



Міністерство освіти та науки України  
Ministry of Education and Science of Ukraine  
Українська асоціація з прикладної геометрії  
Ukrainian Association of Applied Geometry  
Київський національний університет  
будівництва і архітектури  
Kiev National University of Building and Architecture

## **ПРИКЛАДНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА**

## **APPLIED GEOMETRY AND GRAPHICS**

**(С П Е Ц В И П У С К)**

Міжвідомчий науково-технічний збірник

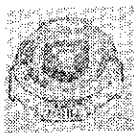
The Interdepartmental Collection of Proceedings

Випуск № 82    Issue No 82

КИЇВ 2009 KYIV



УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ  
З ПРИКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРІЇ



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ПРИРОДООХОРОННОГО ТА  
КУРОРТНОГО БУДІВНИЦТВА



КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

**ДОПОВІДІ ШОСТОЇ МІЖНАРОДНОЇ  
КРИМСЬКОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

*«ГЕОМЕТРИЧНЕ ТА  
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ:  
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЯ,  
ДИЗАЙН»*



28 вересня – 2 жовтня 2009 р.

УКРАЇНА, АР КР, м. СІМФЕРОПОЛЬ

<i>Гетун Г.В., Криштон Б.Г., Козак П.Ф.</i> ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ	219
<i>Баишта О.Т., Джурик О.В., Романенко В.Г., Сивашенко Т.І., Левківський В.В.</i> ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЦУКРУ В КРОВІ ЛЮДИНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ	224
<i>Егорченков В.А.</i> ВЗАИМОСВЯЗЬ ОРИЕНТАЦИИ ОКОН В ПОМЕЩЕНИЯХ И БИОРИТМОВ ЧЕЛОВЕКА	231
<i>Шульц Р.В.</i> ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ АНТЕНИ РАДІОТЕЛЕСКОПА ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ	237
<i>Погорельый Д.Ф., Малинский С.М., Ищук В.И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА ПРИ ПОСТРОЕНИИ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ	245
<i>Нечипоренко О. Ю., Яцишина Т. А.</i> ІСТОРІЯ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ	250
<i>Василевський О.В.</i> МЕТОД РОЗМІЩЕННЯ РІЗЦІВ ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	256
<i>Лелик Я.Р., Нікуліна В.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМОУТВОРЮЮЧОГО ЕЛЕМЕНТА ЩИТОВОЇ ОПАЛУБКИ ПРИ ЗАДАНІЙ КРИВОЛІНІЙНІЙ ПОВЕРХНІ АПЛІКАТАМИ ВУЗЛОВИХ ТОЧОК	259
<i>Клименко О.Д., Селезньов Е.Л., Селезньов Д.Е.</i> ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОГО ЗМІЦНЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС	263
<i>Бахарев Д. В., Зимнович И.А. Зимнович М. А.</i> О РЕЗУЛЬТАТАХ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭМПИРИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	268

Башта О.Т., к.т.н., доцент  
Джуриж О.В., доцент  
Романенко В.Г., к.т.н., доцент  
Сиваченко Т.І., к.т.н., доцент  
Левківський В.В.

## ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЦУКРУ В КРОВІ ЛЮДИНИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ

*Національний авіаційний університет*

В представленій роботі графоаналітичним шляхом була отримана формула для визначення концентрації глюкози в крові людини в залежності від артеріального тиску та викладено методику її практичного застосування.

*Ключові слова* – логарифмічні спіралі, кровоносна система, цукровий діабет, неінвазивний глюкометр, систолічний та діастолічний тиски, золога пропорція, гномони.

*Постановка проблеми.* Одним із найбільш поширених захворювань в світі є цукровий діабет. При захворюванні порушується не тільки вуглеводний, а й інші види обмінів: білковий, жировий, мінеральний та водний. Це негативно позначається на стані практично всіх органів та функціонуванні систем організму, викликаючи в них різні патології. Але найбільш вразливими при цукровому діабеті є серцево-судинна система, нирки, кінцівки ніг, сітківка ока. Тому дуже важливо діагностувати таке захворювання своєчасно.

