



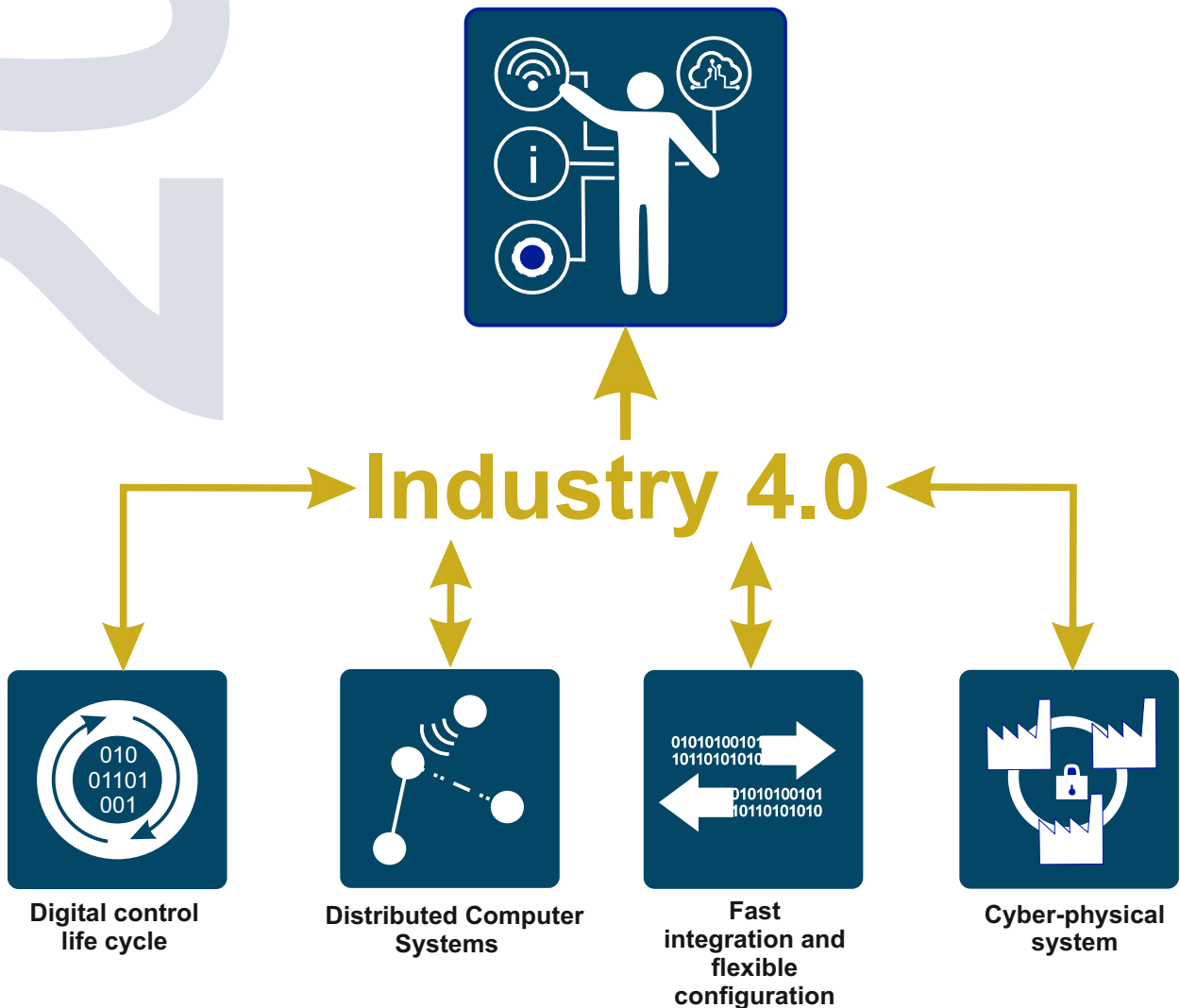
The Ministry of  
Education and Science  
of Ukraine

