

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ПРИБОРЫ, СИСТЕМЫ И ИЗДЕЛИЯ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

УДК 004.02:[001.6+002]

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛО-ХОЛОДОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЧАСТЕЙ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Статья поступила в редакцию 15.03.2020, в окончательном варианте – 23.05.2020.

Брумитейн Юрий Моисеевич, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, кандидат технических наук, доцент, ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0016-7295>; https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=280533; e-mail: brum2003@mail.ru

Чурюмова Алина Станиславовна, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Астраханской области Александро-Мариинская областная клиническая больница, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 2,

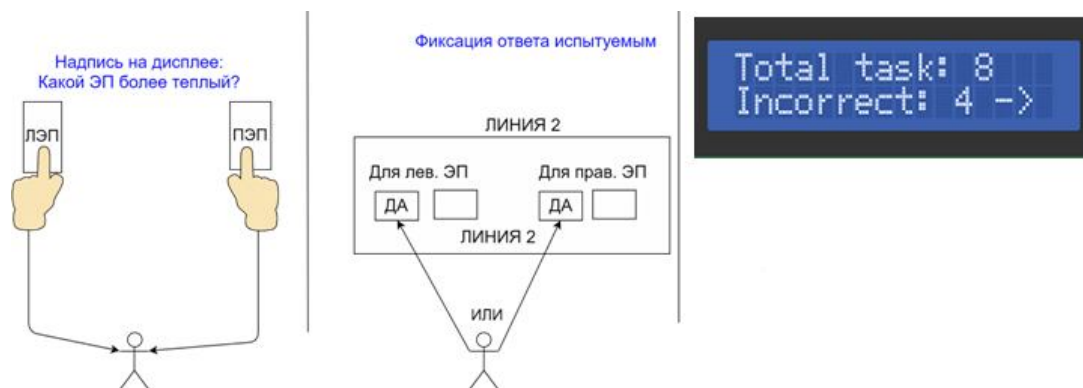
инженер по обслуживанию медицинской техники, e-mail: alinkababydoll@mail.ru

Молимонов Дмитрий Александрович, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, магистрант, e-mail: dmolimonov@mail.ru

Рассмотрены виды деятельности/ситуации, для которых важны оценки скорости и точности восприятия человеком температур объектов, динамики их изменения; запоминание температур. Приведены особенности работы системы терморегулирования человека, важные для темы статьи. Охарактеризованы возможности визуального определения человеком температур нагретых тел по цветам их свечения. Проанализированы особенности оценок испытуемыми температур объектов на основе восприятия исходящего от них инфракрасного излучения. Показаны возможности использования для этих целей программно-аппаратных комплексов с регулируемыми по мощности нагревателями. При этом фактические температуры поверхностей программно-аппаратных комплексов можно оценивать так: на основе градуировочных кривых «мощность нагревателя – температура»; прямыми измерениями с помощью контактных и/или бесконтактных инфракрасных термометров. Указаны основные факторы, влияющие на субъективные оценки испытуемыми температуры воздуха. Показана важность изучения таких оценок, в том числе для управления температурами воздуха в помещениях. Рассмотрены варианты построения программно-аппаратных комплексов для проведения исследований восприятия температуры воздуха, его влажности, скорости движения. Охарактеризованы способы изучения восприятия испытуемыми температур жидкостей: в неподвижных объемах, в потоках, для отдельных капель; варианты построения программно-аппаратных комплексов для проведения таких исследований. Проанализированы особенности оценок испытуемыми температуры объектов «на ощупь» кончиками пальцев рук. Указаны факторы, влияющие на такие оценки, включая теплопроводность самих объектов и пальцев, наличие на них пота и пр. Описаны конструкция и принципы использования экспериментального программно-аппаратного комплекса на основе малогабаритных элементов Пельтье. Температуры их поверхностей управляются микроконтроллером и/или испытуемым; могут задаваться больше или меньше температуры кончиков пальцев; возможно задание и отрицательных температур. На основе использования этого программно-аппаратного комплекса описан ряд методик исследований тепло-холодовой чувствительности кончиков пальцев рук: оценки тестируемыми наличия разностей температур поверхностей элементов Пельтье; определение динамики изменения температур их поверхностей; оценки характеристик тепловой памяти.

Ключевые слова: чувствительность к теплу, чувствительность к холоду, рецепторы, восприятие температур, динамика изменения температур, подбор температур, температурная память, методы исследований, программно-аппаратный комплекс, профессиональный отбор, диагностика патологий

Графическая аннотация (Graphical annotation)



ANALYSIS OF METHODS AND HARDWARE-SOFTWARE SOLUTIONS FOR INVESTIGATION OF THERMAL-COLD SENSITIVITY OF HUMAN BODY PARTS

The article was received by the editorial board on 15.03.2020, in the final version – 23.05.2020.

Brumshteyn Yuriy M., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,
Cand. Sci. (Engineering), ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0016-7295>; e-mail: brum2003@mail.ru

Churumova Alina S., State Budgetary Health Institution of the Astrakhan region Alexandro-Mariinsky Regional Clinical Hospital, 2 Tatishchev St., 414056, Astrakhan,
medical equipment maintenance engineer, e-mail: alinkababydoll@mail.ru

Molimonov Dmitry S., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,
master student, e-mail: dmolimonov@mail.ru

Authors are considered the types of activities and situations for which are important estimates of speed and accuracy of human perception of objects temperatures, dynamics of its changes; storing evaluations of temperatures. In article were introduced features of human thermoreceptors work, important for the topic of the article. The possibilities of visual determination by a person of heated bodies temperatures by colors of their illumination are characterized. Authors are analyzed the features of the test-subject's estimates of temperatures for object, based on the detection of infrared radiation coming from them. The possibilities of using software-hardware complexes with power-adjustable heaters for this purpose are shown. At the same time actual temperatures of software-hardware complexes surfaces can be estimated as follows: on the basis of reference curves "heater power – temperature"; direct measurements using contact and/or contactless infra-red thermometers. The main factors influencing subjective persons estimates of air temperature are specified. The importance of studying such estimates is shown, including for controlling air temperatures in internal areas. There are considered versions of software-hardware complexes constructions to carry out studies of air temperatures perception, its humidity, speed of movement, etc. Authors are described methods of studying the perception of liquid temperatures by the testing: in liquid volumes, in streams, for individual droplets; options for building a software-hardware complex for such researchers. In this article have been analyzed the peculiarities of the testing person's estimates for the temperature of objects by finger tips touch. Factors, affecting such estimates, are indicated, including the thermal conductivity of the objects and fingers themselves, the presence of sweat on finger tips, etc. The authors described design and principles of using experimental software-hardware complex, based on small-size Peltier elements. The temperatures of their surfaces are controlled by the microcontroller and/or the person; they may be set more or less than the temperature of the fingers; negative temperatures can also be set. Based on the use of this software-hardware complex, a number of techniques have been described for investigation the heat-cold sensitivity of the person's finger tips: their assessment of the presence of temperature differences of Peltier element surfaces; determination of the dynamics of their surfaces temperatures; evaluation of person's thermal memory characteristics, etc.

Keywords: heat sensitivity, cold sensitivity, receptors, temperature perception, dynamics of temperature change, temperature selection, temperature memory, methods of research, software and hardware complex, professional selection, diagnosis of pathologies

Введение. В жизнедеятельности практически всех людей важнейшую роль играет восприятие ими температур различных объектов [12]. Оно необходимо, в частности, при рефлекторной саморегуляции температуры [2] тела; для принятия и реализации людьми оперативных решений бытового

и производственного характера; для контроля процессов лечения и медицинской реабилитации [13] и пр. Существенно, что эти температуры воспринимаются с погрешностями, что может приводить к ошибочным решениям/действиям. Методики для оценки характеристик восприятия температуры объектов человеком (ХВТОЧ) разработаны преимущественно для решения «клинических медицинских задач», относящихся к выявлению некоторых патологий/заболеваний. Эти методики обеспечивают получение качественных, а не количественных показателей. На практике погрешности восприятия температуры отдельными людьми могут значительно различаться. Более того, для одних и тех же людей эти погрешности могут быть разными в разных ситуациях, при их разном самочувствии, разной степени усталости и пр. Поэтому количественные исследования индивидуальных ХВТОЧ достаточно актуальны. Однако методики и инструментальные средства для их реализации разработаны слабо. Это касается учебников и научных статей; сведений по зарегистрированным программным средствам; имеющегося в продаже оборудования; с оговорками – патентной информации. Поэтому целью данной статьи является попытка устранить недостаток описанной ситуации.

