особливості, діагностика та підходи до лікування найбільш вивчених варіантів патологічного тремору (в тому числі есенціального, паркінсонічного, дистонічного, мозочкового і деяких інших, більш рідкісних, видів тремору). Наведені частотні характеристики та топографічні особливості тремору.

Метою статті [11] є: дослідження природи та специфіки тремору в цілому та при хворобі Паркінсона зокрема. Розглянуто можливості фармакотерапії тремору і обґрунтування вибору препарату при хворобі Паркінсона. Дано результати відкритого 6-місячного дослідження оцінки впливу праміпексола на різні типи тремору, проведеного в паркінсонологічних кабінетах окружних неврологічних відділень Москви.

Автори статті [12] розглядають основні сучасні класифікації тремору: феноменологічна, етіологічна, клінічна, класифікація синдромів тремору, класифікація за частотою тремору. Показані сучасні погляди на формування та генератори ритмів тремору. Проаналізовані розповсюдженні методи фіксації треморограми, та запропонований альтернативний метод. Розкриті та проілюстровані особливості тремору у нормі та патології.

Метою статті [13] є описання основних труднощів в клінічній діагностиці тремору які обумовлені існуванням безлічі різних варіантів тремору, а так само щодо однотипним проявом тремору при різних рівнях і патогенетичних механізмах ураження нервової системи. В статті йдеться про використання системного підходу на основі класифікації та інструментальної реєстрації параметрів тремору що дозволяє поліпшити клінічну діагностику. Авторами був розроблений альтернативний від існуючих метод відеореєстрації тремору, для об'єктивного вимірювання параметрів тремору.

Авторами статті [14] було вивчено тремор при тривалому фізіологічному скорочення м'язів спини у хворих дітей сколіозом I-II ступеня в онтогенезі. Був описаний метод електричного зйому вібрації, на основі якого було встановлено, що найбільш значуще зменшення амплітуди в діапазоні частот від 2 до 15 Гц спостерігалось між віковими групами $7,5 \pm 0,5$ року і $13 \pm 0,3$ року випробовуваних як з лівого, так і з правого боку хребта.

1.4.2 Огляд існуючих патентів за темою досліджень

Для того щоб фіксуєний ортез, мав змогу закріплювати променево-зап'ястковий суглоб саме під час нападу тремору дії необхідна його своєчасна розпізнання та діагностика. Тому розглянемо існуючі методи діагностики тремору.

У патенті [15] розглянуто спосіб дослідження тремору рук у людей фізичної та розумової праці, де при дослідженні тремору рук використовували тремометр із криву образною доріжкою на панелі приладу. Хворий має провести стержнем по доріжці панелі, не доторкаючись до її країв. Кількість доторків і час проходження по доріжці фіксувались відповідно електричним шляхом, механічним лічильником імпульсів і секундоміром. Аналіз вилучених даних використовувався формулі, яка дозволяє отримати кількісні характеристики, тобто по кількості доторків до країв доріжки і по часу проходження використовували стан координаційних процесів у людей фізичної та розумової праці. Цей спосіб визначення тремору рук використовували для визначення переваги людини від фізичної і розумової праці в інші періоди дня та пор року.

Цей метод не може бути використаний у лікувальних та науково-досліджених закладах неврологічного профілю при оцінці діагностики і результатів лікування органічної поразки головного мозку, так як він не забезпечений до визначенню широкого спектру характеристик по ознакам тремору рук, різних параметрів амплітуди, частоти та форми, які оброблюються при

визначенні ступеню захворювання до періоду лікування центральної нервової системи (ЦНС).

У патенті [15] розглянуто спосіб визначення тремору, в якому передбачають реєстрацію коливальних рухів пальця по відношенню до однойменної кісті у 4-х фазах дихання на треморограмі при нормальної гостроті зору, де період досліджень у пацієнта багаторазово визначають швидкість простої зорово-моторної реакції з обчислюванням середньої арифметичної величини та перетворення її в корисний сигнал, при цьому враховують тільки ті коливальні рухи, які слідують з інтервалом, рівним або більш середньої арифметичної величини простої зорово-моторної.

Недоліком даного способу визначення тремору являється відсутність інформації про частоту, спектр та форму коливальних рухів пальця по відношенню до кісті, а амплітуда фіксується тільки при перевищенні пікового значення.

У патенті [15] розглянуто технічний метод треморографії, його суть у наступному: здійснюють реєстрацію залежності тремору периферичного сегменту суглоба від величини кута в суглобі під час виконання у ньому активного руху. На суглоб який випробовують співвісно закріплюють гоніометр, а на суміжний периферичний сегмент суглоба установлюють датчик прискорення. Обидва ці пристрою підключені до самописців, та по осі абсцис відкладають величину кутового переміщення у суглобі в градусах, та по осі ординат - величину інтегрального тремору (у М В/с), по наявності якого розпізнають патологію органів руху. В період досліджень хворий має виконувати повільний рух в суглобі зі швидкістю не більш 10° за 1 х. Форма кривої та ступінь збільшення інтенсивності тремору відображують відповідно характер і виразність механічної перешкоди руху (наприклад, рубці або деформації суглобних поверхностей). Даний метод використовується для визначення різнорідної ортопедичної і травматологічної патології.

Цей спосіб визначення тремору руці не годен для діагностики і оцінки лікування ступеня органічної поразки головного мозку, так як він не забезпечує

всю широту спектру по амплітуді, частоті і формі по ознакам тремору руки в спокійному стані, які потребують тривалої і точної установки, що неможливо в практичному застосуванні.

У патенті [15] розглянуто метод в якому покладено використання пристрою, який відноситься до медицини, в частковості, до способів вимірювання руху тіла або його частин, для лікування органічної поразки головного мозку. Прилад працює за наступним принципом: визначення тремору, шляхом реєстрації коливальних рухів руки, з'єднаної елементом фіксації з датчиком, згідно винаходу, елемент фіксації коливального руху вільно підвішують на пальці у районі кінцевої нігтьової фаланги з можливістю виключення коливального інерційного руху датчика у період дослідження, а руку пацієнту в кистьовому суглобі опирають на нерухому жорстку опору і при коливальних рухах пальця визначають амплітуду, частоту і форму по напруженню, пропорційно тремору пальця. Визначення тремору коливальних рухів руки, з'єднаних з датчиком, де датчик вільно підвішують на палець в районі кінцевої нігтьової фаланги, а також виключення можливих випадкових рухів руки, шляхом установки її на нерухому жорстку опору і запобігання небажаних коливальних рухів датчика забезпечить достовірність точних досліджених параметрів з можливістю визначення широкого спектру свідчень по амплітуді, частоті та формі.

Для способу визначення тремору пальця руки використовують простий пристрій, показаний на Рис.1, де на жорстку нерухому опору встановлюють руку пацієнта для запобігання передачі мимовільних рухів плеча к пальцю руки. На зворотній стороні пальця у зоні кінцевої нігтьової фаланги, вільно підвішують елемент фіксації з датчиком. Елемент фіксації складається з клейкої стрічки та кільця підвіски, вони з'єднані двома шарнірами ланцюгового типу, що запобігає інерційному розхитуванню датчика. Датчик з'єднаний з самописцем, який графічно визначає амплітуду, частоту і форму тремору. Датчик магнітоелектричної системи, генераторного типу, прямого перетворення з частотою характеристики до 3 кГц.

Не дивлячись на те що цей метод дозволяє якісно слідкувати за динамікою патологічних змін тремору, він не дозволяє досліджувати коливання руки в автономному режимі.

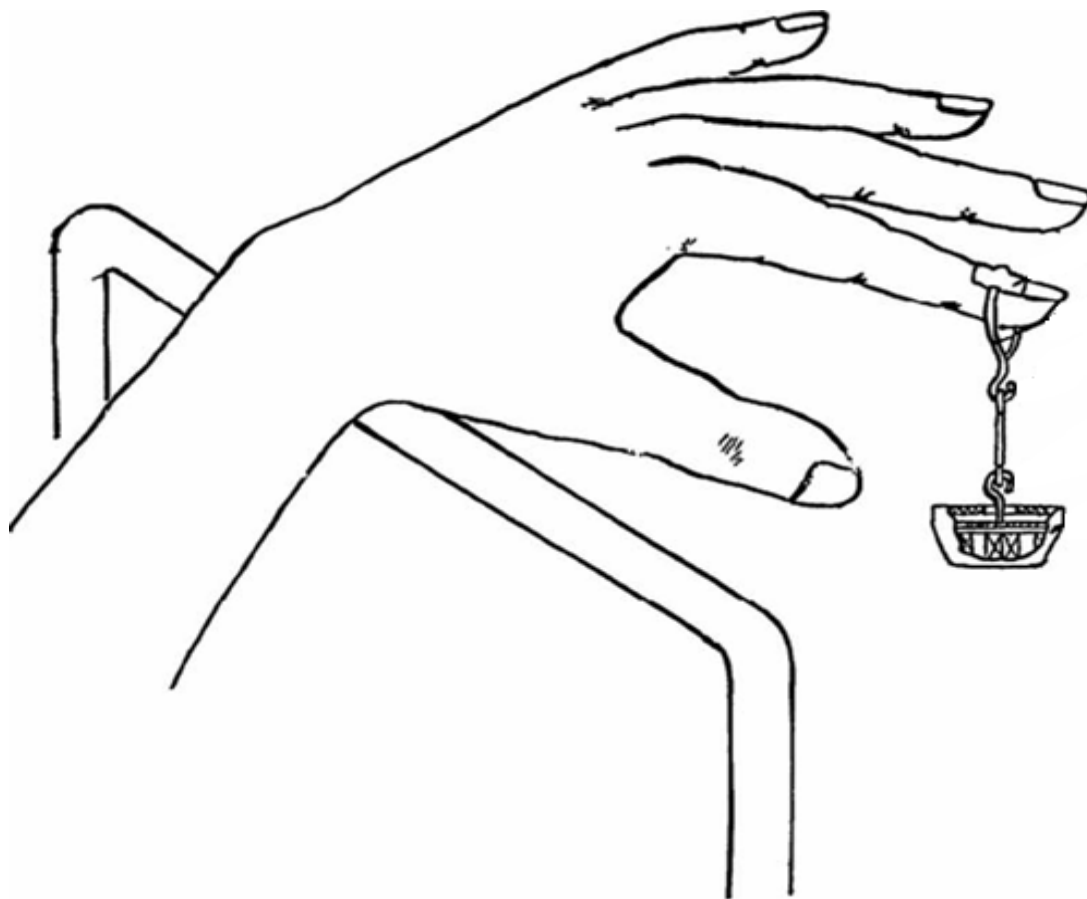


Рис. 1. Пристрій визначення тремору пальця руки

1.5 Мета і задачі наукових досліджень

У наш час напади тремору верхніх кінцівок людини не тільки лікують як вторинну причину більш серйозної хвороби, але і досліджують та аналізують для знаходження первинної причини їх виникнення.

Розглянуто наявні наукові дослідження та праці з дослідження тремору. Недоліками наведених методів можна зазначити неможливість дослідження коливань руки в автономному режимі [15]. Також більшість із приведених методів мають теоретичні розрахунки та можливості, проте відсутнє практичне підґрунтя та докази реальної працездатності.

Вважаю доцільним провести наукове дослідження в даній сфері для виявлення можливостей в дослідженні коливань руки в автономному режимі для подальшої можливості пригнічення тремору безпосередньо під час нападу.

Мета дисертаційної роботи полягає в розробці, як самого пристрою пригнічення тремору рук, так і забезпечення оптимального алгоритму роботи.

Досягнення мети передбачає вирішення наступних задач:

- огляд основних видів тремору;
- збір інформації щодо частотних та типових характеристик тремору;
- збір інформації щодо існуючих методів діагностики;
- розробка власної оптимальної конструкції пристрою пригнічення тремору рук;
- розробка алгоритму роботи системи фіксації;
- розробка алгоритму роботи БНС;

Об'єктом дослідження є: дослідження гіперкінезу верхніх кінцівок.

Предметом дослідження є: конструкція та алгоритм роботи пристрою пригнічення тремору рук, алгоритм роботи БНС.

Розділ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПРИГНІЧЕННЯ ТРЕМОРУ ТА РОЗРОБКА ВЛАСНОГО

Як було зазначено в розділі 1.2.2 під час нападу есенціального тремору (тремору дії) відбувається адитивне наростання тремору-збурюючих подразників, тобто кожне коливання кисті викликає збільшення амплітуди наступного коливання, тому хворому вкрай важко самостійно зупинити напад, адже кожна команда головного мозку на певну дію верхньої кінцівки в подальшому тільки збільшує її амплітуду коливання. Таким чином якщо провести над променева-зап'ястковим суглобом певні маніпуляції, які не залежать від свідомості людини, можна домогтися стану спокою. А саме необхідно на фізичному рівні заблокувати кисть під час стану гіперкінезу.

2.1 Негативні сторони існуючих методів

На разі існують чимало методів пригнічення тремору, кожен з них має свій ряд як переваг так і недоліків, для більшого ефекту зазвичай їх застосовують в сукупності. Поділяються методи на медикаментозні та методи з хірургічним втручанням. На разі для хворого, який хоче зменшити вплив тремору на своє життя, немає вибору окрім як звернутися до одного з вище сказаних методів, у зв'язку з тим що з часом недуг лише прогресує [16].

Табл. 3 Методи пригнічення тремору

Медикаментозний	З хірургічним втручанням
1. Заспокійливі препарати та вітаміни. 2. Інгібітори – метазоломіди. 3. Психоактивні препарати – бензодіазепіни. 4. Протисудомні та протиепілептичні препарати.	1. Стереотаксична таламотомія – стимуляція мозку в області таламуса (Vim ядра). 2. Введення ботулінічного нейротоксину безпосередньо в м'яз. 3. Імплантація електродів для глибинної мозкової стимуляції.

