



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 123720

(13) C2

(51) МПК

A61B 6/03 (2006.01)

A61B 6/04 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2019 10045

(22) Дата подання заявки: 27.09.2019

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: 20.05.2021

(41) Публікація відомостей
про заявку: 31.03.2021, Бюл.№ 13

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: 19.05.2021, Бюл.№ 20

(72) Винахідник(и):

Нечипоренко Аліна Сергіївна (UA),
Алексєєва Вікторія Вікторівна (UA),
Коваленко Андрій Іванович (UA),
Решетнік Віктор Михайлович (UA),
Гаргін Віталій Віталійович (UA)

(73) Володілець (володільці):

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ,
пр. Науки, 14, м. Харків, 61166 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 90211 U, 12.05.2014

DONG Y. et al. Evaluating bone remodeling by
measuring Hounsfield units in a rabbit model
of rhinosinusitis: is it superior to measuring
bone thickness? / Yi Dong, Bing Zhou,
Zhenxiao Huang, Qian Huang, Shunjiu Cui,
Yunchuan Li, Erzhang Fan, Ying Li and Xinyan
Wang // International Forum of Allergy &
Rhinology. - 2018. - Vol. 8. - no. 11. - P. 1342 -
1348

GEORGALAS C. et al. Global Osteitis Scoring
Scale and chronic rhinosinusitis: a marker of
revision surgery / Georgalas C., Videler W.,
Freling N. and Fokkens W. // Clinical
Otolaryngology – 2010. - Vol. 35. - no. - 6. -
P. 455 - 461

(54) СПОСІБ КОМПЛЕКСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МОРФОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ КІСТКОВОЇ
ТКАНИНИ НАВКОЛОНОСОВИХ ПАЗУХ

(57) Реферат:

Винахід стосується способу комплексного визначення параметрів морфологічної структури кісткової тканини навколоносових пазух, включає визначення рентгенологічної щільності кістки нижньої стінки верхньощелепної пазухи, сканування черепа пацієнта, отримання зображення, сегментацію ділянки дослідження цього зображення, визначають параметри морфологічної структури кісткової тканини лобної пазухи, враховують також і товщину кісткової тканини, підраховують максимальні та мінімальні величини щільності кісткової тканини верхньощелепної та лобної пазух, а також підраховують максимальні та мінімальні товщини стінок верхньощелепної та лобної пазух.

UA 123720 C2

Винахід належить до області медицини, а саме - до отоларингології, анатомії, рентгенології, та може бути використаний при діагностиці хронічних риносинуситів та прогнозування ймовірності ускладнень. Також може бути використаний в стоматології та щелепно-лицьовій хірургії для дозування навантажень при імплантації зубів та прогнозування виникнення одонтогенних запальних процесів в навколоносових пазухах.

Щільність кісткової тканини навколоносових пазух людини має виняткове значення в отоларингології. На сьогоднішній день достеменно відомо, що хронічні запальні процеси цієї області протікають не лише з залученням до патологічного процесу слизової оболонки, але й з виникненням деструктивних змін з боку кісткової тканини, які проявляються її демінералізацією, зникненням трабекул, фокальним склерозом, кортикальною деструкцією [DongY, ZhouB, HuangZ, HuangQ, CuiS, LiY, FanE, LiY, WangX. Evaluating bone remodeling by measuring Hounsfield units in a rabbit model of rhinosinusitis: is it superior to measuring bone thickness? Int Forum Allergy Rhinol. 2018 Nov.; 8(II):1342-1348. doi: 10.1002/alr.22205. Epub 2018 Sep. 20]. Ці зміни при довготривалому запаленні можуть призвести до його розповсюдження інфекції на сусідні тканини з виникненням внутрішньочерепних та інтракраніальних ускладнень. Окрім того, щільність кісткової тканини інколи має вирішальне значення і в стоматології для правильного розрахунку навантажень при зубопротезуванні та попередженні розвитку одонтогенних запальних захворювань навколоносових пазух (синуситів).

Іншим, не менш важливим параметром будови кісткової тканини навколоносових пазух є товщина кістки. Відомою є GlobalOsteitisScoringScale, яка запропонована Georgalasetal [GeorgalasC, VidelerW, FrelingN, FokkensW. Global Osteitis Scoring Scale and chronic rhinosinusitis: a marker of revision surgery. ClinOtolaryngol. 2010 Dec.;35(6):455-61. doi: 10.1111/J.1749-4486.2010.02218.X.], де за допомогою підрахунку товщини та ступеня залучення стінки пазухи до патологічного процесу визначають ступінь деструкції кістки.

