

<https://doi.org/10.17816/fm406>



НОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ ПО МЕТОДУ HENSSGE

Г.В. Недугов

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ. Актуальность. Метод Henssge по-прежнему является основным термометрическим методом определения давности наступления смерти. Однако его программные реализации характеризуются рядом недостатков, связанных с копированием без каких-либо попыток оптимизации упрощённых номографических вариантов исходных математических моделей, а также несовершенством процедуры поиска корней неявных функций. В настоящей статье предложены методы оптимизации решений математических моделей Henssge и определения их погрешностей, а также реализующие их программные приложения. **Цель исследования** — оптимизация алгоритма Henssge и разработка на основе полученных данных серии приложений, предназначенных для определения давности наступления смерти. **Материал и методы.** Оптимизированы способы решения двойных экспоненциальных моделей Henssge и определения их погрешностей на основе вычислительной математики и регрессионного моделирования методом наименьших квадратов с последующей реализацией в формате компьютерной программы на языке C#. **Результаты.** Устранён дискретный характер изменений остаточных дисперсий двойных экспоненциальных моделей Henssge, предназначенных для определения посмертного интервала по данным ректальной и краниоэнцефальной термометрии в условиях постоянства внешней температуры. Достигнута возможность определения интервальных оценок давности наступления смерти при любой доверительной вероятности. Разработаны прикладные программы Warm Bodies HR и Warm Bodies AHBG, предназначенные соответственно для реализации применённых методов оптимизации и определения давности наступления смерти методом Henssge в условиях однократного дискретного понижения или повышения постоянной температуры внешней среды, в том числе с изменением условий охлаждения трупа. Поиск корней неявных функций в программах осуществлён по методу касательных Ньютона, благодаря чему обеспечен континуальный характер исходных данных и устранены погрешности, связанные с необходимостью округления прямо измеряемых физических величин. **Заключение.** Разработанные программы рекомендуется использовать в судебно-медицинской экспертной практике для определения давности наступления смерти.

Ключевые слова: давность наступления смерти; охлаждение трупа; двойная экспоненциальная модель; компьютерная программа.

Для цитирования: Недугов Г.В. Новые компьютерные технологии определения давности наступления смерти по методу Henssge. Судебная медицина. 2021;7(3):In Press. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm406>

Поступила 16.06.2021

Принята после доработки 13.08.2021

Опубликована 02.09.2021

NEW COMPUTER TECHNOLOGIES FOR DETERMINING THE POSTMORTEM INTERVAL BY THE HENSSGE METHOD

German V. Nedugov

Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

ABSTRACT. Background: The Henssge method is still the main thermometric method for determining postmortem interval. However, its existing software implementations are characterized by a number of disadvantages associated with copying simplified nomographic variants of the original mathematical models without any attempts to optimize them, as well as the imperfection of the procedure for finding the roots of implicit functions. In this paper, we propose methods for optimizing solutions to Henssge mathematical models and determining their errors, as well as software applications that implement them. **Aim:** Optimization of the Henssge algorithm and development of a series of applications based on the obtained data, designed to determine postmortem interval. **Material and methods:** Methods for solving double exponential Henssge models and determining their errors based on computational mathematics and regression modeling by the least squares method with subsequent implementation in the format of a computer programs in C# language optimized. **Results:** The discrete nature of changes in the residual variances of the

*double exponential Henssge models intended for determining the postmortem interval according to rectal and cranioencephalic thermometry data under conditions of constant external temperature is eliminated. It is possible to determine the interval estimates of postmortem interval at any confidence probability. The application program Warm Bodies HR has been developed, which implements the applied optimization methods. The application program Warm Bodies AHBG, designed to determine postmortem interval by the Henssge method in the conditions of a single discrete decrease or increase in the constant temperature of the external environment, including with a change in the cooling conditions of the corpse, has been developed. The search for the roots of implicit functions in programs is carried out using the Newton tangent method, which ensures the continuous nature of the source data and eliminates errors associated with the need to round directly measured physical quantities. **Conclusions:** The developed programs are recommended to be used in forensic medical expert practice to determine postmortem interval.*

Keywords: *postmortem interval; corpse cooling; double exponential model; computer program.*