Діагностика вмісту глюкози в крові людини проводиться інвазивно, тобто шляхом забору крові у пацієнта та проведення її аналізу. Як показав патентний пошук та літературні джерела, сьогодні у провідних країнах світу проводиться активна робота по створенню неінвазивного (без забору крові) визначення цукру в крові людини. Неінвазивна діагностика цукрового діабету має наступні переваги: висока швидкість і безболісність проведення аналізу; виключення зараження ВІЛ-інфекцією та вірусними гепатитами; безпека медичного персоналу; не вимагає проведення складних біохімічних тестів і використання витратних матеріалів.

Інсулінозалежні хворі (діабет першого типу) проводять контроль вмісту цукру в крові декілька разів на добу, інсулінонезалежні (діабет другого типу) – один-два рази на тиждень. Такий ретельний контроль необхідний для того, щоб не допустити підвищеного вмісту цукру в крові (гіперглікемія), бо саме постійна і довготривала наявність його надлишку веде до значного прискорення негативних наслідків хвороби. Оскільки

цукор є одним із джерел енергії в організмі, його недостатня кількість (гіпоглікоція) теж шкідлива.

*Аналіз останніх досліджень.* Нейнвазивне вимірювання вмісту глюкози в крові людини представляє собою проблему, що має прикладний науковий та технічний характер.

Вона може бути виражена по параметрам, які пов'язані зі зміною фізичних та біохімічних показників крові. Відомі наступні методи непрямих вимірювань глюкози: акустичний, оптичний, електричний, електрохімічний, гідродинамічний, магнітно-резонансний, тепловий та інші.

Фірма "Sensys Medical" (США) у 2004 році розробила кілька моделей оптичних глюкометрів, які вимірюють вміст цукру за допомогою поглинання світлового потоку. У Російській Федерації запатентовано прилад, який працює за принципом мас-спектрометра з використанням інфрачервоного випромінювання та спеціальної кераміки (патент RU 227950 С2). Слід вказати, що однією з істотних проблем при застосуванні оптичних методів є значне розсіювання світлового пучка шкіряним покривом ділянки опромінення. Деякі методи передбачають комплексне вимірювання вмісту глюкози з метою підвищення точності та достовірності результатів. Вченими з Ізраїлю Д.Фречером, А. Галом і А. Райхманом у Російській Федерації заявлений патент (RU 2006 100991, кл. А61В 5/00), де запропоновано моніторинг глюкози послідовним вимірюванням швидкості звуку в крові, електропровідності та її теплоємності. Досить перспективними є гідродинамічні методи. Згідно з матеріалами німецької газети "Financial Times" та української газети "2000" (за 17.08.2007 р., автор статті "Язык крови" Василь Матвеев) канадська фірма Biosign розробила методикку та обладнання для визначення вмісту глюкози в крові за допомогою артеріального тиску. У Російській Федерації Ельбаєв А.Д., Акаєва С.А., Курданок Х.А. (Кабардино-Балкарія, м. Нальчик) у 2003 р. отримали патент (RU 2 198 586 С2) на спосіб визначення концентрації глюкози в крові по артеріальному тиску.

Із вищевказаного слід зазначити велике різноманіття підходів до вирішення даної проблеми, але на сьогоднішній день на міжнародному ринку медичних приладів відсутній недорогий та простий у застосуванні неінвазивний глюкометр.

*Формулювання цілі статті.* Розробити графоаналітичний спосіб визначення вмісту глюкози в крові людини в залежності від артеріального тиску.

