

УДК 519.876.5

## МУЛЬТИАГЕНТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ЭМПИРИЧЕСКИХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ В СРЕДЕ ИСКУССТВЕННОЙ ГИПОГРАВИТАЦИИ

© 2017 В.А. Акулов<sup>1</sup>, И.В. Макаров<sup>2</sup>, А.Ю. Сидоров<sup>2</sup>, С.Н. Романова<sup>3</sup><sup>1</sup> Самарский государственный технический университет<sup>2</sup> Самарский государственный медицинский университет<sup>3</sup> Клиники Самарского государственного медицинского университета

Статья поступила в редакцию 31.08.2017

Разработана и апробирована технология автоматизированного синтеза эмпирических и теоретических моделей гемодинамики человека в условиях искусственной гипогравитации Луны, Марса и невесомости с применением принципов мультиагентности. Исследования выполнены в интересах перспективной космонавтики и восстановительной медицины. Артериальное русло формализовано в виде распределенного четырехполосника, что потребовало совместного применения методов ультразвуковой доплерографии (УЗДГ) и кардиологии. В результате полипозиционного обследования выявлены ряд скрытых закономерностей периферической гемодинамики (распределения давления, скорости кровотока, собственных частот колебаний, коэффициентов затуханий), характеризующих ее отклик на вариацию величины и направления воздействия гравитационной нагрузки. Сформулированы рекомендации и направления дальнейших исследований

*Ключевые слова:* искусственная гипогравитация, автоматизированный эксперимент, эмпирические и теоретические модели, гемодинамика, космонавтика, гравитационная терапия

*Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 17 – 48 – 630834*

### ВВЕДЕНИЕ

Группа специалистов из числа профессоров и доцентов самарских ВУЗов совместно с практическими врачами разработала и апробировала технологию автоматизированного синтеза эмпирических и теоретических моделей гемодинамики человека в условиях искусственной гипогравитации Луны, Марса и невесомости. Актуальность проблемы обусловлена как потребностями пилотируемой космонавтики, так и практического здравоохранения (восстановительная медицина).

В национальных программах, принятых в РФ, США, Китае и ряде других стран, предусматривается переход от орбитальных полётов на Международной космической станции (МКС) к освоению «дальнего Космоса» [1-4, 7]. Под этим понимаются длительные, продолжительностью до 20 – 30 суток, пребывания экипажей на поверхности Луны

и Марса с выполнением значительного объёма научных и прикладных исследований. Необходимо отметить, что освоение дальнего Космоса является качественно новой, причем противоречивой проблемой. Вследствие того, что человек является гравитационно-зависимым субъектом, в условиях гипогравитации планет неизбежны сдвиги физиологических процессов относительно нормы в жизненно важных органах и, прежде всего, в сердечно-сосудистой системе. Наглядным примером служит невесомость, которая вызывает патологическую перестройку организма. Проблематичными становятся процессы возвращения на Землю и последующей адаптации к естественной гравитации [1 -3].

По целому ряду причин, главная из которых отсутствие гипогравитации как на Земле, так и на МКС, опыт пилотируемой космонавтики, а он весьма значителен, становится недостаточным. Предстоят масштабные работы по модернизации процесса подготовки космонавтов, разработке, применению новых тренажеров и новых методик медицинского обеспечения полётов [1] – [5], [7]. Составной частью названных работ является создание и применение высокоэффективных устройств, генерирующих модельную гравитацию. К таким устройствам относятся наклонные стенды (НС, рис. 1). При надлежащем выборе угла наклона плоскости относительно горизонта имитируются факторы, характерные для гипогравитации Луны, Марса и невесомости, в числе которых распределение жидких

*Акулов Владислав Алексеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры ин-формационных технологий. E-mail: vladislav.a.akulov@gmail.com*

*Макаров Игорь Валерьевич, доктор медицинских наук, профессор, декан педиатрического факультета.*

