НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК НАН УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ

ШЛИКОВ ВЛАДИСЛАВ ВАЛЕНТИНОВИЧ

УДК 577.169; 616.1–616.7

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НЕІНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЦЯ ЛЮДИНИ В УМОВАХ РЕГУЛЬОВАНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ЗІГРІВАННЯ ПІД ЧАС ШТУЧНОГО КРОВООБІГУ

05.13.09 – медична та біологічна інформатика і кібернетика

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

доктора технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор медичних наук, професор
Максименко Віталій Борисович,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
декан факультету біомедичної інженерії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Злепко Сергій Макарович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри біомедичної інженерії;

доктор технічних наук, професор
Аврунін Олег Григорович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри біомедичної інженерії;

доктор технічних наук, професор
Поворознюк Анатолій Іванович,
Харківський політехнічний інститут,
професор кафедри обчислювальної техніки та програмування.

Захист дисертації відбудеться “____”_____2019 року о ____годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.171.03 у Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України за адресою: 03187, Київ-187, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України за адресою: 03187, Київ-187, проспект Академіка Глушкова, 40.

Автореферат розіслано “____”_____2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.171.03 _____ Т.М. Гонтар

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дослідження, результати якого викладено в дисертаційній роботі, виконувалося відповідно до державних програм та планів науково-дослідних робіт: НДР КПІ ім. Ігоря Сікорського "Дослідження динамічних властивостей та адаптаційних резервів системи кровообігу людини та розробка критеріїв їх оцінки із застосуванням математичного моделювання" (номер держреєстрації 0110U001467, 10.2010 – 12.2012); НДР Національного інституту серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова НАМН України "Медико-інженерна розробка технічних засобів керованого термічного впливу та його контролю для хірургічного лікування серцево-судинних захворювань" (номер держреєстрації 0111U009102, 13.10.2011 – 01.12.2012); НДР Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України "Дослідження технологій і матеріалів виконання реконструктивно-відновлювальних операцій в ортопедії, загальній та щелепно-лицьовій хірургії із застосуванням синтетичних остеотропних матеріалів та апаратури для контактного і безконтактного з'єднання та обробки живих тканин" (номер держреєстрації 0115U006698, 01.01.2016 – 01.12.2018); НДР Національного інституту раку "Розробка біоінженерної технології магнітної нанотераностики злоякісних новоутворень", шифр ВН.14.01.07.170-16, 01.01.2016 – 01.12.2018), ініціативна НДР КПІ ім. Ігоря Сікорського "Інструменти для керованої гіпотермії пацієнтів з серцево-судинною патологією" (03.12.2013 – 01.12.2018). У НДР КПІ ім. Ігоря Сікорського і Національного інституту серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова дисертант був відповідальним виконавцем.

МАТЕРІАЛИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В РОБОТАХ:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Шликов В.В. 3D-модель теплового обміну в міокарді та коронарних судинах серця. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси.* 2017. № 44 (1266). С. 65 – 69. (ISSN 2411-2798, РІНЦ, Google Scholar)
2. Шликов В.В. Метод цифрової обробки відеоданих термограм при операціях на відкритому серці з фільтрацією візуальних фонів міокарда. *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. 2018. № 1. С 26 – 36. (ISSN 1810-0546, WorldCat, Google Scholar,