Общая характеристика проблематики работы. В процессе эволюции у человека сформировались органы восприятия температуры, расположенные на большей части поверхности его тела. Рецепторы для восприятия тепла и холода различаются [11, 14], причем обычно «холодовые» рецепторы расположены несколько ближе к поверхности кожи. Система терморецепции человека обеспечивает высокую чувствительность восприятия температур внешней среды (воздуха, жидкости, конденсированных сред) открытыми участками кожи; сравнительно малую «тепловую инерционность работы» терморецепторов [11]. Наиболее высокая плотность расположения терморецепторов характерна для кончиков пальцев рук и лица человека [3]. Эта плотность индивидуальна для каждого человека [5], что влияет и на ХВТОЧ. Особую важность для человека имеют оценки температур объектов в диапазоне, близком к 36,6 °С.

Основные функции, обеспечиваемые системой терморецепции человека.

1. Температуру других людей человек может оценивать контактно (например, путем прикосновения кончиками пальцев рук или ладонью ко лбу) или бесконтактно – например, вид покрасневшей кожи лица обычно ассоциируется с повышенной температурой тела.

2. Человек может оценивать собственную температуру так: за счет разницы температур отдельных частей своего тела (например, ладоней и лба); по появлению «испарины»; по покраснению лица (например, при наблюдении в зеркале); по ухудшению самочувствия. (а) Повышенная температура «тела в целом» характерна для таких ситуаций: многие виды заболеваний; повышенная физическая нагрузка; высокая температура окружающего воздуха. Повышение температуры тела может сопровождаться общим ухудшением самочувствия; появлением озноба; изменением скоростей психомоторных реакций; появлением ошибок в принятии и реализации решений. (б) Понижение температуры «тела в целом»: также может приводить к появлению озноба. Оно обычно сопровождается снижением скоростей психомоторных реакций; уменьшением скоростей восприятия информации, поступающей по сенсорным каналам и, как следствие, замедленными реакциями на эту информацию.

3. Восприятие человеком внешних температурных воздействий. (а) Локальное охлаждение отдельных участков тела на короткие промежутки времени. Сопровождается локальной потерей болевой чувствительности; в медицине используется, например, при местных хирургических операциях за счет «обработки» участков тела испаряющимся хлорэтилом. (б) Локальный перегрев участков тела, даже кратковременный, может приводить к ожогам кожи, тканей, внутренних органов; омертвлению тканей.

Быстрая рефлекторная реакция человека по «отдергиванию» конечностей от чересчур горячих или холодных объектов направлена на исключение воздействия экстремальных температур и, как следствие, на предотвращение негативных последствий. При неуверенности человека в температуре объекта он обычно дотрагивается до него кончиком пальца только на короткое время (также для минимизации возможных негативных последствий). Рефлекторные реакции, впрочем, могут быть преодолены на «рассудочном» уровне. Человеком могут быть предприняты и иные меры: использование «теплоизолирующих материалов» при контакте с сильно нагретыми или сильно охлажденными объектами; изменение температуры объекта, если она «неподходящая».

Разработаны и выпускаются различные инструментальные средства измерения/мониторинга температур различных объектов, в том числе и тела человека. Однако иногда их применение неудобно, нежелательно или неприемлемо. При таких условиях человеком температура его тела и внешних по отношению к нему объектов оценивается с использованием собственной системы терморецепции. Варианты таких оценок. (а) Оценки абсолютных температур. Используется сравнение с собственной температурой (как эталоном); опыт работы человека с нагретыми и охлажденными объектами, для которых температуры были известны. (б) Относительные оценки.

Наличие/отсутствие разности температур двух объектов – например, при касании их пальцами. (в) Оценка наличия, направленности и скорости изменения температуры объекта во времени.

В типичных случаях температура воздуха оценивается человеком контактно, а иных объектов может оцениваться контактно (путем прикосновения к ним) или бесконтактно (например, на основе восприятия инфракрасного излучения).

В отношении ХВТОЧ отметим следующее. (а) Возможности использования одежды существенно изменили для человека диапазоны допустимых/приемлемых (и даже комфортных) интервалов температур внешней среды. (б) Применение систем кондиционирования воздуха обеспечивает для людей значительные возможности регулирования характеристик «среды жизнедеятельности» и, как следствие, снижает «нагрузку» на систему терморегулирования их организмов. (в) Для ряда заболеваний, а также при использовании физиотерапевтических методов [15] (включая применение аппаратов УВЧ), важно восприятие человеком не только поверхностных температур тела и его частей, но и внутренних органов. (г) В условиях интенсивного использования техники и технологий человеку приходится иметь дело с различными видами объектов, не характерных для естественной природной среды. Их температуры могут быть самыми различными; иногда – представлять непосредственную угрозу для здоровья и даже жизни человека.

4. Терморегуляция [6, 10, 16] направлена на стабилизацию температуры тела человека (и, с некоторыми оговорками, конечностей) на нужном уровне. Для здорового человека этот уровень равен 36,6 °С, для больного – обычно выше. Варианты терморегуляции на рефлекторном уровне. (а) Непрерывная выработка тепла внутренними органами, в том числе с изменяющейся интенсивностью. (б) Дополнительная выработка тепла за счет сокращения мышц при их дрожании – например, при ознобе. (в) Выделение пота – для отбора тепла с поверхности тела за счет испарения жидкости. (г) Расширение сосудов и повышение давления крови при необходимости интенсификации прокачки крови. Используется как «средство» доставки тепла в охлаждаемую конечность или, наоборот, отбора избыточного тепла от нагреваемой конечности или внутреннего органа. (д) Отдергивание конечности при контакте с чрезмерно горячим или холодным предметом.

Варианты терморегуляции на «рассудочном уровне». (а) Использование одежды, в том числе ее одевание, «застегивание» или «расстегивание» – в зависимости от температуры внешней среды, скорости ветра, влажности. (б) Применение электроподогрева одежды, перчаток (у сварщиков), «тепловых поясов» и пр. (в) Уход из зоны интенсивной солнечной инсоляции в тень или, наоборот, выход «на солнце». (г) Изменение температуры окружающего воздуха – например, путем включения кондиционера или электрокалорифера. (д) Изменение скорости движения воздуха: с целью интенсификации испарения пота; увеличения «отбора» тепла от электронагревателей (ЭН) и пр. Для обеспечения принудительной циркуляции воздуха обычно используются электровентиляторы (ЭВ), в том числе с регулируемыми количествами оборотов. (е) Использование в медицинских целях прогрева тела или его частей с поверхности. Примеры: «водяные грелки», представляющие собой емкости для горячей воды; «парафиновые» маски; стоунотерапия и пр. (ж) Прогрев тела в «объеме»: «горячие ванны»; с помощью генераторов УВЧ и пр. (з) Введение в организм жаропонижающих медикаментозных препаратов. (и) Локальное использование «холода» – например, «пузыри со льдом». Практически во всех этих случаях важно восприятие человеком температуры – особенно слишком высокой температуры.

Температура поверхности отдельных частей тела человека может существенно отличаться от температуры внутренних органов. В частности, при интенсивном охлаждении «система термостабилизации» человека обеспечивает в первую очередь постоянство температуры внутренних органов (особенно мозга) и лишь во вторую – конечностей. Переохлаждение тела возможно, например, при нахождении человека в среде холодного воздуха без одежды, в холодной воде и пр. При «снятии» «холодовых воздействий» восстановление температуры частей тела может затягиваться, в том числе из-за повышенной вязкости крови при низких температурах.

Нарушения в работе системы терморегуляции организма могут быть связаны с повреждениями самих терморепцепторов (например, при воздействиях экстремальных температур, при механических воздействиях и пр.); проводящих нервных путей [6, 10]; заболеваниями и травмами головного мозга.

5. Под «тепловой памятью» человека будем понимать возможность удержания им в памяти температур тех объектов, которые оценивались им с помощью собственной сенсорной системы (без использования инструментальных средств). Информация о температурах может храниться так: в виде непосредственных «сенсорных ощущений», в том числе ассоциированных с некоторыми объектами; субъективных «числовых оценок» температур, которые выработал испытуемый. По крайней мере, в последнем случае значительное влияние на результаты тестирования «тепловой памяти» исследуемых лиц могут оказывать нарушения в работе головного мозга, а также «внешние помехи», направленные на вытеснение информации из кратковременной памяти.

