БИОМЕДИЦИНСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 616.1

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА БИОМЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

А. В. Горбунов, д. м. н., профессор кафедры БМТ ТГТУ, Тамбов, Россия;
orcid.org/0000-0002-6880-0472, e-mail: alexey.gorbunov@mail.ru
Е. Н. Туголуков, д.т.н., профессор кафедры ТТПН ТГТУ, Тамбов, Россия;
orcid.org/0000-0003-1766-3786, e-mail: tugolukov.en@mail.ru
А. В. Непрокин, аспирант ТГТУ, Тамбов, Россия;
orcid.org/0000-0002-4729-0450, e-mail: alexhome16@mail.ru
П. А. Палатов, студент ТГТУ, Тамбов, Россия;
orcid.org/0009-0000-8416-4376, e-mail: palatov.pavel01@gmail.com

Целью работы *является разработка системы прогнозирования рисков сердечно-сосудистых заболеваний. Описаны общеизвестные подходы к оценке риска сердечно-сосудистых заболеваний, а также факторы, учитываемые при подсчёте в исследуемой системе. Созданы алгоритм и его реализация на базе языка программирования C#, задачей которых является повышение эффективности работы врача при анализе данных пациента. В системе учитываются антропометрические, биохимические, морфологические, физиологические, социальные факторы и сопутствующие заболевания. Выбранные факторы риска учитываются в национальных рекомендациях стран Европы, США и России. В программной реализации учитывается актуальная проблема коморбидных расстройств с возможностью дополнительного анализа параметров эпилептической активности и глазодвигательных нарушений, полученных с применением системы комплексного исследования головокружений, что позволит анализировать взаимовлияние сердечно-сосудистых заболеваний, неврологических расстройств и вестибулярных нарушений.*

Ключевые слова: *факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний, информационная система, система комплексного исследования головокружений.*

DOI: 10.21667/1995-4565-2023-84-187-193

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) – являются основной причиной смертности во всем мире. По данным Росстата, в 2020 году в России от ССЗ погибло 938,5 тысяч человек. По данным на 2019 год, ССЗ являются второй причиной инвалидизации населения России, составляя около 29 % от общего количества. Смертность от ССЗ, количество госпитализированных, ущерб экономике – по всем этим показателям Россия в 4-6 раз превосходит аналогичные показатели других развитых стран [1]. Актуальной остаётся проблема оценки риска появления у пациента сердечно-сосудистых заболеваний на основе известных факторов.

Для создания системы прогнозирования необходимо выбрать факторы, влияющие на ССЗ. Существуют различные шкалы для оценки риска сердечно-сосудистых заболеваний, самые известные из них SCORE и Фрамингемская. Но, к сожалению, эти шкалы делают выводы на основе только четырех факторов риска, тогда как на самом деле их намного больше. Отметим, что шкалы, учитывающей большинство из факторов, перечисленных в различных национальных рекомендациях, нами не найдено.

К факторам риска относятся не только физические и возрастные данные пациента, но и сопутствующие сердечно-сосудистым заболеваниям иные болезни и социальные факторы. Стоит отметить, что существуют факторы риска, влияние которых на ССЗ не до конца выявлено.

Также все большую актуальность приобретает проблема коморбидности (одновременного наличия нескольких заболеваний у одного пациента), при которой могут наблюдаться состояния как с одинаковым, так и с совершенно различным патогенезом и проявлениями заболеваний (например ССЗ, эпилепсия, головокружения различного генеза) [2].

Следует принимать во внимание данные о более высокой, чем в основной популяции, частоте сосудистых факторов риска при некоторых периферических вестибулопатиях [3]. Взаимосвязь цереброваскулярных заболеваний и периферических вестибулопатий, а также их взаимовлияние с когнитивными нарушениями требуют дальнейших исследований, в том числе с применением системы комплексного исследования данных видеонистагмографии (ВНГ) и электроэнцефалографии (ЭЭГ) и учётом полученных данных в рассматриваемой системе [4, 5].

Таким образом, можно сделать вывод, что факторов риска, влияющих на ССЗ, существует большое количество. Поэтому нет сомнения, что существует необходимость в разработке системы мониторинга биомедицинских данных с целью прогнозирования рисков сердечно-сосудистых заболеваний и повышения эффективности работы врача при анализе данных [1-10].