OpenAIRE, РІНЦ, EBSCO)
3. Vladyslav Shlykov The propagation of the temperature wave in myocardium. *«EUREKA: Physics and Engineering»*. 2018. № 2. P. 52 – 62. (ISSN 2461-4254, ResearchBib, *іноземне видання*)
4. Шликов В.В. Дослідження температуропровідності міокарду в умовах штучного кровообігу. *Вісник ЖДТУ: зб. наук. пр. Серія: "Технічні науки"*. 2018. № 1(81). С. 74 – 86. (ISSN 1728-4260, Google Scholar, Index Copernicus)
5. Данилова В.А., Шлыков В.В. Применение тепловидения в диагностике сосудистых патологий. *Электроника и связь*. 2014. Том 19, №5(82). С. 73 – 75. (ISSN 1811-4512, Google Scholar)
6. Данілова В.А., Шликов В.В. Тепловізійне дослідження розподілу температури міокарда. *Наукові Вісті НТУУ «КПІ». Серія: Приладобудування та інформаційно-вимірювальна техніка*. 2014. №5 . С. 106 – 111. (ISSN 1810-0546, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, РІНЦ, EBSCO)
7. Лагутин А.Ю., Шлыков В.В., Гришина Н.Л. Средства оценки состояния ЦНС у кардиохирургических больных. *Международный научно-исследовательский журнал*. Екатеринбург. 2014. № 5-3 (24). Часть 4. С. 26 – 27. (ISSN 2303-9868, РІНЦ, *іноземне видання*)
8. Khudetskyy I.U., Danilova V.A., Shlykov V.V. Use of Thermal Imaging for Control of the Process Hypothermia Cardiac. *The Polish Journal of Applied Sciences, Lomza State University of Applied Sciences*. 2015. Vol. 1, No 3. P. 93-96 (ISSN: 2451-1544, SCIE, *іноземне видання*)
9. Данілова В.А., Шликов В.В. Метод безконтактного контролю температури. *Наукові Вісті НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування.* 2015. Вип. 49(1). С. 88 – 94. (ISSN 1810-0546, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, РІНЦ, EBSCO)
10. Шлыков В.В., Данилова В.А. Применение метода устранения шумов изображений. *Журнал «Молодой ученый»*. 2016. №13 (117). Часть 3. С. 284 – 287. (РІНЦ, *іноземне видання*)
11. Максименко В.Б., Шлыков В.В., Данилова В.А. Модель распределения теплового потока в теплообменнике аппарата искусственного кровообращения. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2016. № 7 (1179). С. 119-124. (ISSN 2411-2798, РІНЦ, Google Scholar)
12. Kotovskiy V. I., Shlykov V. V., Danilova V. A. The mathematical model of heat transfer in Matlab for device of cardiopulmonary bypass in cardiology. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2016. № 49 (1221). С. 31-35. (ISSN 2411-2798, РІНЦ, Google Scholar)
13. Vitaliy B. Maksymenko, Valentina A. Danilova, Vladyslav V. Shlykov The Discrete Model for the System of the Myocardium and Coronary Vessels. *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. 2017. № 1. С 54 – 60. (ISSN 1810-0546, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, РІНЦ, EBSCO)
14. Котовский В.Й., Шлыков В.В., Данилова В.А. Неинвазивный контроль

температуры сердца при гипо- и гипертермии в условиях искусственного кровообращения. *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. 2017. № 2. С 54 – 60. (ISSN 1810-0546, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, РІНЦ, EBSCO)

15. Kotovskiy, V.I., Shlykov, V.V., Danilova, V.A. The Method of Processing Thermographic Images for the Open Heart. *Young Scientist USA*. 2017. Vol.7. P. 91 – 96 (ISBN 978-1-365-95329-3, *іноземне видання*)
16. Максименко В.Б., Шлыков В.В., Данилова В.А. Обнаружение тепловых неоднородностей для последовательности изображений в видео термограмм. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2017. № 19 (1241). С. 42 - 47. (ISSN 2411-2798, РІНЦ, Google Scholar)
17. Шлыков В.В., Данилова В.А., Диденко М.С. Пирометрическая система контроля температуры. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2017. № 20 (1242). С. 11 – 19. (ISSN 2411-2798, РІНЦ, Google Scholar)
18. Котовский В.Й., Шлыков В.В., Данилова В.А. Обработка термографического изображения открытого сердца. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С: Фундаментальные науки*. 2017. №4. С. 28 – 34 (ISSN 2070-1624, РІНЦ, *іноземне видання*)
19. Назарчук О.О., Шликов В.В., Данілова В.А. Стабілізація якості термограм шляхом усунення терморозфокусування. *Мікросистеми, електроніка та акустика*. 2017. Том 22, № 5. С. 34 – 39. (ISSN 2523-4447, Google Scholar)
20. Шлыков В.В., Данилова В.А. Клиническое применение термографического метода контроля температуры сердца. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2017. № 33 (1255). С. 35 – 38. (ISSN 2411-2798, РІНЦ, Google Scholar)
21. Шлыков В.В., Данилова В.А. Метод оценки скорости охлаждения и согревания сердца в условиях искусственного кровообращения. *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. 2017. № 6 (116). С. 47 – 52. (ISSN 1810-0546, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, РІНЦ, EBSCO)
22. Шликов В.В., Данілова В.А. Система неінвазивного контролю температури біологічних об’єктів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2017. № 5 (134). С 12 – 17. (ISSN 1997-9266, Google Scholar, РІНЦ, Index Copernicus)
23. Shlykov V., Danilova V., Maksymenko V. Numerical model for heat transfer based on thermographic imaging of the heart. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2017. Вип. № 4(107). С 62 – 68. (ISSN 2307-4949, Google Scholar)
24. Vladyslav Shlykov, Vitalii Kotovskyi, Nikolaj Višniakovc, Andžela Šešok The IR-thermal imaging method for evaluation of the status of myocardial coronary vessels under the condition of artificial blood circulation. *Technology and Health Care*. 2018. Vol. 26(2), May. P. 571 – 576. (ISSN 0928-7329, Academic Source Complete, CSA Illumina, EMBIO, EMCare, Google Scholar, Science & Technology Collection, Scopus, Web of Science (SciSearch), *іноземне видання*)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