For citation: Nedugov GV. New computer technologies for determining the postmortem interval by the Henssge method. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(3):In Press. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm406>

Submitted 16.06.2021

Revised 13.08.2021

Published 02.09.2021

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на значительные результаты, достигнутые за последние десятилетия, метод С. Henssge в мировой судебно-медицинской практике по-прежнему остаётся основным термометрическим методом определения давности наступления смерти (ДНС) [1]. Указанный метод представляет собой ряд оригинальных эмпирических модификаций классической двойной экспоненциальной модели Marshall-Ноаре, предназначенных для анализа данных ректальной и краниоэнцефальной термометрии [2, 3].

Однако по своей структуре модификации С. Henssge, как и их прототип Marshall-Ноаре, представляют собой неявно заданные функции. В этой связи их практическое применение при определении ДНС сопряжено с выполнением довольно сложных математических операций, требующих знаний в области математического анализа и вычислительной математики и по этой причине недоступных большинству практикующих судебно-медицинских экспертов. Первым удачным решением данной проблемы было использование специальных номограмм [2, 3]. Затем распространение персональных компьютеров и смартфонов дало возможность решать задачи определения ДНС с помощью прикладных программ, ориентированных на конечного пользователя, не обладающего познаниями в области математики. Одно из первых онлайн-приложений, реализующих метод Henssge для ректальной температуры и получивших высокую оценку в профессиональной среде, было предложено в 2005 г. швейцарским судебным медиком W. Schweitzer [4].

Вместе с тем существующие программные реализации метода Henssge характеризуются рядом недостатков. Во-первых, данные приложения полностью повторяют без каких-либо попыток оптимизации упрощённые варианты исходных математических моделей, предназначенных для визуального анализа. Следствием этого является невозможность расчёта односторонних, а также каких-либо двусторонних интервальных оценок ДНС, за исключением предусмотренных номограммами 95% двусторонних толерантных интервалов.

Другой весьма существенный недостаток известных программных реализаций метода Henssge заключается в повторении заложенного в номограммах скачкообразного характера изменения остаточной дисперсии, хотя последняя характеризуется строго убывающей зависимостью от безразмерной температуры трупа

$$Q = \frac{T - T_a}{T_0 - T_a},$$

где T и T_0 — текущая и начальная температура тела соответственно, T_a — температура внешней среды [5].

Во-вторых, величина корректирующего фактора в модели Henssge зависит не только от условий охлаждения, но и от массы тела [6]. Однако существующие программные реализации номографического метода при определении итоговых значений корректирующего фактора используют не точные аналитические решения названной функциональной зависимости, а приближённые табулированные данные, или же не учитывают данный аспект вовсе [4, 7].

В-третьих, во всех указанных программах не реализованы численные методы решения неявных функций, вследствие чего эти приложения попросту содержат конечный набор решений уравнений Henssge, позволяющих находить ДНС только для дискретных значений температуры и массы с шагом величиной 0,1 или 1°C и 1 кг, зачастую на ограниченной области определения, соответствующей таковой у номограмм Henssge. Это вынуждает пользователей округлять данные термометрии и взвешивания, что привносит дополнительную погрешность в итоговый результат определения ДНС [4, 8, 9]. Не помогло решить данную проблему и предложение находить корни неявно заданных функций Henssge методом перебора S. Asante [10].

Наконец, имеющиеся программные решения метода Henssge предназначены только для постоянной температуры внешней среды и не охватывают известные модификации метода, ориентированные на использование при наличии изменений внешней температуры и условий охлаждения трупа.

Немаловажно также, что приложения, предназначенные для определения ДНС по методу Henssge, особенно в формате онлайн-калькуляторов, не имеют свидетельств о государственной регистрации и порой снабжены предупреждениями о том, что их авторы не несут ответственности за результаты их работы, а все вычисления пользователь производит на свой страх и риск. Это значительно ограничивает возможности легитимного применения подобных программ в судебно-медицинской экспертной практике.

