

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-39-48>
УДК 616.1:004.942

Использование математических моделей в кардиологии: от формул к реальной клинической практике

**В.А. Кузнецов, Л.И. Гапон, Л.М. Малишевский, Д.С. Лобунцов,
Е.А. Дзябенко, А.М. Солдатова, Г.С. Пушкарев, В.В. Тодосийчук,
Е.И. Ярославская**

Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук,
625026, Российская Федерация, Тюмень, ул. Мельникайте, 111

Аннотация

Цель: разработать и внедрить 6 калькуляторов для оценки риска различных сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в виде мобильного приложения для iOS, Android и внешней обработки для программного продукта «1С: Медицина».

Материал и методы. В Тюменском кардиологическом научном центре Томского НИМЦ (ТКНЦ) были созданы мобильное приложение для iOS/Android и внешняя обработка для программного продукта «1С: Медицина», содержащие 6 математических моделей, разработанных и запатентованных ранее в нашем центре.

Результаты и обсуждение. Мобильное приложение увеличивает удобство работы с математическими формулами и сокращает время получения их результата. Использование 1С в качестве среды разработки дает возможность осуществлять автоматическое заполнение полей калькулятора медицинскими данными пациента, что существенно упрощает и ускоряет работу с математическими моделями.

Заключение. Разработанные мобильное приложение и внешняя обработка для 1С позволили внедрить научные разработки ТКНЦ, выраженные в виде математических формул, в реальную клиническую практику за счет увеличения скорости получения результата и частичной автоматизации процесса заполнения полей.

Ключевые слова:	трансляционная медицина, кардиология, математические модели, мобильное приложение.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Прозрачность финансовой деятельности:	никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.
Для цитирования:	Кузнецов В.А., Гапон Л.И., Малишевский Л.М., Лобунцов Д.С., Дзябенко Е.А., Солдатова А.М., Пушкарев Г.С., Тодосийчук В.В., Ярославская Е.И. Использование математических моделей в кардиологии: от формул к реальной клинической практике. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2020;35(4):39–48. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-39-48 .

Mathematical models in cardiology: From formulas to real clinical practice

Vadim A. Kuznetsov, Lyudmila I. Gapon, Lev M. Malishevskii,
Daniel S. Lobuntsov, Egor A. Dziabenko, Anna M. Soldatova,
Georgiy S. Pushkarev, Viktor V. Todosiychuk, Elena I. Yaroslavskaya

Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences,
111, Melnikaite str., Tyumen, 625026, Russian Federation

Abstract

Aim. To develop and implement into clinical practice six calculators of risk for various cardiovascular diseases in the form of mobile application for iOS/Android and module for the 1C: Medicine software.

Material and Methods. At the premises of Tyumen Cardiology Research Center (TCRC) of Tomsk NRMC, we developed the mobile application for iOS/Android and module for the 1C: Medicine software based on six mathematical models that were invented and patented in our center earlier.

Results and Discussion. The use of mobile application improved the convenience of working with the mathematical formulas and reduces the time for obtaining results of calculations. Implementation of 1C as a programming environment allowed to perform automatic filling out the calculator fields with medical data from individual patients, which significantly simplified and accelerated the rate of work with mathematical models.

Conclusion. The developed mobile application and external processing for 1C allowed to implement research products of TCRC in the form of mathematical formulas into real-life clinical practice. These developments contributed to speeding up the process for acquisition of results and partial automatization of filling out the form fields.

Keywords:	translational medicine, cardiology, mathematical models, mobile application.
Conflict of interest:	the authors declare do not declare a conflict of interest.
Financial disclosure:	no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.
For citation:	Kuznetsov V.A., Gapon L.I., Malishevskii L.M., Lobuntsov D.S., Dziabenko E.A., Soldatova A.M., Pushkarev G.S., Todosiychuk V.V., Yaroslavskaya E.I. Mathematical models in cardiology: From formulas to real clinical practice. <i>The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2020;35(4):39–48. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-39-48 .

Введение

Одной из важнейших и актуальных задач современной кардиологии является разработка методов, позволяющих прогнозировать течение сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), которые занимают лидирующее место в структуре смертности во всем мире [1–3]. Принципиально новые возможности для решения этой задачи открывают информационные технологии. К особой группе научных разработок в этой сфере относятся предиктивные математические модели [4, 5]. С одной стороны, такие модели направлены на решение реальных проблем, с другой стороны, использование сложных математических формул затруднено в условиях повседневной клинической работы, внедрение инновационных формул и шкал в реальную клиническую практику часто сталкивается с инерционным барьером со стороны практикующих врачей [6]. В связи с этим актуальны решения, реализующие математические формулы в удобные программы для смартфона или персонального компьютера [7, 8]. Важными являются разработки по упрощению и автоматизации процесса сбора информации с возможностью автоматической загрузки необходимых показателей в формулы, что позволит уменьшить барьер для входа в реальную

клиническую практику и облегчит процесс использования математических моделей практикующим врачом.

Цель: разработать и внедрить 6 калькуляторов для оценки риска различных ССЗ в виде мобильного приложения для iOS, Android и внешней обработки для программного продукта «1С: Медицина».