Дослідження авторами проводилось на аксіальних зрізах на комп'ютерному томографі Brilliance 64 CT або Mx8000 QUAD; PhilipsMedicalSystems, Best, theNetherlands. Досліджувались 102 пацієнти з діагнозом хронічного риносинуситу та 68 пацієнтів з контрольної групи, яким даний діагноз встановлений не був. Після підрахунку було запропоновано розподіл на 5 груп, залежно до вираженості патологічних змін у кістковій тканині.

Описана шкала має наступні недоліки: не було враховано мінімальну товщину кісткової тканини стінки пазухи, адже саме вона є потенційно небезпечною для виникнення ускладнень. Ступінь деструкції кістки пов'язувався здебільшого з товщиною кістки, показники щільності не враховувались. Все це може слугувати причиною діагностичних помилок.

Найбільш близьким за функціональним призначенням та суттєвим ознакам є спосіб розрахунку денситометричних показників у ділянці дефекту зубного ряду (Патент на корисну модель № 90211, Україна, МПК A61B 6/03, A61B 6/14. Спосіб визначення рентгенологічної щільності кістки в ділянці дефекту зубного ряду / Р.Г. Оснач, О.С. Лисенко, О.В. Біда - № 00569; заявл. 21.01.2014; опубл. 12.05.2014, бюл. № 9.) ґрунтується на методі комп'ютерної томографії, розрахунку рентгенологічної щільності кісткової тканини визначеного сегмента альвеолярного відростка за денситометричними показниками значень сірого за шкалою одиниць Hounsfield (HU) у прикладній комп'ютерній програмі "SimPlantPro" (ver. 11, Materialise, Бельгія). Спосіб має такі етапи: сканування щелеп пацієнта, сегментацію отриманих даних за рентгенологічною щільністю, побудови на їх основі тривимірних зображень кісткових структур та зубів, безпосередня денситометрія кісткової тканини. Томографічне обстеження пацієнтів здійснювали за допомогою мультиспірального комп'ютерного томографа (ToshibaOsteaanin, Японія). Сканування пацієнта (верхньої, нижньої або обох щелеп) проводили за стандартною методикою комп'ютерної томографії, що ґрунтується на принципі математичного моделювання рентгенівського зображення з наступною побудовою певних "зрізів" досліджуваної ділянки на екрані монітору. Отримані КТ-зрізи інтерпретували в об'ємну модель анатомічного об'єкта, тобто проводили об'єднання певних пікселів визначеної щільності в об'ємні структури - вокселі, що дозволяло виконати послідовні тривимірні реконструкції для тканин пацієнта різної щільності, при цьому зі збереженням своїх розмірів і положення у просторі без суттєвих геометричних спотворень. Отримані дані у вигляді DICOM-файлів імпортували та конвертували у внутрішній формат комп'ютерної програми "SimPlantPro", а потім сегментували (розділяли на групи, в залежності від шкали сірого). Сегментація даних відбувалася за допомогою внутрішнього програмного інструмента "Segmentation/Threshold" у межах одиниць HU від 250 та 500 для верхньої та нижньої щелеп до 3071. Таким чином, усі вокселі, що потрапили в даний коридор значень сірого, були виділені в окрему маску об'єкта. Денситометрію кісткової тканини в ділянці дефекту проводили безпосередньо на отриманих зрізах за допомогою програмного інструмента "ProfileLine". При цьому профільна лінія накладалась на аксіальних зрізах у

сагітальному напрямку, що відповідає вектору мезіалізації дистального зуба посередині альвеолярного відростка. При цьому початкова та кінцева точки лінії визначаються кортикальними пластинками комірок медіального та дистального зубів, що обмежують дефект зубного ряду по середньому рівню довжини кореня зуба, що підлягає переміщенню (від
 5 пришийкової ділянки до верхівки найдовшого кореня). Початкова та кінцева точки лінії при цьому визначались кортикальними пластинками комірок медіального та дистального зубів, що обмежують дефект зубного ряду в ділянці видаленого 26-го зуба по середньому рівню довжини кореня зуба, що підлягав переміщенню (від пришийкової ділянки до верхівки найдовшого
 10 кореня) (рис. 3) Після прокладання цієї лінії активується відповідне діалогове вікно, що відображає графік зміни значень щільності структур кістки (в одиницях HU), через які проведена дана профільна лінія з визначенням її довжини. Графік масштабували та на його структуру накладали кольорову схему розподілу щільності кісткової тканини відповідно до класифікації, що як опція задана у програмі. Певній щільності кісткової тканини (D1-D4, D5) задавали інтервал одиниць HU згідно з параметрами програми. З метою отримання середнього значення
 15 щільності тканини в ділянці визначеного сегмента профільну лінію розділяли на три рівні відрізки. Через них віртуально прокладали вертикальні лінії, перпендикулярні до графіка в діалоговому вікні програми. У точках перетину вертикальної лінії із кривою графіка визначали найменшу щільність кісткової тканини (в одиницях HU) у даному відрізку, а за максимальну приймали найвище значення кривої в конкретному відрізку.