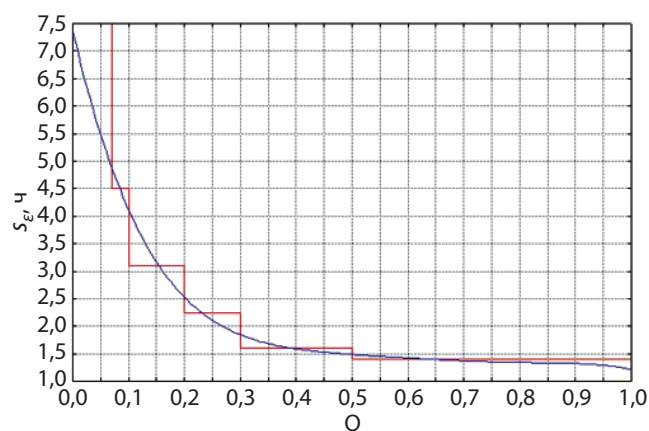


Рис. 1. Зависимость остаточного стандартного отклонения модели Henssge от безразмерной температуры при температуре внешней среды до 23,2°C и стандартных условиях охлаждения трупа.

Примечание. Здесь и на рис. 2 красная линия — номографическая зависимость Henssge, синяя линия — строго убывающая регрессионная аппроксимация.

Fig. 1. The dependence of the residual standard deviation of the Henssge model on the dimensionless temperature at ambient temperatures up to 23.2°C and standard conditions for cooling the corpse.

Note. Here and in Figure 2, the red line is the Henssge nomographic dependence, and the blue line is a strictly decreasing regression approximation.

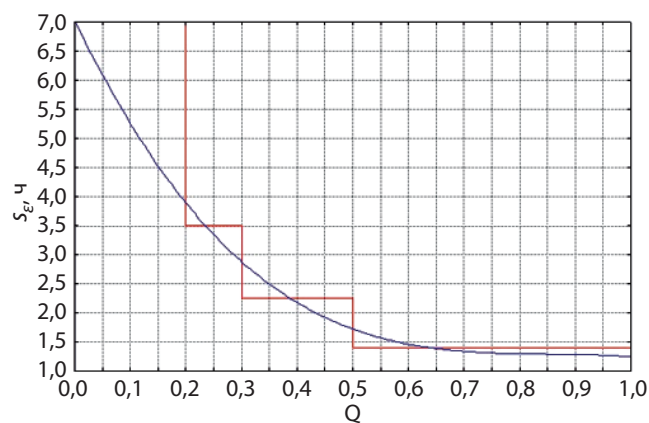


Рис. 2. Зависимость остаточного стандартного отклонения модели Henssge от безразмерной температуры при температуре внешней среды выше 23,2°C в нестандартных условиях охлаждения трупа.

Fig. 2. The dependence of the residual standard deviation of the Henssge model on the dimensionless temperature at an ambient temperature above 23.2°C under non-standard conditions of cooling the corpse.

Цель исследования — оптимизация алгоритма Henssge с устранением всех присущих его номографическому варианту недостатков и разработка на основе полученных данных серии переносимых приложений, предназначенных для определения ДНС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Методологический дизайн исследования представляет собой оптимизацию способов решения двойных экспоненциальных моделей Henssge и определения их погрешностей на основе вычислительной математики и регрессионного моделирования методом наименьших квадратов с последующей реализацией в формате программ для ЭВМ.

Статистическую обработку данных и иные вычислительные процедуры производили с использованием приложений Microsoft Excel пакета Office 2016 и Statistica (StatSoft) версии 7.0. Код программ для ЭВМ составляли на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2019.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Реализация строго убывающего характера зависимостей остаточной дисперсии математических моделей Henssge от безразмерной температуры трупа была достигнута путём регрессионного моделирования точечных оценок остаточных стандартных отклонений, полученных для ректального температурного профиля [5]. В стандартных условиях охлаждения трупа, подразумевающих остывание обнажённого тела на термически индифферентном ложе в сухую погоду при отсутствии ветра, указанная зависимость хорошо аппроксимируется полиномом

$$s_e = 7,378 - 44,276Q + 136,286Q^2 - 211,752Q^3 + 163,130Q^4 - 49,551Q^5,$$

где s_e — остаточное стандартное отклонение модели Henssge для температуры внешней среды до 23,2°C, Q — безразмерная температура трупа.