Визуальная оценка температур внешних объектов – такие возможности обычно достаточно ограничены; осуществляются с использованием ассоциативной памяти. (а) Для раскаленных металлов, испускающих свет, температура может дистанционно оцениваться по цвету свечения (с учетом вида металла) – обычно от темно-красного до ярко-белого. Качество таких оценок важно в основном для профессиональных металлургов, металлопрокатчиков и пр. Тестирование качества таких оценок возможно с использованием воспроизведения цветов на бумаге, на экране ЭВМ, с помощью RGB-светодиодов. (б) Для сильно нагретых объектов из стекла температура может оцениваться по цвету свечения, но соотношения «цвет – температура» в этом случае иные. (в) Для объемов жидкостей их температура визуально может оцениваться по выделению пара над ними; по проявлениям процесса кипения; по льдинам, плавающим в воде, и пр.

Дистанционная оценка температур объектов на основе восприятия инфракрасного излучения (ИКИ). Оно может восприниматься в основном частями тела, имеющими высокую плотность расположения терморецепторов: кожей лица, ладонями и пальцами рук. Возможные причины ошибок оценки температур: удаленность оцениваемых объектов от наблюдателя и, как следствие, значительное влияние «теплого фона» внешней среды, в том числе воздуха; небольшие размеры оцениваемых объектов; непостоянство собственной температуры участков тела человека, которые используются для восприятия ИКИ; процессы «привыкания» к воздействию ИКИ и пр.

Для исследования и тренинга оценок температур объектов по их ИКИ возможно использование программно-аппаратных комплексов (ПАК) с регулируемым по мощности ЭН и сменными «тест-объектами» (ТО) различного размера, формы и цвета. В процессе тестирования температуры ТО могут под управлением программы меняться ступенчато или плавно. Испытуемый оценивает эти температуры и фиксирует их значения: вводом с клавиатуры, установкой ползунков, голосом и пр. Фактические температуры ТО ПАК в процессе тестирования можно оценивать так: на основе градуировочных кривых «мощность нагревателя – температура ТО»; прямыми измерениями с помощью контактных и/или бесконтактных инфракрасных термометров – предполагается, что эти измерения производит специалист-тестолог. Информативны следующие виды результатов исследований: абсолютные оценки ошибок определения температур, включая их знаки; динамика изменения ошибок в процессе исследований и пр.

Могут также ставиться задачи на выявление изменений температур ТО во времени; на оценки скоростей изменения температур. При этом использование программно управляемых кулеров, укрепленных «сзади» ТО, обеспечивает возможности быстрого перехода к последующим тестовым заданиям (ТЗ).

При «собственно тестировании» испытуемый после окончания «теста в целом» получает сводку результатов по отдельным ТЗ; возможно среднюю по модулю ошибку; средние значения ошибок «в плюс» и «в минус». При тренингах оценки ошибок могут «доводиться» до испытуемого после каждого ТЗ. На основании этого он может делать выводы в отношении необходимого направления корректировки своих оценок.

Восприятие температуры воздуха. Параметры воздушной среды играют особую роль в жизнедеятельности человека. Важнейшие факторы, влияющие на такое восприятие: фактическая температура воздушной среды; общее самочувствие человека; текущая температура его тела, кожи лица и конечностей; скорость движения воздуха; его влажность, плотность (давление) [8]; соотношение концентрации газов в воздухе [9]; скорости изменения температурных воздействий [7]; одновременные воздействия по звуковому и световому [1] каналам; вербальные воздействия и пр.

Влияние влажности. (а) Сухой (с низкой влажностью) горячий воздух обеспечивает возможность испарения в него влаги. Поэтому субъективно он может восприниматься как «более прохладный» – например, в саунах. (б) Влажный горячий воздух (например, в «парилках» бань) не дает возможности испарения пота. Поэтому субъективно он воспринимается как весьма горячий. (в) Влажный холодный воздух приводит к более интенсивной теплоотдаче по сравнению с менее влажным воздухом. Поэтому субъективно влажный холодный воздух кажется имеющим более низкую температуру.

Влияние плотности (давления) воздуха. Если давление значительно выше атмосферного (например, в барокамерах), то процессы теплообмена тела с воздушной средой интенсифицируются. И, наоборот, для разреженного воздуха (например, при подъемах на большие высоты) процессы теплообмена тела с ним менее интенсивны. В обоих случаях возможно появление дополнительных ошибок.

При изменении газового состава воздуха его теплоемкость меняется, что также может приводить к изменениям оценок его температуры. Это существенно, например, при использовании аппаратов искусственной вентиляции легких с применением воздуха, обогащенного кислородом; газовых смесей для погружений под воду, в которых азот заменен на гелий и пр.

В практическом отношении важны оценки ошибок восприятия температур воздуха при различных влажностях и скоростях его движения. Поэтому конструкция ПАК для таких исследований должна позволять регулировать эти параметры. Возможны такие *варианты технических*

решений. (а) Помещение конечности человека в камеру, изолированную от внешней для нее воздушной среды. В такой камере достаточно удобно регулировать «температуру – влажность – скорость движения воздуха» (ТВСДВ), однако условия восприятия будут «неестественными». (б) Размещение испытуемого в помещении с регулируемыми ТВСДВ. При этом тестирование может осуществляться: (*t1*) только в отношении восприятия температуры; (*t2*) дополнительно еще в отношении «влажности» и «скорости движения воздуха», т.е. трех параметров одновременно. (в) Комбинация вариантов «б» и «а». При этом могут ставиться тестовые задачи на оценку наличия различий в параметрах среды «в комнате» и «в камере»; знаков таких различий; полуколичественных оценок величин этих различий и пр.

Возможны такие варианты тестирования. (*r1*) Со ступенчатым изменением параметров и вводом испытуемым «ответов» в нужные моменты времени – например, при включении светового индикатора. (*r2*) С плавным изменением параметров – ввод ответов также в задаваемые моменты времени. (*r3*) Непрерывное «отслеживание» испытуемым изменений температуры (или трех параметров сразу) и перемещение им соответствующих регуляторов. Для варианта «*r1*» возможно использование и режима тренинга. При этом для испытуемого после ввода им ответов в порядке обратной связи воспроизводятся фактические значения параметров. (*r4*) Оценки испытуемым совпадений/несовпадений воспринимаемых значений параметров для симметричных частей тела, помещенных в разные камеры с независимо регулируемыми параметрами воздушной среды. Фиксация восприятия отличий возможна голосовая по типам: «Да – Нет»; «Больше – Равно – Меньше».

При необходимости регулирования ТВСДВ ПАК должен иметь такие устройства: ЭН воздуха; датчик температуры воздуха; увлажнитель; датчик влажности; ЭВ с регулируемой скоростью вращения. Это обеспечит возможности «одностороннего» регулирования параметров – с превышениями над «базовыми» значениями (например, для варианта «а» ими будут являться параметры воздушной среды в комнате). Также отметим, что для «замкнутой камеры» в изменении температуры и влажности воздуха будет значительно участвовать и сам человек – за счет процессов теплоотдачи с его тела и испарения пота.

Информативные показатели для данного направления тестирования: абсолютные ошибки оценок – только температуры или и других двух параметров тоже; динамика изменения ошибок оценок во времени; изучение процессов «адаптации» испытуемого к температурным (или тепло-влажностным) условиям и пр.

Непосредственное контактное восприятие температуры жидкостей. Температура жидкости (по умолчанию будем иметь в виду воду) может оцениваться для таких вариантов. (а) В неподвижном объеме жидкости – например, в некоторой емкости: банка или кувшин, ванна для погружения тела и пр. (б) В сплошном потоке жидкости. (в) Для единственной струи жидкости, в том числе воздействующей на тело человека под значительным давлением. (г) Для совокупности струек жидкости – например, при принятии душа. (д) Для отдельных капель жидкости. Отметим, что в силу большей теплоемкости капель масла они могут приводить к локальным ожогам в тех случаях, когда равные по размеру и температуре капли воды такого эффекта не дадут.

Оценка температур жидкости может осуществляться различными участками тела, в том числе пальцами или кистями рук, погружаемыми в объемы жидкости.

Один из возможных вариантов ПАК для исследований по данному направлению. (а) Используются несколько емкостей с водой с независимо устанавливаемой и/или изменяемой температурой. (б) Для контроля температур используются терморезисторы. (в) Если применяются ЭН, то температуры жидкостей могут быть только выше комнатных. (г) Для обеспечения температур ниже комнатных могут применяться такие решения: «набор» холодной воды из-под крана; предварительное охлаждение воды в холодильнике; применение охлаждающих элементов Пельтье (ЭП).