Материал и методы

В Тюменском кардиологическом научном центре Томского НИМЦ были созданы мобильное приложение для iOS, Android и внешняя обработка для программного продукта «1С: Медицина», которые содержат 6 калькуляторов. В каждом калькуляторе используется математическая формула, разработанная и запатентованная нами ранее: «Способ прогнозирования риска развития артериальной гипертонии у мужчин трудоспособного возраста, работающих в условиях вахты на Крайнем Севере» [9], «Способ предсказания суперответа на сердечную ресинхронизирующую терапию у пациентов с хронической сердечной недостаточностью» [10], «Способ определения 10-летнего абсолютного суммарного риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин трудоспособного возраста» [11], «Способ прогнозирования риска разви-

тия пароксизмов желудочковой тахикардии у больных в первые сутки инфаркта миокарда» [12], «Способ прогнозирования риска развития желудочковых аритмий высоких градаций у пациентов, направленных на коронарную ангиографию» [13], «Способ диагностики неструктивного коронарного атеросклероза у мужчин с подозрением на ишемическую болезнь сердца» [14].

Результаты и обсуждение

Пользовательский интерфейс мобильного приложения выполнен в виде главного экрана, содержащего список из 6 калькуляторов и отдельные экраны для каждого калькулятора, поля для ввода количественных показате-

лей, выпадающие списки для качественных показателей и окно для вывода результатов (рис. 1). Существенным преимуществом мобильного приложения и внешней обработки для системы 1С является то, что все используемые в разработке калькуляторы были ранее запатентованы и доказали высокую эффективность на всех этапах работы с пациентами, начиная с профилактики и ранней диагностики, заканчивая назначением и контролем проводимой терапии [15–17].

На экране калькулятора пользователь вручную вводит количественные показатели, выбирает один из вариантов для качественных показателей, и программа выводит результат расчета с заключением.

Предсказание суперответа на сердечную ресинхронизирующую терапию у пациентов с хронической сердечной недостаточностью Prediction of super-response to cardiac resynchronization therapy in patients with chronic heart failure 0.001 Низкая вероятность ответа на сердечную ресинхронизирующую терапию Low probability of response to cardiac resynchronization therapy Возраст (годы) Age (years) 0 Длительность периода аортального выброса Pre-ejection aortic time 0 Уровень NT-proBNP (пг/л) NT-proBNP level (pg/L) 0.0	502 Высокая вероятность неструктурированного коронарного атеросклероза High probability of non-obstructive coronary atherosclerosis Возраст Age 49–54 ЭхоКГ признаки атеросклероза восходящего отдела аорты Echocardiography signs of atherosclerosis of the ascending aorta Да Артериальная гипертензия Essential hypertension Да Индекс атерогенности Atherogenicity index 4,5< AUC-0,711; $p = 0,016$ Чувствительность / Sensitivity: 65% Специфичность / Specificity: 67%	0.83>0.10 Отсутствие риска развития пароксизмов желудочковой тахикардии No risk of ventricular tachycardia paroxysm development Возраст Age 0 ЧСС при поступлении Heart rate at admission 0 САД при поступлении SBP at admission 0 КДЛ ЛЖ LVEDP 0 Размер асинергии Asynergy size 0 Значение максимальное Maximum value 0
Диагностика неструктурированного коронарного атеросклероза у мужчин с подозрением на ишемическую болезнь сердца Diagnosis of non-obstructive coronary atherosclerosis in men with suspected coronary artery disease Определение 10-летнего абсолютного суммарного риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин трудоспособного возраста Assessment of 10-year absolute total risk of death from cardiovascular diseases in working-age men	Характеристика модели Model characteristics 10-летний абсолютный суммарный риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний 23.442 10-year absolute total risk of death from cardiovascular diseases Высокий риск / High risk	Характеристика модели Model characteristics 0.00 < 1.00 Наличие риска желудочковых аритмий высоких градаций Present risk of high-grade ventricular arrhythmias
Прогнозирование риска развития пароксизмов желудочковой тахикардии у больных в первые сутки инфаркта миокарда Prediction of risk for development of ventricular tachycardia paroxysms in patients within 24 hours after myocardial infarction onset Прогнозирование риска развития желудочковых аритмий высоких градаций у пациентов, направленных на коронарную ангиографию Prediction of risk for development of high-grade ventricular arrhythmias in patients referred to coronary angiography Прогнозирование риска развития артериальной гипертензии у мужчин трудоспособного возраста, работающих в условиях вахты на Крайнем Севере Prediction of risk for development of hypertension in working-age men working under a rotation system in the Far North	Возраст Age 60 Величина ДАД (мм рт. ст.) DBP value (mmHg) 80 Величина ОХС (мг/дл) total cholesterol (mg/dL) 6 Образование Education Начальное Initial Да Yes ☒ Занятость в профессиональной группе тяжелого физического труда Occupational group of physically demanding job Да Yes ☒	Характеристика модели Model characteristics 0.078 Низкий риск развития артериальной гипертензии через 1 год Low one-year risk of developing hypertension
	Возраст Age 60 Индекс массы тела Body mass index 26 Пол Gender Мужской / Male Женский / Female ☒ Курение Smoking Да / Yes ☒ Артериальная гипертензия Essential hypertension Да / Yes ☒ Сахарный диабет Diabetes mellitus Нет / No ☒	Характеристика модели Model characteristics 0.0 Десинхронизация Desynchronization Нет / No ☒ Процентный вклад 3,4-часового ритма САД Percentage of 3,4-hour rhythm of SBP 0.0 Процентный вклад 4-часового ритма ДАД Percentage of 4-hour rhythm of DBP 0.0 Среднеквадратичное отклонение САД ночного Standard deviation of nocturnal SBP 0.0

Рис. 1. Пользовательский интерфейс мобильного приложения: а – список калькуляторов, б – поля для ввода количественных показателей, выпадающие списки для качественных показателей и окно для вывода результатов
Fig. 1. Interface of mobile application: a – the list of calculators, b – the fields for quantitative parameters, drop-down lists for qualitative parameters, and the window representing results

Пользовательский интерфейс внешней обработки для 1С выполнен в виде калькулятора, содержащего поля для выбора пациента в системе «1С: Медицина», выбора результатов инструментальных обследований, ввода переменных, используемых в калькуляторе, вывода результата (рис. 2).