Адекватной аппроксимацией данной зависимости для нестандартных условий охлаждения является полином

$$s_e = 7,0393 - 20,0606Q + 23,4692Q^2 - 9,2009Q^3.$$

Геометрическая интерпретация указанных полиномиальных функций приведена на рис. 1 и 2.

Аналогичный метод был применен и в отношении модели Henssge, описывающей посмертную динамику краниоэнцефальной температуры, которая также характеризовалась неоднородностью остаточной дисперсии. Наиболее адекватным приближением дискретной номографической зависимости остаточного стандартного отклонения данной модели от безразмерной температуры является экспоненциальная функция

$$s_e = 2,0889e^{-1,1411Q}.$$

Наличие информации о величине остаточной дисперсии позволяет вычислять одно- и двусторонние интервальные оценки ДНС при различных уровнях доверительной вероятности. Поскольку математическое ожидание остатков известно и равно нулю, то интервальные оценки моделей Henssge могут быть определены по формуле

$$ДНС = \hat{t} \pm s_{\varepsilon} z_{1-\alpha},$$

где \hat{t} — точечная оценка ДНС, $z_{1-\alpha}$ — одно- или двусторонний вариант стандартной нормальной переменной при доверительной вероятности $1 - \alpha$.

Для определения значений корректирующего фактора при различной массе тела была использована формула С. Henssge:

$$f = \frac{\left[\frac{-1,2815}{-3,24596e^{-0,89959 f_{70}} (M^{-0,625} - 0,028) - 0,0354} \right]^{1,6}}{M}, \quad (1)$$

где f — итоговое, а f_{70} — табулированное значение корректирующего фактора для массы трупа, равной 70 кг, и заданных условий охлаждения; M — масса тела, кг [6, 7].

Поиск корней неявно заданных функций, какими являются математические модели Henssge, был осуществлён методом касательных Ньютона, отличающимся высокой скоростью сходимости. Использование данного численного метода позволило устранить главный недостаток существующих программных реализаций модели Henssge, связанный с дискретным характером допустимых значений исходных прямо измеряемых физических величин (температуры и массы).

Перечисленные методы оптимизации были реализованы в формате приложения Warm Bodies HR (свидетельство о государственной регистрации № 2021612195), предназначенного для определения ДНС в условиях постоянной температуры внешней среды на основе модификаций Henssge двойной экспоненциальной модели Marshall-Noare.

Для работы с программой Warm Bodies HR пользователю необходимо выбрать требуемую диагностическую точку (прямую кишку или головной мозг), указать результат измерения температуры трупа в выбранной диагностической зоне, а также температуру внешней среды. В случае выбора в качестве измеряемого показателя ректальной температуры потребуются также отметить наличие и характер одежды на трупе, особенности его ложа и внешней среды, указать массу трупа (рис. 3). Вводить значение корректирующего фактора от пользователя не требуется. Приложение автоматически определяет его величину исходя из выбранных пользователем условий охлаждения трупа, а затем пересчитывает полученное значение корректирующего фактора по формуле (1) с учётом веса мертвого тела.

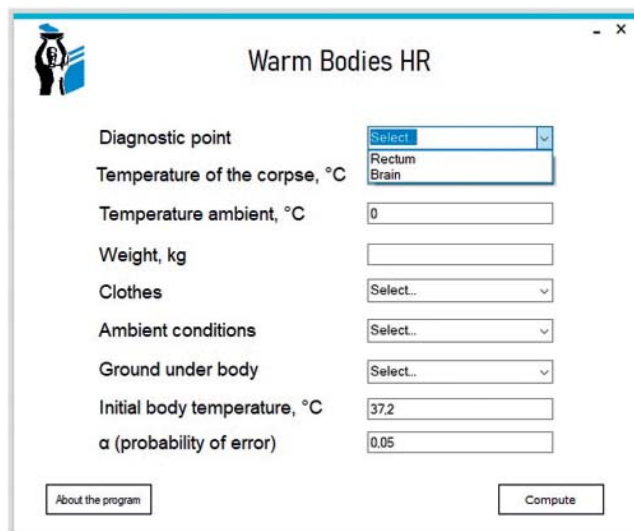


Рис. 3. Стартовое окно приложения Warm Bodies HR с не редактируемым выпадающим списком доступных диагностических точек.