25. Максименко В.Б., Шликов В.В., Гаган М. Програмно-апаратні засоби обробки термометричного зображення. *Міжнародний медичний конгрес*. (Київ, 25 вересня 2012). Київ, 2012. С. 89.
26. Данілова В.А., Шликов В.В. Обробка даних термограм серця. *Матеріали IV Міжнародної конференції Біомедична інженерія і технологія. Проблеми біомедичної інженерії в охороні здоров'я*. (Київ, 17 квітня 2013). Київ, 2013. С. 90.
27. Максименко В.Б., Шликов В.В., Данілова В.А. Застосування теплобачення в діагностиці судинних патологій. *Матеріали IV Міжнародної конференції Біомедична інженерія і технологія. Проблеми біомедичної інженерії в охороні здоров'я*. (Київ, 17 квітня 2013). Київ, 2013. С. 89.
28. Данилова В.А., Шлыков В.В. Термографические исследования у кардиохирургических больных. *Материалы конференции: II-я Международная виртуальная Интернет конференция "Биотехнология. Взгляд в будущее"*. (Россия, Казанский (Приволжский) федеральный университет, кафедра биотехнологии, 26.03.2013). Казань, 2013. С. 401 – 403.
29. Шлыков В.В., Данилова В.В., Бритва Н.О. Исследования термограмм мозга и открытого сердца. *Материалы конференции: 24-я Международная Крымская конференция "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии"*. (Севастопольский НТУ, 7 – 13 сентября 2014). Севастополь, 2014. С. 1033 – 1035. (*Scopus*).
30. Шликов В.В., Діденко М.С., Білошицька О.К. Технологія неінвазивного вимірювання температури. *Матеріали науково-практичної конференції біомедичних інженерів і технологів України "Вітчизняні інженерні розробки для охорони здоров'я"*. (Київ, НТУУ «КПІ», 19 – 21 квітня 2016). Київ, 2016. С. 35 – 36.
31. Максименко В.Б., Шликов В.В., Данілова В.А. Термографічні дослідження градієнта температур на поверхні серця. *Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції "Зварювання та термічна обробка живих тканин. Теорія. Практика. Перспективи"* (Київ, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, 25 – 26 листопада 2016). Київ, 2016. С. 34.
32. Шликов В.В. Біофізичні особливості застосування методів інфрачервоної термографії в кардіохірургії. *Перша міжуніверситетська науково-практична конференція: "Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії"*. (Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 26 – 27 квітня, 2017). Київ, 2017. С. 104.
33. Діденко М.С., Шликов В.В. Контроль температури міокарда при відкритих операціях на серці з використанням апарату штучного кровообігу. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Наука та інформація"*. (Європейський центр науки, 20 – 22 червня, 2017). Київ, 2017. С. 20.
34. Vitaliy Maksymenko, Valentyna Danilova, Vladyslav Shlykov The discrete

model for the system of the myocardium and coronary vessels. *3rd Conference "Approximation Methods for Molecular Modeling and Diagnosis Tools"*. (Kyiv, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, January 26 – 30, 2017). Kyiv, 2017. P. 3.