Использование 1С в качестве среды разработки позволило реализовать функцию получения демографических, клинических, эхокардиографических и лабораторных показателей пациента из базы данных медицинской

организации с последующим автоматическим заполнением полей калькулятора. С этой целью разработанная функция выполняет поиск медицинских документов по запрограммированному алгоритму, при этом в зависимости от цели калькулятора подгружаются документы, имеющие разные даты. В системе «1С: Медицина» медицинские документы представлены в виде xml-файлов, откуда разработанная функция извлекает значения показателей, используемых в калькуляторе, и автоматически подставляет их в соответствующие поля.

Медицинская информационная система Тюменского кардиологического научного центра – SVR/Медицина. Больница, редакция 1.4 (1С: Предприятие)

Начальная страница Медицинские документы

Главное
Договоры и взаиморасчеты
Маркетинг
Медицинская организация
Нормативно-справочная информация
Регистратура
Листки нетрудоспособности
Контроль исполнения
Автоматизированная контрольная точка
Отделение
Приемное отделение
Статистика
Руководитель
Электронные

Калькулятор

Расчеты

1. Способ определения 10-летнего абсолютного суммарного риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин трудоспособного возраста

Результат

3,822

Средний риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний

Характеристика модели

Параметры

Пациент

Выбрать ЭхоКГ

Возраст (годы)

Образование

Начальное

Высшее или среднее

Величина ОХС (ммоль/л)

Величина ДАД (мм рт. ст.)

Занятость в профессиональной группе тяжелого физического труда

Одинокий брачный статус (в разводе, вдов или одинок)

2. Способ диагностики необструктивного коронарного атеросклероза у мужчин с подозрением на ишемическую болезнь сердца

3. Способ прогнозирования риска пароксизмов желудочковой тахикардии у больных в первые сутки инфаркта миокарда

4. Способ прогнозирования риска развития желудочковых аритмий высоких градаций у пациентов, направленных на коронарную ангиографию

5. Способ предсказания суперответа на сердечную ресинхронизирующую терапию у пациентов с хронической сердечной недостаточностью

6. Способ прогнозирования риска развития артериальной гипертонии у мужчин трудоспособного возраста, работающих в условиях вахты

Средний риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний

Характеристика модели

Параметры

Пациент

Выбрать ЭхоКГ

Возраст (годы)

Образование

Начальное

Высшее или среднее

Величина ОХС (ммоль/л)

Величина ДАД (мм рт. ст.)

Занятость в профессиональной группе тяжелого физического труда

Одинокий брачный статус (в разводе, вдов или одинок)

The screenshot displays the 'Medical information system of Tomsk Cardiology Research Center – SVR/Medicine. Hospital, edition 1.4 (1C: Enterprise)'. The interface is divided into a left sidebar with navigation links (Highlights, Contracts and payments, Marketing, Medical organization, Referenced data, Online registry, Sick leave certificates, Execution control, Automatically-controlled outcome, Department, Admission department, Statistics, Head, Electronic) and a main content area. The main content area is titled 'Calculator' and shows a 'Calculations' section with the following text: '1. Approach to assess 10-year absolute total risk of death from cardiovascular diseases in working-age men'. Below this, the 'Result:' is displayed as '3,822', followed by 'Moderate risk of death from cardiovascular diseases' and a link to 'Model characteristics'. The 'Parameters' section on the right includes fields for Patient, Age (14), Education (Elementary, Higher education of high school), Total cholesterol (mmol/L) (4.75), DBP (mmHg) (90.00), Occupational group of physically demanding job, and Unmarried marital status (divorced, widowed, or single). The bottom section of the calculator shows a list of six approaches to diagnosis and prediction of risk for various cardiovascular conditions.

Medical information system of Tomsk Cardiology Research Center – SVR/Medicine. Hospital, edition 1.4 (1C: Enterprise)

Homepage Medical documents Calculations

Calculator

Calculations

1. Approach to assess 10-year absolute total risk of death from cardiovascular diseases in working-age men

Result:

3,822

Moderate risk of death from cardiovascular diseases

Model characteristics

Parameters

Patient

Select echocardiogram

Age

Education

Elementary

Higher education of high school

Total cholesterol (mmol/L)

4.75

DBP (mmHg)

90.00

Occupational group of physically demanding job

Unmarried marital status (divorced, widowed, or single)

Calculator

Calculator

Calculations

1. Assessment of 10-year absolute total risk of death from cardiovascular diseases in working-age men

2. Approach to diagnosis of non-obstructive coronary atherosclerosis in men with suspected coronary artery disease

3. Approach to predict risk of paroxysms of ventricular tachycardia in patients within 24 hours after myocardial infarction