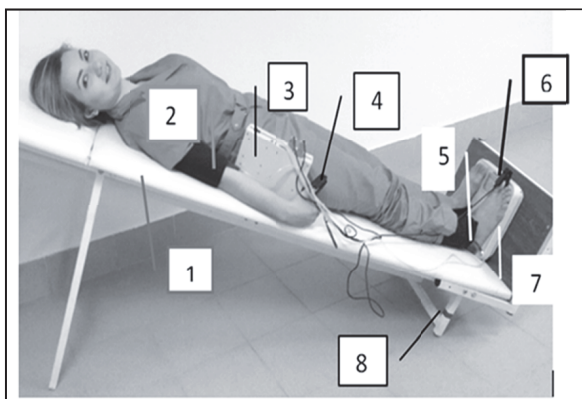
*E-mail: makarov-samgtm@yandex.ru*

*Сидоров Александр Юрьевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры хирургических болезней № 1. E-mail: sidorov\_024@mail.ru*

*Романова Светлана Николаевна, врач отделения функциональной и УЗИ-диагностики.*

*E-mail: Larionovasn@gmail.com*

сред в организме и силовая нагрузка на ступни. Оснащение НС современной информационно - аналитической системой преобразует его в высокоэффективную автоматизированную систему научных исследований (АСНИ).



**Рис. 1.** Общий вид системы «человек-НС»:

- 1 – наклонная плоскость,
- 2 – тонометр (рука),
- 3 – аппаратура дискретного мониторинга,
- 4 – пульсоксиметр (рука),
- 5 – тонометр (лодыжка),
- 6 – пульсоксиметр (нога), 7 – весы,
- 8 – быстросъемная опора, определяющая угол наклона плоскости: Луна, Марс

Наряду с «космическими» приложениями модельная гравитация нашла применение в практическом здравоохранении. Речь идет о гравитационной терапии (ГТ), представляющей собой разновидность восстановительной медицины [6]. ГТ основана на применении искусственной силы тяжести, создаваемой короткорadiusной центрифугой, для восстановления кровообращения, нарушенного в результате травм, переломов нижних конечностей и ишемических заболеваний. Процедуры ГТ выполняются в положении «лежа на спине», которое по гемодинамике и другим физиологическим факторам близко к невесомости. Таким образом, задачи целеполагания пилотируемой космонавтики и ГТ в значительной степени идентичны. Их объединяет потребность в новых знаниях о скрытых механизмах периферической гемодинамики в условиях модельной гравитации. Для их выявления и разработана предлагаемая технология.

**Цель исследований:** разработка и апробация технологии автоматизированного синтеза эмпирических и теоретических моделей гемодинамики человека в условиях искусственной гипогравитации Луны, Марса и невесомости с применением принципов мультиагентности.

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ

При разработке технологии и оценке достижимости поставленных целей сформировалась типичная для мультиагентных систем ситуация, обусловленная сложностью, междисциплинар-

ностью и противоречивостью проблемы. Для ее разрешения был применен поэтапный подход, основанный на разделении функциональных обязанностей по предметному признаку. Головной разработчик (постановщик задач) выполняет декомпозицию проблемы на отдельные задачи, относящиеся к различным предметным областям, и оперативную координацию работ с учетом их текущего состояния. Дальнейшая детализация, включающая в себя способы и алгоритмы решения поставленных задач, осуществляется специалистами – предметниками. Они же формулируют рекомендации для принятия решений.

В результате декомпозиции была сформирована трехуровневая структура, нижний уровень которой образует объект исследований – система «человек – НС» (рис. 1). Основное требование к объекту – обеспечение полипозиционного обследования. Под этим понимается создание за счет выбора угла наклона НС (позиции его плоскости) четырех разновидностей силовых полей, моделирующих невесомость, гипогравитацию Луны, Марса и норму, за которую принят ортостаз.

Второй, средний уровень, образует информационно-аналитическая система, отвечающая следующим требованиям: а) высокая информативность и достоверность; б) неинвазивность (бескровность); в) формализация периферического русла в форме распределенного четырехполюсника (начальное и конечное сечения, регистрация давления и скорости кровотока в каждом из них); г) автоматизированная обработка информации в темпе экспериментов с построением эмпирических и теоретических моделей отклика гемодинамики на вариацию гравитационной нагрузки; д) многозадачность, определяемая потребностями космонавтики и ГТ; е) доступность для учреждений практического здравоохранения; ж) открытость, т. е. простота модернизации и функционального расширения.

Третий, верхний уровень, образует междисциплинарный коллектив (техника – медицина), состоящий из специалистов по системному анализу; планированию экспериментов; физическому, математическому и компьютерному моделированию; врачей восстановительной медицины, ультразвуковой (УЗ) - диагностики, кардиологов; испытуемых и потребителей информации.