35. Vladyslav Shlykov, Valentyna Danilova, Vitaliy Maksymenko Heat transfer model based on thermographic imaging of the heart in open chest conditions. *17th European Congress on Extracorporeal Circulation Technology*. (France, Marseille, June 14 – 17, 2017). Marseille, 2017. P. 181 – 191.
36. Шлыков В.В., Данилова В.А. Цифровая обработка видеоданных термограмм для открытого сердца. *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції "Зварювання та термічна обробка живих тканин. Теорія. Практика. Перспективи"*. (Київ, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, 1 – 2 грудня 2017). Київ, 2017. С. 27.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

37. Шликов В.В. Біофізичні особливості застосування методів інфрачервоної термографії в кардіохірургії. *Біомедична інженерія*. 2017. № 5. С. 104 – 110. URL: http://fbmi.kpi.ua/science/journal
38. Шликов В.В. Захист міокарда при операціях на відкритому серці. *Біомедична інженерія і технологія*. 2018. №1 (1). С. 37 – 43. URL: http://fbmi.kpi.ua/science/journal
39. Данилова В.А., Шлыков В.В. Use Of Thermal Imaging For Diagnosis Of Vascular Pathologies. *Электронный научный журнал: Биомедицинская инженерия и электроника*. 2014. № 1. URL: http://biofbe.esrae.ru/pdf/2014/1/939.pdf
40. Vladyslav Shlykov, Valentyna Danilova, Vitaliy Maksymenko The Model of the Myocardium in the MSC Sinda System. *Cardiology and Cardiovascular Research*. 2017. Volume 1, Issue 2, March. P. 18 – 22. (*іноземне видання*) URL: http://article.sciencepublishinggroup.com/pdf/10.11648.j.ccr.20170101.13.pdf
41. Діденко М.С., Шликов В.В. Контроль температури міокарда при відкритих операціях на серці з використанням апарату штучного кровообігу. *Наук. журнал "Альманах науки"*. 2017. № 4. С. 20 – 22. URL: http://www.ecentrnauki.ltd.ua/
42. Shlykov V., Danilova V., Maksymenko V., Sychyk M. Application of Model of Heat Exchange for Myocardium Provided Stationary Convection Laminar Flow. *Journal of Cardiology & Current Research*. 2017. Volume 10, Issue 1. URL. http://medcraveonline.com/JCCR/JCCR-10-00350.pdf
43. Шликов В.В., Данілова В.А. Клінічне вимірювання температури серця. *Біомедична інженерія і технологія*. 2018. № 1 (1). С. 80 – 84. URL: http://fbmi.kpi.ua/science/journal
44. Shlykov Vladyslav, Kotovskyi Vitalii, Dubko Andrey, Visniakov, Nikolaj, Šešok Andžela Temperature monitoring for high frequency welding of soft biological tissues: A prospective study. *Technology and Health Care*. 2019. Vol. Pre-press, April 2019. P. 1 – 7. (*іноземне видання*)

45. Shlykov V.V., Maksymenko V.B. The Method of Determining Conductibility for Coronary Vessels by Thermography. *Cybernetics and Computer Engineering*. 2019. Vol. 2(196). P. 59 – 79. (*іноземне видання*)
46. Муравйов О.В., Назарчук О.О., Шликов В.В., Максименко В.Б. Світлосильний атермалізований об'єктив для інфрачервоної області спектра: *патент на корисну модель №118184, МПК G02B 13/14 (2016.01)*; власник ДУ «НІССХ ім. М.М. Амосова НАМН України»; заявка u201701404 від 14.02.2017, опубл. 25.07.2017, бюл. №14. 4 с.
47. Шликов В.В., Данілова В.А., Максименко В.Б., Гльоза М.Ю. Спосіб контролю температури крові на виході теплообмінника апарату штучного кровообігу: *патент на корисну модель № 127162, МПК (2018.01)*; власник ДУ «НІССХ ім. М.М. Амосова НАМН України»; заявка u201712554 від 18.12.2017, опубл. 25.07.2018, бюл. №14. 4 с.
48. Шликов В.В., Данілова В.А., Максименко В.Б., Настенко Є.А. Спосіб оцінки температурних неоднорідностей на термографічних зображеннях біологічних об’єктів: *патент на корисну модель №129904, МПК A61B 5/01 (2006.01), A61B 5/00, A61N 5/00*; власник ДУ «НІССХ ім. М.М. Амосова НАМН України»; заявка u201712551 від 20.01.2018, опубл. 26.11.2018, бюл. №22. 4 с.