4. Approach to prediction of risk for development of high-grade ventricular arrhythmias in patients referred to coronary angiography

5. Approach to prediction of super-response to cardiac resynchronization therapy in patients with chronic heart failure

6. Approach to prediction of risk for development of hypertension in working-age men under a rotation system in the Far North

Moderate risk of death from cardiovascular diseases

Model characteristics

Parameters

Patient

Select echocardiogram

Age

Education

Elementary

Higher education of high school

Total cholesterol (mmol/L)

4.75

DBP (mmHg)

90.00

Occupational group of physically demanding job

Unmarried marital status (divorced, widowed, or single)

Calculator

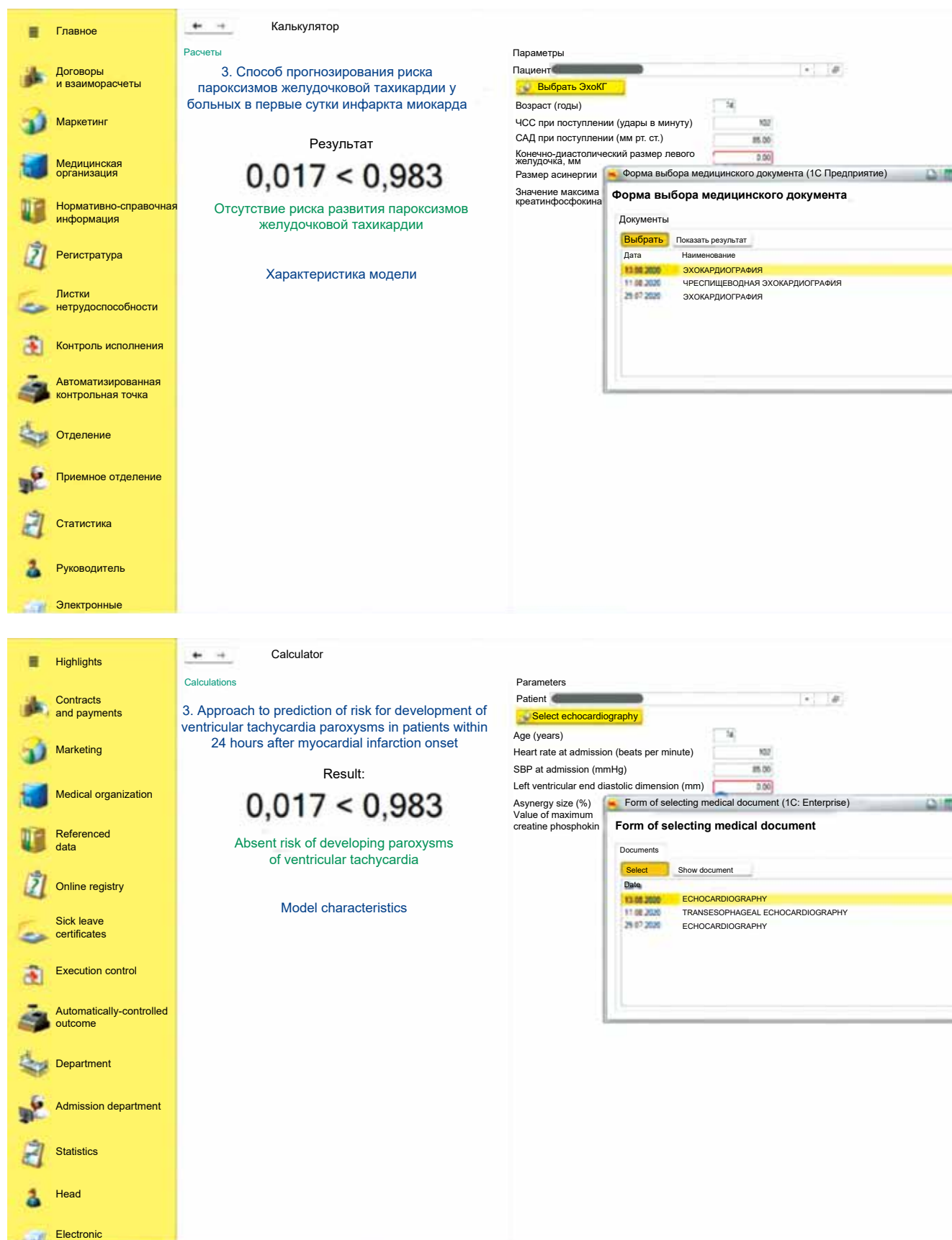


Рис. 2. Пользовательский интерфейс внешней обработки для 1С (поля для выбора пациента, выбора протокола эхокардиографического исследования, ввода переменных, используемых в калькуляторе, вывода результата)

Fig. 2. Interface of external processing module for 1C (the fields for selecting patient, choosing echocardiographic data, entering clinical variables, and window with results)