2.1.1 Негативні сторони медикаментозного лікування

Медикаментозна терапія покращує стан хворого, проте захворювання буде неухильно прогресувати. Більшість препаратів стають малоефективними через 3-5 років [16]. Також тривале медикаментозне лікування може призвести до патоморфозу – зміни ознак хвороби.

Основними медикаментозними інструментами для усунення або пригнічення тремору, являються препарати котрі впливають на надважливі процеси, які відбуваються в головному мозку. Тому не дивно що погано розраховане дозування, або необґрунтоване поєднання препаратів може призвести до суттєвого погіршення самопочуття хворого.

На сьогоднішній день відсутні нейропротективні або нейрорепаративні засоби, здатність яких впливати на дегенеративні процесі була би доведена, основу лікування складають засоби з симптоматичним дією.

Сучасні проти треморні засоби, не зупиняють прогресування захворювання, вони лише здатні при ранньому початку лікування та раціональному їх використанні послабити основні симптоми хвороби, що дозволяє забезпечити активну життєдіяльність хворих в протягом багатьох років та збільшити виживання пацієнтів. Симптоматична терапія захворювань що супроводжуються тремором заснована на корекції нейрохімічного дисбалансу в базальні ганглії, котрий характеризується насамперед зниженням рівня дофаміну. Тому в якості препаратів першого ряду рекомендують призначення дофамінергічних препаратів, а саме леводопів (при вираженій руховому дефекті), агоністів дофамінових рецепторів (при помірному руховому дефекті) або інгібіторів MAO типу B (при мінімальному дефекті). На додаток до них використовують амантадин, інгібітори COMT та антихолінергічні препарати.

Курс прийому проти треморних засобів не можна скасовувати різко. Тому що різка зупинка прийому препаратів може призвести до синдрому відміни (підвищення температури тіла, ригідність м'язів, підвищення активності КФК в сироватці крові, а також можливих психічних розладів) або акінетичним

кризам, які можуть прийняти загрозливу для життя форму. При виникненні таких симптомів пацієнт повинен перебувати під наглядом лікаря (при необхідності повинен бути госпіталізований) і отримувати відповідну терапію, яка може включати повторне застосування, препаратів, які приймалися при курсі лікування.

Вибір препаратів визначається: за віком пацієнта, ступенем непрацездатності, домінуючою симптоматикою, ймовірністю успішної відповіді на лікування, наявністю супутніх захворювань. Наприклад, у хворих молодого та середнього віку, які не мають виражених когнітивних порушень, лікувати починають з інгібітору MAO типу В або агоністу дофамінових рецепторів, у осіб старше 70 років, а також у пацієнтів з деменцією - з препарату леводопи [17].

Сучасні аналоги леводопи, містять інгібітор ДОФА-декарбоксилази, котрі погано проникають через гематоенцефалічний бар'єр і тому блокують перетворення ДОФА в дофамін тільки на периферії, але не в ЦНС. Завдяки цьому зменшуються такі небажані периферичні ефекти препарату, як нудота і блювота. Проте такі препарати менш ефективні.

Окрім сукупності негативних ефектів, препарати які застосовують у медикаментозному лікуванні тремору-утворюючих захворювань мають цілий ряд протипоказань [18]:

- тяжке порушення функцій органів ендокринної системи
- глаукома
- тяжке порушення функції печінки
- тяжке порушення функції нирок
- тяжке порушення функції серцево-судинної системи
- ендогенні і екзогенні психози

Також медикаментозне лікування тремору-утворюючих захворювань, може призвести, від легких, до досить тяжких порушень роботи багатьох життєво-важливих систем організму людини, для кращої структуризації перерахуємо їх [18]:

- Порушення роботи систем кровотворення: гемолітична анемія, транзиторна лейкопенія, тромбоцитопенія.
- Порушення роботи нервової системи: головний біль, запаморочення, судоми, спонтанні рухові розлади, епізоди застигання, ослаблення ефекту до кінця періоду дії дози, феномен включення-виключення, посилення проявів синдрому неспокійних ніг, виражену сонливість, епізоди раптової сонливості.
- Порушення психіки: тривога, пригнічений настрій, безсоння, марення, агресія, депресія, анорексія, помірний захват, патологічна галюцинації, тимчасова дезорієнтація.
- Порушення роботи ССС: аритмії, ортостатична гіпотензія, підвищення артеріального тиску, припливи.
- Порушення роботі травної системи: нудота, блювота, діарея, окремі випадки втрати або зміни смакових відчуттів, сухість слизової оболонки порожнини рота, шлунково-кишкова кровотеча.

2.1.2 Негативні сторони хірургічного втручання

На сьогоднішній день найбільш поширеним, ефективним та безпечним методом хірургічного лікування тремору-утворюючих захворювань є імплантація електродів для глибинної мозкової стимуляції. До основних переваг даного хірургічного втручання відносяться [20]:

- можливість одночасної двобічної електростимуляції підкіркових структур головного мозку,
- можливість корекції локалізації введення електроду,
- ефективність нейростимуляції при брадикінетичних формах ХП,
- можливість неінвазійної регуляції параметрів стимуляції, що дозволяє підібрати індивідуально оптимальну і комфортну для хворого програму стимуляції.

Недоліком даного методу є:

- складність і тривалість хірургічного втручання,

- необхідність постійного контролю і регуляції параметрів стимуляції
- висока вартість самого електро-стимулюючого пристосування.

Тому, на сьогоднішні, не втратили своєї актуальності операції стереотаксичної деструкції. Останнім часом почалось обговорення питання щодо відновлення використання деструктивних операцій у лікуванні певної категорії хворих із екстрапірамідними гіперкінезами, зважаючи на їх достатньо високу ефективність, невисоку вартість, відсутність необхідності тривалого післяопераційного спостереження та повторних візитів до лікаря [19].

Кращі результати отримані у хворих з ригідною і ригідно-тремтячою формою паркінсонізму, менш ефективними виявилися операції при тремтячій і тремтливий-ригідній формі захворювання. У хворих з переважанням акінезії оперативне лікування виявилось найменш ефективним.

Одним із основних обмежень проведення деструктивних стереотаксичних втручань є високий ризик розвитку неврологічних ускладнень після двобічних операцій [20]. Враховуючи те, що більшість хворих на тремору-утворюючий недуг, які є потенційними кандидатами до хірургічного втручання, мають тривалий анамнез захворювання та двобічний характер ураження, питання щодо проведення двобічних деструктивних операцій є актуальним та відкритим.

Шляхом трансплантації в неорстріатума фетальних дофаміноенергічних клітин та власних клітин мозкового шару наднирників. Незважаючи на приживлення трансплантата і продукцію ним дофаміну, відчутного клінічного ефекту цей варіант лікування не дає.

Тривають експериментальні дослідження із вивченням можливості використання власних мезенхімальних стовбурових клітин хворого та роботи по стимуляції продукції дофаміну в підкоркових ядрах за допомогою генної інженерії.

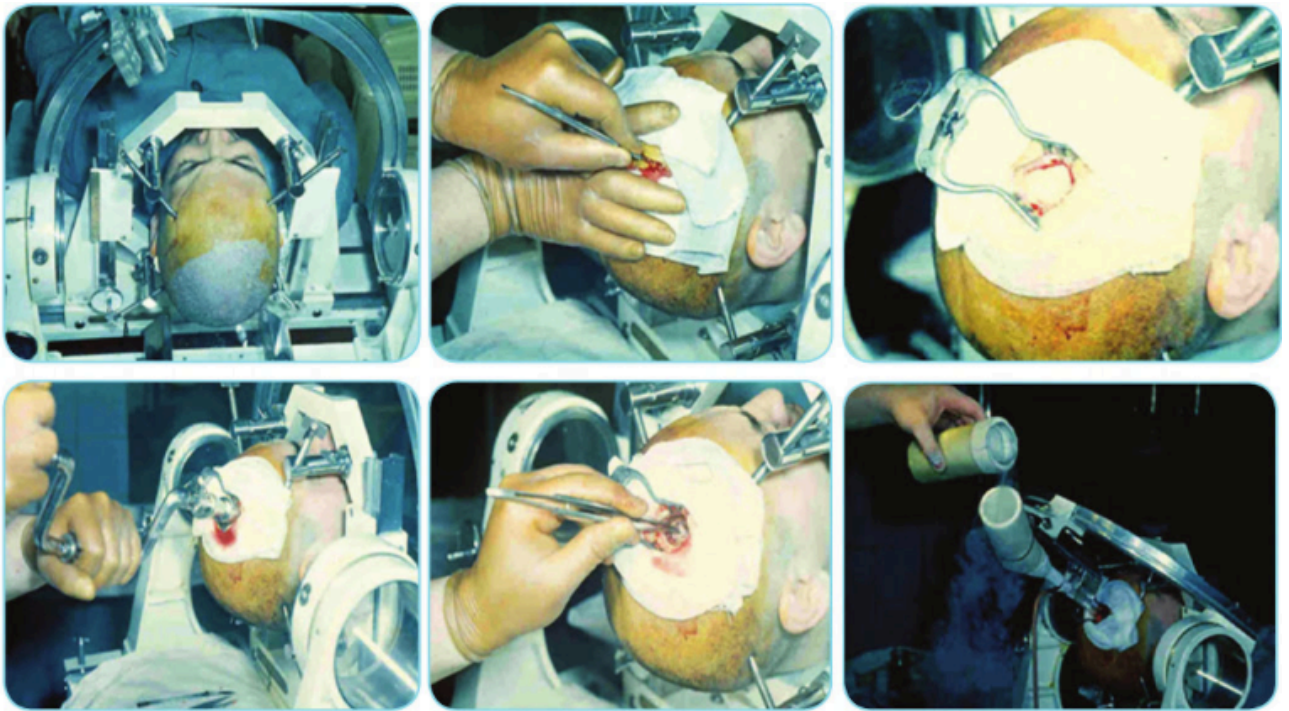


Рис. 2. Деструктивне стереотаксичне оперативне втручання

Як вже було зазначено в розділі 1.2.2 До найбільш частих ускладнень стереотаксичних втручань з приводу тремору відносять: дизартрію, дисфагію, парестезії, когнітивну дисфункцію, атаксія, інфекційні ускладнення, внутрішньочерепний крововилив. Велика частина ускладнень може бути знівельована при корекції параметрів стимуляції. Проведення таламотомія не рекомендоване через високий ризик незворотних ускладнень.

При зіставленні найближчих і віддалених результатів видно, що ефективність будь-яких операції з плином часу поступово знижується. Тому хворі, які не можуть періодично переносити нейрохірургічні втручання, фактично не мають можливості ефективно пригнічувати тремор не медикаментозним шляхом.

2.1.3 Негативні сторони методів діагностування тремор-утворюючих захворювань

При діагностики захворювань, які супроводжуються тремором в якості біомаркерів вивчаються різноманітні біохімічні, електрофізіологічні, радіологічні ознаки, однак специфічність і чутливість більшості застосовуваних тестів поки недостатня, а ряд дослідницьких технологій (таких як ПЕТ) в силу

їх складності і високої вартості, тому вони залишаються практично недоступними для реального застосування на практиці [22].

Великий інтерес в останні роки викликають нові технології нейровізуалізації, такі як транскраніальна сонографія (виявлення гіперехогенності чорної субстанції) або спеціальні режими МРТ-дослідження (морфометрія, трактографія і ін.), Ці методи розширюють диференційно-діагностичний арсенал лікарів які досліджують тремор-утворюючі хвороби, та дозволяють отримати нові важливі дані про стадійності і механізмах розвитку захворювань. Проте ці способи я досі не пройшли низьку сертифікацій, також підпадає під сумнів універсальність їх застосування.

Попередньо розглянуті методи діагностики 1.4.2 було розглянуто патенти існуючих способів діагностування тремор-утворюючих захворювань за рахунок АЧХ тремтячих кінцівок, розглянемо негативні сторони кожного з цих методів:

Спосіб 1. не може бути використаний у лікувальних та науково-досліджених закладах неврологічного профілю при оцінки діагностики і результатів лікування органічної поразки головного мозку, так як він не забезпечений по визначенню широкого спектру характеристик по ознакам тремору рук, різних параметрів амплітуди, частоти та форми, які обраховуються при визначенні ступеню захворювання до періоду лікування центральної нервової системи (ЦНС).

Недоліком способу 2. заключається в тому що при визначенні тремору з'являється відсутність інформації про частоту, спектр та форму коливальних рухів пальця по відношенню до однойменної кісті, а амплітуда фіксується тільки при перевищенні пікового значення.

Спосіб 3. визначення тремору руки не задовільний для діагностики і оцінки лікування ступеня органічної поразки головного мозку, так як він не забезпечує широкого спектру вимірювань по амплітуді, частоті та формі коливань під час нападу тремору руки. Також діагностика цим методом

потребує тривалої та точні установки, що не годиться для лікарів практичної охорони здоров'я.

Метод 4. Не дивлячись на те що цей метод дозволяє якісно слідкувати за динамікою патологічних змін тремору, він має суттєвий недолік який виражається у неможливості досліджень коливань руки в автономному режимі.

2.2 Запропонований метод

Як видно з вище вказаного - сучасні методики лікування тремору, мають ряд негативних наслідків, таких як шкідливий вплив на здоров'я та звикання до препаратів, тому був розроблений розробити інший метод, а саме прилад який фізично блокує променево-зап'ястковий суглоб, пригнічуючи тремор саме під час нападу. Прилад складається із обчислювального ядра (мікроконтролер), блоку з мікро-механічними датчиками та фіксуючого назап'ястника із сервоприводом. Блок з датчиками закріплений безпосередньо на кисті і постійно відслідковує рівень тремору кінцівки, що дозволяє точно встановити початок нападу. При виявленні підвищеного рівня тремору, мікроконтролер надсилає сигнал на сервопривід фіксуючого назап'ястника, який в свою чергу, починає блокувати подальші коливання за допомогою фіксації направляючих секцій. Направляюча секція являє собою конусоподібну фігуру з внутрішньою порожниною. Направляючі конуси з'єднані у єдиний ланцюг. При нормальному рівні тремору, ланцюг дозволяє вільно рухати зап'ястним суглобом у перпендикулярній площині. При перевищенні порогового значення тремору, сервопривід стягує направляючі тяги і, таким чином, утворює жорстку фіксуючу конструкцію. Після початку нападу і фіксації зап'ястного суглоба, амплітуда коливань тремору зменшується і напад поступово припиняється.