АНОТАЦІЯ

Шликов В. В. Інформаційна технологія неінвазивного контролю температури серця людини в умовах регульованого охолодження та зігрівання під час штучного кровообігу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.09 – медична та біологічна інформатика і кібернетика. – Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, 2019.

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-прикладну проблему розроблення інформаційної технології неінвазивного контролю температури серця людини під час регульованого охолодження і зігрівання.

Вперше запропоновано технологію неінвазивного контролю температури серця пацієнта в умовах штучного кровообігу, що дає змогу вдосконалити існуючі клінічні методи інтраопераційного захисту серця і мозку на основі впровадження в кардіохірургічну практику методів інфрачервоної термографії в діапазоні температур від +4°С до +38°С.

Застосування математичних моделей для теплових процесів у серці під час гіпотермії та гіпертермії дає змогу теоретично дослідити розподіл глибинних і поверхневих температур у тканинах, а також суттєво підвищити вірогідність клінічної інтерпретації результатів застосування інформаційної технології неінвазивного контролю температури.

Розроблено моделі розподілу температури у серці, які дають змогу оцінити градієнт температур на поверхні серця, розрахувати температурні коефіцієнти охолодження і зігрівання міокарда, температуропровідність тканин, що

уможливлює візуалізацію ішемічних ділянок на поверхні міокарда.

Метод виявлення малих температурних неоднорідностей з фільтрацією візуальних фонів міокарда під час гіпотермії і гіпертермії дає змогу виділити за даними розподілу температур на термограмі гілки коронарних судин та їх дистальні ділянки. Отримані дані уможливлюють визначення ступеня коронарної обструкції та ступеня звуження коронарних артерій, що дає змогу зменшити ймовірність ішемічних ускладнень після операції на відкритому серці.

Дослідження, проведені на клінічній базі Національного інституту серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України, показують високу ефективність і достатню точність розроблених неінвазивних методів інфрачервоної термографії. Запропонована інформаційна технологія неінвазивного контролю температури серця є абсолютно нешкідливою для пацієнта та вирішує проблему вимірювання глибинної температури тканин міокарда, в тому числі дистанційного контролю температури серця в умовах штучного кровообігу.

Ключові слова: термограма, міокард, обробка зображень, розподіл температури, температура серця, температурні хвилі, гіпотермія, гіпертермія, штучний кровообіг.

АННОТАЦИЯ

Шлыков В. В. Информационная технология неинвазивного контроля температуры сердца человека в условиях регулируемого охлаждения и согревания во время искусственного кровообращения. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.09 – медицинская и биологическая информатика и кибернетика. – Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", Киев, 2019.

В диссертационной работе решена актуальная научно-прикладная проблема разработки информационной технологии неинвазивного контроля температуры сердца человека во время регулируемого охлаждения и согревания.

Разработка новых методов и средств контроля температуры сердца в условиях искусственного кровообращения связана с такими факторами, как применение интраоперационной защиты мозга и сердца, предотвращение риска инфицирования пациента, уменьшение влияния инструментальной составляющей на процесс измерения, возможность проведения диагностики функционирования коронарных сосудов в реальном масштабе времени без ущерба для здоровья и т.д.

Впервые предложена технология неинвазивного контроля температуры сердца пациента в условиях искусственного кровообращения, что позволяет усовершенствовать существующие клинические методы интраоперационной защиты сердца и мозга на основе внедрения в кардиохирургическую практику методов инфракрасной термографии в диапазоне температур от + 4°С до + 38°С.

Применение математических моделей для тепловых процессов в сердце во

время гипотермии и гипертермии позволяет теоретически исследовать распределение глубинных и поверхностных температур в тканях миокарда, а также существенно повысить достоверность клинической интерпретации результатов применения информационной технологии неинвазивного контроля температуры.

Для определения температурных характеристик миокарда получено решение уравнения теплопроводности с учетом функции изменения температуры миокарда во времени в условиях регулируемой гипотермии и гипертермии сердца.