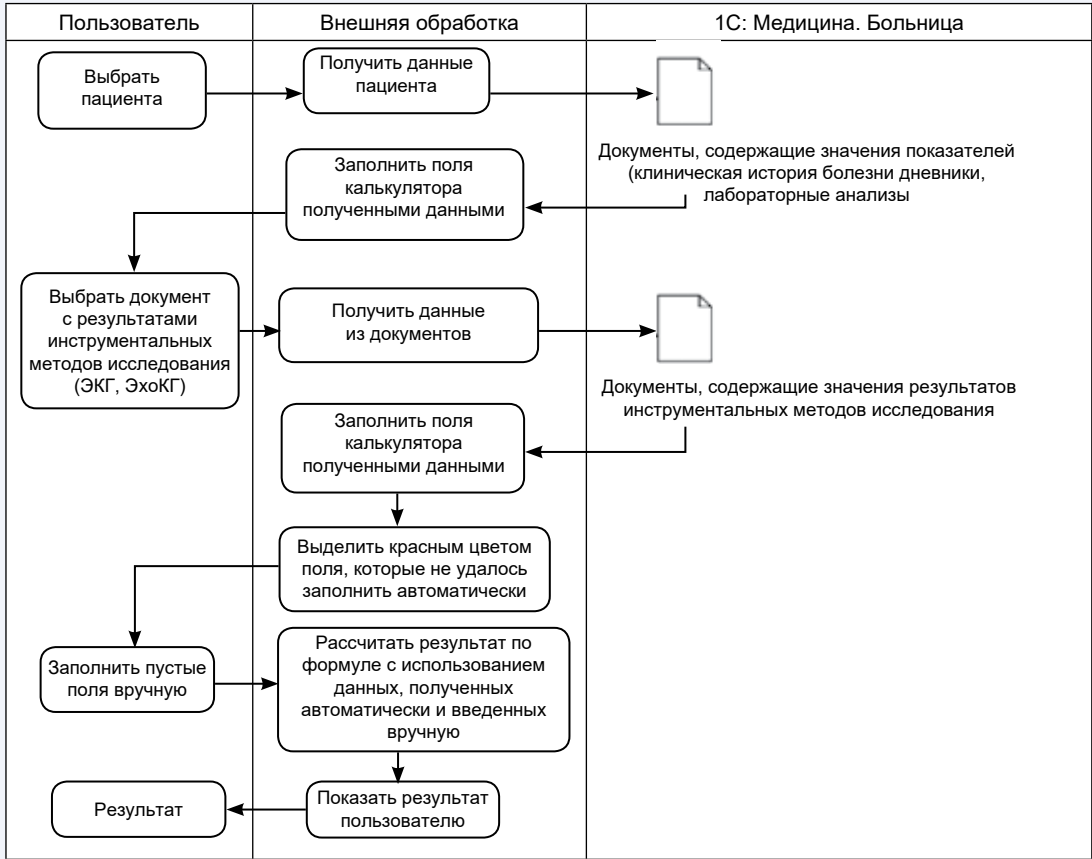


Рис. 3. Блок-схема работы калькулятора

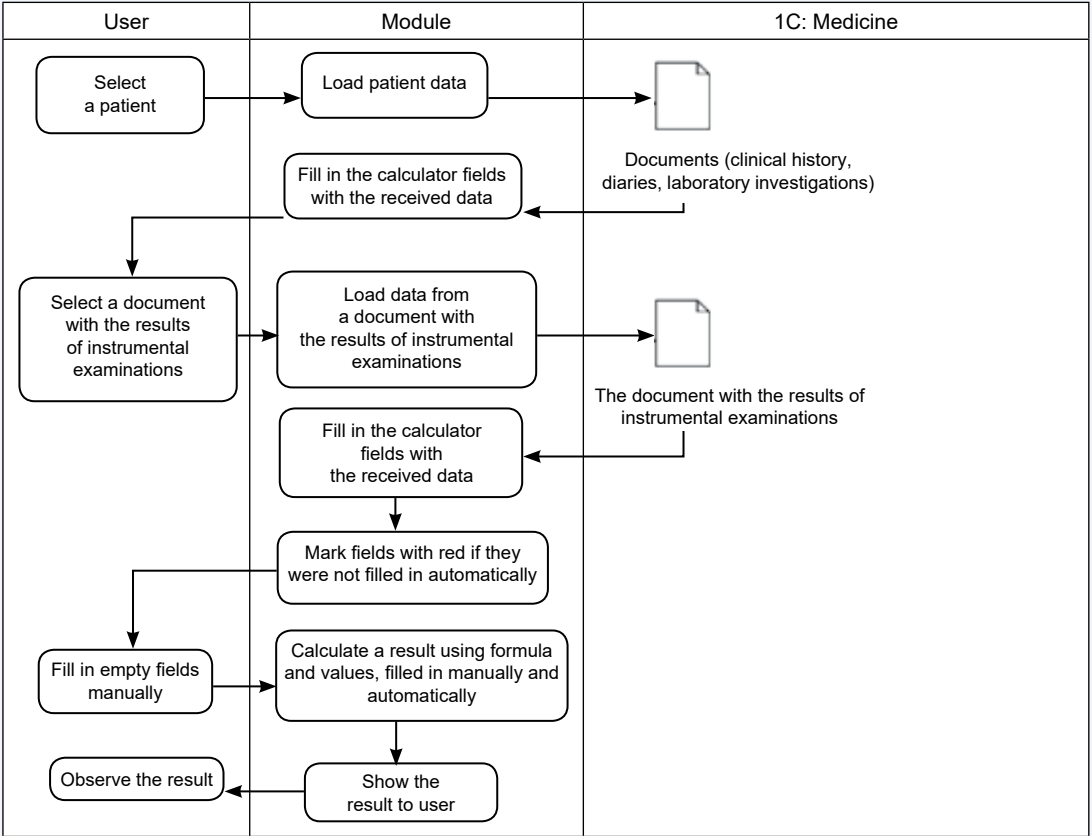


Fig. 3. The workflow of the calculator

Следует отметить, что большинство из разработанных ранее программ расчета риска при различных ССЗ требуют ручного ввода показателей для каждого отдельного пациента [18], в то время как внешняя обработка для 1С основана на автоматическом получении данных из базы «1С: Медицина», что позволяет в значительной степени упростить процесс, сократить время для получения результатов и их интерпретации.