Методика проведения тестирования – испытуемый ненадолго погружает в емкости с водой пальцы; оценивает температуры воды в емкостях; затем вводит ответы в ПАК. Варианты реализации: (а) последовательное «опробывание» разных емкостей одним и тем же пальцем; (б) независимое одновременное оценивание температур в разных емкостях разными пальцами, в том числе и на разных руках. В серии ТЗ температуры жидкостей в емкостях могут меняться, а опробывание – повторяться.

Возможные постановки задач в ТЗ: оценка равенства температур в двух емкостях; выявление превосходства температур в одной из емкостей (ответы типа «Больше – Равно – Меньше»; выявление емкости (одной из нескольких) с наибольшей и/или наименьшей температурой. Для варианта «а» дополнительным источником ошибок может быть влияние предыдущих «погружений пальца» на результаты последующих оценок.

Для описываемого ПАК могут быть использованы и ТЗ на оценку устойчивости «памяти на температуру». Например, один и тот же палец погружается в одну и ту же емкость с разницей в 1–2 минуты. При этом могут ставиться вопросы о: (*q1*) наличии изменения температуры, (*q2*) ее направленности, (*q3*) величине изменения температуры. Для «*q1*», предполагающего только бинарные

ответы, возможны ошибки 1-го и 2-го родов. Для случая «q2» вариантов неверных ответов может быть больше. Для «q3» целесообразно количественное определение ошибок для оценок температур.

Если палец (или пальцы) находится в емкостях с жидкостью непрерывно, то возможны ТЗ на оценки наличия и направлений изменения температуры.

Информативны: правильности определения соотношения температур жидкостей в емкостях; точности абсолютных определений температур и пр.

Для описанного направления возможно использование тренировочных режимов – с доведением до испытуемых «правильных» результатов после каждого ТЗ.

В клинической практике для оценки температурной чувствительности пальцев рук обычно используется такая методика. В две стеклянные пробирки наливают холодную и теплую (горячую) воду. Испытуемого просят взять эти пробирки в руки и сказать, где «холодная» пробирка, а где «теплая». Оценку «температурной чувствительности» можно дать, например, по величине минимального «порога восприятия» испытуемым наличия разности температур. Недостатки методики: она не очень технологична; оценивается фактически температура стенки пробирки – при этом на результаты может влиять «плотность контакта» пальца с пробиркой, некоторые иные факторы.

Восприятие на ощупь температуры объектов, имеющих определенную форму (ОИОФ). Такое выражение мы используем по необходимости, так как термин «твердое тело» относится только к объектам, имеющим кристаллическую решетку. Поэтому к «твердым телам» нельзя отнести, например, стекло и пластмассы. По умолчанию будем считать, что контакт тестируемого с ОИОФ осуществляется с помощью кончиков пальцев рук. При этом оценка температуры поверхности ОИОФ может значительно зависеть от характера этой поверхности, а также от коэффициентов теплопроводности и теплоемкости ОИОФ. Причина – при контакте пальца с ОИОФ имеют место процессы теплопередачи: между пальцем и ОИОФ; внутри ОИОФ; внутри пальца. При этом могут изменяться температуры кончика пальца и локального участка ОИОФ.

При тестировании для задания температур ТО могут использоваться нагреваемые электрическим током элементы, в том числе в сочетании с ЭВ. Более удобный вариант – ЭП, которые позволяют обеспечить температуры ТО и выше комнатных, и ниже. Однако малогабаритные ЭП имеют малую толщину и достаточно высокую температуропроводность. Поэтому если не используется воздушное охлаждение «нерабочей стороны» ЭП, то обеспечить значительную и постоянную во времени разницу температур на двух сторонах ЭП нельзя.

Ранее [4] авторами уже был предложен ПАК на основе ЭП, некоторые методики тестирования на его основе. Ниже описывается измененный вариант ПАК, а затем совокупности методик, часть которых – новые.

Конструкция ПАК включает в себя основной блок (ОБ); пульт тестируемого лица (ПТЛ), соединенный с ОБ по кабелю. Тестируемый сидит за столом, на котором размещены ОБ и ПТЛ; он может перемещать ОБ и ПТЛ в удобное для себя положение.

ОБ – это блок прямоугольной формы. Внутри него находятся: (а) микроконтроллер (МК), выполняющий записанную в него программу по управлению температурами ТО; интерфейс с пользователем; (б) динамик, позволяющий передавать тестируемому лицу информацию в вербальной форме, создавать звуковые помехи. Электропитание ПАК может осуществляться от USB-порта ПЭВМ или от внутреннего аккумулятора. Кроме того, через USB-порт может выполняться передача информации с ПАК на ПЭВМ; (в) терморезистор – для определения температуры воздуха вне ОБ; вывода этой температуры на дисплей; (г) датчик влажности – для определения и визуализации влажности воздуха вне ОБ. «Чувствительные элементы» датчиков температуры и влажности через отверстия в боковой стенке выведены наружу ОБ. Над верхней стенкой ОБ симметрично по ее ширине размещены два RGB-светодиода (СД). Они предназначены для передачи тестируемому лицу «визуальной информации». Предполагается, что «красные тона» ассоциируются тестируемым лицом с теплом, а «синие тона» – с холодом. Над верхней стенкой ОБ посередине между СД в сагиттальной плоскости может устанавливаться вертикальная ширма-перегородка. Она позволяет обеспечить раздельное восприятие СД левым и правым глазами. На передней стенке ОБ находится двухстрочный монохромный алфавитно-цифровой дисплей, позволяющий воспроизводить по 16 символов в каждой строке. Дисплей обеспечивает: вывод оперативных «указаний» тестируемому; отображение значений параметров в процессе выполнения ТЗ при тестировании/тренинге; вывод результатов по ТЗ и/или тесту в целом. Справа от дисплея друг над другом размещены два нажимных микропереключателя (НМП). Они служат для «пролистывания» на дисплее строчек с информацией «вверх» и «вниз» – если требуется отображать больший объем информации, чем умещается в две строки.

ПТЛ представляет собой панель, на которой расположены ТО в виде ЭП, органы регулирования и управления (ОРИУ) (рис.). Внутри панели располагаются ЭВ, обдувающие нижние (нерабочие) стороны ЭП, расположенных горизонтально. В боковых стенках панели есть отверстия для прохода воздуха.

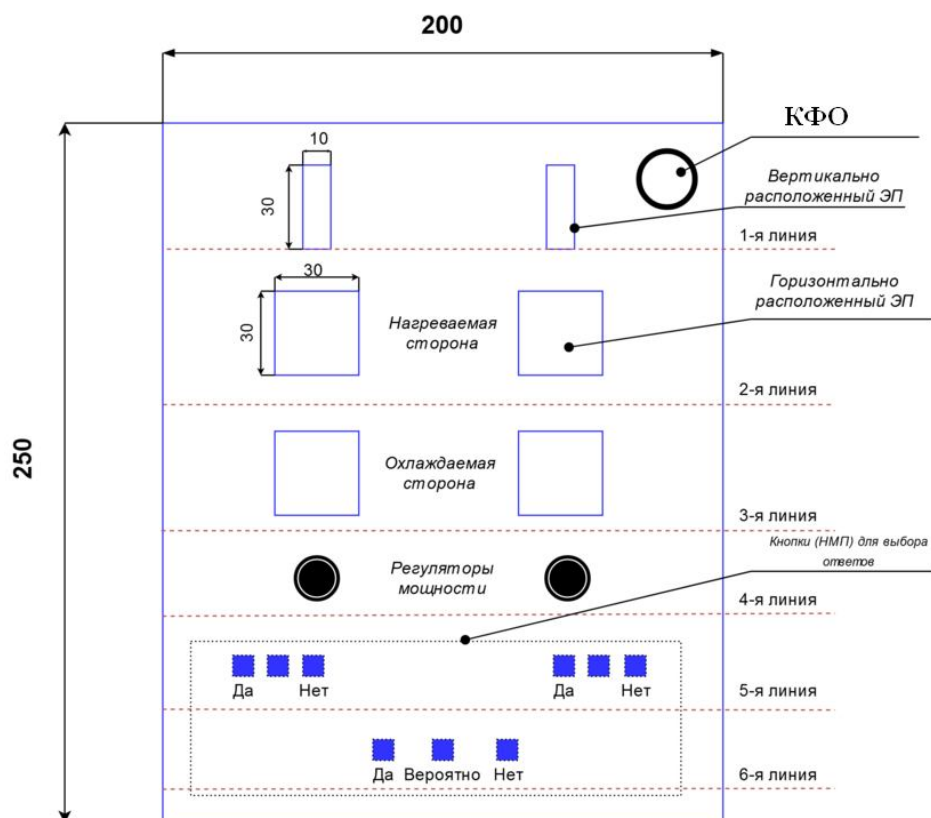


Рисунок – Общая схема размещения на ПТЛ «тест-объектов» и ОРУ (не показаны светодиоды для подсветки отдельных объектов при выполнении ТЗ)

Над ПТЛ на шести параллельных «линиях» размещено следующее.