Така мікропроцесорна системи для пригнічення тремору верхньої кінцівки людини відноситься до області медицини а саме фізіології та може бути використана при лікуванні, діагностиці та експертній ідентифікації тремору-утворюючих захворювань.

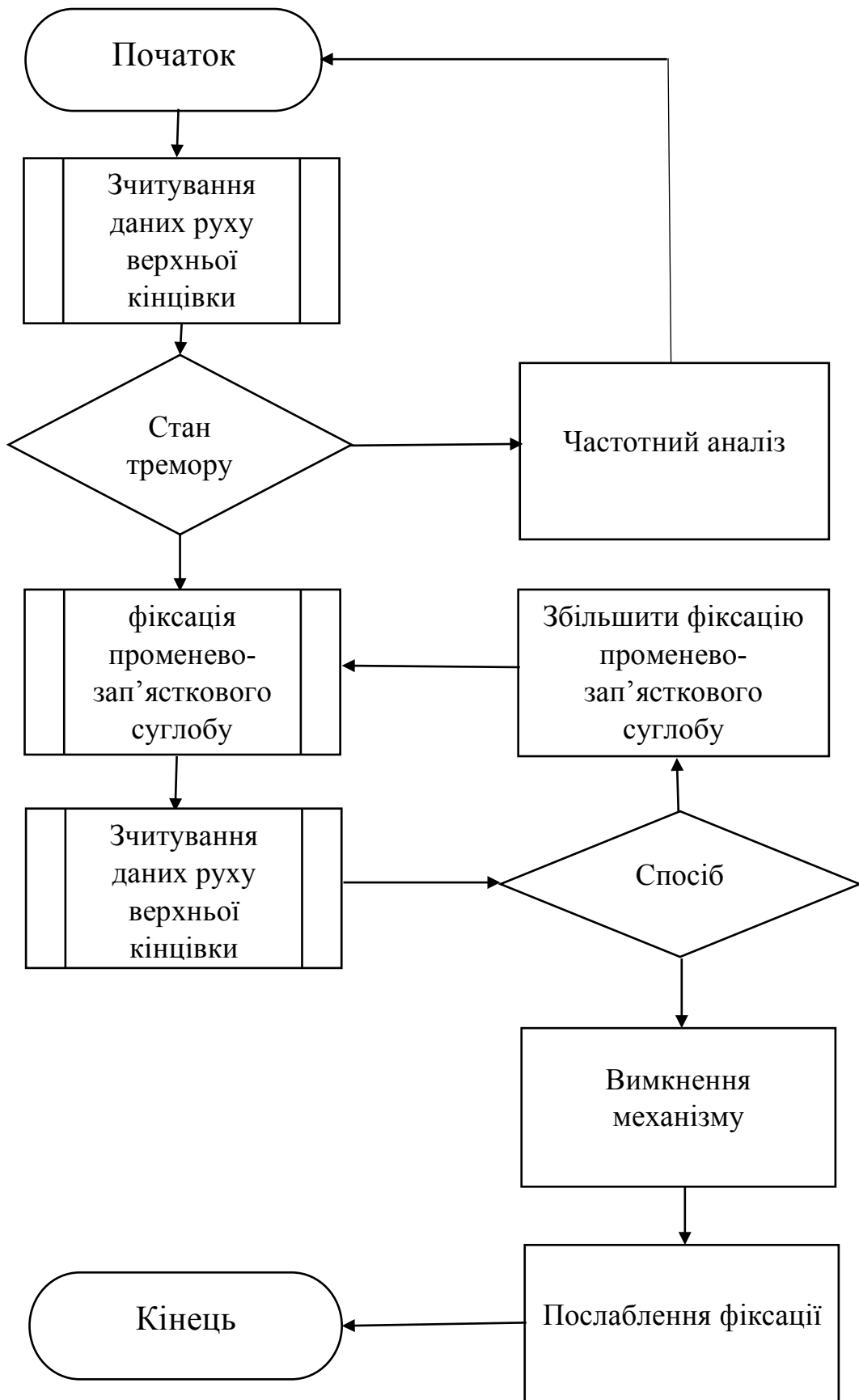


Рис. 3. Структурна блок схема методу

Основний принцип роботи системи наведений у структурній блок схемі (рис. 2) та полягає у наступному:

1. Блок датчиків зчитує інформацію про коливання верхньої кінцівки людини.
2. Мікропроцесор перевіряє на явність коливань, які подібні до нападу тремору, коли нападу немає зберігаються частотні характеристики та система починає працювати з початку.
3. В разі якщо стався напад, мікропроцесор подає команду пригнічення тремору на пристрій фіксації променево-зап'ясткового суглобу.
4. Паралельно роботі пристрою фіксації відбувається АЧХ аналіз коливань руки, в разі якщо коливання й досі відповідають стану гіперкінезу механізм фіксації збільшує свою силу.
5. Коли АЧХ аналіз коливань руки буде відповідати стану спокою, мікропроцесор дасть команду на розблокування променево-зап'ясткового суглобу.
6. Паралельно всім вище зазначеним пунктам, відбувається операція збору даних для зіставлення загальної характеристики стану тремору.

Таким чином реалізував наведений алгоритм даного методу, можна досягти одразу декілька цілей:

- Пригнічення тремору шляхом фіксації променево-зап'ясткового суглобу.
- Сбір інформації для подальшої діагностики хвороби.

Для кращого розуміння, розглянемо детально блоки, які являються найбільш смними на внутрішні операції.

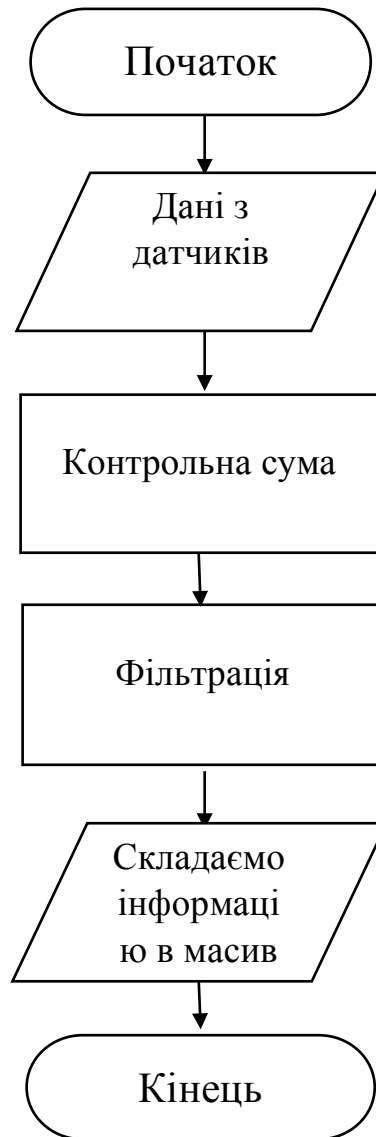


Рис. 4. Блок схема до програми зчитування даних.

На даній блок-схемі (Рис. 4.) зображено принцип роботи блоку зчитування даних. Суть в тому що після ввімкнення, пристрій пригнічення тремору, починає зчитувати всі коливальні рухи верхньої кінцівки людини. Цей процес відбувається за наступним принципом – блок датчиків, який розміщений на тильній стороні кисті генерує інформацію щодо коливань кінцівки, отримані дані надсилаються до мікропроцесору, на їх основі формується контрольна сума, ця операція проводиться за для зменшення оброблюваної в наступному інформації, потім відбувається операція фільтрації даних, відфільтровуються тільки ті дані, які явно не можуть нести в собі

реальний сигнал симетричний до коливань кінцівки, також під фільтр підпадає паразитний шум, вже оброблена інформація збирається в масив даних.



Рис. 5. Блок схема до програми стану тремору

На даній блок-схемі (Рис. 5) зображено принцип роботи блоку стану тремору. Після того як датчики зняли інформацію, яка в подальшому була переформатована в масив даних, мікропроцесор починає аналізувати отриману інформацію. Аналіз проходить за наступним алгоритмом:

- З даними, які отримані за допомогою акселерометру, проводиться аналіз амплітуди та частоти коливань верхньої кінцівки хворого, тобто завдання алгоритму який виконує МП вичислити значення параметрів, які попадають у межі нападу тремору.

- Після того як АЧХ коливань кисті підпала під межі утворення тремору, аналізуються дані, які отримані в результаті роботи гіроскопу, їх перевіряють на наявність не треморо-утворюючих прискорень руки, таких як звичайні махи під час ходьби.
- Таким чином зіставивши проаналізовані данні з акселерометру та гіроскопу можна роботи остаточний висновок про утворення гіперкінезу верхньої кінцівки людини.



Рис. 6. Блок схема до програми поступової фіксації променево-зап'ясткового суглобу

На даній блок-схемі (Рис. 6.) зображено детальний принцип роботи блоків поступової фіксації кисті та подальшого зчитування даних. Суть в тому що

після виявлення стану гіперкінезу, активується пристрій фіксації променево-зап'ясткового суглобу в основі якого полягає робота сервоприводу який стягує направляючі ланки таким чином щоб вони утворили малорухома рейку. Саме ця рейка і буде перешкоджати рухам суглобу. Процес фіксації відбувається поступово, щоб більш коректно блокувати сильний та слабкий напади тремору. Під час цієї процедури відбувається повторне зчитування та аналіз даних руху кінцівки, це відбувається для того щоб своєчасно вимкнути пристрій фіксації. Таким чином саме тривалістю та силою блокування суглобу відокремлюються слабкі напади від сильних.

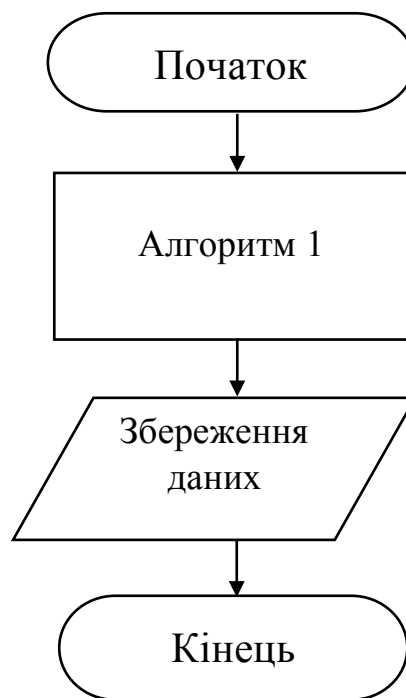


Рис. 7. Блок схема до програми збереження даних

На даній блок-схемі (Рис. 7.) зображено процес який відбувається після пригнічення тремору. Суть в тому що масиви даних, які були зібрані під час нападу та перешкоджанню тремору зберігаються в окремий постійно запам'ятовуючий пристрій (ROM). Ця процедура відбувається за для того щоб через певний час носіння пристрою пригнічення тремору, лікар фахівець в області неврології зміг аналізувати АЧХ тремору, та визначити, яка саме хвороба призводить до нападів гіперкінезу. Таким чином пристрій не лише допомагає зафіксувати зап'ястя під час нападу тремору дії, але і дозволяє

опосередковано діагностувати недуг хворого, за допомогою аналізу зчитаних під час тремору даних.

2.3 Висновки до другого розділу

В результаті аналізу існуючих методів пригнічення тремору, в їх основі було виявлено наступний ряд недоліків:

- 1) Низька побічних ефектів від медикаментозного лікування.
- 2) Великий ризик здоров'я в при хірургічному втручанні.
- 3) Досить короткотривалий ефект після пройденої терапії.

Також було досліджено декілька способів аналізу тремору-утворюючих захворювань і було встановлено що всі вони мають один суттєвий недолік - погану автономність.

Тому було запропоновано реалізувати прилад, який в автономному режимі мав би змогу аналізувати коливання верхньої кінцівки людини, виявляти стан гіперкінезу, та безпосередньо фізично блокувати променево-зап'ястковий суглоб для пригнічення нападу тремору.

Розділ 3. РОЗРОБКА МАКЕТУ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як вже було зазначено в попередньому розділі, пристрій пригнічення тремору верхніх кінцівок, базується на основі тандему роботи: блоку мікро-механічних датчиків та фіксуючого назап'ястника. В свою чергу в ролі центру обробки інформації та управління механізму фіксації - виступає керуючий мікропроцесор, не дивлячись на велику відповідальність, яку покладено на керуючий МП, сучасні технології дозволять як з економічної точки зору, так і простоти реалізації досягти оптимального рішення виконання поставленого завдання. Тому в ролі керуючого МП макету пропонується використовувати відладочну плату та середовище Arduino.

3.1 Середовище розробки Arduino

Працездатність макету пропонується забезпечити за допомогою програмного забезпечення, яке було розроблено в середовищі Arduino IDE.

Arduino IDE — інтегроване середовище розробки, спеціальна програма написання скетчів для плати Arduino на простій мові AVRGCC за зразком мови Processing, яка працює з операційними системами Windows, Mac OS і Linux [23].

Інтерфейс середовища розробки Arduino містить наступні основні елементи: текстовий редактор для написання коду, область для виведення повідомлень, текстова консоль, панель інструментів з традиційними кнопками і головне меню. Даний програмне забезпечення дозволяє комп'ютеру взаємодіяти з Arduino як для передачі даних, так і для перепрограмування коду в контролер.

Програма містить в собі оптимізовану бібліотеку, симулятор, що дозволяє відстежити виконання програми, працює з проектами будь-якого рівня складності.