Важно отметить, что внешняя обработка функционирует только в рамках базы данных медицинской организации, сохраняя приватность и безопасность медицинских данных пациентов.

Также была разработана функция для выделения незаполненных полей красным цветом, так как у части пациентов в системе «1С: Медицина» могут отсутствовать данные, используемые в калькуляторе. Эта функция позволяет врачу визуально выявить незаполненное поле и ввести недостающее значение вручную, что увеличивает скорость работы с модулем и снижает вероятность

ошибки. Это имеет особое значение для качественных переменных (см. рис. 1). Принцип работы разработанного калькулятора представлен на рисунке 3.

Заключение

Таким образом, нами созданы мобильное приложение для iOS, Android и внешняя обработка для системы «1С: Медицина», которые могут быть применены на любом этапе работы с пациентами, начиная с профилактики и ранней диагностики, заканчивая назначением и контролем проводимой терапии, в любом медицинском учреждении. Разработанные системы внедрены в работу Тюменского кардиологического научного центра и используются в ежедневной клинической работе. Значительным преимуществом является возможность автоматической выгрузки данных из системы «1С: Медицина», что существенно упрощает процесс и сокращает время на интерпретацию полученных результатов.

Литература

1. Ralston J., Reddy K.S., Fuster V., Narula J. Cardiovascular diseases on the global agenda: The United Nations high level meeting, Sustainable Development Goals, and the way forward. *Glob. Heart*. 2016;11(4):375–379. DOI: 10.1016/j.ghart.2016.10.029.
2. Шляхто Е.В., Звартау Н.Э., Виллевалде С.В., Яковлев А.Н., Соловьева А.Е., Алиева А.С. и др. Система управления сердечно-сосудистыми рисками: предпосылки к созданию, принципы организации, целевые группы. *Российский кардиологический журнал*. 2019;24(11):69–82. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-11-69-82.
3. Califf R.M. Future of personalized cardiovascular medicine. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018;72(25):3301–3309. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.09.079.
4. Antman E.M., Loscalzo J. Precision medicine in cardiology. *Nat. Rev. Cardiol.* 2016;13(10):591–602. DOI: 10.1038/nrcardio.2016.101.
5. Niederer S.A., Lumens J., Trayanova N.A. Computational models in cardiology. *Nat. Rev. Cardiol.* 2019;16(2):100–111. DOI: 10.1038/s41569-018-0104-y.
6. Bonner C., Fajardo M.A., Psych (Hons) B., Hui S., Stubbs R., Trevena L. Clinical Validity, Understandability, and Actionability of Online Cardiovascular Disease Risk Calculators: Systematic Review. *J. Med. Internet Res.* 2018;20(2):e29. DOI: 10.2196/jmir.8538.
7. Shabaan M., Arshid K., Yaqub M., Jinchao F., Zia M.S., Boja G.R. et al. Survey: smartphone-based assessment of cardiovascular diseases using ECG and PPG analysis. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2020;20(1):177. DOI: 10.1186/s12911-020-01199-7.
8. Trayanova N. From genetics to smart watches: Developments in precision cardiology. *Nat. Rev. Cardiol.* 2019;16(2):72–73. DOI: 10.1038/s41569-018-0149-y.
9. Ветошкин А.С., Шуркевич Н.П., Гапон Л.И., Губин Д.Г., Дьячков С.М., Пошинов Ф.А. и др. Патент RU № 2623455 C1. Способ прогнозирования риска развития артериальной гипертонии у мужчин трудоспособного возраста, работающих в условиях вахты на Крайнем Севере. Оpubл. 26.06.2017.
10. Кузнецов В.А., Солдатов А.М., Криночкин Д.В., Енина Т.Н.,

- Петелина Т.И., Рычков А.Ю. и др. Патент RU № 2623487 C1. Способ предсказания суперответа на сердечную ресинхронизирующую терапию у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Оpubл. 26.06.2016.
11. Трубаева И.А., Пушкарев Г.С., Акимов Е.В., Кузнецов В.А., Солдатов А.М., Акимов А.М. Патент RU № 2649829 C1. Способ определения 10-летнего абсолютного суммарного риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин трудоспособного возраста. Оpubл. 04.04.2018.
12. Лыкасова Е.А., Тодосийчук В.В., Кузнецов В.А., Дьячков С.М. Патент RU № 2650039 C1. Способ прогнозирования риска развития пароксизмов желудочковой тахикардии у больных в первые сутки инфаркта миокарда. Оpubл. 06.04.2018.
13. Кузнецов В.А., Тодосийчук В.В., Кутрунов В.Н., Дьячков С.М. Патент RU № 103857 А. Способ прогнозирования риска развития желудочковых аритмий высоких градаций у пациентов, направленных на коронарную ангиографию. Оpubл. 08.08.2018.
14. Кузнецов В.А., Ярославская Е.И., Горбатенко Е.А. Патент RU № 2690405 C1. Способ диагностики необструктивного коронарного атеросклероза у мужчин с подозрением на ишемическую болезнь сердца. Оpubл. 03.06.2019.
15. Солдатов А.М., Кузнецов В.А., Криночкин Д.В., Енина Т.Н., Широков Н.Е. Прогнозирование суперответа на сердечную ресинхронизирующую терапию у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. *Медицинская визуализация*. 2018;3(4):49–59. DOI: 1607-0763-2018-3-49-59.
16. Ярославская Е.И., Кузнецов В.А., Горбатенко Е.А. Диагностика необструктивного коронарного атеросклероза у мужчин с подозрением на ИБС. *Атеросклероз*. 2018;14(4):56–66. DOI: 10.15372/ATER20180406.
17. Пушкарев Г.С., Кузнецов В.А., Акимов Е.В. Суммарный 10-летний риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин 25–64 лет г. Тюмени. *Профилактическая медицина*. 2020;1(23):77–84. DOI: 10.17116/profmed20202301177.
18. Ventola C.L. Mobile devices and apps for health care professionals: Uses and benefits. *P & T*. 2014;39(5):356–364.