Fig. 3. The start window of the Warm Bodies HR application with a non-editable drop-down list of available diagnostic points.

Приложение позволяет вычислять как двусторонние толерантные интервалы, так и односторонние толерантные пределы ДНС при любой требуемой доверительной вероятности. Для введения в программу величины последней предусмотрено соответствующее текстовое поле. Программа позволяет вводить положительные значения статистической ошибки, не превышающие 50%. По умолчанию приложение Warm Bodies HR принимает значение статистической ошибки равным 5%.

В приложении предусмотрена возможность введения пользователем произвольных значений начальной температуры трупа. По умолчанию её значение равно 37,2°C. Указанная опция полезна при гипер- или гипотермическом типе умирания, вид которого может быть установлен в ходе судебно-медицинского исследования трупа или по катанестическим данным.

Совокупность реализованных в программе Warm Bodies HR методов оптимизации обеспечила непрерывный характер исходных физических величин и возможность получения интервальных оценок ДНС любого типа при любом уровне доверительной вероятности, а также повысила их точность. Сравнение результатов определения ДНС известными методами и с помощью приложения Warm Bodies HR можно продемонстрировать на следующем примере.

Пример 1

Труп обнаружен лежащим в многослойной одежде в кровати под толстым одеялом в помещении с постоянной температурой воздуха 18,47°C. Масса трупа 90,51 кг. Ректальная температура 30,59°C. Необходимо определить ДНС методом Henssge двумя способами — но-

Таблица. Результаты определения давности наступления смерти с помощью приложений W. Schweitzer [4] и программы Warm Bodies HR (пример 1)

Table. Results of determining the postmortem interval using W. Schweitzer applications [4] and the Warm Bodies HR program (example 1)

Показатель	Метод определения ДНС	
	Номографический	Warm Bodies HR
Корректирующий фактор	2,25	2,24
Остаточное стандартное отклонение, ч	1,429	1,362
95% толерантный интервал ДНС, ч	2,80	2,67
Точечная оценка ДНС, ч	37,8	35,91

Примечание. ДНС — давность наступления смерти.

Note. ДНС — the postmortem interval.

мографическим методом (приложение W. Schweitzer [4]) и с помощью программы Warm Bodies HR. Результаты вычислений приведены в таблице.

Основным недостатком семейства двойных экспоненциальных моделей Henssge является их непригодность в условиях изменяющейся температуры внешней среды. В этой связи нами также была разработана программа Warm Bodies АНВГ (свидетельство о государственной регистрации № 2021616755), предназначенная для определения ДНС методом Henssge в условиях однократного дискретного изменения постоянной температуры внешней среды. Под дискретностью изменения понимается однократное смещение внешней температуры на другой уровень при сохранении её постоянства в дальнейшем.

Математическая модель приложения Warm Bodies АНВГ основана на модификации L. Althaus и С. Henssge [11] для случая однократного понижения температуры внешней среды и модификации Р. Bisegna и соавт. [12] для случая повышения внешней температуры аналогичного характера. Обе указанные модификации метода Henssge при написании кода программы также были оптимизированы. В частности, в коде помимо учёта влияния на охлаждение трупа однократного понижения или повышения температуры внешней среды была дополнительно заложена возможность учёта смены условий охлаждения мёртвого тела (изменение характера одежды и ложа трупа, а также погодных условий) после изменения внешней температуры. При этом в соответствии с исходными математическими моделями первоначальный и конечный температурные режимы внешней среды не должны превышать 23,2°C [11, 12].

Учёт смены условий охлаждения трупа после дискретного изменения температуры внешней среды достигается за счёт возможности введения различных значений корректирующего фактора на отрезках времени до и после изменения внешнего температурного режима. Это автоматически отражается на величине постоянной охлаждения в уравнениях, описывающих кривые охлаждения в соответствующие отрезки времени. В приложении Warm Bodies АНВГ значения корректирующих факторов для условий охлаждения пользователь должен вводить самостоятельно. Приложение

осуществляет адаптацию введённых значений в зависимости от веса трупа по формуле (1). Поиск корней неявных функций данной программой также осуществляется методом касательных Ньютона.