3.2 Макет фіксуючого назап'ястника

Фіксуючий незап'ястник зобов'язаний не лише виконувати функцію фіксації, а і повинен анатомічно обтягувати кисть хворого за для комфортного використання в побутових умовах. Тому пропонується виготовити основний каркас пристрою з поєднанням шкіри, атласної тканини та металевих вставок, які будуть виконувати роль платформи для блоку датчиків та механізму фіксації. Зважаючи на все вище сказане підсумуємо що входить до основного каркасу:

- Тканинна основа
- Шкіряні вставки за для кращого кріплення між приладом та хворим
- Металеві вставки, які необхідні для розміщення основних керуючих та фіксуючих пристроїв

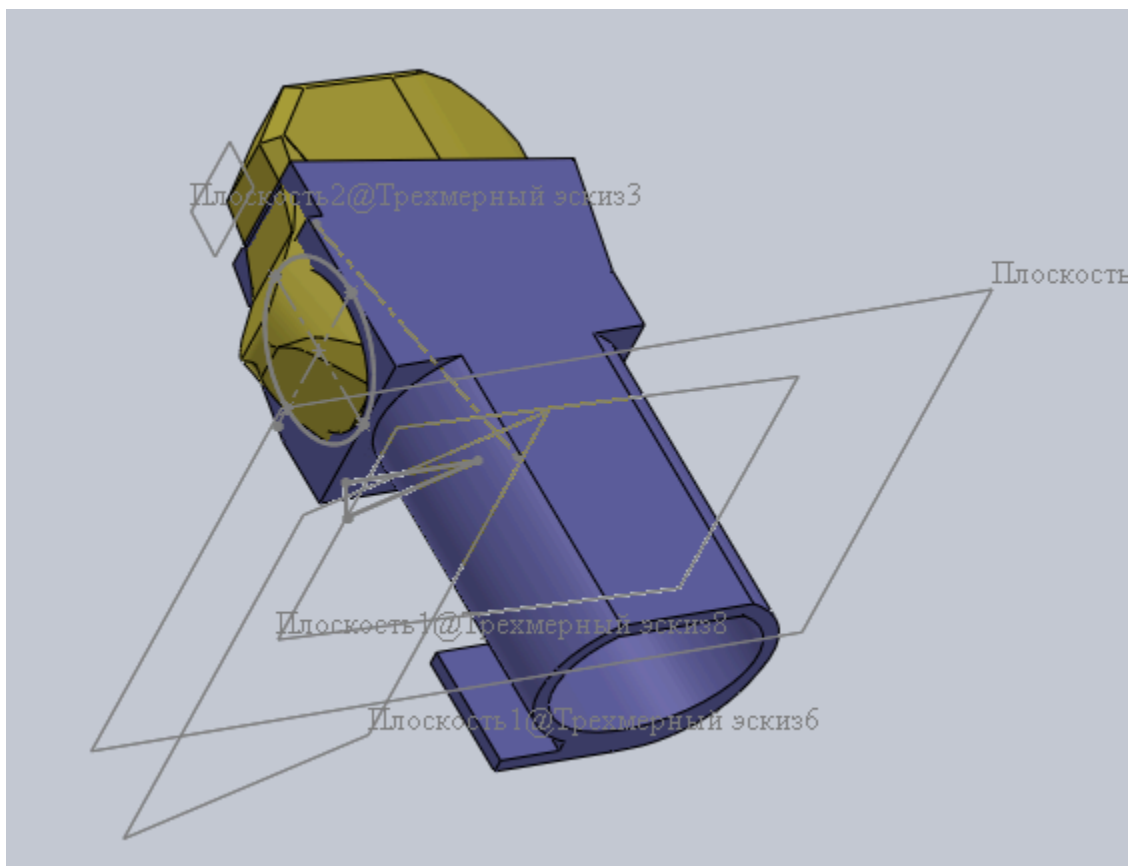


Рис 8. Модель основного каркасу назап'ястника

3.2.1 Фізична реалізація механізму фіксації

В якості основної сили стягуючого механізму візьмемо кроковий двигун, так як саме його технічні особливості дозволяють реалізувати цей механізм найоптимальнішим шляхом. Крокові двигуни - основа точної робототехніки. На відміну від двигунів постійного обертання, один оборот крокового двигуна складається з безлічі мікро-переміщень, які і називають кроками. Іншими словами, ми можемо повернути вал двигуна рівно на 90 градусів, і зафіксувати його в цьому положенні. Грубим аналогом крокової двигуна є серводвигун.

Крокові двигуни застосовують там, де потрібна дуже точно дозувати переміщення об'єкта. Найбільш очевидний приклад - робот маніпулятор. Щоб механічна рука торкнулася робочим інструментом потрібної точки, необхідно щоб кожен з вузлів повернувся на строго заданий кут [24].

Іншим відомим прикладом може служити верстат або 3D-принтер. Для точного переміщення друкуючої головки застосовують саме крокові двигуни. У старих дисководах кроковики використовувалися для переміщення магнітної головки. А в сучасних фотоапаратах мікро-мініатюрні крокові двигуни переміщують лінзи в об'єктиві. Саме ця властивість дозволить фіксувати малорухомих рейку пристрою пригнічення тремору в необхідному положенні.

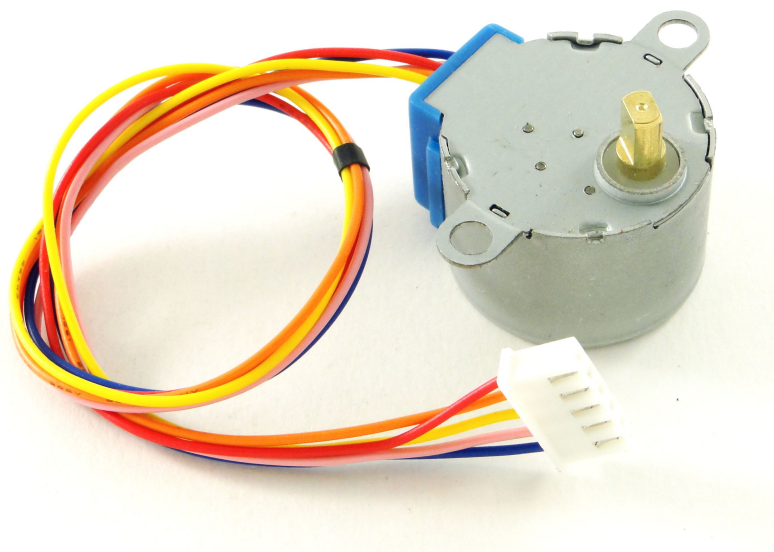


Рис. 9. Кроковий двигун 28BYj-48

Виходячи з економічних міркувань в якості крокового двигуна будемо використовувати: 28BYj-48 (Рис. 9) - цей мініатюрний кроковий двигун має вбудований редуктор, який дозволяє здійснювати дуже точні переміщення вихідного валу.

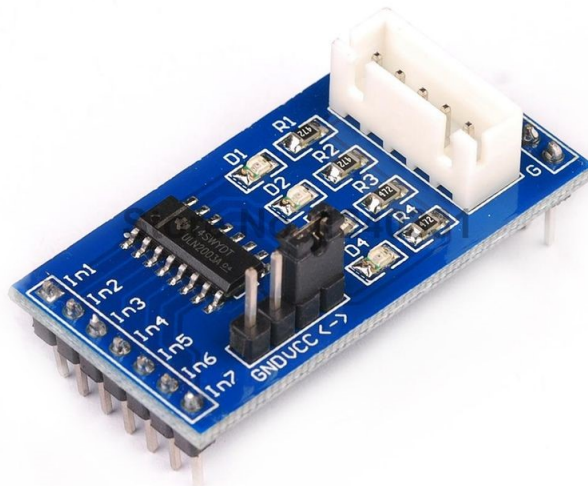


Рис. 10. Плата з драйвером ULN2003

А у парі з драйвером ULN2003 (рис. 10) мотор дає невеликий момент обертання [24], якого достатньо для створення системи наведення невеликих відеокамер або для створення стрілочного показчика.

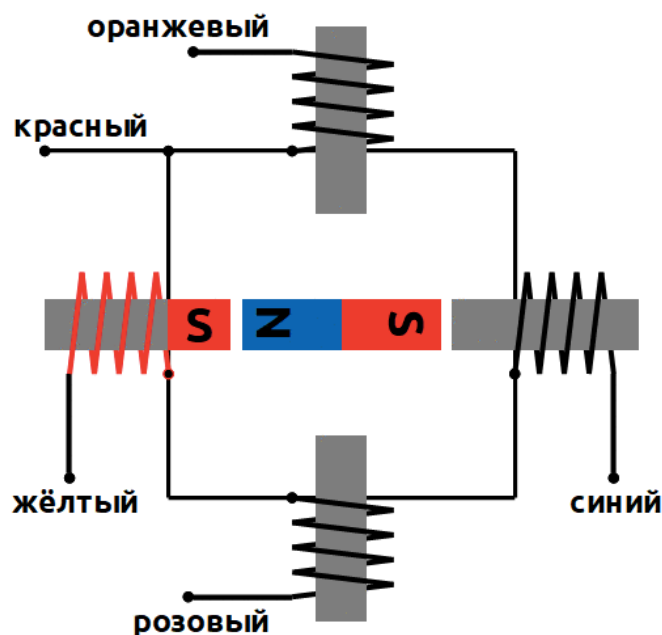


Рис 11. Хвильовий режим роботи

Однак, є методи, які дозволяють збільшити характеристики цього мотора, що дозволить його застосовувати в якості приводу на колісних роботах і для створення різного роду схопив.

Крокові двигуни бувають уніполярні і біполярні. У першому випадку електромагнітні котушки двигуна з'єднані таким чином, що ми можемо генерувати на них поле тільки одного напрямку. Схема роботи однополярного двигуна виглядає наступним чином. На рис. 11, зображений так званий хвильовий режим роботи. На кожному кроці роботи двигуна ми подаємо напругу тільки на одну котушку, в якій виникає магнітне поле. Частина сердечника, найближча до ротора починає діяти як південний полюс магніту, внаслідок чого ротор повертається до неї своїм північним полюсом.

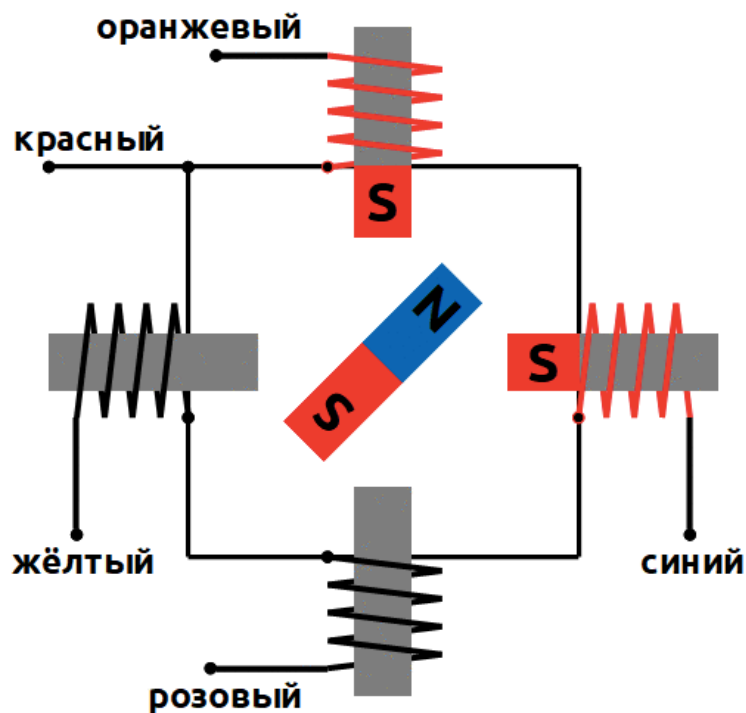


Рис. 12. Повнокроковий режим роботи

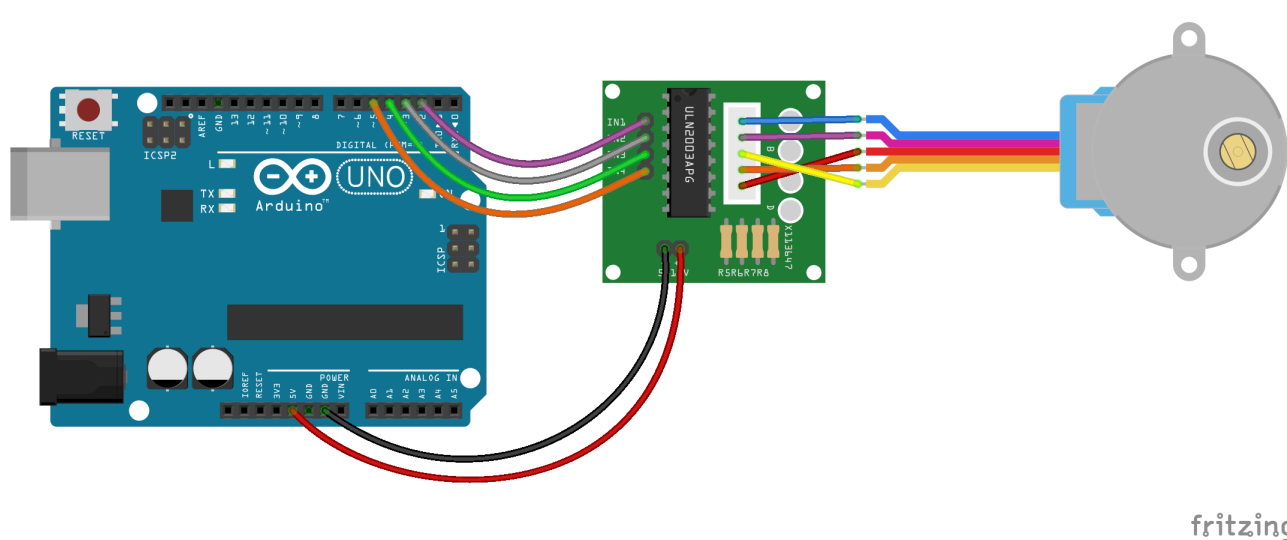
Повнокроковий режим (рис. 12) реалізується коли підключається одночасно дві сусідні котушки, коли це відбувається то магнітне поле, що діє

на ротор буде сильніше, тим самим підвищиться і крутний момент двигуна. Такий режим роботи однополярного двигуна називається повнокроковим.