References

1. Ralston J., Reddy K.S., Fuster V., Narula J. Cardiovascular diseases on the global agenda: The United Nations high level meeting, Sustainable Development Goals, and the way forward. *Glob. Heart*. 2016;11(4):375–379. DOI: 10.1016/j.ghart.2016.10.029.
2. Shlyakhto E.V., Zvartau N.E., Villevalde S.V., Yakovlev A.N., Soloveva A.E., Aliyeva A.S. et al. Cardiovascular risk management system: Pre-requisites for developing, organization principles, target groups. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;11(1):69–82 (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2019-11-69-82.
3. Califf R.M. Future of personalized cardiovascular medicine. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018;72(25):3301–3309. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.09.079.

4. Antman E.M., Loscalzo J. Precision medicine in cardiology. *Nat. Rev. Cardiol.* 2016;13(10):591–602. DOI: 10.1038/nrcardio.2016.101.
5. Niederer S.A., Lumens J., Trayanova N.A. Computational models in cardiology. *Nat. Rev. Cardiol.* 2019;16(2):100–111. DOI: 10.1038/s41569-018-0104-y.
6. Bonner C., Fajardo M.A., Psych (Hons) B., Hui S., Stubbs R., Trevena L. Clinical Validity, Understandability, and Actionability of Online Cardiovascular Disease Risk Calculators: Systematic Review. *J. Med. Internet Res.* 2018;20(2):e29. DOI: 10.2196/jmir.8538.
7. Shabaan M., Arshid K., Yaqub M., Jinchao F., Zia M.S., Boja G.R. et al. Survey: smartphone-based assessment of cardiovascular diseases using ECG and PPG analysis. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2020;20(1):177. DOI: 10.1186/s12911-020-01199-7.

8. Trayanova N. From genetics to smart watches: Developments in precision cardiology. *Nat. Rev. Cardiol.* 2019;16(2):72–73. DOI: 10.1038/s41569-018-0149-y.
9. Vetoshkin A.S., Shurkevich N.P., Gapon L.I., Gubin D.G., Dyachkov S.M., Poshinov F.A. et al. Patent RU No. 2623455 C1. Prediction of arterial hypertension in men of working age in the Arctic Shift. Publ. 26.06.2017 (In Russ.).
10. Kuznetsov V.A., Soldatova A.M., Krinochkin D.V., Enina T.N., Petelina T.I., Rychkov A.Yu. et al. Patent RU No. 2623487 C1. Method for prediction of super response to cardiac resynchronization therapy for patients with chronic heart failure. Publ. 26.06.2016 (In Russ.).
11. Trubacheva I.A., Pushkarev G.S., Akimova E.V., Kuznetsov V.A., Soldatova A.M., Akimov A.M. Patent RU No. 2649829 C1. Method for determining the 10-year absolute total risk of death from cardiovascular diseases in men of working age. Publ. 04.04.2018 (In Russ.).
12. Lykasova E.A., Todosiychuk V.V., Kuznetsov V.A., Dyachkov S.M. Patent RU No. 2650039 C1. Method for prediction of risk of ventricular tachycardia paroxysms development in patients in first day of myocardial infarction. Publ. 06.04.2018 (In Russ.).
13. Kuznetsov V.A., Todosiychuk V.V., Kutrunov V.N., Dyachkov S.M. Patent RU No. 103857 A. Method for prediction of high grade ventricular arrhythmias in patients undergoing coronary angiography. Publ. 08.08.2018 (In Russ.).
14. Kuznetsov V.A., Yaroslavskaya E.I., Gorbatenko E.A. Patent RU No. 2690405 C1. Method for diagnosing non-obstructive coronary atherosclerosis in men with suspected coronary heart diseases. Publ. 03.06.2019 (In Russ.).
15. Soldatova A.M., Kuznetsov V.A., Krinochkin D.V., Enina T.N., Shirokov N.E. Prediction of superresponse to cardiac resynchronization therapy in patients with congestive heart failure. *Medical Visualization.* 2018;(3):49–59 (In Russ.). DOI: 1607-0763-2018-3-49-59.
16. Yaroslavskaya E.I., Kuznetsov V.A., Gorbatenko E.A. Diagnosis of non-obstructive coronary atherosclerosis in men with suspected coronary artery disease. *Atheroscler.* 2018;14(4):56–66 (In Russ.). DOI: 10.15372/ATER20180406.
17. Pushkarev G.S., Kuznetsov V.A., Akimova E.V. Total 10-year risk of death from cardiovascular disease in 25–64 year-old men in Tyumen. *The Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health.* 2020;23(1):81–88 (In Russ.). DOI: 10.17116/profmed20202301177.
18. Ventola C.L. Mobile devices and apps for health care professionals: Uses and benefits. *P & T.* 2014;39(5):356–364.