Для этого авторы ставят следующие задачи:

– группирование факторов риска ССЗ с целью выявления наиболее значимых;

– на основе выведенных факторов риска ССЗ разработать информационную систему оценки факторов риска;

– возможность учёта в системе дополнительных параметров (эпилептической активности и глазодвигательных нарушений).

Теоретическая часть

Понятие риска часто связано с неопределенностью, недостатком информации об опасности, которая может угрожать человеку. Из-за того, что ССЗ не проявляют себя на ранних стадиях, а именно на данной стадии осуществляется наиболее эффективное лечение, заболевания становятся заметными в запущенном виде или же, к сожалению, достигают крайней точки в виде инфарктов и инсультов, используют различные шкалы оценки для прогнозирования, исходя из факторов риска. Шкалы риска ССЗ применяют объективные критерии и помогают оптимизировать прием и лечение пациентов. К общеизвестным шкалам риска ССЗ следует отнести: SCORE, TIMI, GRACE, Фрамингемскую.

SCORE представляет из себя калькулятор, в который пациент может поместить свои данные, такие как: пол, возраст, систолическое артериальное давление (АД), холестерин. На основе этих данных калькулятор выдает вероятность развития ССЗ со смертельным исходом в течение 10 лет [6].

Шкала TIMI оценивает риск смерти пациентов с инфарктом миокарда с элевацией сегмента ST. Эта шкала была разработана на основе крупномасштабного исследования TIMI 11B и ESSENCE [7]. За основу бралась база по 7081 пациенту с нестабильной стенокардией и острым инфарктом миокарда без подъема ST сегмента. Для оценки шкала запрашивает у пациентов: возраст, наличие трех и более факторов риска атеросклероза, ранее выявленный стеноз коронарной артерии более 50 % диаметра, подъем или депрессия сегмента ST на ЭКГ при поступлении, два и более приступа стенокардии за последние 24 часа, прием аспирина в течение последних 7 суток, повышение маркеров некроза миокарда. На основе этих данных шкала выдает вероятность смерти от инфаркта миокарда в ближайшие 2 недели.

Шкала GRACE позволяет на основе имеющихся данных оценить риск летальности и развития инфаркта миокарда, а также оптимизировать план лечения пациента. Для оценки используются: возраст, частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое АД, креатинин плазмы, была ли остановка сердца на момент поступления пациента, смещение сегмента ST,

инверсия зубца Т, повышенный уровень маркеров некроза миокарда в крови, класс сердечной недостаточности. После обработки данных по шкале GRACE врачи получают вероятность ближайших сердечно-сосудистых исходов, таких как смерть, инфаркт миокарда и др.

Фрамингемская шкала оценивает риск развития нефатальных и фатальных сердечно-сосудистых заболеваний в течение 10 лет. Название пошло от названия города Фрамингема, в котором в 1994 г. на основе двенадцатилетнего обширного популяционного исследования рисков сердечно-сосудистых событий была разработана шкала. Для вычисления риска шкала использует данные о возрасте, систолическом АД, лечении АГ, сахарном диабете, курении, ССЗ в анамнезе, мерцательной аритмии, гипертрофии ЛЖ по ЭКГ. Шкала учитывает особенно важные для прогноза факторы риска и также состояния, которые ухудшают индивидуальный прогноз.

Практическая реализация системы

Следует разделить факторы риска на антропометрические, биохимические, морфологические, физиологические, сопутствующие заболевания и социальные факторы. Актуальной задачей является исследование взаимовлияния ССЗ, эпилептической активности и вестибулярных нарушений, особенно в случаях тяжёлых неврологических заболеваний, с учётом параметров, полученных с применением системы комплексного анализа данных ВНГ и ЭЭГ, обеспечивающих повышение точности, воспроизводимости и сопоставимости результатов исследований головокружений (рисунок 1). Интерфейс разработанной системы приведён на рисунке 2.