Також можна комбінувати хвильової та повнокроковий режими, отримавши напівкроковий режим роботи. У такому режимі за один оберт ротора, двигун робить в два рази більше кроків, тим самим збільшуючи точність позиціонування. Однак, в такому режимі двигун кожен другий крок має знижений момент обертання, що не підходить для реалізації пристрою пригнічення тремору.

Треба зауважити, що в реальному кроковому двигуні ротор як правило має більше 2-х полюсів, а котушки можуть мати різну конфігурацію. Наприклад, в обраному двигуні 28byj-48 електромагніти розташовані не перпендикулярно осі ротора, а вздовж нього. Залежно від конструктивних особливостей, різні крокові двигуни можуть мати різну кількість кроків. Так, обраний двигун 28byj-48 робить 32 кроку за один оборот ротора. Крім того у цього мотора є вбудований зубчатий редуктор з вельми дивним передавальним відношенням: $63.68395 : 1$. З таким редуктором мотор в повнокроковому режимі видає близько 2048 кроків.

Безпосереднє підключення двигуна до мікроконтролера не можливе, так як сила струму на його обмотках може досягати 160 мА, що дуже багато для виводів Arduino. Для керування 28byj-48 ми будемо використовувати спеціалізовану мікросхему ULN2003.



fritzing

Рис. 12. Комутація крокового двигуна та Arduino Uno

Кабель двигуна 28BYj-48 вже має роз'єм з ключем, який вставляється в плату тільки в правильному положенні. Контакти IN1..IN4 підключаються до будь-яких цифрових виходів Arduino Uno [24].

3.2.1 Програмне забезпечення роботи крокового двигуна

Для того щоб кроковий двигун зробив один оборот потрібно подавати напругу на його обмотки в визначеній послідовності. Для реалізації повнокрокового режиму роботи, необхідно подавати живлення на котушки в наступному порядку:

Табл. 4 Схема живлення фаз крокового двигуна

Крок	Контакт А	Контакт Б	Контакт А'	Контакт Б'
Поворот за годинниковою стрілкою				
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1
Поворот проти годинникової стрілки				
1	1	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	1	1	0
4	1	1	0	0

Зважаючи на все вище сказане, в програмі Arduino Ide реалізуємо програмне забезпечення для керування кроковим двигуном 28BYj-48. Для цього використовуємо наступні функції:

- pinMode – Встановлює режим роботи заданого входу/виходу (pin) як вхід або вихід
- digitalWrite – Подає HIGH або LOW значення на цифровий вхід/вихід (pin).

```

digitalWrite( in1, HIGH );
digitalWrite( in2, HIGH );
digitalWrite( in3, LOW );
digitalWrite( in4, LOW );
delay(dl);

digitalWrite( in1, LOW );
digitalWrite( in2, HIGH );
digitalWrite( in3, HIGH );
digitalWrite( in4, LOW );
delay(dl);

digitalWrite( in1, LOW );
digitalWrite( in2, LOW );
digitalWrite( in3, HIGH );
digitalWrite( in4, HIGH );
delay(dl);

```

Рис. 13 Фрагмент коду керування кроковим двигуном.

Приклад програмного коду наведений в додатку 1, а його фрагмент зображено на рис. 13.

3.3 Принцип роботи блоку датчиків

За для спрощення конструкції макету, принципу керування та програмного забезпечення використаємо в якості блоку датчиків виключно акселерометр. З економічних обґрунтувань будемо використовувати акселерометр MMA7361, він може вимірювати прискорення по трьом осям, проте для макету достатньо буде взяти і одну вісь.

Чутливість MMA7361 датчика є змінні конденсатори, обкладки яких рухаються під впливом зовнішньої сили. Є можливість вибору 4 режимів чутливості, а також включення і виключення режиму сну. Налаштування чутливості датчика здійснюється за допомогою входів 0G і GS. Рівні чутливості 1,5g, 2g, 4g, 6g. 3-х осьовий акселерометр MMA7361 має дві штирові колодки контактів, по 5 контактів на кожній:

- на лівій колодці розташовані контакти X, Y, Z, SL, 0G. Контакти X, Y, Z використовуються для передачі інформації про стан датчика в просторі і підключаються до Arduino. Контакт SL використовується

для включення і відключення режиму сну. Контакт 0G використовується для настройки рівня чутливості;

- на правій колодці розташовані контакти 5V, 3V3, GND, GS, ST. Контакти 5V, 3V3, GND використовуються для підключення живлення до акселерометру. Контакт GS використовується для настройки рівня чутливості.

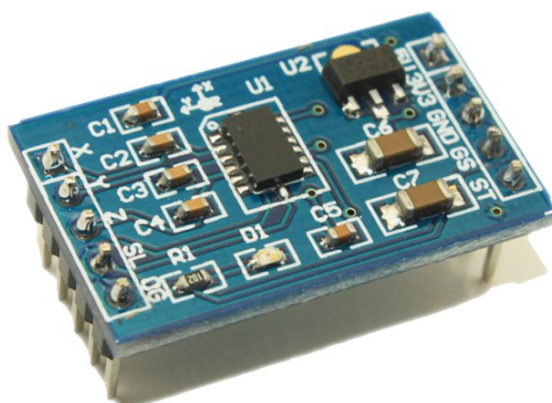


Рис. 14. Акселерометр MMA7361

MMA7361 – має можливість живитися як від 3.3 В, так і від 5 В. Ми будемо використовувати 5 В живлення, оскільки Arduino UNO одночасно може жити пристрої тільки однією лінією (3.3 В або 5 В), а кроковий двигун вже під'єднано до 5 В лінії.

Для комутації мікро-механічного акселерометра з відладочною платою Arduino UNO узгодимо їхні pin входу/виходу (табл. 3).

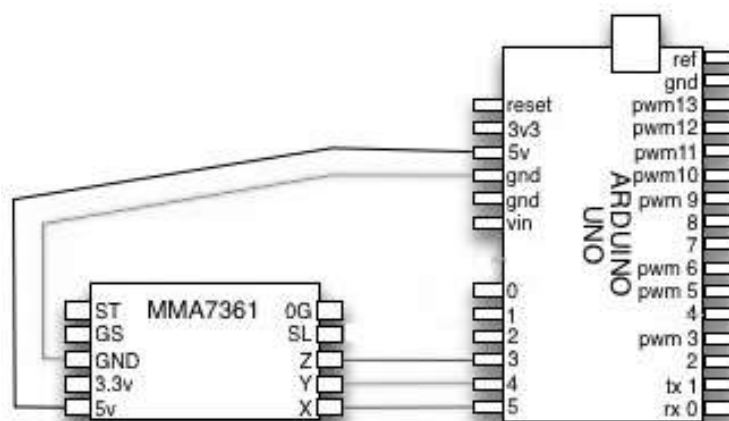


Рис. 15. Комутація MMA7361 з Arduino UNO

Табл. 5 Комутація MMA7361 з відладочною платою Arduino UNO

MMA7361	Arduino UNO
5V (Vcc)	5 V
GND	GND
X	A5
Y	A4
Z	A3
SL	NC
0G	NC
GS	NC
ST	NC
3.3V (Vcc)	NC

В Arduino Ide реалізуємо програмне забезпечення для зчитування інформації з мікро-механічного акселерометра MMA7361. Для цього використовуємо наступні функції:

- `analogRead` – функція зчитує значення з вказаного аналогового входу.
- `Serial.println` – передає дані через послідовне з'єднання, таке як ASCII, текст з наступним за ним символом розриву рядків.
- `Serial.begin` – Ініціює послідовне з'єднання і задає швидкість передачі даних в біт/с (бод). Для обміну даними з комп'ютером використовуються наступні значення: 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 або 115200.

```
x = analogRead(5); // read A5 input pin
y = analogRead(4); // read A4 input pin
z = analogRead(0); // read A3 input pin
//Serial.print("X = "); // print x adc value
Serial.println(x);
// Serial.print("Y = "); // print y adc value
// Serial.println(y);
// Serial.print("Z = "); // print z adc value
// Serial.println(z);
if (x > 200)
```

Рис. 16. Фрагмент коду зчитування даних з ММА.

Приклад програмного коду наведений в додатку 1, а його фрагмент зображено на рис. 16.

3.4 Складання макету

Як і було зазначено вище, для реалізації каркасу, приладу пригнічення тремору верхньої кінцівки людини, було обрано назап'ястник на основі тканино-шкіряного матеріалу.



Рис 17. Вигляд макету назап'ястника без блоку датчиків та двигуна.

Направляючі ланки (Рис 17.) були утворення за допомогою формування холодної зварки, яка виготовлена на основі епоксидної смоли та мінеральних добавок.

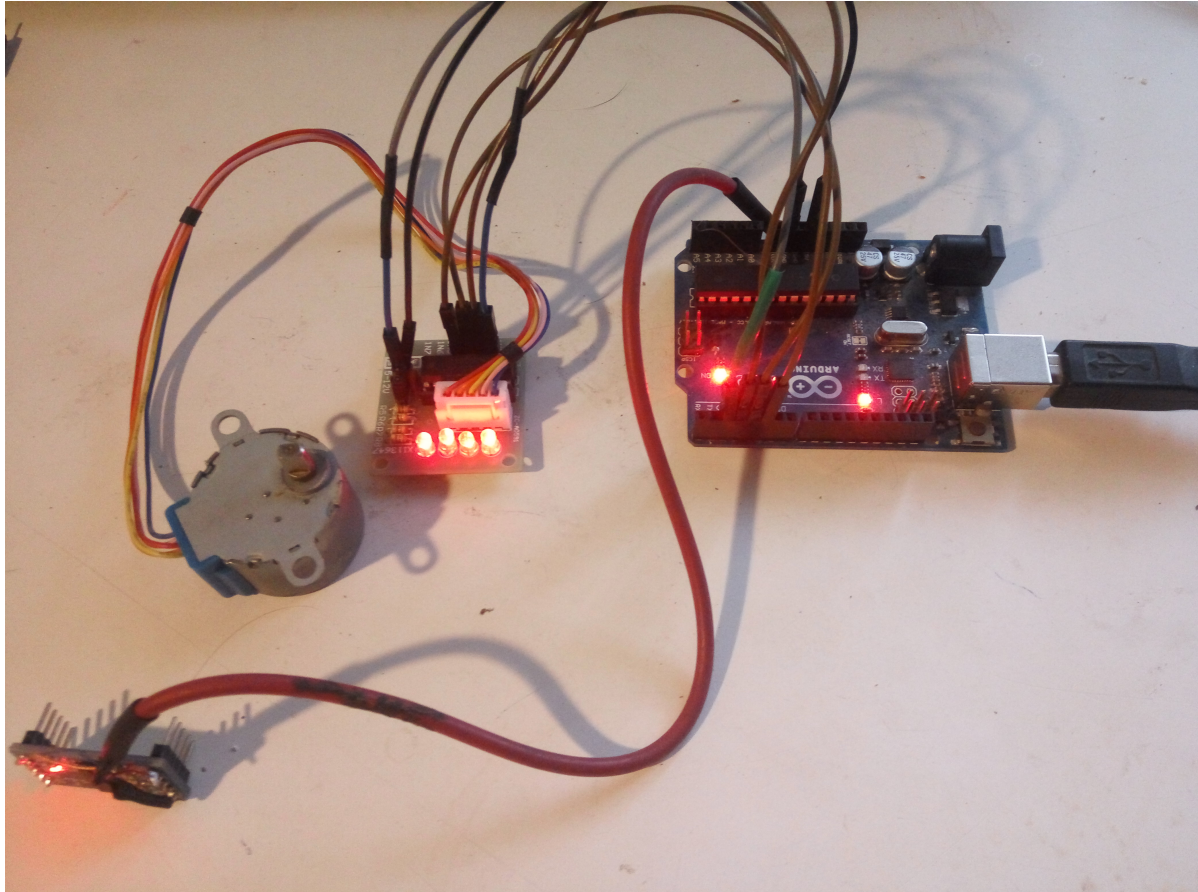


Рис. 18. Реалізація робочого макету без назап'ястника.

Перед тим як повністю зібрати макет перевіriamo роботу його механічно-електричної частини (Рис. 18.)

Перевірка відбувалася за наступною методикою:

- Спочатку прошивається мікроконтролер вже заздалегідь прокомпільованим кодом.
- Пересвідчуємося що дані с акселерометру знімаються коректно в послідовному порті (СОМ 3).
- Придаємо прискоренню ММА вздовж вимірюваної осі.
- Знаходимо порогове значення, яке виникає при сильних коливаннях датчика.

- В частині коду програми де виконується операція – if (якщо), фіксуємо це порогове значення таким чином, щоб при його подоланні на кроковий двигун подавалась команда до обертання.
- Перевіряємо відповідність коду та механічне обертання двигуна.

Таким чином пересвідчившись у працездатності всієї електронної обв'язки збираємо остаточну версію макету.