Для работы с программой пользователю необходимо выбрать тип актуального дискретного изменения температуры внешней среды, указать результат измерения ректальной температуры трупа, а также температуру внешней среды до и после её однократного изменения, интервал времени между моментом изменения температуры внешней среды и ректальной термометрией, вес трупа, его начальную ректальную температуру и величины корректирующих факторов до и после изменения температуры внешней среды. В итоге приложение генерирует точечные оценки ДНС для введённых данных. При этом интервальные оценки ДНС приложение Warm Bodies АНВГ не определяет, поскольку их математическая модель в исследованиях-прототипах не разработана, а данная проблема требует дальнейших поисков.

С учётом изложенного программу Warm Bodies АНВГ рекомендуется использовать в экспертной практике для установления ДНС на базе ректальной термометрии трупа в условиях однократных дискретных изменений температуры внешней среды. Востребованность программы объясняется нередко наблюдающимися в практике случаями термометрии трупа уже после его перемещения в иные температурные условия внешней среды, например, в холодильную камеру. В подобных случаях обычно точно известны внешняя температура до и после перемещения трупа и промежуток времени после его перемещения и до его ректальной термометрии, а также результат последней.

Пример 2

Труп без одежды обнаружен лежащим на толстом ковре в помещении с постоянной температурой воздуха 17,9°C. После этого он был доставлен в морг и помещён в холодильную камеру с температурой 5,0°C, где и был подвергнут термометрии спустя 3 ч после обнаружения. Масса трупа 99,1 кг. Ректальная температура 27,3°C. В холодильной камере труп находился в положении лежа на спине на металлической каталке, будучи накрытым простынёй. Необходимо определить ДНС.

Выполнение оптимизированной в рамках приложения Warm Bodies АНВГ процедуры определения ДНС в данном случае включает ряд этапов (рис. 4).

Шаг 1. Выбор типа дискретного изменения температуры внешней среды (Sudden decrease).

Шаг 2. Ввод в текстовые поля зарегистрированных значений ректальной температуры (27,3°C), веса трупа (99,1 кг), температуры внешней среды до и после перемещения тела в холодильную камеру (17,9 и 5,0°C), а также промежутка времени между моментами изменения внешней температуры и ректальной термометрией (3 ч).

Шаг 3. Определение корректирующего фактора для условий охлаждения трупа в холодильной камере. Последний для тела с одним тонким слоем одежды равен 1,1 [3]. Учитывая, что труп находился на металлической поверхности с высокой теплопроводностью, полученное значение корректирующего фактора, согласно рекомендациям С. Henssge, должно быть адаптировано путём вычитания из него 0,2 [3]. Отсюда адаптированное значение корректирующего фактора для охлаждения в холодильной камере без учёта влияния массы тела составляет 0,9.

Шаг 4. Определение корректирующего фактора для условий охлаждения трупа до его перемещения в холодильную камеру. Согласно рекомендациям С. Henssge, корректирующий фактор для обнажённого тела без учёта его массы на теплоизолирующем ложе равен 1,1 [3].

Шаг 5. Определение ДНС относительно момента ректальной термометрии путём нажатия кнопки «Compute». Для заданных условий охлаждения ДНС равно 20 ч 19 мин.

Для корректной работы обоих приложений серии Warm Bodies инструментальная погрешность средств измерения температуры не должна превышать 0,1°C. Оба приложения являются переносимыми и не требуют установки для запуска процедуры. Хранить их можно на съёмных носителях информации, и с них же они могут и запускаться. В настоящее время все прикладные программы, созданные на кафедре судебной медицины Самарского государственного медицинского университета, в том числе и программы серии Warm Bodies, доступны обучающимся по программам ординатуры и дополнительного профессионального образования в электронно-информационной образовательной среде университета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществлена оптимизация двойных экспоненциальных моделей Henssge, предназначенных для определения ДНС по данным ректальной и краниоэнцефальной термометрии в условиях постоянства внешней температуры, устранившая дискретный характер изменений их остаточных дисперсий и обеспечившая возможность определения интервальных оценок ДНС при любой доверительной вероятности.