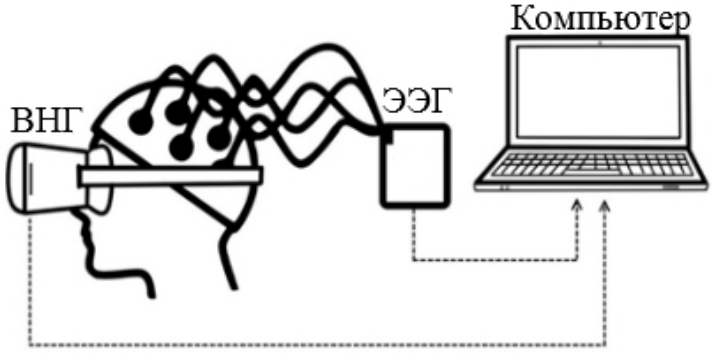

Рисунок 1 – Общая схема системы комплексного исследования головокружений [5]
Figure 1 – Schematic of the system for complex study of dizziness [5]

Из антропометрических показателей выделяем: возраст (V), пол (G), индекс массы тела (BMI), объём талии (W). Показатели по степени риска возраста человека ранжируем следующим образом: крайне высокий – старше 70 лет, очень высокий – 60-69 лет, высокий – 50-59 лет, средний – 40-49 лет, низкий 30-39 лет и очень низкий – до 30 лет. Показатели по степени риска в зависимости от пола человека ранжируем как высокий у мужчин и низкий у женщин. Показатели по степени риска в зависимости от BMI ранжируем следующим образом: высокий – более 30.0 кг/м², средний – 25.0-30.0 кг/м², низкий – 18.5-25.0 кг/м². Показатели по степени риска W ранжируются следующим образом: высокий – более 102 см у мужчин и от 94 до 102 см у женщин и низкий – от 88 до 102 см у мужчин и от 80 до 88 см у женщин.

Подраздел биохимических показателей включает в себя: уровень ЛПНП (LDL), скорость клубочковой фильтрации (GFR). Показатели по степени риска в зависимости от уровня ЛПНП ранжируем так: высокий – 3.0, средний – 2.0 и низкий – 1.4 ммоль/л. Показатели по степени риска GFR: высокий – меньше 60 мл/мин, средний – от 5.5 до 80 мл/мин, низкий – больше 80 мл/мин.

Подраздел физиологических показателей включает в себя: систолическое артериальное давление (AP) и пульс (P). Показатели риска систолического АД: высокий – выше 140 мм рт. ст.

или ниже 90 мм рт. ст., средний – 120-139 мм рт. ст., низкий – ниже 120 мм рт. ст., но выше 90 мм рт. ст. Показатели степени риска по частоте пульса: высокий – больше 80 уд./мин и меньше 50 уд./мин., средний – 60-80 уд./мин., низкий – 50-60 уд./мин.

Нозологический раздел включает в себя следующие показатели: сахарный диабет (SD), артериальная гипертония (AG), мерцательная аритмия (MA), инфаркт миокарда (IM), острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) (речевые, двигательные и иные нарушения в структуре неврологического дефицита). Показатели по степени риска в зависимости от SD: очень высокий – есть выраженные осложнения (полинейропатии, нефропатия, диабетическая стопа), высокий – есть невыраженные осложнения (начало полинейропатии), средний – SD без осложнений, низкий – нет SD. Показатели по степени риска AG: очень высокий – AG с поражением 2 и более органов-мишеней, высокий – AG с поражением одного органа-мишени, средний – AG без поражений органов-мишеней, низкий – нет AG. Показатели по степени риска MA: высокий – есть пароксизмальная/персистирующая форма, средний – есть постоянная форма, низкий – нет. Показатели по степени риска IM: высокий – есть трансмуральный IM, средний – есть нетрансмуральный IM, низкий – нет IM. Показатели по степени риска в зависимости от ОНМК: очень высокий – есть неврологический дефицит более 21 суток, высокий – есть неврологический дефицит от 1 до 21 суток, средний – есть неврологический дефицит до 1 суток, низкий – нет неврологического дефицита.