20 Проводячи подібні розрахунки у двох останніх відрізках, отримували середні значення, на основі яких виводили загальне середнє значення денситометрії кістки альвеолярного відростка в ділянці дефекту зубного ряду.

Після детального розгляду виявлено, що даний метод має певні недоліки, а саме: зміщення проведених ліній, навіть на міліметр, може призвести до зміни показника щільності кістки, досить важко точно вибрати точки для проведення вимірів, бо зміщення в побудові
 25 запропонованих точок також призведе до значної похибки у вимірах, що позначається на точності способу.

Даний метод оцінки щільності кісткової тканини недоцільно використовувати в отоларингології для оцінки щільності кісткової тканини навколоносових пазух у зв'язку з
 30 неоднорідністю та мінливістю будови навколоносових пазух.

В описаному способі йдеться лише про метод визначення щільності. За нашою ж думкою більш доцільною є комплексна оцінка структури кісткової тканини навколоносових пазух, а саме верхньощелепної. Адже для дозування навантаження при імплантації зубів, для прогнозування ймовірності розповсюдження гнійно-запального процесу в орбіту чи інтракраніально необхідно
 35 враховувати не лише показники щільності, а й показники товщини кістки, що не було висвітлено в даному патенті.

Саме тому цей спосіб має низьку точність визначення структури кісткової тканини, що може стати причиною діагностичних помилок.

Технічною задачею є підвищення точності запропонованого способу, завдяки покладеній
 40 комплексній, прижиттєвій, неінвазивній методиці оцінки параметрів структури кісткової тканини навколоносової пазухи, що досягають максимально точним підрахунком щільності кісткової тканини та її товщини з урахуванням особливостей анатомічної структури цієї області, можливих похибок та через неточності у вимірюваннях. Отримані результати будуть корисні для подальшого порівняння цих показників у фізіологічному стані з аналогічними при різних
 45 хронічних запальних процесах.

Ця задача вирішена наступним чином. У способі комплексного визначення параметрів морфологічної структури кісткової тканини навколоносових пазух, який включає визначення рентгенологічної щільності кістки нижньої стінки верхньощелепної пазухи, сканування черепа пацієнта, отримання зображення, сегментацію ділянки дослідження цього зображення, згідно з
 50 винаходом, додатково визначають параметри морфологічної структури кісткової тканини лобної пазухи, враховують також і товщину кісткової тканини, підраховують максимальні та мінімальні величини щільності кісткової тканини верхньощелепної та лобної пазух, а також підраховують максимальні та мінімальні товщини стінок верхньощелепної та лобної пазух, а для оцінювання результатів вимірювання використовують метод розрахунку невизначеності показників за
 55 формулами:

$$u_{\Sigma}(H_N) = \sqrt{u_A^2(H_{Ni}) + u_B^2(H_{Ni})},$$

де $u_A^2(H_{Ni})$ - стандартна невизначеність типу А, а $u_B^2(H_{Ni})$ - стандартна невизначеність типу В, $u_{\Sigma}(H_N)$ - сумарна стандартна невизначеність,

$$\sigma(H_{Ni}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (H_{Ni} - H_N)^2}$$

де H_{Ni} - i -те значення вимірювань вибірки, H_N - математичне очікування, n - кількість вимірювань у вибірці,
 $\sigma(H_N) = H_N \frac{\sqrt{3 \cdot 100}}{100}$,

5 де δ_N - похибка вимірювання програмного засобу, яка не перевищує 0,0001 %, за обчисленими даними підрахована інтервальна оцінка невизначеності, а саме розширена невизначеність U згідно з формулою:
 $U = k u_c$,