<https://nure.ua/>

Kharkiv National  
University of  
Radio Electronics

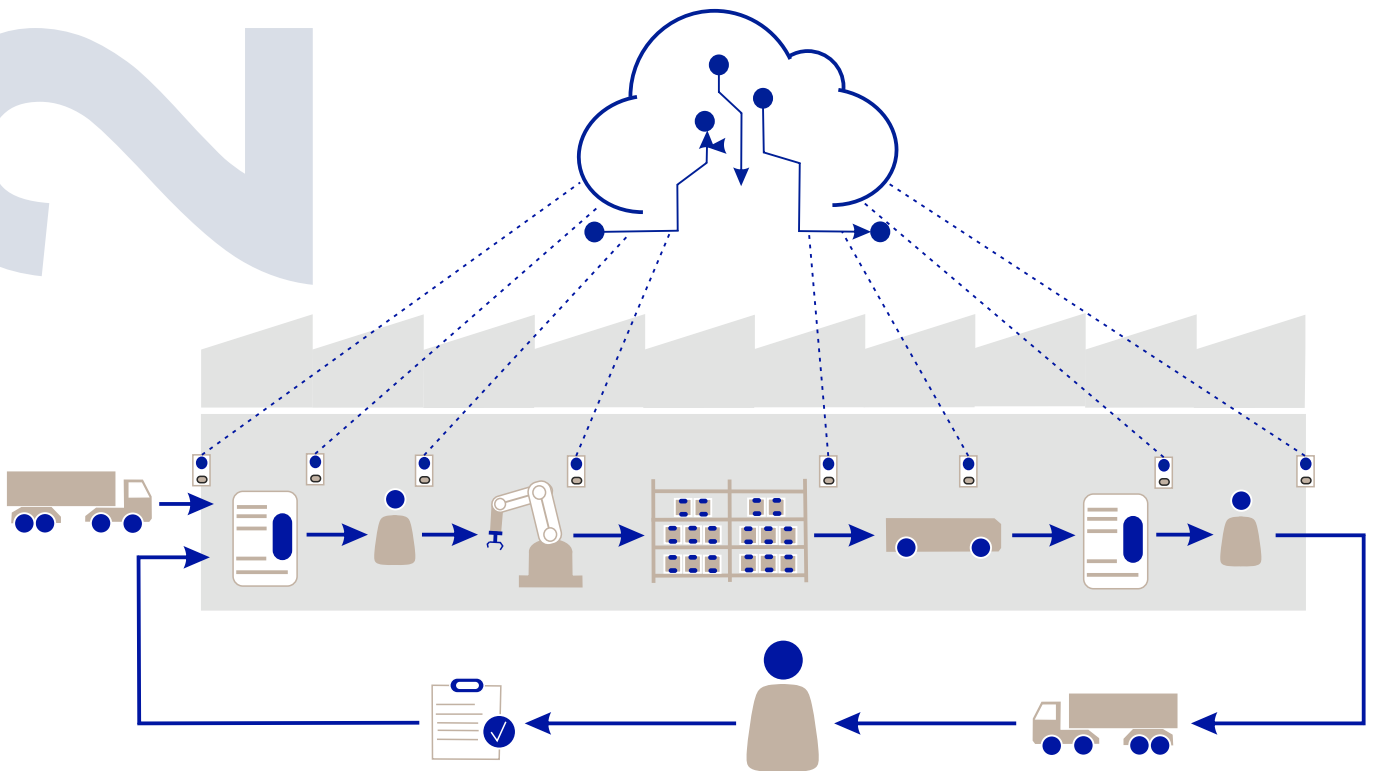
**KITAM**

**COLLECTION**  
OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER  
«Automation and Development of Electronic Devices»  
ADED-2022  
(Part 2)



# ЗБІРНИК

студентських наукових статей  
«Автоматизація та приладобудування»  
ADED-2022  
(Випуск 2)  
[електронне видання]



→ Industry 4.0

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Андрусевич Анатолій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету  
**Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».  
**Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.  
**Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».  
**Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.  
**Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського  
**Демська Наталія Павлівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ДІАГНОСТИКИ ШЛУНКОВО – КИШКОВОГО ТРАКТУ ЗА ДОПОМОГОЮ КАПСУЛЬНОЇ ЕНДОСКОПІЇ

**В. Волков**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,  
вул. Першо-травнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

E-mail: dkuch100@gmail.com

**Анотація:** Розглянуті основні питання щодо удосконалення методу діагностики шлунково-кишкового тракту за допомогою капсульної ендоскопії.