Разработаны модели распределения температуры в сердце, которые позволяют оценить градиент температур на поверхности сердца, рассчитать температурные коэффициенты охлаждения и согревания миокарда, температуропроводность тканей и выполнить визуализацию ишемических участков на поверхности миокарда.

Метод выявления малых температурных неоднородностей с фильтрацией визуальных фонов миокарда при гипотермии и гипертермии позволяет выделить по данным распределения температур на термограмме ветви коронарных сосудов и их дистальные участки. Полученные данные позволяют определить степень коронарной обструкции и степень сужения коронарных артерий, что уменьшает вероятность ишемических осложнений после операции на открытом сердце.

Внедрение в клиническую практику интраоперационной защиты сердца и мозга на основе информационной технологии неинвазивного контроля температуры сердца существенно повышает безопасность операций в условиях искусственного кровообращения, позволяет диагностировать ишемические зоны в миокарде, обеспечивает дополнительную информацию о процессах охлаждения и согревания. Применение разработанных методов неинвазивного контроля температуры сердца существенно уменьшает возможные риски послеоперационных осложнений и сокращает период реабилитации кардиохирургических больных.

Использование технологии неинвазивного контроля температуры при проведении абляции тканей током высокой частоты делает возможным применение метода неинвазивного контроля температуры для выбора оптимального режима работы сварочного аппарата при коагуляции сердечной ткани. Применение технологии позволяет определить момент времени для снятия электродов и проводить эффективную абляцию тканей миокарда.

Исследования, проведенные на клинической базе Национального института сердечно-сосудистой хирургии имени Н.Н. Амосова НАМН Украины показывают высокую эффективность и достаточную точность разработанных неинвазивных методов инфракрасной термографии. Предложенная информационная технология неинвазивного контроля температуры сердца является абсолютно безвредной для пациента и решает проблему измерения глубинной температуры тканей миокарда, в том числе дистанционного контроля температуры сердца человека в условиях искусственного кровообращения.

Ключевые слова: термограмма, миокард, обработка изображений,

распределение температуры, температура сердца, температурные волны, гипотермия, гипертермия, искусственное кровообращение.

ANNOTATION

Shlykov, V. V. The Information technology of non-invasive control the temperature of the human heart in conditions of controlled cooling and warming during cardiopulmonary bypass. – Qualification scientific work with the manuscript copyright.

Dissertation for the scientific degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.11.17 – Medical and Biological Informatics and Cybernetics. – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”. – Kyiv, 2019.

In the dissertation the methodical and technical means of technology of non-invasive control and effective regulation of heart and body temperature in conditions of cardiopulmonary bypass are substantiated and developed.

For the first time, the technology of non-invasive control of heart's temperature in conditions of cardiopulmonary bypass circulation has been proposed, which allows to improve the existing clinical methods of intraoperative protection of the heart and brain on the basis of the introduction of technique for infrared thermography in the cardiac surgery in at the temperature range from + 4°C to + 38°C.

The application of mathematical models for thermal processes in the heart for hypothermia and hyperthermia allows theoretically investigating the distribution of deep and superficial temperatures in the tissues, as well as significantly increasing the reliability of the clinical interpretation of the results for the application of the technology of non-invasive temperature control.

The developed thermal models of heat exchange between the coronary vessels and the myocardium allow estimating the temperature gradient on the surface of the heart, to calculate the temperature coefficient of cooling and warming of the myocardium, the temperature conductivity of the tissues that makes possible to determine the presence of ischemic regions on the surface of the myocardium.

The method of digital processing of thermograms with the filtration of the visual backgrounds of the myocardium in the process of hypothermia and hyperthermia allows according for data of the temperature distribution to find on the thermogram the branches of coronary vessels and their distal regions. The obtained data allow determining the degree of coronary obstruction and the degree of narrowing of the coronary arteries, which reduces the probability of ischemic complications after surgery for the open heart.

Studies that conducted at the clinical base of the Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery NAN Ukraine show high efficiency and sufficient accuracy of non-invasive methods of infrared thermography, as the technical means for detecting pathology and assessing the functional state of the cardiovascular system in case blood flow disorders.

Keywords: thermogram; myocardium; image processing; temperature distribution, heart temperature, temperature waves, hypothermia, hyperthermia, cardiopulmonary bypass.