10 де k - коефіцієнт обхвату ($k=2$), після проведеного дослідження всі стінки пазухи, на основі отриманих значень щільності та товщини структури кісткової тканини нижньої стінки верхньощелепної та лобної пазух, розділені на чотири групи: тонкі та щільні, товсті та щільні, тонкі з низькою щільністю та товсті з низькою щільністю, крім того, здійснюють розподіл параметрів товщини та щільності нижньої стінки верхньощелепної та лобної пазух на відповідні діапазони значень - стінка верхньощелепної пазухи є тонкою, якщо її товщина становить менше за $1,45 \pm 0,507$ мм, та товстою при товщині більше $9,94 \pm 7,284$ мм, для лівої лобної пазухи дані показники складають менше за $2,0422 \pm 1,739$ мм та більше за $4,38 \pm 3,443$ мм відповідно, згідно з результатами здійснюють розподіл параметрів товщини та щільності нижньої стінки верхньощелепної пазухи на відповідні діапазони значень, стінка верхньощелепної пазухи є тонкою, якщо її товщина становить менше за $1,45 \pm 0,507$ мм, та товстою при товщині, більше $9,94 \pm 7,284$ мм, для лівої лобної пазухи дані показники складають менше за $2,0422 \pm 1,739$ мм та більше за $4,38 \pm 3,443$ мм відповідно, аналогічно до показників, які наведено для нижньої стінки лівої верхньощелепної та лобної пазух визначають нижню стінку справа, якщо щільність нижньої стінки лівої верхньощелепної пазухи становить менше $57,7 \pm 440,356$ Нu, то така стінка є низькою за щільністю, якщо більше за $1101,51 \pm 613,4882$ Нu, то така стінка є щільною, для лівої лобної пазухи ці показники становлять $12,07 \pm 310,56$ Нu та $898,293 \pm 748,48$ Нu відповідно, аналогічно до наведеної щільності зліва визначають також щільність нижньої стінки верхньощелепної та лобної пазух справа.

25 У таблиці 1 наведено показники товщини кісткової тканини нижньої стінки лобного та верхньощелепного синусів.

30 У таблиці 2 наведено параметри щільності нижньої стінки лобного та верхньощелепного синусів.

Розглянемо більш детально запропонований спосіб, який має наступні етапи: сканування черепа пацієнта, а саме навколоносових пазух, отримання їх зображення, сегментацію ділянки дослідження цього зображення, підрахунок максимальних та мінімальних величин щільності кісткової тканини верхньощелепної пазухи, підрахунок максимальної та мінімальної товщини стінок верхньощелепного та лобного пазух, оцінювання результатів вимірювання за допомогою розрахунку невизначеності даних показників.

35 Сканування черепа пацієнта виконують на апараті Toshiba Aquilion4, який оснащено механізмом високошвидкісного обертання та багаторядовим детектором, що дозволяє вибирати товщину зрізу, час сканування, потік та напругу рентгенівської трубки та дає можливість забезпечити різні варіанти проведення досліджень, прискорений збір даних та високу пропускну спроможність сканера. Використовують укладку Гентрі - паралельно до основи черепа за протоколом Dental sinus. Дослідження проводять за допомогою програми RadiAntDICOMViewer 5.0.1, що дозволяє підрахувати як товщину кістки, що утворює стінку верхньощелепної пазухи, так і її щільність за допомогою вбудованої шкали Хаунсфілда, враховуючи, що за даними Хофера сучасні апарати здатні охопити 4096 відтінків сірої шкали, якими представлені різноманітні рівні щільності в одиницях Хаунсфілда (HU) (щільність води приймається за 0HU, а повітря за - 1000HU). Для відбору необхідних ділянок використовують методи сегментації об'єктів дослідження.

50 Під дослідження потрапили 100 пацієнтів чоловічої та жіночої статі віком від 20 до 60 років із фізіологічним станом навколоносових пазух, СКТ-дослідження яким було запропоновано у зв'язку з проблемою, що не пов'язана з отоларингологічними захворюваннями.

55 Верхньощелепні синусити є найчастішою формою запальних процесів навколоносових пазух у дорослих, що пов'язано з максимальними розмірами верхньощелепної пазухи серед усіх навколоносових пазух, високим розташуванням співусть, близькістю зубного ряду. Будова нижньої стінки має вирішальне значення для попередження розвитку одонтогенних

верхньощелепних синуситів. Хоча питома вага фронтальних синуситів дещо менша за верхньощелепні, вони частіше поєднуються з розвитком ускладнень. Потенційно небезпечною, у плані розповсюдження гнійно-запальних процесів в орбіту, є нижня стінка лобної пазухи. Саме тому досліджувалась структура нижньої стінки лобної та верхньощелепної пазух.