Разработана прикладная программа Warm Bodies HR, реализующая примененные методы оптимизации, с по-

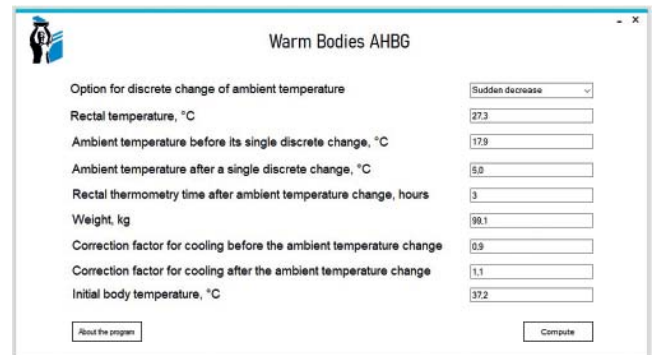


Рис. 4. Стартовое окно программы Warm Bodies АНВГ с введёнными данными из примера 2.

Fig. 4. The start window of the Warm Bodies АНВГ program with the entered data from Example 2.

иском корней неявно заданных функций по методу касательных Ньютона. Использование данного численного метода обеспечивает непрерывный характер исходных данных и устраняет погрешности, связанные с необходимостью округления прямо измеряемых физических величин.

Разработана прикладная программа Warm Bodies АНВГ, предназначенная для определения ДНС методом Henssge в условиях однократного дискретного понижения или повышения постоянной температуры внешней среды, в том числе с изменением условий охлаждения трупа.

Разработанные приложения рекомендуются к использованию в судебно-медицинской экспертной практике для определения ДНС в раннем посмертном периоде.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Участие авторов • Author contribution

Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (разработка концепции, проведение исследования и подготовка статьи, одобрение финальной версии перед публикацией).

The author made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования • Funding source

Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

This study was not supported by any external sources of funding.

Конфликт интересов • Competing interests

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

The author declare that they have no competing interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cappelletti S., Bottoni E., Fiore P.A., et al. Time since death in a case of simultaneous demise due to a single gunshot: an issue concerning the use of Henssge's nomogram // *Int J Legal Med.* 2018. Vol. 132, N 3. P. 781-785. doi: 10.1007/s00414-017-1707-2
2. Henssge C., Madea B. Estimation of the time since death in the early post-mortem period // *Forensic Sci Int.* 2004. Vol. 144, N 2-3. P. 167-175. doi: 10.1016/j.forsciint.2004.04.051
3. Madea B. Methods for determining time of death // *Forensic Sci Med Pathol.* 2016. Vol. 12, N 4. P. 451-485. doi: 10.1007/s12024-016-9776-y
4. Schweitzer W., Thali M.J. Computationally approximated solution for the equation for Henssge's time of death estimation // *BMC Med Inform Decis Mak.* 2019. Vol. 19, N 1. P. 201. doi: 10.1186/s12911-019-0920-y
5. Henssge C. Death time estimation in case work. I. The rectal temperature time of death nomogram // *Forensic Sci Int.* 1988. Vol. 38, N 3-4. P. 209-236. doi: 10.1016/0379-0738(88)90168-5
6. Henssge C. Rectal temperature time of death nomogram: dependence of corrective factors on the body weight under stronger thermic insulation conditions // *Forensic Sci Int.* 1992. Vol. 54, N 1. P. 51-66. doi: 10.1016/0379-0738(92)90080-g
7. Potente S., Kettner M., Ishikawa T. Time since death nomographs implementing the nomogram, body weight adjusted correction factors, metric and imperial measurements // *Int J Legal Med.* 2019. Vol. 133, N 2. P. 491-499. doi: 10.1007/s00414-018-1928-z
8. Hubig M., Muggenthaler H., Sinicina I., Mall G. Body mass and corrective factor: impact on temperature-based death time estimation // *Int J Legal Med.* 2011. Vol. 125, N 3. P. 437-444. doi: 10.1007/s00414-011-0551-z
9. Hubig M., Muggenthaler H., Mall G. Influence of measurement errors on temperature-based death time determination // *Int J Legal Med.* 2011. Vol. 125, N 4. P. 503-517. doi: 10.1007/s00414-010-0453-5
10. Noor M., Muhammad A., Bakar A. Enhancement of newton law of cooling method based on asante's algorithm with henssge nomogram method in estimating the time of death // *Int J Eng Technol.* 2017. Vol. 9, N 2. P. 155-159. doi: 10.7763/IJET.2017.V9.962
11. Althaus L., Henssge C. Rectal temperature time of death nomogram: sudden change of ambient temperature // *Forensic Sci Int.* 1999. Vol. 99, N 3. P. 171-178. doi: 10.1016/s0379-0738(98)00188-1
12. Bisegna P., Henssge C., Althaus L., Giusti G. Estimation of the time since death: sudden increase of ambient temperature // *Forensic Sci Int.* 2008. Vol. 176, N 2-3. P. 196-199. doi: 10.1016/j.forsciint.2007.09.007