(а) Тест-объекты, температуру которых испытуемый может (должен) оценивать, сравнивать или мониторировать. Ими являются ЭП размером 30×30 мм (для использования кончика одного пальца этого достаточно). Питание ЭП и ЭВ предусматривается от отдельных источников постоянного напряжения (независимо от ОБ). Несмотря на небольшие размеры ЭП, они обладают некоторой тепловой инерцией, и это приходится учитывать при разработке методик. (б) ОРУ, предназначенные для тестируемого. При этом для изменения интенсивности нагрева-охлаждения ЭП используется широтно-импульсная модуляция их напряжения питания, программно управляемая МК.

На первых трех линиях расположены ТО в виде ЭП. Использование однотипных ТО (только ЭП), по мнению авторов, предпочтительно по сравнению с вариантом комбинирования в ЭП с ЭН.

Линия 1 на ПТЛ – ближайшая к ОБ. На ней в вертикальном положении размещены левый ЭП (ЛЭП1) и правый ЭП (ПЭП1). Доступность двух сторон ЭП потенциально позволяет реализовывать ТЗ на сравнение температур двух поверхностей ЭП с использованием пальцев одной и той же или разных кистей.

Линия 2 – на ней в горизонтальном положении «нагреваемой» стороной вверх размещены два ЭП (ЛЭП2, ПЭП2). Они дают возможность оценивать в ТЗ наличие нагрева поверхности ЭП, температуру поверхности, изменение температуры во времени.

Линия 3 – на ней в горизонтальном положении «охлаждаемыми» сторонами вверх размещены ЛЭП3 и ПЭП3. Эти ЭП дают возможность оценивать в ТЗ наличие охлаждения, его величину, изменение величины охлаждения во времени.

На последующих линиях находятся ОРУ. На линии 4 – ручки двух вращаемых переменных резисторов. Они предназначены для регулирования уровней (интенсивностей) нагрева, соответствующих ЛЭП и/или ПЭП. Вращаемые резисторы более удобны, чем «ползунковые регуляторы». Линия 5 содержит левую и правую группы НМП (по три НМП в каждой). Эти НМП предназначены для ввода ответов испытуемых типов «Да – Нет» или «Да – Вероятно – Нет» соответственно для ЛЭП и/или ПЭП. На линии 6 посередине ширины ПТЛ расположены три НМП. Они служат для ввода ответов испытуемых типов «Да – Вероятно (Может быть) – Нет». Эти НМП предназначены для

оценки (сравнения) тестируемыми ощущениями для ТО: (а) поверхностей ЛЭП1 или ПЭП1 на «Линии 1»; (б) для ЛЭП2 и ПЭП2 на «Линии 2»; (в) для ЛЭП3 и ПЭП3 на «Линии 3».

В правом верхнем углу ПТЛ находится нажимная кнопка фиксации ответа (КФО) или ответов. В основном – при окончании «подбора» значений с помощью переменных резисторов на «линии 4». Предназначение ЭП и ОРИУ «расшифровано» для испытуемых с помощью надписей возле них на ПТЛ. Кроме того, все эти объекты могут подсвечиваться маломощными СД белого цвета – для указания испытуемым того, с чем они могут (должны) работать в конкретный момент времени в ТЗ.

Описанная номенклатура ТО в сочетании с ОРИУ дает большие возможности разработки методик тестирования/тренинга, в том числе получения и обработки «нечетких» ответов испытуемых лиц, использующих варианты типа «Может быть».

Некоторые общие особенности организации методик тестирования и тренинга. Будем считать, что один тест состоит из серии ТЗ. В пределах теста ТЗ могут быть разных типов. Задание режимов тестирования/тренинга в тестах осуществляется тестологом по запросам, отображаемым на дисплее. При этом используются те же ОРИУ ПТЛ, однако их функциональность иная, чем при тестировании/тренинге.

В каждом из ТЗ интенсивности нагрева и/или охлаждения ЭП могут задаваться так. (а) Выбираться из предопределенного набора значений – последовательно по списку в сценарии или в случайном порядке. (б) Выбираться случайно в заданных интервалах. (в) Устанавливаться адаптивно – с учетом результатов (величин ошибок), полученных по одному или нескольким предыдущим ТЗ.

Отметим такие особенности реализации методик. (а) Время выполнения некоторых типов ТЗ целесообразно ограничивать. При этом существенно, что в силу тепловой инерционности ЭП, моменты начала «оценки» испытуемыми температур ТО может быть необходимо «задерживать» перед каждым контактом с ними кончиков пальцев испытуемых. Для этой цели могут применяться следующие решения: подсветка СД необходимых ЭП и/или ОРИУ; выдача указаний на дисплее; звуковая сигнализация; голосовые указания через динамик. (б) После «ощупывания» поверхностей ЭП испытуемый может «снять» с них пальцы и использовать их для нажатия нужных НМП – по сигналам подсветки СД. (в) На результаты тестирования могут влиять значительные локальные отличия температур кончиков пальцев рук от температуры тела в целом. Поэтому может быть целесообразным определение температур кончиков пальцев с помощью контактных электронных термометров до начала тестирования.

Описание методик тестирования и тренинга. Для большинства описываемых далее методик «на сравнение температур» или «разниц температур» предполагается, что тестируемый может одновременно оценивать температуры сравниваемых ТО. Однако возможно и изучение «тепловой памяти» тестируемых лиц. Тогда после однократного «опробывания» температуры первого «объекта-образца» может следовать обязательная пауза по времени, и только потом выполняться «опробывание» того же или иного ТО.

Аналогично для заданий на установку температуры «управляемого ТО» опробывание «объекта-образца» может осуществляться только однократно. И затем после обязательной паузы тестируемым должно устанавливаться значение температуры для управляемого им ТО. Это также способ оценки «тепловой памяти».

При тестировании ХВТОЧ могут дополнительно применяться воздействия на тестируемого по визуальному и слуховому каналам, в том числе для изучения его «концентрации внимания». (п1) *Визуальные помехи.* Подсветка RGB-СД: одного или сразу двух. Цель – оценить, есть ли влияние «цветовых воздействий» на качество и «скорости» ответов испытуемых, включая доли «правильных» и «неправильных» ответов; ответов типа «Может быть». (п2) *Звуковые помехи* в виде шумов переменной громкости/тональности – могут воспроизводиться во всех (или части) ТЗ в серии заданий. (п3) Вербальные воздействия в виде «голосовых подсказок» для ответов типов «Да – Нет» и «Да – Может быть – Нет». Для конкретных ТЗ эти подсказки могут быть «правильными» или «неправильными». При этом можно оценить, насколько тестируемый устойчив к такому «навязыванию» ответов.

Мы дадим описание методик с иерархией: совокупность групп; группы; отдельные методики. Перечень методик – достаточно подробный, но не исчерпывающий.

(А) Работа с количественными значениями температур

1. Оценки тестируемым абсолютных температур поверхностей ЭП – нагреваемых или охлаждаемых. (1.1) Испытуемый должен «опробовать» поверхность ЛЭП2 кончиком одного из пальцев; мысленно оценить величину температуры; затем с помощью левого регулятора, на «линии 4» подобрать значение температуры, соответствующей поверхности ЛЭП2 (это значение при подборе отображается на дисплее с точностью до 0,1 градуса). Для фиксации ответа нажимается КФО на ПТЛ. Информативны: величины ошибок; знаки ошибок; зависимость величин ошибок от фактической температуры

ЛЭП2. (1.2) Аналогичное задание, но для ПЭП2. Ответ подбирается с помощью правого регулятора на «линии 4», затем нажимается КФО. (1.3) В одном ТЗ оцениваются температуры на ЛЭП2 и ПЭП2. Числовые ответы подбираются с помощью левого и правого регуляторов на «линии 4», затем нажимается КФО. (1.4) Для тестирования используется ЛЭП3 (охлаждаемый), в остальном это задание аналогично «1.1». (1.5) Для тестирования используется ПЭП3 (охлаждаемый), в остальном – задание аналогично 1.2. (1.6) Аналог 1.3, но одновременно используются ЛЭП3 и ПЭП3.