5 Для оцінювання результатів вимірювання використовують розрахунок невизначеності.

Всі внески невизначеності вхідних величин утворюють сумарну стандартну невизначеність. Для розрахунку сумарної стандартної невизначеності використовують формулу:

$$u_c(H_N) = \sqrt{u_A^2(H_{Ni}) + u_B^2(H_{Ni})}, \quad (1)$$

де $u_A^2(H_{Ni})$ - стандартна невизначеність типу А, а $u_B^2(H_{Ni})$ - стандартна невизначеність типу

10 В.

Підрахунок стандартної невизначеності типу А виконувався за формулою:

$$u_A(H_{Ni}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_{Ni} - H_N)^2}, \quad (2)$$

де H_{Ni} - i-те значення вимірювань вибірки, H_N - математичне очікування, n - кількість вимірювань у вибірці.

15 Розрахунок стандартної невизначеності типу В проводився за формулою

$$u_B(H_N) = H_N \frac{\delta_N}{\sqrt{3} \cdot 100}, \quad (3)$$

де δ_N - похибка вимірювання програмного засобу, яка не перевищує 0,0001 %.

Обчисливши дані величини було підраховано інтервальну оцінку невизначеності, а саме розширену невизначеність U згідно з формулою:

20 $U = k u_c, \quad (4)$

де k - коефіцієнт обхвату ($k=2$).

Результати вимірювань з урахуванням розширеної невизначеності U наведені в таблицях 1-2

25 Таким чином, після проведеного дослідження всі стінки пазухи, на основі отриманих нами значень щільності та товщини, можна розділити на чотири групи: тонкі та щільні, товсті та щільні, тонкі з низькою щільністю та товсті з низькою щільністю.

Відповідно до результатів, які наведено в таблиці 1, можна здійснити розподіл параметрів товщини та щільності нижньої стінки верхньощелепної пазухи на відповідні діапазони значень. Кількісні результати розрахунку для 100 пацієнтів наведено у додатку. Стінка верхньощелепної пазухи є тонкою, якщо її товщина становить менше за $1,45 \pm 0,507$ мм та товстою при товщині 30 більше $9,94 \pm 7,284$ мм. Для лівої лобної пазухи дані показники складають менше за $2,0422 \pm 1,739$ мм та більше за $4,38 \pm 3,443$ мм відповідно (див табл. 1). Аналогічно до показників, які наведено для нижньої стінки лівої верхньощелепної та лобної пазух можна розглядати нижню стінку справа.

35 Відповідно до таблиці 2 можна визначити щільність нижньої стінки верхньощелепної та лобних пазух. Якщо щільність нижньої стінки лівої верхньощелепної пазухи становить менше $57,7 \pm 440,356$ Нн, то така стінка є низькою за щільністю, якщо більше за $1101,51 \pm 613,4882$ Нн, то така стінка є щільною. Для лівої лобної пазухи ці показники становлять $12,07 \pm 310,56$ Нн та $898,29 \pm 748,48$ Нн відповідно (див. табл. 2). Аналогічно до наведеної щільності зліва можна розглядати також щільність нижньої стінки верхньощелепної та лобної пазух справа.

40 Потенційно небезпечними для розвитку ускладнень є насамперед пазухи з тонкою стінкою у поєднанні з низькою її щільністю. Тож, стикаючись з необхідністю більш детальної візуалізації навколоносових пазух людини, лікарі будь-якої спеціальності, а перш за все стоматологи та отоларингологи мають детально визначити особливості структури кісткової тканини стінок 45 навколо носових пазух, щоб попередити ймовірні ускладнення під час протікання запальних процесів цієї області, а також розвиток одонтогенного розповсюдження патологічних процесів.

В результаті проведеного дослідження вирішена задача, що полягає в комплексній оцінці основних морфологічних показників кісткової тканини, а саме її товщини та щільності, тобто, підвищенню точності вимірювання запропонованих показників.

50 Все це дало змогу запропонувати класифікацію морфологічних показників кісткової тканини нижньої стінки навколоносових пазух за величинами співвідношень товщини та щільності. Виділити групу пацієнтів з найбільш небезпечним типом структури стінки у плані ймовірності розвитку ускладнень.