REFERENCES

1. Cappelletti S, Bottoni E, Fiore PA, et al. Time since death in a case of simultaneous demise due to a single gunshot: an issue concerning the use of Henssge's nomogram. *Int J Legal Med.* 2018;132(3):781-785. doi: 10.1007/s00414-017-1707-2
2. Henssge C, Madea B. Estimation of the time since death in the early post-mortem period. *Forensic Sci Int.* 2004;144(2-3):167-175. doi: 10.1016/j.forsciint.2004.04.051
3. Madea B. Methods for determining time of death. *Forensic Sci Med Pathol.* 2016;12(4):451-485. doi: 10.1007/s12024-016-9776-y
4. Schweitzer W, Thali MJ. Computationally approximated solution for the equation for Henssge's time of death estimation. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2019;19(1):201. doi: 10.1186/s12911-019-0920-y
5. Henssge C. Death time estimation in case work. I. The rectal temperature time of death nomogram. *Forensic Sci Int.* 1988;38(3-4):209-236. doi: 10.1016/0379-0738(88)90168-5
6. Henssge C. Rectal temperature time of death nomogram: dependence of corrective factors on the body weight under stronger thermic insulation conditions. *Forensic Sci Int.* 1992;54(1):51-66. doi: 10.1016/0379-0738(92)90080-g
7. Potente S, Kettner M, Ishikawa T. Time since death nomographs implementing the nomogram, body weight adjusted correction factors, metric and imperial measurements. *Int J Legal Med.* 2019;133(2):491-499. doi: 10.1007/s00414-018-1928-z
8. Hubig M, Muggenthaler H, Sinicina I, Mall G. Body mass and corrective factor: impact on temperature-based death time estimation. *Int J Legal Med.* 2011;125(3):437-444. doi: 10.1007/s00414-011-0551-z
9. Hubig M, Muggenthaler H, Mall G. Influence of measurement errors on temperature-based death time determination. *Int J Legal Med.* 2011;125(4):503-517. doi: 10.1007/s00414-010-0453-5
10. Noor M, Muhammad A, Bakar A. Enhancement of newton law of cooling method based on asante's algorithm with henssge nomogram method in estimating the time of death. *Int J Eng Technol.* 2017;9(2):155-159. doi: 10.7763/IJET.2017.V9.962
11. Althaus L, Henssge C. Rectal temperature time of death nomogram: sudden change of ambient temperature. *Forensic Sci Int.* 1999;99(3):171-178. doi: 10.1016/s0379-0738(98)00188-1
12. Bisegna P, Henssge C, Althaus L, Giusti G. Estimation of the time since death: sudden increase of ambient temperature. *Forensic Sci Int.* 2008;176(2-3):196-199. doi: 10.1016/j.forsciint.2007.09.007

ОБ АВТОРАХ

* **НЕДУГОВ Герман Владимирович**, к.м.н., доцент кафедры судебной медицины; адрес: Российская Федерация, 443099, Самара, ул. Чапаевская, д. 89; e-mail: nedugovh@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7380-3766>

AUTHORS INFO

* **German V. Nedugov**, MD, Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor; address: 89 Chapayevskaya st., Samara, 443099, Russia; e-mail: nedugovh@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7380-3766>