Формализация периферической гемодинамики в форме распределенного четырехполюсника потребовала сочетанного применения методов кардиологии (распределение давления) и УЗ - диагностики (распределение скоростей кровотока). Артериальное давления (АД) измерялось в двух точках доступа: «рука» - вход, «лодыжка» - выход с определением САД, ДАД, АДср

**Таблица 1.** Перечень измеряемых параметров в модели четырехполюсника

№, №	Условное обозначение параметра	Наименование параметра
<b>Распределение давления в артериальном русле</b>		
1	АД	Артериальное давление
2	САД	Систолическое артериальное давление
3	ДАД	Диастолическое артериальное давление
4	АДср	Среднее артериальное давление АДср
5	ЛПИ	Лодыжечно-плечевой индекс ЛПИ
6	ЧСС	Частота сердечных сокращений
<b>Распределение скоростей кровотока</b>		
7	RI	Индекс резистентности. $RI = (PS - ED) / PS$ .
8	PS	Максимальная систолическая скорость
9	ED	Конечная диастолическая скорость
10	$\Delta T$	<b>Период собственных колебаний скорости кровотока</b>

и ЛПИ (перечень и расшифровка параметров приведены в табл. 1 и на рис. 2).

АДср и ЛПИ (позиции 4, 5 таблицы 1) вычислялись автоматически по формулам

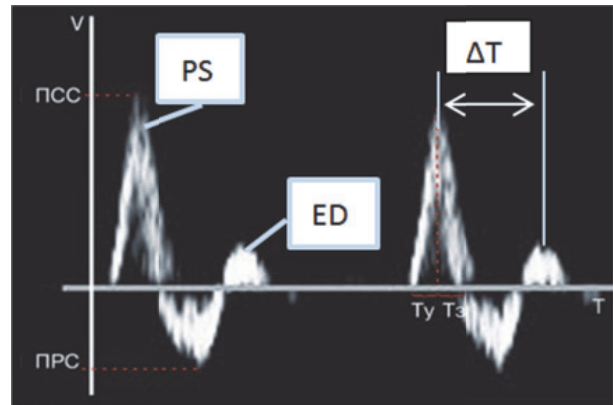
$$АДср = ДАД + (САД - ДАД) / 3, \quad (1)$$

$$ЛПИ = САД_n / САД_r, \quad (2)$$

где индексы «н», «р» - нога и рука, соответственно.

Формула (1) характеризует общие тенденции изменения давления на вариации гравитационной нагрузки, причем с учетом динамической составляющей (выражение в скобках), а (2) – перепад давления в периферических артериях. Отметим, что несмотря на высокую информативность, в силу ряда причин такая схема не получила распространения в кардиологии и космической медицине. В автоматизированном эксперименте, как это предусмотрено в предлагаемой технологии, применение формул (1), (2) не вызывает затруднений.

Что касается скоростной составляющей четырехполюсника, то для ее измерения применены методы УЗДГ. С целью совместимости и удобства трактовки полученных результатов измерялись стандартные для медицины параметры (позиции 7 – 9 табл. 1, рис. 2). Кроме того, в отличие от стандартных методик, выполнялись более подробные исследования пульсовой волны с применением методов, принятых в теории автоматического управления. Для этого измерялся период собственных колебаний кровотока  $\Delta T$  (позиция 10 табл. 1, рис. 2).



**Рис. 2.** Типовая доплеровграмма периферических сосудов: T – время, V – мгновенная скорость. Показаны два сокращения сердца

Важным моментом исследований является полипозиционность как средство управления величиной и направлением воздействия со стороны модельной гравитации. Она обеспечивалась соответствующим выбором угла установки НС ( $\alpha$ ) относительно горизонта (табл. 2). В соответствии с положениями, принятыми в мировой космической медицине, невесомость моделировалась при отрицательном значении  $\alpha$ . Углы установки, необходимые для моделирования гипогравитации Луны и Марса, рассчитывались по формулам, известным в теоретической механике как разложение вектора силы тяжести наклонной плоскостью на компоненты [5].