**Ключові слова:** неінвазивне дослідження, діагностика шлунково-кишкового тракту, капсульна ендоскопія.

## IMPROVEMENT OF THE DIAGNOSTIC METHOD OF THE GASTROINTESTINAL TRACT WITH THE HELP OF CAPSULE ENDOSCOPY

**V. Volkov**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine.

E-mail: dkuch100@gmail.com

**Аnotations:** The main questions regarding the improvement of the method of diagnosis of the gastrointestinal tract by means of capsule endoscopy are considered.

**Keywords:** non-invasive examination, diagnostics of the gastrointestinal tract, capsule endoscopy.

ВСТУП. Захворювання шлунково-кишкового тракту (ШКТ), згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, входять до числа найбільш поширених, займаючи 3-4 місце серед всіх тих проблем зі здоров'ям. Це хвороби, які вражають різні органи ШКТ, в тому числі шлунок, кишечник, печінку і т. д. Вони мають масовий характер і притаманні всім віковим групам без виключення.

Незважаючи на всі досягнення сучасної медицини, впровадження нових методів діагностики і лікування, захворюваність і смертність від онкологічних хвороб в усьому світі продовжує неухильно зростати. Добре відомо, що рак є другою провідною причиною смерті після хвороб серцево-судинної системи. Якщо підсумувати частоту раку всіх органів шлунково-кишкового тракту, то він впевнено займе перше місце (більше 50% серед всіх онкологічних хвороб), обійшовши рак легенів, молочної залози і передміхурової залози. При цьому зростання захворюваності простежується для раку практично всіх органів травлення за винятком раку шлунка – для злоякісних новоутворень цієї локалізації в останні роки намітилася стійка тенденція до зниження показників.

Численними дослідженнями доведено, що прогноз захворювання в значній мірі залежить від своєчасності постановки діагнозу пухлини, що надає величезного значення ранній діагностиці. У 60-80% хворих з вперше встановленим діагнозом раку визначаються III-IV стадії захворювання. Можливими причинами настільки пізньої діагностики є пізні звернення пацієнтів, стерта клінічна картина, а також недостатня онкологічна настороженість лікарів первинної ланки охорони здоров'я.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Вражаючий прогрес інформаційних технологій в комп'ютерній області, у сфері медичних пристроїв і в сфері засобів комунікації вселяє обґрунтовані надії на аналогічні інновації у відношенні медичної техніки, приладів і пристроїв. З цієї причини в даний час виправдано зріс інтерес до нових медичних приладів, в особливості до компактних мобільних пристроїв, так званих гаджетів. Тому розробка

мобільного гаджету – спеціальної високоінформативної відеокапсули для дослідження патології ШКТ є актуальною задачею.

**МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** В даний час сучасна медицина досягла великого прогресу і гастроскопія шлунка без ковтання зонда – це безболісна процедура для пацієнтів погано переносять класичний метод обстеження, що дозволяє заглянути зсередини на роботу організму. Найбільш часто процедура застосовується для обстеження товстого кишечника (капсульна колоноскопія). Далі розглянемо, як проводиться і що собою являє, ця інноваційна методика з обстеження травної системи.

Беззондова гастроскопія дозволяє провести обстеження шлунково-кишкового тракту від порожнини рота до заднього проходу, без застосування зондів, трубок, але з використанням невеликого і унікального пристрою – комп'ютеризованої капсули. Відеотаблетка складається з міні камери, передавача і ліхтаря. Пристосування придумали ізраїльські фахівці, і сьогодні використовується у всьому сучасному світі.

Таким чином, хоча променеві методи обстеження й досі застосовують у діагностиці захворювань тонкої кишки, але вони все менше задовольняють потреби сучасної клінічної медицини, а ендоскопічні дослідження не дають змоги діагностувати захворювання поза зоною досяжності ендоскопа. У зв'язку з цим для діагностики уражень тонкої кишки був розроблений метод відеокапсульної ендоскопії (ВКЕ), який застосовують з 2001 р. у тих випадках, коли інші методи дослідження не дають змоги встановити діагноз. Показаннями для застосування ВКЕ є приховані ШКК, джерело яких не встановлено іншими дослідженнями, хвороба Крона, целиакія, спадковий сімейний поліпоз, пухлини тонкої кишки [1, 2, 3, 4].