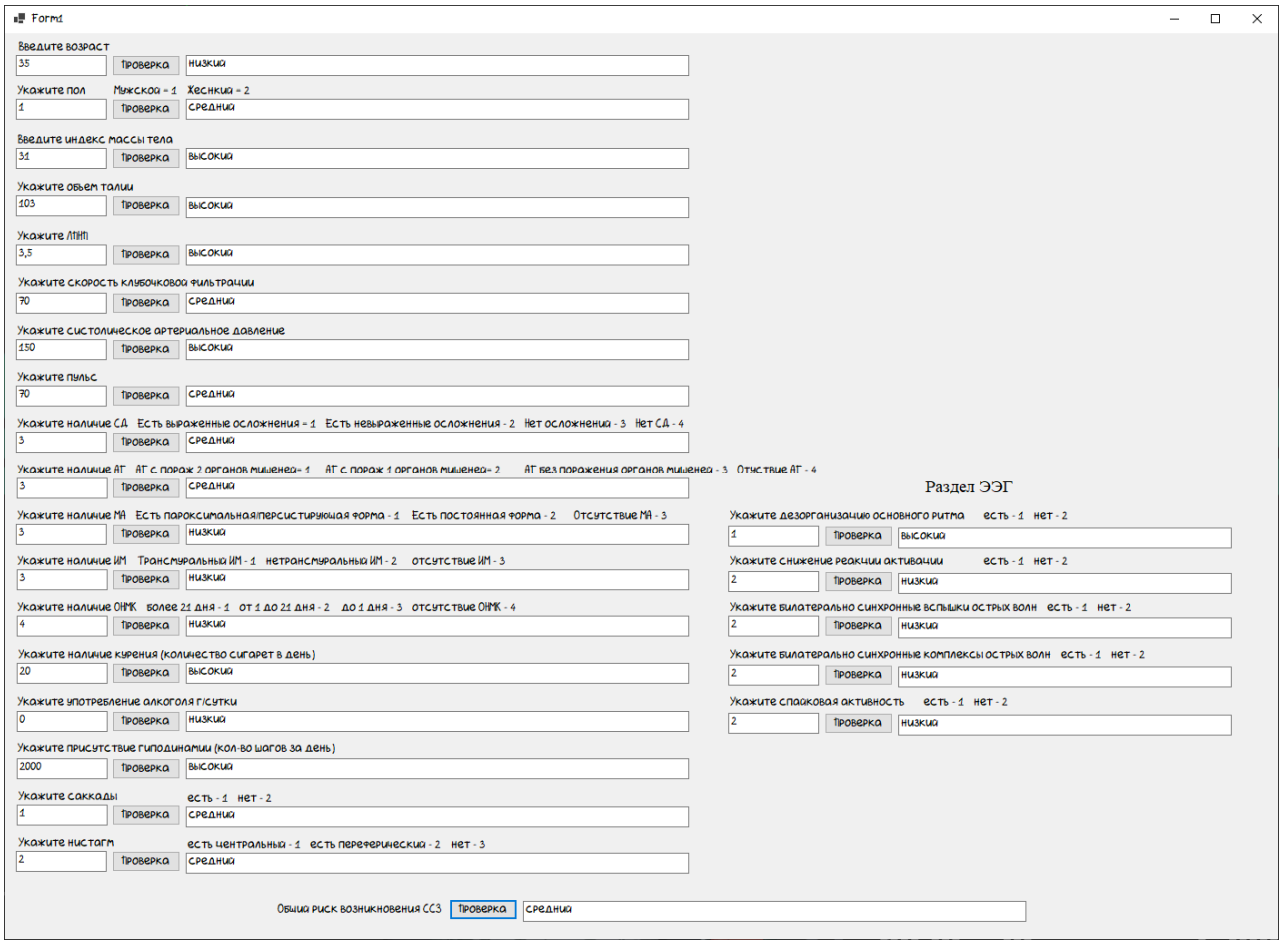

Рисунок 2 – Интерфейс информационной системы
Figure 2 – Information system interface

Социальный раздел включает в себя следующие показатели: курение (S), употребление алкоголя (ZA), гиподинамия (GD). Показатели по степени риска по S: высокий – больше 10 выкуренных сигарет в сутки, средний – меньше 10, низкий – нет. Показатели риска ZA (спирт): высокий – больше 60 г/сутки у мужчин, больше 40 г/сутки у женщин, средний – от 30 до 60 г/сутки у мужчин, от 20 до 40 г/сутки у женщин, низкий – от 0 до 30 г/сутки у муж-

чин, от 0 до 20 г/сутки у женщин. Показатели риска GD: высокий – меньше 5000 шагов в сутки, средний – от 5000 до 10000 шагов в сутки, низкий – более 10000 шагов в сутки.