Таблица 1

Назва	Товщина нижньої стінки верхньощелепного синуса				Товщина лобної стінки лобного синуса			
	Зліва		Справа		Зліва		Справа	
	Міні-мальна	Макси-мальна	Міні-мальна	Макси-мальна	Міні-мальна	Макси-мальна	Міні-мальна	Макси-мальна
U _н (mm)	0,2534 2013	3,64191 41	0,25794	1,2	0,8695	1,7217	1,2386	2,1105
Y(m m)	1,45	9,94	0,895	2,17	2,0422	4,375	2,29	4,05

Таблица 2

Назва	Щільність нижньої стінки верхньощелепного синуса				Щільність нижньої стінки лобного синуса			
	Зліва		Справа		Зліва		Справа	
	Міні-мальна	Макси-мальна	Міні-мальна	Макси-мальна	Міні-мальна	Макси-мальна	Міні-мальна	Макси-мальна
U _р (Hu)	220,17 8	306,7441	197,617	310,202 6	155,2 82	374,24	138,21 7	366,137 1
Y(Hu)	57,713	1101,507	96,2752	1028,6	12,07	898,29	45,52	831,16

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб комплексного визначення параметрів морфологічної структури кісткової тканини навколоносових пазух, який включає визначення рентгенологічної щільності кістки нижньої стінки верхньощелепної пазухи, сканування черепа пацієнта, отримання зображення, сегментацію ділянки дослідження цього зображення, який **відрізняється** тим, що додатково визначають параметри морфологічної структури кісткової тканини лобної пазухи, враховують також і товщину кісткової тканини, підраховують максимальні та мінімальні величини щільності кісткової тканини верхньощелепної та лобної пазух, а також підраховують максимальні та мінімальні товщини стінок верхньощелепної та лобної пазух, а для оцінювання результатів вимірювання використовують метод розрахунку невизначеності показників за формулами:

$$u_c(H_N) = \sqrt{u_A^2(H_{Ni}) + u_B^2(H_{Ni})},$$

де $u_A^2(H_{Ni})$ - стандартна невизначеність типу А, а $u_B^2(H_{Ni})$ - стандартна невизначеність типу В, $u_c(H_N)$ - сумарна стандартна невизначеність,

$$\psi(H_N) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (H_{Ni} - H_N)^2},$$

де H_{Ni} - і-е значення вимірювань вибірки, H_N - математичне очікування, n - кількість вимірювань у вибірці,

$$\psi(H_N) = \frac{\delta_N}{\sqrt{3 \cdot 100}},$$

де δ_N - похибка вимірювання програмного засобу, яка не перевищує 0,0001 %, за обчисленими даними підрахована інтервальна оцінка невизначеності, а саме розширена невизначеність U згідно з формулою:

$$U = k u_c,$$

де k - коефіцієнт обхвату ($k=2$),

після проведеного дослідження всі стінки пазухи, на основі отриманих значень щільності та товщини структури кісткової тканини нижньої стінки верхньощелепної та лобної пазух, розділені на чотири групи: тонкі та щільні, товсті та щільні, тонкі з низькою щільністю та товсті з низькою щільністю, крім того, здійснюють розподіл параметрів товщини та щільності нижньої стінки верхньощелепної та лобної пазух на відповідні діапазони значень: стінка верхньощелепної пазухи є тонкою, якщо її товщина становить менше за $1,45 \pm 0,507$ мм, та товстою, при товщині більше $9,94 \pm 7,284$ мм, для лівої лобної пазухи дані показники складають менше за $2,0422 \pm 1,739$ мм та більше за $4,38 \pm 3,443$ мм відповідно, згідно з результатами здійснюють розподіл

- параметрів товщини та щільності нижньої стінки верхньощелепної пазухи на відповідні діапазони значень: стінка верхньощелепної пазухи є тонкою, якщо її товщина становить менше за $1,45 \pm 0,507$ мм, та товстою, при товщині більше $9,94 \pm 7,284$ мм, для лівої лобної пазухи дані показники складають менше за $2,0422 \pm 1,739$ мм та більше за $4,38 \pm 3,443$ мм відповідно,
- 5 аналогічно до показників, які наведено для нижньої стінки лівої верхньощелепної та лобної пазух, визначають нижню стінку справа, якщо щільність нижньої стінки лівої верхньощелепної пазухи становить менше $-57,7 \pm 440,356$ Нц, то така стінка є низькою за щільністю, якщо більше за $1101,51 \pm 613,4882$ Нц, то така стінка є щільною, для лівої лобної пазухи ці показники становлять $12,07 \pm 310,56$ Нц та $898,293 \pm 748,48$ Нц відповідно, аналогічно до наведеної
- 10 щільності зліва визначають також щільність нижньої стінки верхньощелепної та лобної пазух справа.