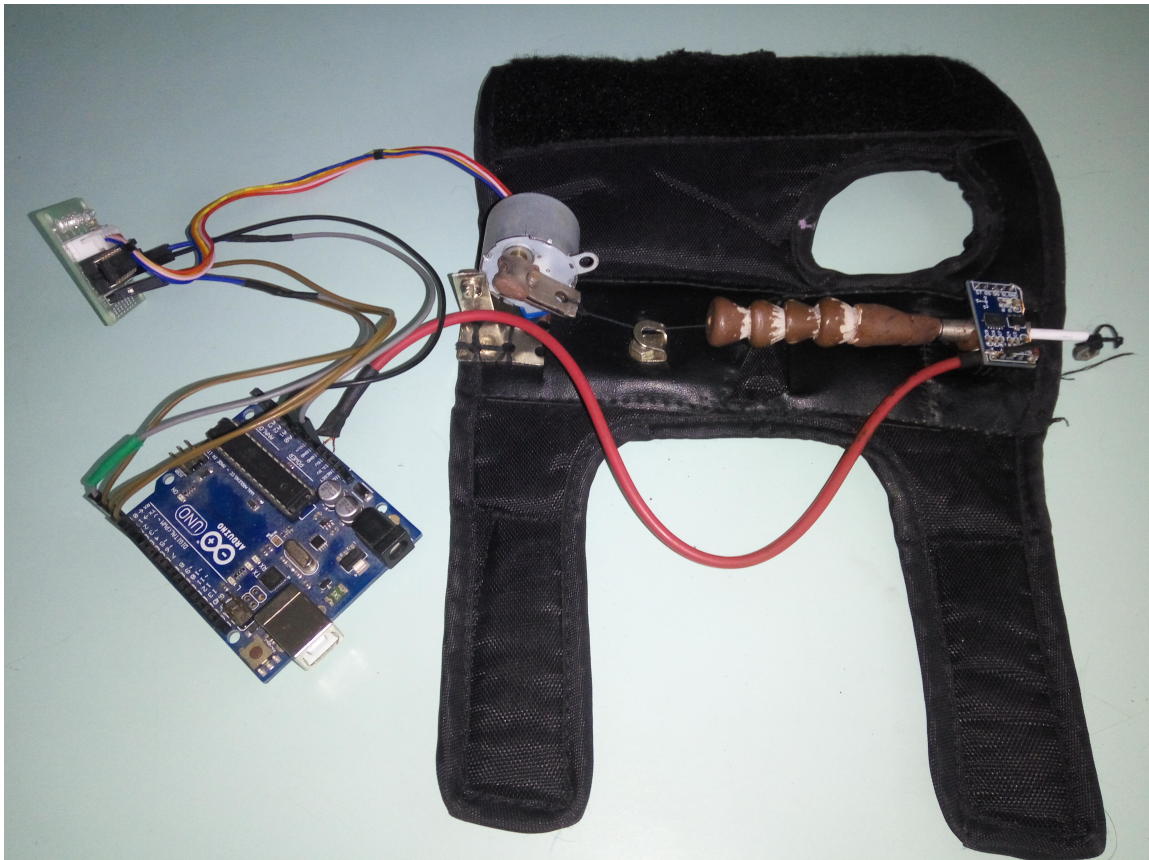


Рис 19. Макет пристрою пригнічення тремору в розкладеному стані.

Кроковий двигун та 5 ланок з яких складається малорухома рейка закріплена на макеті, в той час як блок датчиків та відладочна плата не зафіксовані на назап'ястнику, це зроблено для того щоб в будь який час мати змогу коригувати електричну обв'язку.



Рис. 20. Макет пристрою пригнічення тремору в складеному стані.



Рис. 21. Макет пристрою пригнічення тремору в складеному стані та розміщений безпосередньо на зап'ясті.

3.5 Експериментальні дослідження

За рахунок корегування чутливості спрацювання пристрою пригнічення тремору верхніх кінцівок, проведемо низьку дослідів, а саме будемо вимірювати час який пройде між нападом тремору та активації системи фіксації. Максимальне значення коду АЦП, який є симетричний до показника прискорення акселерометра, та при якому буде спрацьовувати система фіксації візьмемо 220 та 300.

Табл. 6 Час спрацювання системи фіксації при не інтенсивному треморі.

Дослід №	Час спрацювання (с) при пороговому значенні коду АЦП	Час спрацювання (с) при пороговому значенні коду АЦП
	220	300
1	2	5
2	1.75	6
3	1.5	4
4	1.75	7
5	1.75	6
6	1.5	2
7	1.25	3
8	1.75	6
9	1.75	6
10	1.75	5

Аналізуючи дані отримані під час експериментальних досліджень (Табл.4) стає зрозуміло - за рахунок того що в кожному з дослідів імітація тремору не є абсолютно однаковою за АЧХ, пристрій пригнічення тремору спрацьовував з різною швидкістю, також видно що збільшення порогу при якому спрацьовує кроковий двигун суттєво збільшує час активації пристрою після нападу тремору.

Для перевірки коректності роботи слідкуючої системи (тандему блоку датчиків та керуючого мікроконтролера), проведемо експериментальні дослідження на відповідність частотних характеристик коливань кисті під час нападу тремору та значень коду АЦП.

Для цих досліджень симулюємо процес стану гіперкінезу. Досліди проведемо в 4 етапи:

1. Рух верхньої кінцівки, який не відповідає стану тремору – коливання кисті з періодичністю 3 Гц.
2. Рух верхньої кінцівки, який відповідає початковому етапу нападу тремору – коливання кисті з періодичністю 4 Гц.
3. Рух верхньої кінцівки, який відповідає за частотними показниками стану тремору – коливання кисті з періодичністю 5-6 Гц.
4. Сильні коливання верхньої кінцівки, які відповідають важкому нападу тремору 7-9 Гц.

```
void loop()
{
  x = analogRead(0); // read A5 input pin

  Serial.print(" ");
  Serial.print(x);

  delay(10);
}
```

Рис. 22. Фрагмент коду з частотою опитування ММА 10 мс.

Для кращої точності вимірювань частота опитування ММА, була встановлена 10 мс. Це дозволить одночасно - об'єктивно зчитувати частоту коливань верхньої кінцівки та нівелювати великі значення коду АЦП, які утворюються в результаті різких імпульсів, фрагмент коду (Рис. 22), повна версія програми наведена в додатку 2.

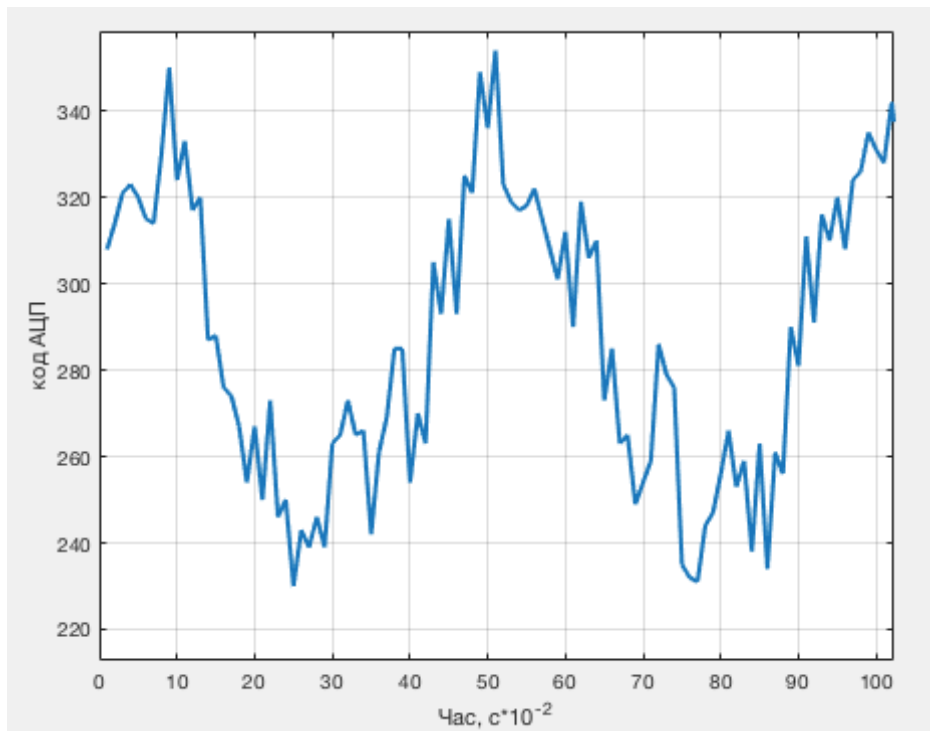


Рис. 23. Графік значень коду АЦП, який відповідає коливанням кисті з частотою 2 Гц.

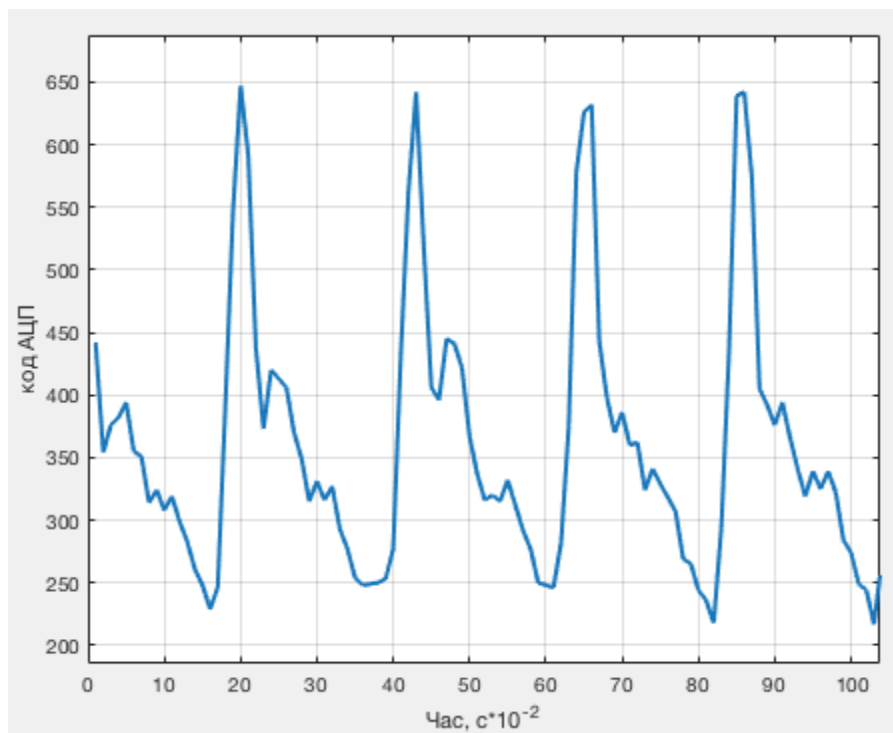


Рис. 24. Графік значень коду АЦП, який відповідає коливанням кисті з частотою 4 Гц.

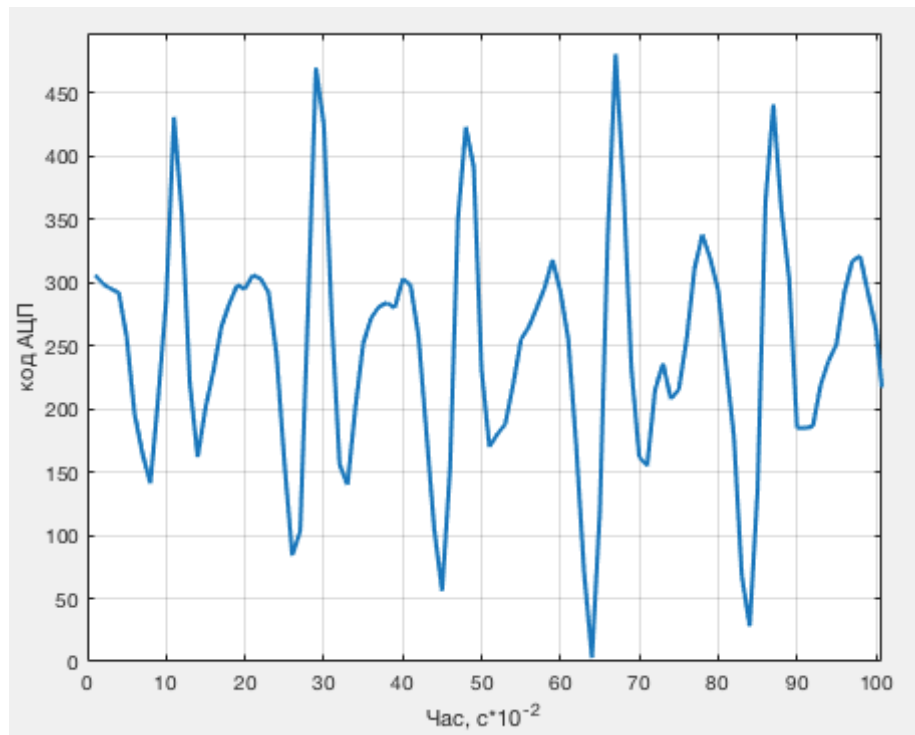


Рис. 25. Графік значень коду АЦП, який відповідає коливанням кисті з частотою 5 Гц.

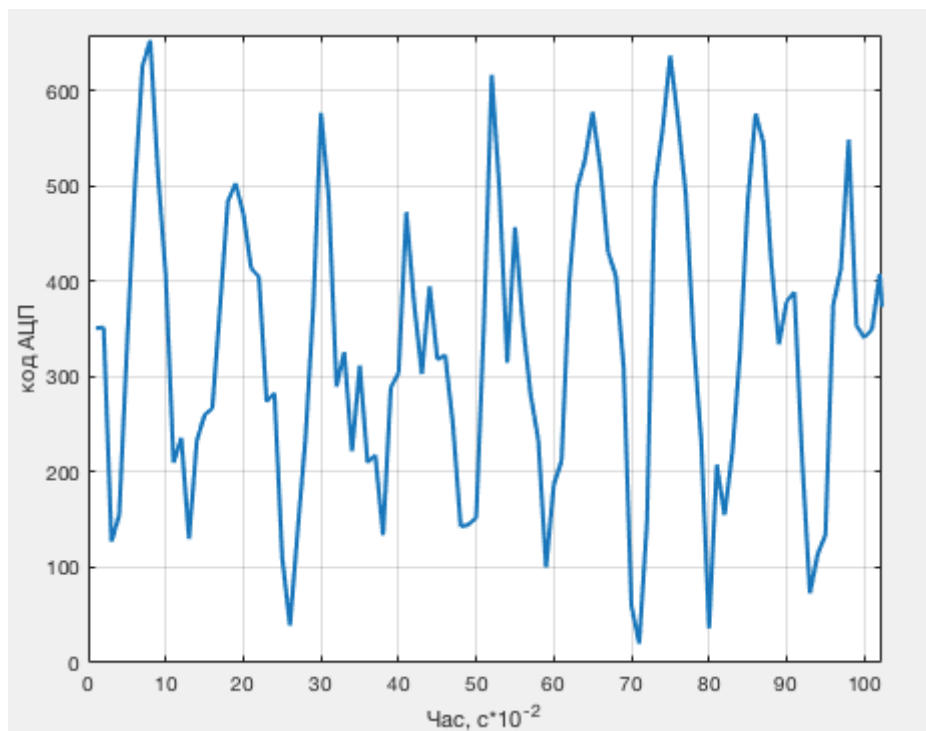


Рис. 26. Графік значень коду АЦП, який відповідає коливанням кисті з частотою 9 Гц.