Раздел нистагмографии: саккады (Sa), нистагм (Ng). Показатели по степени риска по Sa: средний – есть, низкий – нет. Показатели по степени риска по Ng: высокий – есть центральный, средний – есть периферический, низкий – нет.

Раздел электроэнцефалографии: дезорганизация основного ритма (HR), снижение реакции активации (RA), билатерально синхронные вспышки острых волн (VHV), билатерально синхронные комплексы острых волн (CHV), спайковая активность (SA). Показатели по степени риска по HR: высокий – есть, низкий – нет. Показатели по степени риска по RA: средний – есть, низкий – нет. Показатели по степени риска по VHV: средний – есть, низкий – нет. Показатели по степени риска по CHV: высокий – есть, средний – нет. Показатели по степени риска по SA: высокий – есть, средний – нет.

Для каждого из показателей значения и их диапазоны по каждой степени влияния на риски ССЗ были взяты из принятых рекомендаций.

В информационной системе есть возможность оценки каждого риска отдельно, в связи с чем пациент, не имея всех необходимых показателей, может проверить отдельный фактор и в случае заинтересованности обратиться к соответствующему врачу для работы по минимизации риска.

После ввода значения в текстовое поле и нажатия на кнопку «Проверка» происходит присвоение соответствующей переменной коэффициента, который имеет степень риска соответствующего фактора. Присвоенная степень риска появляется в соседнем текстовом поле. Данный метод повторяется для всех учитываемых факторов. После введения всех факторов и нажатия на кнопку проверки общего риска происходит подсчёт общего риска и в соседнем окне выдаётся результат.

Заключение

Разработана информационная система, задачей которой является повышение эффективности работы врача, обследующего пациента. Ввиду отсутствия в информационной системе факторов риска, степень влияния которых должен оценивать узкоспециализированый медицинский персонал, допускается возможность самостоятельной оценки риска пациентом при наличии у него соответствующих биомедицинских данных.

В связи с возрастающей актуальностью коморбидных расстройств в информационной системе возможны учёт дополнительных параметров и исследование взаимосвязи сердечно-сосудистых заболеваний с эпилептической активностью и вестибулярными расстройствами.

Библиографический список

1. Здравоохранение в России. 2021: статистический сборник. М.: Росстат, 2021. 171 с.

2. Коморбидность и эпилепсия в клинической практике: описание клинического случая / Кожокар А. Б. [и др.] // Кремлевская медицина клинический вестник. 2020. № 3. С. 144-149.

3. **Кутлубаев М. А., Замерград М. В.** Роль факторов сердечно-сосудистого риска в развитии периферических вестибулопатий // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2019. № 119. С. 85-89.

4. Коморбидная патология в клинической практике. Алгоритмы диагностики и лечения / Оганов Р. Г. [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019. № 18 (1). С. 5-66.

5. **Непрокин А. В.** Информационная система для комбинированного анализа данных видеонистагмографии и электроэнцефалографии // Системы управления и информационные технологии. 2022. № 2 (88). С. 71-75.

6. SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe / S. Hageman [et al.] // European heart journal. 2021. no. 42(25). pp. 2439-2454.

7. **Tang E. W., Wong C. K, Herbison P**. Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE) hospital discharge risk score accurately predicts long-term mortality post acute coronary syndrome // American heart journal. 2007. no. 153(1). pp. 29-35.

8. **Gromov Y. Y., Gorbunov A. V., Tyutyunnik V. M.** Intelligent digitalization of cardiovascular risks // Cardiometry. 2022. no. 22. pp. 77-94.

9. **Gorbunov A., Abbas S. F., Loktev A.** Logical-linguistic Model of Risks of the Cardiovascular System. 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russian Federation, 2021, pp. 505-508.