ВКЕ не потребує анестезіологічного забезпечення, дає змогу оглянути всю тонку кишку із задовільною якістю зображення, виявляючи макроскопічні зміни тонкої кишки та їхні вияви, які неможливо виявити за допомогою інших методів дослідження. Інвазивність методу зменшена до мінімуму (проблема ковтання «великої» таблетки). Роздільна здатність ВКЕ становить 0,1 мм, що дає змогу візуалізувати окремі ворсинки. Це значно перевершує можливості ентероклізису, при якому важко визначити, чи змінені складки тонкої кишки (рисунк 1. Капсула є одноразовою, що виключає інфікування пацієнта.

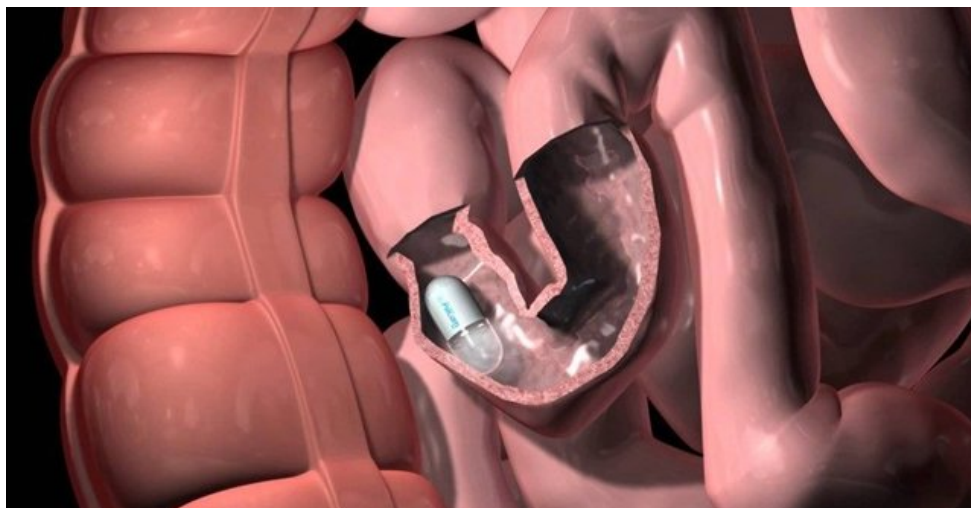


Рисунок 1 – Капсульна ендоскопія тонкого кишечника

У медичних установах світу проведено велику кількість досліджень щодо застосування цього методу. Розроблено методики проведення процедури, підготовки до неї, уточнено показання та протипоказання для проведення дослідження, оцінено інформативність методу при патологічних процесах, локалізованих у тонкій кишці, а також для вивчення моторної функції різних відділів шлунково-кишкового тракту.

За результатами багатьох досліджень встановлено, що для підготовки до проведення ВКЕ достатньо голодування впродовж 12 год до процедури. Для кращої візуалізації термінального відділу тонкої кишки та у хворих з констипаційним синдромом додатково може бути застосований пероральний лаваж кишечника розчином поліетиленгліколю («Ендофальк», «Фортранс», «Діагнол»). Для поліпшення візуалізації застосовують піногасівники (за 30 хв до дослідження), інколи – прокінетики. Хоча незавершений транзит капсули по тонкій кишці виявлено приблизно у 20 % хворих [1], але, як було зазначено на міжнародній конференції з капсульної ендоскопії, немає необхідності для застосування розчину поліетиленгліколю у всіх хворих [2].

Протипоказаннями до застосування ВКЕ є кишкова непрохідність (повна чи часткова), стриктури тонкої кишки, дисфагія, наявність кардіостимулятора. Не рекомендується виконувати рентгенологічні дослідження у пацієнтів з неекскретованою капсулою. Пацієнт під час дослідження веде звичайний спосіб життя, обмежень щодо фізичних навантажень немає.

Поряд з високою діагностичною цінністю відзначено і низку недоліків ВКЕ: некерваність відеокапсули, неможливість морфологічної верифікації, труднощі з локалізацією виявлених змін (нині ця проблема частково вирішена – розроблено локалізатор місцезнаходження капсули), наявність «сліпих» зон у тонкій кишці, можливість хибно-позитивних і хибно-негативних результатів, велика тривалість аналізу отриманих зображень [3].