*Основна частина.* Відомо, що всі живі організми проявляють феномен зростання. Він здійснюється по логарифмічній спіралі. У переважній більшості біологічних об'єктів процес зростання по логарифмічному закону тісно пов'язаний з золотою пропорцією. В книзі "Криві лінії життя" Т. Кук, який досліджував різні види кривих зростання

у тварин зазначає, що найбільш поширеними є спіралі з радіальною пульсацією, що відповідає значенням золотої пропорції і називає їх кривими гармонійного зростання. В живих організмах діяльність функціональних систем також підпорядкована законам, які відповідають гармонійним кривим. Це дає змогу аналізувати їх параметри при нормальному функціонуванні та передбачати можливий патологічний розвиток.

Розглянемо кровоносну та серцево-судинну систему людини. Підвищення концентрації цукру (глюкози) в крові людини веде до зміни її фізичних та біохімічних параметрів: густини та в'язкості крові, модуля об'ємної пружності і т.д. Це в свою чергу впливає на гідравлічні характеристики серцево-судинної системи: підвищення тиску у системі вцілому, збільшення втрат в місцевих опорах, що веде до послаблення відтоку крові з органів. Також змінюються гідродинамічні характеристики, зокрема, значення систолічного (верхнього) і діастолічного (нижнього) тисків.

Представимо процес зміни концентрації цукру в крові людини у графічному вигляді (рис. 1а). Це логарифмічна спіраль, на якій вказано початкове найменше значення концентрації цукру  $G_{\min}$  і максимально можливе  $G_{\max}$ . Згідно літературних даних [1, 3] нормальний рівень цукру в артеріальній крові становить 3,8 – 6,1 ммоль/л, підвищений 6,1 – 12,1 ммоль/л, високий – більше 12,1 ммоль/л, низький – менше 3,8 ммоль/л. В капілярній крові ці значення менші на 12%. Аналізуючи числові значення різних рівнів концентрації цукру в крові людини, ми прийшли до висновку, що логарифмічну спіраль зручно представити в діапазоні кутів від 0 до  $4\pi$ , та встановлено, що пульсація радіуса спіралі чисельно дорівнює  $d^4$  ( $d=1,618$ ).

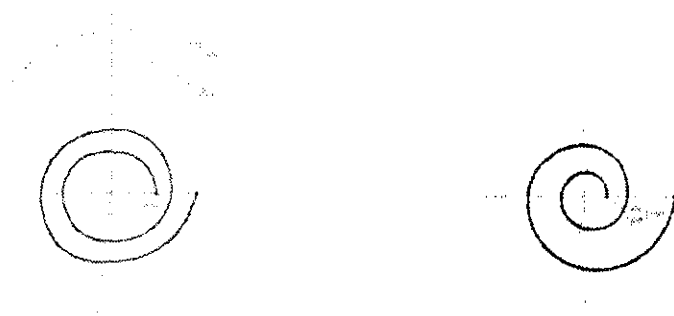


Рис.1 Геометричне представлення змін значень параметрів від найменшого до найбільшого у вигляді логарифмічної спіралі  
**a** – рівня цукру в крові людини; **б** – відношення систолічного

крово-

носній системі людини.

Аналогічним чином представимо процес зміни співвідношення систолічного тиску і діастолічного тиску у графічному вигляді (рис. 1б). Для дорослої людини нормальним вважають артеріальний тиск: систолічний – 100-140 мм. рт. ст і діастолічний – 70-90 мм. рт. ст. Систолічний тиск створює серцевий м'яз (міокард) при скороченні, діастолічний – це тиск в артерії при розслабленні міокарда. Оптимальним [2, 3] співвідношенням систолічного тиску до діастолічного вважають значення, яке наближене до величини 1,6. Слід зазначити, що це значення за нормальних умов не змінюється при підвищенні навантаження на серцево-судинну систему. Максимально допустиме систолічне значення тиску у людини може досягати 230 мм. рт. ст. [2]. Аналіз числових значень співвідношень тисків показав, що їх логарифмічну спіраль також можна представити від найменшого його значення до найбільшого на проміжку кутів від 0 до  $4\pi$  з пульсацією радіуса  $d$ .