Виходячи з результатів дослідів рис. 23 – 26, можна зробити висновок що блок зчитування даних, працює коректно.

3.6 Висновки до третього розділу

Для розробки макету було обрано апаратну обчислювану платформу Arduino, завдяки якій було реалізовано керування кроковим двигуном 28BYJ-48 та збір інформації з аналогового акселерометра MMA7361.

Розроблений макет приладу пригнічення тремору верхніх кінцівок, який базується на основі тандему роботи: блоку мікро-механічних датчиків та фіксуючого назап'ястника – продемонстрував свою високу надійність та швидкість спрацювання при стані гіперкінезу.

Було досліджено якість зняття інформації, тремору кисті, блоком датчиків, та зроблений підсумок, що можливість досягнення високої точності зняття інформації з'являється при обранні частоти опитування MMA в 10 мс.

Також було проведено експериментальне дослідження у ході якого було виявлено наступний ряд залежностей:

- При роботі макету в режимі реакції на амплітудну характеристику, час через який, після тремору, спрацює система фіксації – суттєво збільшується (в 3 рази), при підвищенні порогового значення коду АЦП 220 до 300.
- При роботі макету в режимі реакції на частотну характеристику макет коректно та без затримок реагував на стан тремору з будь-якої інтенсивністю.

Розділ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Даний розділ має на меті проведення маркетингового аналізу стартап-проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямків реалізації цього впровадження. Ідея стартап-проекту на основі даної магістерської дисертації полягає у продажі ліцензії на виробництво системи пригнічення тремору верхніх кінцівок. Цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ризики, в межах яких необхідно шукати групи потенційних клієнтів показані у вигляді таблиць.

Табл. 7 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Продаж ліцензії на виробництво, системи пригнічення тремору верхніх кінцівок	Використання в діагностичних центрах	Новий спосіб діагностики треморо-утворюючих хвороб
	Використання в стаціонарах	Безмедикаментозний спосіб пригнічення деяких видів тремору
	Персональне використання	Поліпшення життя хворого на треморо-утворюючу хворобу в разі якщо звичайні методи не допомагають

Висновок: в таблиці приведені основні напрямки застосування системи пригнічення тремору верхніх кінцівок. Цими споживачами є діагностичні центри та реабілітаційні лікарні. Також клієнтами є компанії з розробки медичних приладів, які спеціалізуються на виробленні ортезів та діагностичних пристроях.

Табл. 8 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Медикаментозне лікування	Оперативне втручання	Діагностика в лікарні			
1	Вартість для споживача при одиночному використанні	3	1	1	3		+	

2	Вартість для споживача при довготривалом у використанні	1	7	7	3			+
3	Побічні ефекти	Відсутні	Толерантність до ліків	Загроза здоров'ю	Відсутні			+
4	Межі застосування	Діагностика та лікування	Лікування	Лікування	Діагностика			+
5	Ринок збуту	Хворі на есенціальний тремор	Хворі на більшість видів тремору	Хворі на більшість видів тремору	Хворі на більшість видів тремору	+		

Висновки: у порівнянні із головними конкурентами товар має ряд переваг – це швидкість аналізу та адаптивне налаштування під будь-який розмір верхньої кінцівки людини. З точки зору клієнтів виробництв, якість має більше значення через велику кількість ліцензувань продукту перед фінальним виходом на ринок. Подальше вдосконалення алгоритму ще більше підвищить конкурентоспроможність.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології. Аудит технології показує яким чином цю ідею можна реалізувати. Відповідає на питання:

- За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- Чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/додати?
- Чи доступні такі технології авторам проекту?

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 9.

Табл 9. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Пришвидшення етапу	Вибір нового алгоритму	Наявна	Доступна

	діагностики	Розширення списку тестів	Наявна	Доступна
2.	Застосування при неможливості використання інших систем	Розширення потенціалу застосування	Наявна	Доступна
		Реалізація більш безпечними методами	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Ідею створити можна. Технологія реалізації ідеї спирається на розширення потенціалу застосування та убезпечення використаного методу				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект технологічно реалізується, завдяки наявності обраних технологій. Технічна реалізація також можлива завдяки доступності технологій, тому для того щоб значно виділятися на ринку від конкурентів, необхідно за основу взяти перший «Пришвидшення етапу діагностики» Це розширить покриття компаній та забезпечить подальший прибуток.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрям розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 10).

Табл.10. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Мінімальна. Так, як ідея та реалізація відбувається за умовою персонального використання у клієнтів. На цьому фоні, створення стартапу нічого не заважає
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Не розраховується
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стагнує
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Медичні перевірки

5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Медичні специфікації та сертифікації
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Не розраховується

Висновки: за результатами складеної таблиці можна сказати, що вихід на ринок є рентабельним. Мала кількість гравців свідчить про високий поріг входу на ринок через високу наукоємність ніші, однак з іншої сторони мала конкретність, що при умові вибору правильного вектору розвитку, може зіграти в плюс проекту. Високий процент рентабельності дає змогу швидко відбити затратені кошти на розробку алгоритму.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 11).

Табл. 11. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Можливість пригнічувати тремор в тих випадках коли стандартні методи малоефективні	Групи пацієнтів, які хворіють на хвороби що супроводжуються есенціальним тремором	Необхідність модифікування програмно-алгоритмічного забезпечення, інтеграція із існуючими системами	Чітке та своєчасне виявлення нападу тремору верхньої кінцівки людини з подальшим її блокуванням
2.	Додаткова можливість експерс-аналізу та діагностики треморо-утворюючих хвороб	Діагностичні центри, лікарі-невропатологи	Особливості, викликані зі специфікою проведення дослідів	Якісний аналіз АЧХ коливань кисті під час нападу тремору

Висновки: формування ринку визначається потребою якісних методів діагностики треморо-утворюючих захворювань. Основними споживачами цього

продукту є сфери, що тією чи іншою мірою стосуються діагностики тремороутворюючих захворювань, використання та виробництва медичних приладів. Заважаючи на це, головними вимогами до товару є якість роботи, швидкість встановлення захворювання, стабільність результатів.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. (табл. 12).

Табл. 12 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Соціальний	Відсутність у країні регулювання та захисту при продажі інтелектуальної власності	Продаж за кордоном
2.	Соціальний	Крадіжка готових алгоритмів	Захист через патентування
3.	Економічний	Економічний стан країни-розробника	Відмова від продукту
4.	Складність алгоритму	Велике навантаження на процесор для обрахунку результатів	Відмова від продукту
5.	Конкуренція	Агресивніша реклама у фірм конкуруючого методу	Відтік клієнтів

Висновки: головним фактором загроз є конкуренція. Вже існуючі методи на ринку мають певну репутацію та контракти на постачання і підтримку у споживачів. Конкуренти здатні демпінгувати ціни для отримання нових клієнтів свого товару.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (табл. 13).

Табл. 13 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Технічний	Відсутність кваліфікованих кадрів у різних компаніях	Аутсорс проблемної ділянки виробництва у більш досвідчених компаніях

2.	Економічний	Низький податок в даній країні	Захист через патентування
3.	Збільшення попиту	Різде збільшення до альтернативного методу	Підвищення постачання
4.	Співпраця з конкурентами	Фірма-конкурент запропонувала кооперацію методів	Оцінки можливих ризиків
5.	Індивідуальне замовлення	Клієнт потребує надбудови нових факторів діагностики	Оцінка затрат і вигоди компанії в даній ситуації. Погодження умов можливого контракту.

Висновки: сфера використання методів діагностики швидко розвивається, тому ринок клієнтів постійно зростає. Збільшення зацікавленості в товарі призведе до різкого збільшення об'ємів постачання та продажів, що дасть поштовх до нових вдосконалень. Це досягається шляхом рекламування та освоєння нових сфер використання цього методу діагностики.

Табл. 14 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - чиста конкуренція	Мала кількість постачальників даного продукту	-відповідність ринку -прогнозування -випереджати існуючі технології
2. Конкуренція за видами товарів:- товарно-видова	Товар, що пропонується є одного виду	Клієнто-орієнтована стратегія розвитку Адаптивність до умов ринку
3. За характером конкурентних переваг - цінова	Вартість залежить від функціональності	Аналіз потреб ринку та адаптація
4. За рівнем конкурентної боротьби - міжнародний	Наявність замовників із інших держав	Міжнародний ринок

Висновки: на ринку присутня чиста конкуренція через те, що окремі гравці не можуть впливати на ціну товару. За рівнем конкурентної боротьби –

міжнародний із міжгалузеву ознакою. Конкуренція за видами товарів – видова.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Табл. 15 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Компаній які спеціалізуються на виробленні ортезів, одна з найпопулярніших - Orliman	За рахунок великої кількості медичних ліцензій високий бар'єр входження в ринок	Мала кількість постачальників медичного обладнання	Високий контроль якості дозволить досягти великої клієнтської бази	Не велика ціна системи призведе до зниження попиту на медичні препарати
Висновки:	Компаній конкуренти більше спеціалізуються на іншій сфері мед. приладів, тому інтенсивність носить помірний характер.	Не дивлячись на довготривале оформлення ліцензій можливий вхід на ринок. В майбутньому можливе виникнення аналогічних систем, проте їх строки виходу на ринок збільшаться тому що вже буде сформована клієнтська база	Диктування умов постачальників зведеться до мінімуму, оскільки мала кількість прямих конкурентів, які користуються їхніми послугами	Диктування умов клієнтів зводиться до мінімуму завдяки нешкідливості та помірній ціні продукту.	Велика ефективність медичних препаратів саме на початкових стадіях хвороби, обмежить ринок збуту для щойно хворих клієнтів.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Табл. 16 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Технічний	Умовно простота реалізація
2	Технічний	Можливість персонального користування
3	Економічний	Низька вартість на дальніх дистанціях

Висновки: оцінено основні фактори конкурентної спроможності. Підвищення якості діагностики досягається завдяки використанню алгоритмів із оптимальним часом застосування пристрою. Простота у використанні та налаштуванні пристрою робить його більш привабливим для клієнта через те, що необхідно тратити мінімум часу на інтеграцію та запуск.

Табл. 17. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Orliman						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Наявність патентів	20							+
2	Велика кількість постачальників	15					+		
3	Висока якість	9			-				
4	Технічна підтримка	11				0			
5	Ціна	17						+	

З таблиць 16 та 17 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві, та мають великий позитивний внесок при впровадженні нового програмного забезпечення для аналізу АЧХ променево-зап'ясткового суглобу. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та технічна підтримка на протязі всього терміну його використання споживачем.

Табл. 17. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Точність 2.Простота в адаптації 3.Легкість у використанні 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Мала сила блокування 2.Початкове ПЗ матиме недоліки 3.Необхідність врахування певних особливостей клієнтів
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Запуск стартапу вже зараз 2. Отримання державних замовлень на отримання послуг 3. Зменшення податкового тиску, отримання тендерів на послуги 4. Індивідуальні замовлення 6. Співпраця з конкурентами 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низька платоспроможність основних клієнтів 2. Економічна нестабільність 3. Велика кількість сетрифікацій

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкового впровадження

Табл. 18. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Продаж ліцензій, як фіз. особа	Мінімальна	Мінімальні
2	Продаж ліцензії, як виконання спец-заказу	Максимальна	Максимальні
3	Продаж ліцензій, як ФОП	Середня	Мінімальні

Висновки: в результаті аналізу, з означених альтернатив обирається та, для якої отримання ресурсів є більш простим та ймовірними та строки реалізації більш стислими – продаж ліцензій, як ФОП.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Табл. 19 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Розробка медичних приладів	+	-	Низька	+
2.	Дослідження тремороутворюючих хвороб	+	-	Низька	+
3.	Виробництво медичних приладів	-	+	Висока	-
<p>Які цільові групи обрано: під час вибору цільової групи до уваги бралось в першу чергу готовність споживача сприйняти продукт, тому було обрано розробників медичних приладів.</p> <p>Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із промисловими компаніями.</p>					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи: до уваги бралось в першу чергу готовність споживача сприйняти продукт. Центр досліджень та реабілітації потребують такої системи для скорочення часу основних діагностичних процесів. Виробництво, що випускає медичні прилади має необхідність у високої якості продукту для скорочення часу виходу на ринок.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку.

Табл. 20. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Продаж ліцензій, як ФОП	Стратегія диференційованого маркетингу	Якісний продукт, до якого прихильні споживачі, постійний зворотній зв'язок з клієнтами.	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Висновки: обрана стратегія розвитку спеціалізація через існування на ринку більш сильних гравців. На перших кроках існування проекту доцільніше обрати стратегію спеціалізації та зайняти певну стабільну нішу на ринку.

Табл. 21 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Проект є першопрохідцем на ринку	Буде шукати нових споживачів із поступовим переманюванням від конкурентів	Компанія буде вдосконалювати наявні зразки	Стратегія заняття конкурентної ніші

Висновки: На ряду із використання інноваційних методів діагностики, проект повинен викликати асоціації у клієнта у гнучкості налаштування та інтеграції, можливості після продажного обслуговування та адаптації до нових потреб.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Табл. 22 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Швидкість роботи	Стратегія спеціалізації	До слідження та розвиток	Високошвидкісна, легкість, надійність
2	стабільність роботи	Стратегія спеціалізації	Висока якість продукту.	Якість. Зворотній зв'язок із виробником. Технічна підтримка.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Табл. 23. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Аналіз тремороутворюючих хвороб	Вирішення даної потреби	Простота в застосуванні, точність отриманих результатів
2	Пригнічення тремору верхньої кінцівки	Вирішення даної потреби	Вирішення даної потреби без можливих побічних наслідків

Висновки: в результаті визначення переваг концепції товару можливо створення цільової реклами товару та донесення цільового повідомлення до кінцевого клієнта.