2. ТЗ на установку заданных значений температур. (2.1) На дисплее отображается значение температуры выше комнатной, которую надо установить на ЛЭП2 с помощью левого регулятора на «линии 4». Фиксация ответа – кнопкой КФО. Информативны: величины ошибок и их знаки; времена подбора температур. (2.2) Аналог 2.1, но используется ПЭП2 и правый регулятор на «линии 4». (2.3) На дисплее отображается значение температуры ниже комнатной. Ее надо установить на ЛЭП3 с помощью левого регулятора на «линии 4». Затем нажимается КФО. (2.4) Аналог 2.3, но используется ПЭП3 и правый регулятор на «линии 4».

(В) Оценки наличия и «знака» одной разницы температур на поверхностях ЭП.

3. Оценка наличия разностей температур на двух поверхностях одного вертикально расположенного ЭП. Цели методик этой группы: определение «порогов чувствительности» к различиям в температурах для разных комбинаций пальцев. В этой группе не оценивается, какая сторона ЭП более теплая, а какая более холодная. (3.1) С помощью программы, запущенной на МК, на короткий период времени (для определенности – на 20 секунд) на ЛЭП1 подается (или не подается) некоторая мощность. Тестируемый по истечении этих 20 секунд должен оценить наличие (или отсутствие) различий в температурах двух сторон ЛЭП1 с помощью кончиков двух пальцев. В частном случае мощность на ЛЭП1 не подается – это позволяет выявить «ложное ощущение» наличия разницы температур. В данном ТЗ возможны такие комбинации двух пальцев. (а) Большой палец и один из других четырех пальцев той же кисти. Тест может проводиться независимо для левой и правой кистей рук. (б) Любые сочетания двух пальцев, относящихся к разным кистям рук. Возможны два варианта ответов. (v1) «Да – Нет» – при этом используются только два крайних НМП в левой группе НМП на «линии 5»: левый НМП – «Да», правый – «Нет». Возможны ошибки 1-го рода (не определяется наличие разницы, когда она фактически есть) и 2-го рода – определяется разница, когда ее фактически нет. (v2) Ответы типа «Да – Может быть – Нет». Используются все три НМП в группе, причем средний НМП соответствует «Может быть». Применение ответов «Может быть» позволяет выявлять зоны «уверенного» и «неуверенного» различения для разниц температур поверхности ЭП. (3.2) Это аналог «1.1», но в качестве ТО используется ПЭП1, а для ввода ответов – правая группа НМП на «линии 5» ПТЛ. Помимо использования схем «ЛЭП1 – пальцы левой кисти», «ПЭП1 – пальцы правой кисти», возможны и «перекрестные схемы»: «ПЭП1 – пальцы левой кисти», «ЛЭП1 – пальцы правой кисти». Сравнение результатов для пальцев разных кистей рук позволяет обнаружить некоторые патологии нервных путей проведения сигналов. (3.3) Это комбинация «3.1» и «3.2» – оценка наличия разниц температур одновременно оценивается на ЛЭП1 и ПЭП1 по истечении указанных выше 20 сек. Ввод ответов – по результатам опробывания (ощупывания) обоих ЭП осуществляется с помощью двух групп НМП на «линии 5». В «3.3» возможны «перекрестные влияния» ощущений для разниц температур на ЛЭП1 и ПЭП1. Поэтому важна оценка долей одновременно и разновременно допускаемых ошибок для двух ЭП.

4. Оценка наличия разницы температур на горизонтальной поверхности ЭП и в окружающем воздухе. (4.1) На ЛЭП2 подается (или не подается) некоторая мощность. Тестируемый должен оценить, есть ли нагрев ЛЭП2 по сравнению с температурой воздуха в комнате. Для «опробывания» поверхности ЛЭП2 может использоваться кончик любого пальца, но лучше – левой кисти. Для ввода ответов используется левая группа НМП на «линии 5» с вариантами ввода ответов v1 и v2. В этом типе ТЗ (как, впрочем, и иных ТЗ группы) могут «поодиночке» тестироваться разные пальцы, что позволяет выявить «локальные патологии». (4.2) На ПЭП2 подается (или не подается) некоторая мощность. Тестируемый должен оценить, есть ли нагрев ЛЭП2 по сравнению с температурой в комнате. Для опробывания поверхности ПЭП2 может использоваться любой палец – по умолчанию, правой руки. Для ответов может использоваться правая группа НМП на «линии 5» с вариантами ответов v1 и v2. (4.3) На ЛЭП3 подается (или не подается) мощность. Тестируемый должен с помощью кончика любого пальца оценить, есть ли охлаждение ЛЭП3 по сравнению с температурой в комнате. Для ответов может использоваться левая группа НМП на «линии 5» с вариантами ответов v1 и v2. (4.4) На ПЭП3 подается (или не подается) некоторая мощность. Тестируемый должен оценить, есть ли охлаждение ПЭП3 по сравнению с температурой в комнате. Для ответов может использоваться правая группа НМП на «линии 5» с вариантами ответов v1 и v2.

5. Оценка наличия и «знака» разницы температур на поверхностях двух горизонтально расположенных ЭП. (5.1) Независимо друг от друга на ЛЭП2 и ПЭП2 под управлением программы,

запущенной на МК, непрерывно подаются (или не подаются) некоторые мощности. Тестируемый должен оценить наличие (или отсутствие) различий в температурах нагрева поверхностей ЛЭП2 и ПЭП2. При этом возможны такие варианты: обе поверхности сохраняют комнатную температуру (мощности на ЭП не поданы или они слишком малы); поверхность одного из ЭП нагревается, а другая остается при комнатной температуре; обе поверхности ЭП нагреваются – до одинаковой или до разных температур. Для ввода ответа предполагается использование НМП, расположенных на «линии 6» – с вариантами ответов v1 или v2. Нажимается левый НМП, если тестируемому более теплой кажется поверхность левого ЭП; правая НМП – если правого ЭП; средний НМП – если температуры кажутся одинаковыми. В общем случае нижний порог восприятия разницы температур зависит и от самих температур. При изучении такой зависимости в качестве «аргумента» может быть взята меньшая из двух температур ЭП. (5.2) Аналог «5.1», но используются охлаждаемые поверхности ЛЭП3 и ПЭП3. Для ввода ответа нажимается левый НМП на «линии 6», если менее холодной (более теплой) кажется поверхность левого ЭП; правый НМП – если правого ЭП; средний НМП – если температуры кажутся одинаковыми. Для вариантов ТЗ 5.1 и 5.2 могут использоваться также «подсказки» с помощью подсветки RGB-СД. Обычно красный цвет ассоциируется с более теплым ЭП, а синий – с более холодным [1]. Такие подсказки могут быть «правильными» или «неправильными» – это позволяет оценить устойчивость тестируемого к внешним помехам (фактически – концентрацию внимания). Применение RGB-СД позволяет плавно управлять цветовыми оттенками и яркостями свечения СД. Это расширяет методические возможности демонстрации «верных» или «неверных» подсказок, в том числе при разных уровнях нагрева поверхностей ЭП (для 5.1) или их охлаждения (для 5.2). Возможны и «шумовые воздействия»; «вербальные подсказки» – правильные и неправильные.

(С) Оценки наличия и «знака» двух разниц температур на поверхностях ЭП.