Графічно логарифмічні спіралі можна побудувати за допомогою гномонів. Гномоном називають геометричну фігуру, яка залишається від заданої, якщо в неї вписати фігуру, що подібна до заданої. Для побудови логарифмічної кривої, що описує процес зростання тиску і має пульсацію радіуса  $d$ , скористаємось прямокутником золотого перерізу. Його гномоном буде квадрат, який в процесі побудови відкидають, а далі оперують подібним прямокутником до заданого з меншою площею. Потім, з цим прямокутником поступають аналогічним чином. Якщо продовжити гномонічні побудови до нескінченності, то відповідні точки нових гномонічних фігур будуть розташовані на логарифмічній спіралі (рис. 2). Для побудови логарифмічної спіралі, що описує процес зростання концентрації цукру в крові і має радіус пульсації  $d^4$ , необхідно скористатись гномонами квадрата (рис. 3). Гномоном квадрата є квадрат.

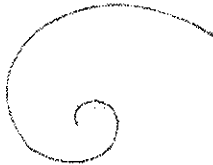


Рис.2 Гномонічна побудова спіралі відношення систолічного тиску до діастолічного

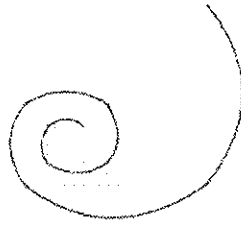


Рис.3 Гномонічна побудова спіралі рівня вмісту цукру

Скористаємось логарифмічними спіралями, які представлені на рис. 2, 3, для отримання графоаналітичної залежності визначення цукру в крові людини від артеріального тиску.

Розглянемо рівняння логарифмічної спіралі в полярних координатах в загальному вигляді:

$$r = A_0 e^{k\varphi}$$

1)

де  $r, \varphi$  - полярні координати;

$A_0, k$  - константи.

Якщо значення величини концентрації цукру в крові  $G$  представити у вигляді довжини полярного радіуса  $r_1$ , а значення відносного тиску  $\frac{P_c}{P_0} - r_2$  (де  $P_c$  - систолічний тиск, а  $P_0$  - діастолічний тиск), то полярний кут  $\varphi$  буде зв'язувати значення полярних радіусів  $r_1$  і  $r_2$ :

$$r_1 = A_1 e^{k_1 \varphi};$$

2)

$$r_2 = A_2 e^{k_2 \varphi};$$

3)

$$\ln r_1 = \ln A_1 + k_1 \varphi;$$

$$\ln r_2 = \ln A_2 + k_2 \varphi;$$

$$\varphi = \frac{\ln r_1 - \ln A_1}{k_1} = \frac{\ln \left( \frac{r_1}{A_1} \right)}{k_1} = \ln \left( \frac{r_1}{A_1} \right)^{\frac{1}{k_1}};$$

4)

$$\varphi = \frac{\ln r_2 - \ln A_2}{k_2} = \ln \left( \frac{r_2}{A_2} \right)^{\frac{1}{k_2}};$$

5)

$$\ln \left( \frac{r_1}{A_1} \right)^{\frac{1}{k_1}} = \ln \left( \frac{r_2}{A_2} \right)^{\frac{1}{k_2}};$$

6)

$$\left( \frac{r_1}{A_1} \right)^{\frac{1}{k_1}} = \left( \frac{r_2}{A_2} \right)^{\frac{1}{k_2}};$$

$$\frac{r_1}{A_1} = \left( \frac{r_2}{A_2} \right)^{\frac{k_1}{k_2}};$$



$$r_1 = A_1 \left( \frac{r_2}{A_2} \right)^{k_1}; \quad 7)$$

Знаючи числові величини  $\varphi_{\min}$ ;  $\varphi_{\max}$ ;  $r_{1_{\max}} = G_{\max}$ ;  $r_{1_{\min}} = G_{\min}$ ;

$$r_{2_{\min}} = \left( \frac{p_c}{p_o} \right)_{\min}; \quad r_{2_{\max}} = \left( \frac{p_c}{p_o} \right)_{\max}, \text{ можна визначити значення постійних величин}$$