Информация о вкладе авторов

Кузнецов В.А. – основная идея исследования, утверждение окончательного варианта рукописи.

Гапон Л.И. – корректировка и утверждение окончательного варианта рукописи.

Малишевский Л.М. – написание основного текста рукописи, подготовка рисунков.

Лобунцов Д.С. – разработка программного обеспечения, утверждение окончательного варианта рукописи.

Дзябенко Е.А. – разработка программного обеспечения, утверждение окончательного варианта рукописи.

Солдатова А.М. – обзор литературы по теме исследования, дизайн, написание основного текста рукописи.

Пушкарев Г.С. – обзор литературы по теме исследования, утверждение окончательного варианта рукописи.

Тодосийчук В.В. – корректировка и утверждение окончательного варианта рукописи.

Ярославская Е.И. – корректировка и утверждение окончательного варианта рукописи.

Information on author contributions

Kuznetsov V.A. – generation of study concept and final approval of manuscript for publication.

Gapon L.I. – revision of the draft and final approval of manuscript for publication.

Malishevskii L.M. – writing the main draft of manuscript and drawing the figures.

Lobuntsov D.S. – software development and final approval of manuscript for publication.

Dziabenko E.A. – software development and final approval of manuscript for publication.

Soldatova A.M. – literature review, study design, and writing the main draft of manuscript.

Pushkarev G.S. – literature review and final approval of manuscript for publication.

Todosiychuk V.V. – revision of the draft and final approval of manuscript for publication.

Yaroslavskaya E.I. – revision of the draft and final approval of manuscript for publication.

Сведения об авторах

Кузнецов Вадим Анатольевич, д-р мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, научный консультант, Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-1970-2606.

E-mail: kuznets@infarkta.net.

Гапон Людмила Ивановна, д-р мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, научный руководитель научного отдела клинической кардиологии, Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-3620-0659.

E-mail: gapon@infarkta.net.

Малишевский Лев Михайлович, лаборант-исследователь, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-1025-3728.

E-mail: levmalishevskii@gmail.com.

Лобунцов Даниил Сергеевич, лаборант-исследователь, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.

E-mail: Lobunczoff@gmail.com.

Дзябенко Егор Анатольевич, программист, отдел автоматизированных систем управления, Тюменский кардиологический научный

Vadim A. Kuznetsov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Scientific Supervisor, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-1970-2606.

E-mail: kuznets@infarkta.net.

Lyudmila I. Gapon, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of Scientific Department of Clinical Cardiology, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-3620-0659.

E-mail: gapon@infarkta.net.

Lev M. Malishevskii, Research Assistant, Laboratory of Instrumental Diagnostics, Scientific Division of Instrumental Research Methods, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-1025-3728.

E-mail: levmalishevskii@gmail.com.

Daniel S. Lobuntsov, Research Assistant, Laboratory of Instrumental Diagnostics, Scientific Division of Instrumental Research Methods, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences.

E-mail: Lobunczoff@gmail.com.

Egor A. Dziabenko, Programmer, Department of Automated Control Systems, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences.

E-mail: gorich60@gmail.com.

центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.

E-mail: gorich60@gmail.com.

Солдатова Анна Михайловна, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-5389-0973.

E-mail: amsoldatova@mail.ru.

Пушкарев Георгий Сергеевич, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-1555-5725.

E-mail: pushcarov@mail.ru.

Тодосийчук Виктор Викторович, д-р мед. наук, заведующий отделением функциональной диагностики; ведущий научный сотрудник, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-3601-233X.

E-mail: vyt@infarkta.net.

Ярославская Елена Ильинична, д-р мед. наук, врач, отделение ультразвуковой диагностики; ведущий научный сотрудник, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-1436-8853.

E-mail: yaroslavskaya@infarkta.net.

 **Малишевский Лев Михайлович**, e-mail: levmalishevskii@gmail.com.

Поступила 16.10.2020

Anna M. Soldatova, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Laboratory of Instrumental Diagnostics, Scientific Division of Instrumental Research Methods, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-5389-0973.

E-mail: amsoldatova@mail.ru.

Georgiy S. Pushkarev, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Laboratory of Instrumental Diagnostics, Scientific Division of Instrumental Research Methods, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-1555-5725.

E-mail: pushcarov@mail.ru.

Viktor V. Todosiychuk, Dr. Sci. (Med.), Head of the Functional Diagnostics Department, Senior Research Scientist, Laboratory of Instrumental Diagnostics, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-3601-233X.

E-mail: vyt@infarkta.net.

Elena I. Yaroslavskaya, Dr. Sci. (Med.), Ultrasound Specialist, Department of Ultrasound Diagnostics; Senior Research Scientist, Laboratory of Instrumental Diagnostics, Scientific Division of Instrumental Research Methods, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-1436-8853.

E-mail: yaroslavskaya@infarkta.net.

 **Lev M. Malishevskii**, e-mail: levmalishevskii@gmail.com.

Received October 16, 2020