6. Сравнение разниц температур на двух сторонах вертикально расположенных ЭП. (6.1) Независимо на ЛЭП1 и ПЭП1 кратковременно (например, на 20 секунд) подаются (или не подаются) некоторые мощности. По истечении 20 секунд тестируемый должен оценить, на каком из ЭП разница температур выше. Для ввода ответа используются НМП на линии 6: левый НМП – если разница кажется большей на ЛЭП1; правый НМП – если на ПЭП1; средний НМП – если разницы кажутся одинаковыми. Так же как и ранее, возможны «верные и неверные» подсказки с помощью RGB-СД и вербальные. (6.2) Независимо непрерывно подаются (или не подаются) мощности на четыре ЭП: ЛЭП2, ЛЭП3, ПЭП2, ПЭП3. Тестируемый должен сравнить разницы температур между двумя парами ЭП: «ЛЭП2-ЛЭП3» и «ПЭП2-ПЭП3». При этом для левой пары ЭП используются пальцы левой кисти, а для правой пары – правой кисти. В качестве ответа вводится «пара» ЭП (левая или правая): левый НМП на линии 6 – если разница больше на «левой паре» ЭП; правый НМП – если на правой; средний НМП – при ощущении равенства разниц. Подчеркнем, что для этого ТЗ сами «пары температур», «обеспечивающие» разницы, могут для пар ЭП отличаться. Для этой группы методик также возможны «верные и неверные» подсказки с помощью RGB-СД, шумовые помехи и вербальные.

(D) Подбор тестируемым одинаковых температур поверхностей.

7. Разовый подбор одинаковых температур поверхностей. (7.1) Температура ЛЭП2 устанавливается программой. Тестируемый должен опробовать ЛЭП2, затем подобрать на ПЭП2 аналогичную температуру. Подварианты: (а) тестируемый однократно касается ЛЭП2, а затем подбирает температуру на ПЭП2 «по памяти»; (б) тестируемый может многократно касаться ЛЭП2 в процессе подбора или держать на ней палец. После окончания подбора нажимается КФО. Информативны: величины ошибок подбора; знаки этих ошибок; зависимость ошибок от фактической температуры ЭП, управляемого программой; длительности подбора температур. (7.2) Аналог 7.1, но программа управляет температурой ПЭП2, а испытуемый – ЛЭП2. (7.3) Температура ЛЭП3 устанавливается программой, а тестируемый должен подобрать на ПЭП3 аналогичную температуру и нажать КФО. (7.4) Температура ПЭП3 устанавливается программой, а тестируемый должен подобрать на ЛЭП3 аналогичную температуру; нажать КФО. **8. Регулирование тестируемым температуры ЭП в «режиме сопровождения».** (8.1) Температура ЛЭП2 управляется программой. Эта температура в некоторые промежутки времени остается постоянной, а в некоторые – меняется (скачкообразно или плавно). Тестируемый должен: контролировать температуру ЛЭП2 размещенным на ней кончиком пальца; непрерывно «подбирать» на ПЭП2 такую же температуру, контролируя ее – другим пальцем той же кисти. Для вращения правого регулятора на «линии 4», управляющего подаваемой на ПЭП2 мощностью, используются пальцы свободной кисти. Информативны такие результаты: максимальные отклонения подбираемых температур в большую и меньшую сторону по отношению к ЛЭП2; среднеинтегральное значение отклонения за период выполнения ТЗ (например, 2 минуты); времена «запаздывания реакций» тестируемого на изменения температуры ЛЭП2; влияние скоростей изменений температуры на результаты. (8.2) Аналог 8.1, но температура ПЭП2 управляется программой, а тестируемый должен подобрать на ЛЭП2 аналогичную температуру. (8.3) Аналог 8.1, но температура ЛЭП3

управляется программой, а тестируемый должен подбирать на ПЭПЗ аналогичную температуру. (8.4) Аналог 8.1, но температура ПЭПЗ управляется программой, а тестируемый должен подбирать температуру на ЛЭПЗ.

(Е) Подбор тестируемым одинаковых разниц температур поверхностей.

9. Разовый подбор тестируемым одинаковой разницы температур для двух ЭП. (9.1) На паре «ЛЭП2–ЛЭП3» программой задается определенная разница температур. Тестируемый должен подобрать с помощью регуляторов на «линии 4» такие температуры для ПЭП2 (левый регулятор) и ПЭП3 (правый регулятор), чтобы разница их температур была одинакова с парой «ЛЭП2–ЛЭП3». (9.2) На паре «ПЭП2–ПЭП3» программно задается определенная разница температур. Тестируемый должен подобрать с помощью регуляторов на «линии 4» такие температуры для ЛЭП2 (левый регулятор) и ЛЭП3 (правый регулятор), чтобы была обеспечена такая же разница температур.

10. ТЗ на «сопровождение» разницы температур. (10.1) На ЛЭП2 и ЛЭП3 под управлением программы, запущенной на МК, подается определенная мощность, обеспечивающая разницу температур поверхностей двух ЭП. В некоторые периоды времени в течение ТЗ (его продолжительность для определенности примем в 2 мин.) эта мощность может меняться – плавно или скачкообразно. Тестируемый с помощью двух регуляторов на «линии 4» должен подстраивать мощности на паре «ПЭП2–ПЭП3» для обеспечения одинаковой разницы температур. (10.2) Это аналог «10.1», но программно управляется разница температур для пары «ПЭП2–ПЭП3», а тестируемый должен непрерывно подстраивать аналогичную разницу для «ЛЭП2–ЛЭП3».

(Е). Выявление «моментов совпадения» температур и «разниц температур».

11. ТЗ на выявление моментов совпадения температур. (11.1) Температура на ЛЭП2 программой устанавливается фиксированной, а на ПЭП2 плавно меняется. Тестируемый мониторирует эти температуры, и в моменты их совпадения нажимает средний НМП на «линии 6». При этом возможен некоторый «гистерезис» для определения моментов совпадения при увеличении и уменьшении температуры. (11.2) Аналог 11.1, но температура на ПЭП2 фиксирована, а на ЛЭП2 – меняется. (11.3) Аналог 11.1, но температура на ЛЭП3 фиксирована, а на ПЭП3 – меняется. (11.4) Аналог 11.1, но температура на ПЭП3 фиксирована, а на ЛЭП3 – меняется. (11.5) Программой достаточно плавно и независимо друг от друга изменяются температуры для ЛЭП2 и ПЭП2. Тестируемый должен нажимать средний НМП на «линии 6» в моменты совпадения температур. (11.6) Аналог «11.5», но температуры меняются на ЛЭП3 и ПЭП3.

12. ТЗ на выявление моментов совпадения «разниц температур». (12.1) Программой, запущенной на МК, разница температур на паре «ЛЭП2–ЛЭП3» фиксируется, а на паре «ПЭП2–ПЭП3» – меняется. Тестируемый должен обнаруживать моменты совпадения этих разниц и в эти моменты нажимать средний НМП на «линии 6». (12.2) Аналог 12.1, но программой фиксируется разница температур на паре «ПЭП2–ПЭП3», а на «ЛЭП2–ЛЭП3» она меняется. Действия тестируемого аналогичны варианту 12.1. (12.3) Аналог 12.3, но программой плавно и независимо друг от друга меняются разницы температур на парах «ПЭП2–ПЭП3» и «ЛЭП2–ЛЭП3». Испытуемый, как и ранее, должен обнаруживать моменты совпадения двух разниц и в эти моменты нажимать средний НМП на «линии 6».

Заключение. 1. Тестирование характеристик температурной чувствительности тела человека, и особенно кончиков пальцев рук, имеет важное значение для решения «медицинских задач», для профессионального отбора, при проведении психофизиологических исследований. 2. Для тестирования этих характеристик необходимо использование специальных методик, ПАК и программного обеспечения для них. 3. На примере ПАК для тестирования характеристик температурной чувствительности кончиков пальцев рук показано, что могут исследоваться различные виды таких характеристик. При этом для каждого вида могут быть использованы различные методики. 4. Помимо тестирования для рассматриваемых в статье характеристик могут быть использованы и тренинговые режимы. Их отличиями могут быть следующие особенности: комментирование тестируемому допускаемых им ошибок и «неточностей»; использование «адаптивных режимов» управления сложностью ТЗ; отсутствие ограничений по времени выполнения ТЗ при подборе параметров и пр. 5. Описанные методики могут быть применены для отдельных физических лиц (в том числе и для отслеживания динамики их показателей во времени); для групп физических лиц, отобранных по определенным критериям. 6. С целью накопления получаемых при тестировании результатов целесообразно использование компьютерной «базы данных», а для их обработки – методов статистического анализа.

Библиографический список

1. Патент на изобретение RU 2546976 С2, 10.04.2015. Система цветного освещения для воздействия на восприятие температуры окружающей среды / Й. П. В. Байенс, С. Х. М. Порт, Л. Й. М. Схланген. – № 2012102254/07; заявл. 15.06.2010.
2. Бочаров М. И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (обзор). Сообщение I / М. И. Бочаров // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. – 2015. – № 1. – С. 5–15.