Крім того, ВКЕ може супроводжуватися ускладненнями, не характерними для інших способів інтестиноскопії, – затримкою капсули на рівні стриктури з можливим розвитком гострої обтураційної непрохідності. На міжнародній конференції з капсульної ендоскопії (2007) визначено поняття «затримка капсули» – наявність капсули в шлунково-кишковому тракті протягом двох тижнів і більше [4]. В такому випадку пацієнт потребує ендоскопічного або хірургічного втручання. У дослідженні J. Varkin та співавт., в якому ВКЕ проведено 937 хворим, встановлено, що 0,75 % пацієнтів потребували хірургічного втручання для видалення капсули [9]. Показано, що відсутність структури при променевому дослідженні не повністю виключає її наявність та вірогідність затримки капсули [1, 2]. У деяких випадках (наявність пухлин), затримка капсули діагностує ураження тонкої кишки, не визначене іншими методами, та потребує хірургічного лікування. За даними різних авторів, затримка просування капсули, яка вимагає хірургічного втручання, зафіксована в 1,4–4,3 % випадків [2]. Для пацієнтів з пухлинами тонкої кишки, в яких частота такого ускладнення становить 10 – 25%, воно може розглядатись як «позитивне» або незначуще, або свідчити про серйозність патології та спонукати лікаря до активних дій [3]. У пацієнтів з хворобою Крона, навпаки, затримка капсули визначається як серйозне та значуще ускладнення, хірургічне лікування виконується за строгими показаннями і лише у разі розвитку серйозних ускладнень захворювання.

У рекомендаціях з ендоскопії та капсульної ендоскопії [4] зазначено, що капсульну ендоскопію рекомендується застосовувати в таких випадках:

1. при підозрі на кровотечу з верхніх відділів шлунково-кишкового тракту необхідно провести повторну гастроскопію та, якщо джерело кровотечі не встановлено, виконати відеокапсульну ендоскопію;
2. у хворих зі ШКК, джерело якої не встановлено, і з негативними результатами гастроскопії та колоноскопії проводять відеокапсульну ендоскопію, якщо немає протипоказань;
3. відеокапсульну ендоскопію застосовують у пацієнтів з підозрою на хворобу Крона тонкої кишки, не виявлену іншими методами, попередньо виключивши наявність структур радіологічними методами;
4. відеокапсульну ендоскопію застосовують у пацієнтів з целиакією для виключення поєднаних захворювань тонкої кишки та ускладнень;

5. у хворих з негативними результатами відеокапсульної ендоскопії та зі ШКК, яка триває, можливе проведення повторної відеокапсульної ендоскопії на висоті кровотечі;

6. усі пацієнти перед проведенням відеокапсульної ендоскопії повинні бути поінформовані про ризик затримки капсули.

Прикладом відеокапсули може слугувати відеокапсула Intromedic MiroCam MC1200. Це корейські відеоендоскопічні капсули (рисунок 2). В основі лежить технологія НВС (Human Body communication) – передова запатентована технологія, яка використовує як провідник сигналу тіло людини. Крім просунутої системи передачі даних, ендоскопічна капсула MiroCam компанії Intromedic має відповідну передову систему отримання зображення та технологію освітлення. Все це дає істотні переваги під час проведення процедури капсульної ендоскопії.

До складу типової капсули входять чотири світлодіоди, лінза, мікросхема кольорової камери, дві батареї, радіочастотний передавач і антена. Камера створена на основі CMOS-матриці (CMOS – complementary metal oxide semiconductor – комплементарний металоксидний напівпровідник). Такому типу матриці потрібно значно менше потужності, ніж CCD-матриці (прилад із зарядовим зв'язком), вбудованої в відео ендоскопи і цифрові камери, тому вона може працювати при дуже низькому рівні освітлення.



Рисунок 2 – Intromedic MiroCam MC1200 – корейські відеоендоскопічні капсули

Капсула реєструє зображення тонкої кишки з частотою два кадри в секунду і передає дані на радіо-частотах на записуючий пристрій, що знаходиться на поясі пацієнта. Як тільки запис завершено, дані з записуючого пристрою обробляються на комп'ютерній робочій станції, програмне забезпечення якої дозволяє провести повний аналіз отриманого зображення на комп'ютерному екрані. Капсула одноразова, виводиться з організму природним шляхом. В середньому, протягом 8-годинного дослідження записується 50 000 кадрів.