Табл. 24. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Система, яка дає можливість не лише досліджувати тремор, але і пригнітити його під час нападу		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Мова програмування	С	Тх
	2. Точність	0.1% похб.	Тх
	3. Надійність	1% сер.об.	Тх
	4. Низька вартість розробки ПЗ	1000 у. о.	Е
	5. Швидкість виробництва	10 вирб/д з 1-го 3д прн	Вр
	Якість: оптимізація пз, детальне тестування кожного пристрою		
Пакування: Антистатичне пакування			
Марка: на даний момент відсутня			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: пояснення роботи алгоритму		
	Після продажу: сервіс, обслуговування		
Товар захищаються патентуванням як фізичного пристрою, так і алгоритму з ПЗ			

Висновки: основними засобами захисту від копіювання є патентування програмних рішень, що використовуються у алгоритмі. Окрім того, захист програмного забезпечення повинен запобігти копіюванню програми. Закладені характеристики на другому та третьому рівнях товару робить його унікальним серед конкурентів.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 5.20).

Табл. 25. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	120-200 у.о.	100-40000 у.о.	300 у.о.	120-200 у.о.

Висновки: обрано помірну цінову категорію, оскільки занадто висока ціна відлякує споживача.

Табл. 26. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Продаж	Повний супровід товару до замовника	Нульового рівня	Безпосередня (пряма)
2.	Оренда	Надання консультацій та оренди товару на певний строк дії.	Нульового рівня	Безпосередня (пряма)

Висновки: основними каналами збуту є продаж. Через відносно невеликі об'єми цільової аудиторії нема сенсу використовувати підрядників для реалізації товару. Тому обрано нульовий рівень глибини каналу збут та прямої системи збуту.

Табл. 27. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Зовнішні обставини спонукають споживача до пошуку рішення	- Участь у конференціях за фахом - Прямий зв'язок із підрядником - сайт виробника	- Висока якість -Простота інтеграції -Надійність	Донесення можливості й отримання прибутку за допомогою цього методу	Показ можливостей даного методу та можливість застосування

Висновки: Маркетингова комунікація проходить через рекламу методу на конференціях, при прямому контакті із потенційними покупцями та у профільних виданнях. Метою цих комунікацій є донесення можливостей даної системи та вигоди від використання.

4.6 Висновки до четвертого розділу

Даний розділ присвячений розробленню першого етапу створення стартап-проекту. Найголовнішим в проведенні будь-якої наукової роботи є подальша комерціалізація отриманих результатів та можливість застосування розробленої концепції в промисловості. Більшість ідей в тій чи іншій мірі впливають на економічну складову підприємства. Тому розроблена ідея може бути використана як бізнес модель та може бути продана зацікавленим особам.

Першим кроком було відбір та висвітлення самої ідеї проекту. Для цього в табл. 7 приведено назву проекту та можливі зацікавлені сторони, котрі будуть потенційними споживачами продукту та які саме ризики можуть бути під час реалізації. Аналіз слабких та сильних сторін дають можливість визначити аспекти, на яких слід зробити ставку. Перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї дає можливість до уявлення конкурентоспроможності запропонованого рішення. Для даного проекту було виявлено не зайняту нішу товару у сфері діагностики треморо-утворюючих захворювань. Сильними сторонами проекту являються можливість до інтеграції з іншими системами діагностики, підвищення якості та надійності системи.

Наступним кроком проводився технологічний аудит проекту. Під час аудиту автор отримує можливість до розуміння кращої технології виконання. Саме ставка на інноваційні методи підвищення якості можуть зробити алгоритм унікальним та незамінним. Загалом, створення проекту можливе, однак необхідно провести доволі сильну рекламну компанію, щоб отримати покупців.

Після аналізу всіх аспектів ринку, подальша імплементація проекту можлива. Але є одна важлива умова. Слід провести доволі сильну рекламну компанію, та донести до споживачів можливість якісної діагностики та пригнічення тремро-утворюючих захворювань, це надасть прямий прибуток клієнту через скорочення часу потрапляння кінцевого продукту на ринок та гарантування його надійної роботи протягом багатьох років.

ВИСНОВКИ

Після аналізу наукових робіт та досліджень в сфері захворювань, які призводять до тремору верхніх кінцівок, було виявлено цілий ряд недоліків в існуючих методах діагностики та лікуванні даного недугу. В основному вони полягають: у високих ризиках та великої важкості реалізації якщо це оперативне втручання, у великій кількості побічних ефектів та швидкого звикання якщо це медикаментозна терапія.

Також проаналізувавши безпосередньо захворювання, які супроводжується тремором, було зауважено що в переважній більшості тремор верхніх кінцівок є найпоширенішим серед інших видів, тому було детально досліджено характеристику коливань кисті, а саме частотні показники при стані гіперкінезу.

Отримана інформація дозволяє, точно відрізнити звичайні коливання руки від нападу тремору. Тому було запропоновано розробити систему, яка б змогла безпосередньо під час нападу зупинити тремор, за рахунок блокування променево-зап'ясткового суглобу. Такий підхід дозволяє не лише пригнічувати тремор, але і знімати його АЧХ, таким чином запропонована систем також виступає у ролі вбираючого інформації, за якою в подальшому кваліфіковані фахівці зможуть опосередковано встановлювати діагноз.

На базі теоретичних знань було розроблено макет, який продемонстрував ефективність роботи такої системи. Основою для макету послужили: відладочна плата Arduino Uno, кроковий двигун 28BYj-48 та аналоговий акселерометр MMA7361.

В розділі “Розробка стартап проекту” був проведений економічний та соціальний аналіз спроможності проекту як виходу на ринок так і навязування конкуренції компаніям які експлуатують вже існуючі методи. Було складено план дій та визначено стратегію поведження на ринку за якою проект буде економічно доцільним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Солодков, А.С. Физиология человека. Справочное пособие [Текст] / Солодков, А.С // Физиология. - 2012. - С. 272.
2. Автоматизированный анализ количественных показателей треморографических данных для наблюдения динамики тремора/ О.Г. Аврунин, Т.В. Жемчужкина, Т. В. Носова // Восточно- Европейский журнал передовых технологий.- 2011.-2/2 (50), С. 17-21.
3. Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.А. Осипенко, С.Н. Корсун. Биохимия мышечной деятельности. Киев: олимпийская литература, 2000.
4. Chaudhuri K.R., Vuxton-Thomas M., Dhawan V., Peng R., Meilak C., Brooks D.J. Long duration asymmetrical postural tremor is likely to predict development of Parkinson's disease and not essential tremor: clinical follow up study of 13 cases. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. 2005.
5. Zesiewicz T.A., Elble R.J., Louis E.D., Gronseth G.S., Ondo W.G., Dewey R.B. Jr, Okun M.S., Sullivan K.L., Weiner W.J. Evidence-based guideline update: treatment of essential tremor: report of the Quality standards subcommittee of the american academy of Neurology. Neurology. 2011.
6. Род Р. Сили, Торент Д. Стивенс, Филип Тейт. Анатомия и физиология, том 1. Киев: олимпийская литература, 2007.
7. Brin M.F., Lyons K.E., Doucette J. A randomized, double masked, controlled trial of botulinum toxin type a in essential hand tremor. Neurology. 200
8. А.С. Солодков, Е.Б. Согоубов. Физиология человека. Справочное пособие. Санкт-Петербург: физиология, 2012.
9. Schuurman P.R., Bosch D.A., Bossuyt P.M. A comparison of continuous thalamic stimulation and thalamotomy for suppression of severe tremor. N. engl. J. med. 2000:
10. А.С. Левин, К. Датиева /Тремор при болезни Паркинсона: особенности феноменологии и лечения //Современная терапия в психиатрии и неврологии, №3, 2014.

11. Е.А. Иванова, И.А. Иванова-Смоленская, С.Н. Иллариошкин / тремора: патогенез, особенности клинической картины и лечения //Неврологический журнал, № 5, 2013
12. М.И. Боделан /Треморография, как техника клинической диагностики. //Вестник психиатрии и психофармакотерапии, №2 (14), 2008
13. С. А. Лихачев, В.В. Ващилин, С.К. Дик /Тремор: феноменология и способы регистрации //Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь 2013
14. В.В. Бутаханов /Тремор напряжения мышц спины у больных сколиозом I-II степени в разные возрастные периоды. //Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, №3(67), 2009.
15. Патент UA 29277. Спосіб визначення тремору. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://uapatents.com/5-29277-sposib-viznachennya-tremoru.html>
16. Причини та спосіб лікування тремору рук. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://mjusli.ru/zhenskoe_zdorove/other/prichiny-i-lechenie-tremora-ruk
17. Хвороба Паркінсона. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://www.parkinson.ee/rus/parkinsoni_tobi_3_rus.pdf
18. Спосіб визначення тремору. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.rlsnet.ru/mnn_index_id_104.htm
19. Причини симптоми та стадії хвороби Паркінсона. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.kp.ru/guide/bolezni-parkinsona.html>
20. К.Р. Костюк, Н.С. Василів, В.Л. Ломадзе/Стереотаксична таламотомія та контралатеральна палліотомія при лікуванні хвороб Паркінсона. //Нейрохірургія УДК: 616.858-089.12
21. Лепори Л.Р./Топический диагноз в неврологии по Петеру Дуусу //Анатомия. Физиология. Клиника. Москва 2012
22. Позитрон-емісійна томографія. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.kinderkrebsinfo.de/roditeljam/pohkinderkrebsinfountersuchung>

en/metody_issledovaniya_po_snimkam/metody_dagnostiki_jadernoj_mediciny/pet/index_rus.html

23. Середовище розробки Arduino. [Електронний ресурс] Режим доступу:

<https://doc.arduino.ua/ru/guide/Environment>

24. Arduino: кроковий двигун 28BYJ-48. [Електронний ресурс] Режим

доступу: <http://robotclass.ru/tutorials/arduino-stepper-28byj-48-uln2003/>

Додаток 1

```

int x; // x axis variable
int y; // y axis variable
int z; // z axis variable
int in1 = 2;
int in2 = 3;
int in3 = 4;
int in4 = 5;
const int dl = 5;
void setup()
{ pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  Serial.begin(115200); // opens serial port, sets data rate to 9600 bps
}
void kekek() {
  digitalWrite( in1, HIGH );
  digitalWrite( in2, HIGH );
  digitalWrite( in3, LOW );
  digitalWrite( in4, LOW );
  delay(dl);

  digitalWrite( in1, LOW );
  digitalWrite( in2, HIGH );
  digitalWrite( in3, HIGH );
  digitalWrite( in4, LOW );
  delay(dl);

  digitalWrite( in1, LOW );
  digitalWrite( in2, LOW );
  digitalWrite( in3, HIGH );
  digitalWrite( in4, HIGH );
  delay(dl);

  digitalWrite( in1, HIGH );
  digitalWrite( in2, LOW );
  digitalWrite( in3, LOW );
  digitalWrite( in4, HIGH );
  delay(dl);
}
void kekekkekek() {
  kekek();kekek();kekek();kekek();kekek();
  kekek();kekek();kekek();kekek();kekek();
  kekek();kekek();kekek();kekek();kekek();
}
}void kekekkekekkeke() {
  kekekkekek(); kekekkekek(); kekekkekek(); kekekkekek();
  kekekkekek(); kekekkekek(); kekekkekek(); kekekkekek();
  kekekkekek(); kekekkekek(); kekekkekek(); kekekkekek();
}void obrtno() {
  digitalWrite( in1, HIGH );

```

```

digitalWrite( in2, HIGH );
digitalWrite( in3, LOW );
digitalWrite( in4, LOW );
delay(dl);

digitalWrite( in1, HIGH );
digitalWrite( in2, LOW );
digitalWrite( in3, LOW );
digitalWrite( in4, HIGH );
delay(dl);

digitalWrite( in1, LOW );
digitalWrite( in2, LOW );
digitalWrite( in3, HIGH );
digitalWrite( in4, HIGH );
delay(dl);

digitalWrite( in1, LOW );
digitalWrite( in2, HIGH );
digitalWrite( in3, HIGH );
digitalWrite( in4, LOW );
delay(dl);
}
void obrtno2(){
  obrtno(); obrtno(); obrtno(); obrtno();
  obrtno(); obrtno(); obrtno(); obrtno();
  obrtno(); obrtno(); obrtno(); obrtno();
}
void obrtno3(){
  obrtno2(); obrtno2(); obrtno2(); obrtno2();
  obrtno2(); obrtno2(); obrtno2(); obrtno2();
  obrtno2(); obrtno2(); obrtno2(); obrtno2();
}
void loop()
{ x = analogRead(5); // read A5 input pin
  y = analogRead(4); // read A4 input pin
  z = analogRead(0); // read A3 input pin
  //Serial.print("X = "); // print x adc value
  Serial.println(x);
  // Serial.print("Y = "); // print y adc value
  // Serial.println(y);
  // Serial.print("Z = "); // print z adc value
  // Serial.println(z);
  if (x > 200)
  {
    kekekkekekkekekeke();
    delay(1000);
    obrtno3();

  }

  delay(300);
}

```

Додаток 2

```
int x; // x axis variable
int y; // y axis variable
int z; // z axis variable
void setup()
{
  Serial.begin(115200); // opens serial port, sets data rate to 9600 bps
}
void loop()
{
  x = analogRead(0); // read A5 input pin
  y = analogRead(4); // read A4 input pin
  z = analogRead(3); // read A3 input pin
  //Serial.print("X = "); // print x adc value
  Serial.print(" ");
  Serial.print(x);
  // Serial.print("Y = "); // print y adc value
  // Serial.println(y);
  // Serial.print("Z = "); // print z adc value
  // Serial.println(z);
  delay(10);
}
```