10. **Tyutyunnik V. M., Kopylov S. A., Gorbunov A. V., Zemtsov I. A.** Transfer Equations for the U-Shaped Section of the Cerebral Vessel. 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russian Federation, 2022, pp. 149-151.

UDC 616.1

BIOMEDICAL DATA MONITORING SYSTEM FOR CARDIOVASCULAR RISK PREDICTION

A. V. Gorbunov, Dr. Sc. (Med.), associate professor, TSTU, Tambov, Russia;
orcid.org/0000-0002-6880-0472, e-mail: alexey.gorbunov@mail.ru
E. N. Tygolukov, Dr.Sc. (Tech.), full professor, TSTU, Tambov, Russia;
orcid.org/0000-0003-1766-3786, e-mail: tugolukov.en@mail.ru
A. V. Neprokin, post-graduate student, TSTU, Tambov, Russia;
orcid.org/0000-0002-4729-0450, e-mail: alexhome16@mail.ru
P. A. Palatov, student, TSTU, Tambov, Russia;
orcid.org/0009-0000-8416-4376, e-mail: palatov.pavel01@gmail.com

The aim of the work is *to develop information system for predicting cardiovascular disease risk. Common approaches to cardiovascular disease risk assessment are described, as well as the factors taken into account during examination of a patient. An algorithm and its implementation based on C# programming language have been created which is designed to simplify a doctor's work when analyzing patient's data. The system takes into account anthropometric, biochemical, morphological, physiological comorbidities and social risk factors. Selected risk factors are listed in many national recommendations of different countries in Europe, USA and Russia. Program implementation incorporates the actual problem of comorbid disorders, with the possibility of additional analysis of epileptic activity parameters and oculomotor disorders obtained using the system of combined study of dizziness, which allows analyzing mutual influence of CVD, neurological disorders and vestibular disorders.*

Key words: *cardiovascular risk factors, information system, system for combined analysis of dizziness.*

DOI: 10.21667/1995-4565-2023-84-187-193

References

1. *Zdravoohranenie v Rossii. 2021: Statisticheskij sbornik*. Moscow: Rosstat., 2021. 171 p. (in Russian).

2. **Kozhokar A.B.** et.al. Komorbidnost' i jepilepsija v klinicheskoj praktike: opisanie klinicheskogo sluchaja. *Kremlevskaja medicina klinicheskij vestnik.* 2020, no. 3, pp. 144-149. (in Russian).

3. **Kutlubaev M. A., Zamergrad M. V.** Rol' faktorov serdechno-sosudistogo riska v razvitii perifericheskih vestibulopatij. *Zhurnal nevrologii i psihiatrii im. S.S. Korsakova. Specvypuski.* 2019, no. 119, pp. 85-89. (in Russian).

4. **Oganov R.G. et al.** Komorbidnaja patologija v klinicheskoj praktike. Algoritmy diagnostiki i lechenija. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika.* 2019, no. 18 (1), pp. 5-66. (in Russian).

5. **Neprokin A. V.** Informacionnaja sistema dlja kombinirovannogo analiza dannyh videonistagmografii i jelektrojencefalografii. *Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii.* 2022, no. 2 (88), pp. 71-75. (in Russian).

6. **Hageman S.** et al.SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe. *European heart journal.* 2021, no. 42(25), pp. 2439-2454.

7. **Tang E. W., Wong C. K., Herbison P.** Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE) hospital discharge risk score accurately predicts long-term mortality post acute coronary syndrome. *American heart journal.* 2007, no. 153(1), pp. 29-35.

8. **Gromov Y. Y., Gorbunov A. V., Tyutyunnik V. M.** Intelligent digitalization of cardiovascular risks. *Cardiometry.* 2022, no. 22, pp. 77-94.

9. **Gorbunov A., Abbas S. F., Loktev A.** Logical-linguistic Model of Risks of the Cardiovascular System. 2021 *3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency* (*SUMMA*)*,* Lipetsk, Russian Federation, 2021, pp. 505-508.

10. **Tyutyunnik V. M., Kopylov S. A., Gorbunov A. V., Zemtsov I. A.** Transfer Equations for the U-Shaped Section of the Cerebral Vessel. 2022 *4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*. Lipetsk, Russian Federation, 2022, pp. 149-151.