Для більш прискіпливого дослідження, у випадку хвороби Крона, необхідно забезпечити дослідження не тільки фронтально. Тому пропонується оснастити структуру капсули додатковими чотирма камерами по боках капсули і всередині. Так спеціаліст зможе досліджувати шлунково-кишковий тракт з більшим кутом огляду і буде менш шансів щось пропустити. Також зупинка капсули може допомогти дослідникам уважно оглянути запальну ділянку та зробити висновок. Для цього по боках капсули можна використати електро-хімічний полімер, який під дією електричного струму буде збільшувати капсулу в діаметрі. Радіо зв'язок не є зараз найзручнішим методом передачі даних, тому необхідно дослідити інші діапазони частот передачі інформації. Крім того, зважаючи на досить високу вартість таких капсул, можна створити ряд різних моделей придатних для отримання інформації про окремі властивості шлунково-кишкового тракту, які будуть більш доступними, а також створити конструкцію багаторазового використання зі змінним зовнішнім корпусом. Наразі сучасні науковці працюють над розробкою системи локалізації капсули та роботизованого керування [5].

**ВИСНОВКИ:** В даний час сучасна медицина досягла великого прогресу і гастроскопія шлунка без ковтання зонда – це безболісна процедура для пацієнтів погано переносять класичний метод обстеження, що дозволяє заглянути зсередини на роботу організму.

Найбільш часто процедура застосовується для обстеження товстого кишечника (капсульна колоноскопія). Далі розглянемо, як проводиться і що собою являє, ця інноваційна методика з обстеження травної системи. Відеотаблетка складається з міні камери, передавача і ліхтаря. Пристосування придумали ізраїльські фахівці, і сьогодні використовується у всьому сучасному світі.

Для більш прискіпливого дослідження, у випадку хвороби Крона, необхідно забезпечити дослідження не тільки фронтально. Тому пропонується оснастити структуру капсули додатковими чотирма камерами по боках капсули і всередині. Так спеціаліст зможе досліджувати шлунково-кишковий тракт з більшим кутом огляду і буде менш шансів щось пропустити. Також зупинка капсули може допомогти дослідникам уважно оглянути запальну ділянку та зробити висновок.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Капсульна ендоскопія: показання, проведення, недоліки. Режим доступу до ресурсу: <https://ihealth.in.ua/diagnostika/kapsylna-endoskopiia-pokazannia-provedennia-nedoliki.html>.
2. W. Wireless capsule endoscopy: indications, limitations, and future challenges // *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* – 2008. – Vol. 46. – P. 4–12.
3. Ersoy O., Harmanci O., Aydinli M. et al. Capability of capsule endoscopy in detecting small bowel ulcers // *Dig. Dis. Sci.* – 2009. – Vol. 54. – P. 136–141.
4. Kav T., Bayraktar Y. Five years' experience with capsule endoscopy in a single center // *World J. Gastroenterol.* – 2009. – Vol. 15 (16). – P. 1934–1942.
5. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.
6. Yevsieiev, V. ., Maksymova, S. ., & Starodubcev, N. . (2022). A ROBOTIC PROSTHETIC A CONTROL SYSTEM AND A STRUCTURAL DIAGRAM DEVELOPMENT. Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ», (August 12, 2022; Zurich, Switzerland), 113–114. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.33>
7. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. ., 2022. – 427 с.
8. Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.
9. Yevsieiev V. Analysis of Crawler Robots / V. Yevsieiev, S. Shmatko // “Innovations Technologies in Science and Practice” : The VI International Scientific and Practical Conference, February 15-18, 2022. – Haifa, Israel, 2022. – P. 510-514.
10. Yevsieiev V. Development of the Environmental Visualization System Based on ESP32-CAM / V. Yevsieiev, O. Luchaninova // *Theory and Practice of Modern Science : The III International Scientific and Theoretical Conference*, 1 April 2022. – Kraków, Republic of Poland, 2022. – Vol. 1. – P. 79-81.
11. Розробка 3D-моделі зооморфного мобільного робота для вертикальних переміщень по металевим поверхням / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, Н. П. Демська, В. О. Руденко // *Наука і техніка сьогодні*. – 2022. – № 4(4). – С.163-174.