3. Брумштейн Ю. М. Системный анализ направлений, методов и технических средств изучения чувствительности кончиков пальцев рук / Ю. М. Брумштейн // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии (ФРЭМЭ'2016) : труды XII Международной научной конференции. – Владимир, 2016. – Кн. 1. – С. 311–315.
4. Брумштейн Ю. М. Методы и аппаратно-программные решения для исследования контактной температурной чувствительности кончиков пальцев рук / Ю. М. Брумштейн, А. С. Чурюмова, Д. И. Коновалова // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2018 : сб. статей Всерос. школы-семинара. – Саратов : Саратовский источник, 2018. – С. 55–58.
5. Патент на изобретение RU 2479249 C2, 20.04.2013. Устройство для определения плотности холодовых и тепловых рецепторов на участке кожного покрова пациента / А. И. Грядун, Д. И. Невский, О. Н. Серова. – № 2011109059/14 ; заявл. 11.03.2011.
6. Иванов К. П. Физиология терморегуляции: руководство по физиологии / К. П. Иванов. – Ленинград : Наука, 1984. – 470 с.
7. Диверт В. Э. Влияние скорости нарастания температуры стимула на пороги локальных кожных термоощущений / В. Э. Диверт // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 5. – С. 74–80.
8. Диверт В. Э. Влияние местных барометрических воздействий на пороги кожных термоощущений / В. Э. Диверт // Сенсорные системы. – 2004. – Т. 18, № 1. – С. 56–64.
9. Диверт В. Э. Температурная чувствительность кожи при гипоксии / В. Э. Диверт // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 40.
10. Казаков В. Н. Центральные механизмы терморегуляции / В. Н. Казаков, В. Ф. Андреева // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2018. – Т. 27, № 2. – С. 5–24.
11. Козырева Т. В. Функциональное значение динамической активности холодовых рецепторов кожи / Т. В. Козырева, Л. А. Верхогляд // Физиол. журн. СССР им. И.М. Сеченова. – 1989. – Т. 75, № 1. – С. 117–123.
12. Медведев А. А. Особенности и механизмы температурной чувствительности (обзор) / А. А. Медведев, Л. В. Соколова // Журнал медико-биологических исследований. – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 92–105.
13. Неживая Ю. Н. Системный анализ проблематики управления процессами реабилитации кистей и пальцев рук / Ю. Н. Неживая, Е. С. Травова, А. Е. Водопьянов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 3. – С. 85–99.
14. Температурная чувствительность. Тепловые рецепторы. Холодовые рецепторы. Температурное восприятие. – Режим доступа: <https://meduniver.com/Medical/Physiology/289.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 04.05.2020).
15. Улащик В. С. Рецепторы кожи и лечебные физические факторы / В. С. Улащик // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 2017. – Т. 94, № 5. – С. 48–57.
16. Hensel H. Thermoreception and Temperature Regulation in Man / H. Hensel, K. Schafer // Recent Advances in Medical Thermology. – Boston, 1984. – P. 51–64.

References

1. Bayens Y. P. V., Port S. Kh. M., Skhlangen L. Y. M. *Patent na izobretenie RU 2546976 C2, 10.04.2015. Sistema tsvetnogo osveshcheniya dlya vozdeystviya na vospriyatie temperatury okruzhayushchey sredy* [Patent for invention RU 2546976 C2, 10.04.2015. Color lighting system to influence environmental temperature perception], no. 2012102254/07 ; declared of 15.06.2010.
2. Bocharov M. I. *Termoregulyatsiya organizma pri kholodovykh vozdeystviyakh (obzor). Soobshchenie I* [Thermoregulation of the body under cold effects (review). Report I]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federalnogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki* [Bulletin of the North (Arctic) Federal University. Series. Medical-Biological Sciences], 2015, no. 1, pp. 5–15.
3. Brumshteyn Yu. M. *Sistemnyy analiz napravleniy, metodov i tekhnicheskikh sredstv izucheniya chuvstvitelnosti konchikov paltsev ruk* [System Analysis of Directions, Methods and Technical Means of Studying Sensitivity of Finger Tips]. *Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii (FREME'2016) : trudy XII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Physics and Radio Electronics in Medicine and Ecology (FREM '2016) : proceedings of the XII International Scientific Conference]. Vladimir, 2016, book 1, pp. 311–315.
4. Brumshteyn Yu. M., Churyumova A.S., Konvalova D.I. *Metody i apparatno-programmnye resheniya dlya issledovaniya kontaktnoy temperaturnoy chuvstvitelnosti konchikov paltsev ruk* [Methods and hardware and software solutions for research of contact temperature sensitivity of finger tips]. *Metody kompyuternoy diagnostiki v biologii i meditsine – 2018 : sbornik statey Vserossiyskoy shkoly-seminara* [Methods of computer diagnostics in biology and medicine – 2018 : proceedings of the Russian seminar school]. Saratov, Saratovskiy istochnik Publ., 2018, pp. 55–58.
5. Gryadunov A. I., Nevskiy D. I., Serova O. N. *Patent na izobretenie RU 2479249 C2, 20.04.2013. Ustroystvo dlya opredeleniya plotnosti kholodovykh i teplovykh retseptorov na uchastke kozhnogo pokrova patsienta* [Patent for invention. Device for determining the raft of cold and thermal receptors on the area of the patient's skin cover], no. 2011109059/14 ; declared of 11.03.2011.
6. Ivanov K. P. *Fiziologiya termoregulyatsii: rukovodstvo po fiziologii* [Physiology of Thermoregulation: Guide to Physiology]. Leningrad, Nauka Publ., 1984. 470 p.
7. Divert V. E. *Vliyanie skorosti narastaniya temperatury stimula na porogi lokalnykh kozhnykh termooshchushcheniy* [Effect of stimulus temperature increase rate on thresholds of local skin thermal sensations]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2002, vol. 28, no. 5, pp. 74–80.
8. Divert V. E. *Vliyanie mestnykh barometricheskikh vozdeystviy na porogi kozhnykh termooshchushcheniy* [Impact of local barometric effects on the thresholds of natural thermal sensing]. *Sensornye sistemy* [Sensor Systems], 2004, vol. 18, no. 1, pp. 56–64.

9. Divert V. E. Temperaturная чувствительность кожи при гипоксии [Temperature sensitivity of skin in case of hypoxia]. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal imeni I.M. Sechenova* [Russian Physiological Journal named by I.M. Sechenov], 2004, vol. 90, no. 8, pp. 40.
10. Kazakov V. N., Andreeva V. F. Tsentralnye mekhanizmy termoregulyatsii [Central mechanisms of thermoregulation]. *Arkhiy klinicheskoy i eksperimentalnoy meditsiny* [Archive of clinical and experimental medicine], 2018, vol. 27, no. 2, pp. 5–24.
11. Kozyreva T. V., Verkhoglyad L. A. Funktsionalnoe znachenie dinamicheskoy aktivnosti kholodovykh retseptorov kozhi [Functional value of the dynamic intensity of cold skin receptors]. *Fiziologicheskii zhurnal SSSR imeni I.M. Sechenova* [Russian Physiological Journal named by I.M. Sechenov], 1989, vol. 75, no. 1, pp. 117–123.
12. Medvedev A. A., Sokolova L. V. Osobennosti i mekhanizmy temperaturnoy chuvstvitelnosti (obzor) [Features and mechanisms of temperature sensitivity (review)]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research], 2019, vol. 7, no. 1, pp. 92–105.
13. Nezhivaya Yu. N., Travova Ye. S., Vodopyanov A. Ye. Sistemnyy analiz problematiki upravleniya protsessami reabilitatsii kistei i paltsev ruk [System analysis of the problem of control of processes of rehabilitation of hands and fingers]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2013, no. 3, pp. 85–99.
14. Temperaturная чувствительность. Тепловые рецепторы. Холодовые рецепторы. Температурное восприятие [Temperature sensitivity. Thermal receptors. Cold receptors. Temperature perception]. Available at: <https://meduniver.com/Medical/Physiology/289.html> (accessed 04.05.2020).
15. Ulashchik V. S. Retseptory kozhi i lechebnye fizicheskie faktory [Skin receptors and therapeutic physical factors]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizkultury* [Questions of balneology, physiotherapy and physical cultures], 2017, vol. 94, no. 5, pp. 48–57.
16. Hensel H., Schafer K. Thermoreception and Temperature Regulation in Man. *Recent Advances in Medical Thermology*. Boston, 1984, pp. 51–64.