$A_1$ ,  $A_2$ ,  $k_1$  і  $k_2$ . Для цього також скористаємося рівнянням логарифмічної спіралі в загальному вигляді:

$$r_{1_{\min}} = A_1 e^{k_1 \varphi_{\min}}; \quad 8)$$

$$r_{1_{\max}} = A_1 e^{k_1 \varphi_{\max}}; \quad 9)$$

$$r_{2_{\min}} = A_2 e^{k_2 \varphi_{\min}}; \quad 10)$$

$$r_{2_{\max}} = A_2 e^{k_2 \varphi_{\max}}; \quad 11)$$

З урахуванням, що  $\varphi_{\min} = 0$  і  $\varphi_{\max} = 4\pi$  будемо мати:

$$A_1 = r_{1_{\min}}; \quad 12)$$

$$A_2 = r_{2_{\min}}; \quad 13)$$

$$k_1 = \ln \left( \frac{r_{1_{\max}}}{r_{1_{\min}}} \right)^{\frac{1}{4\pi}}; \quad 14)$$

$$k_2 = \ln \left( \frac{r_{2_{\max}}}{r_{2_{\min}}} \right)^{\frac{1}{4\pi}}; \quad 15)$$

Формула для визначення концентрації цукру в крові  $r_1 = G$  в залежності від зміни тиску  $r_2 = \left( \frac{p_c}{p_o} \right)$  остаточно буде мати вигляд:

$$r_1 = r_{1_{\min}} \left( \frac{r_2}{r_{2_{\min}}} \right)^{\ln \left( \frac{r_{1_{\max}}}{r_{1_{\min}}} \right) / \ln \left( \frac{r_{2_{\max}}}{r_{2_{\min}}} \right)} \quad 16)$$

Після введення значень  $r_{1_{\min}}$ ,  $r_{1_{\max}}$ ,  $r_{2_{\min}}$ ,  $r_{2_{\max}}$ , та відповідних перетворень отримаємо формулу, яка є зручною в практичному використанні:

$$r_1 = 0.7861 r_2^4. \quad 17)$$

Методика використання отриманої формули полягає в наступному. У пацієнта вранці, перед сніданком, за допомогою тонометра вимірюють параметри артеріального тиску. Вимірювання проводяться в наступній послідовності. Спочатку визначають систолічний і діастолічний тиск на

лівій руці, а потім – на правій. Серед двох отриманих значень систолічного тиску вибирають найбільше. Серед двох значень діастолічного тиску вибирають найменше. Найбільше систолічне і найменше діастолічне значення тисків підставляють у співвідношення:

$$r_2 = \frac{P_1}{P_2}$$

Отримане значення  $r_2$  підставляють у формулу (17) для розрахунку вмісту глюкози в крові  $r_1 = G$ .

У здорової людини тиск на лівій і на правій руках однаковий, або неістотно відрізняється. По мірі розвитку патології різниця стає більшою.

Представлена методика аналогічна методиці, яка описана в роботі [4].

#### **Висновки:**

В представленій роботі графоаналітичним шляхом була отримана формула для визначення концентрації глюкози в крові людини в залежності від артеріального тиску та викладено методику її практичного застосування. Це дасть змогу у перспективі створити портативний недорогий прилад для неінвазивного визначення вмісту цукру в крові людини.

#### **Список літератури**

1. Дедов И.И., Шестакова М.В. Сахарный диабет. Руководство для врачей. –М.: Универсум паблшинг, 2003г. – 405с.
2. Справочник практического врача. –М.: Медгиз, 1982г. – 658с.
3. Способ определения концентрации глюкозы в крови. Патент РФ. RU 2198586 С2. 2003г.