**Таблица 2.** Основные режимы моделирования (полипозиционность)

Объект моделирования	Угол наклона плоскости относительно горизонта ( $\alpha$ ), град
1. Невесомость	- 6
2. Гипогравитация Луны	+ 10
3. Гипогравитация Марса	+ 22
4. Гравитация Земли	+ 90

## ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Проблемно-ориентированная информационно-аналитическая система (ИАС), являющаяся составным компонентом предлагаемой технологии, выполняет две функции. Во-первых, она обеспечивает измерения параметров согласно перечню (таблица 1), а во-вторых, – автоматизированную обработку информации с построением эмпирических и теоретических моделей периферической гемодинамики.

Давление измерялось полуавтоматическими тонометрами Omron, которые обладают достаточной для многократных измерений памятью (до 60 отсчетов) и встроенными часами, необходимыми для синхронизации показаний. Управление тонометрами осуществлялось по радиоканалу, для чего была выполнена соответствующая доработка.

Измерение скоростей кровотока и их распределение вдоль артерий осуществлялось портативным УЗ - сканером LogicBook. Исследования выполнялись на обеих конечностях по трехточечной схеме доступа: бедренная артерия, подколенная артерия и задняя большеберцовая артерия. Результаты исследований, отражающие отклик параметров на вариацию гравитационной нагрузки, представлялись в табличной и графической формах.

В качестве аргумента, характеризующего гравитационную нагрузку, был выбран  $\sin\alpha$  по следующим основаниям. Прежде всего, он не зависит от массы испытуемого, что немаловажно, т. к. исключает процедуру нормировки аргумента. Кроме того, он однозначно определяется объектом моделирования (табл. 2). В частности, ортостазу (норма) соответствует значение  $\sin 90^\circ = 1$ , гипогравитации Марса  $\sin 22^\circ = 0,374$ , а невесомости  $\sin(-6^\circ) = -0,104$ . Ординатами зависимостей являлись соответствующие параметры (таблица 1). При обработке вычислялись средние значения ( $M$ ) и стандартные отклонения ( $\sigma$ ). Результаты представлялись в виде зависимостей  $M, M \pm \sigma$  от  $\sin\alpha$ .

Наряду с эмпирическими моделями были построены теоретические модели применительно к  $M$  в форме уравнений регрессий для всех измеряемых и вычисляемых параметров. На основе предварительных оценок, выполненных с учётом законов гидродинамики, в качестве уравнений регрессий были выбраны полиномы второго порядка. Кроме того, выполнялись исследование пульсовой волны методами автоматического управления (черного ящика), что является спецификой технологии. Пульсовая волна (рис. 2) моделировалась аппроксимациями вида

$$V = (PS) e^{-\beta t} \cos(\omega t),$$

где  $V$  – текущая скорость кровотока,  $PS$  – пико-

вая систолическая скорость (табл. 1, позиция 7),  $\beta$  – коэффициент затухания,  $t$  – текущее время,  $\omega$  – круговая частота колебаний.

Как следует из рис. 2, в артериях, гидравлическое сопротивление которых незначительно (несколько мм. рт. ст.), происходит интенсивное затухание колебаний. В связи с этим, вычислялся коэффициент  $\beta$  по формуле (3), которая следует из предыдущей формулы после подстановки  $t = \Delta T$  и логарифмирования

$$\beta = \frac{1}{\Delta T} \ln \frac{PS}{ED}. \quad (3)$$

Что касается автоматизации научных исследований (ИАС в режиме АСНИ), в качестве программной среды был выбран электронный процессор Excel. Он получил распространение в медицинских учреждениях, доступен, оснащен встроенными средствами (таблицы, графики, математические и статистические формулы), достаточными для решения поставленных задач и открытости, т. е. последующей модернизации. Интерфейс сформирован как трехмерная (постраничная) структура. Действия пользователя сводятся к заполнению таблиц исходных данных и получению результатов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Апробация технологии выполнялась в условиях типового кабинета УЗ-диагностики. В экспериментах приняли участие четыре добровольца мужского пола в возрасте 21 – 23 года, ростом 164–175 см, весом от 60 до 68 кг, что соответствовало весу на планете Марс 24 – 27 кг. Результаты апробации положительные. Технология показала высокую эффективность по выявлению скрытых закономерностей периферической гемодинамики. В качестве подтверждения на рис. 3 – 5 приведены примеры зависимостей ЛПИ, RI и  $\Delta T$  от гравитационной нагрузки ( $\sin\alpha$ ).

Как следует из рис. 3, изменение гравитационной нагрузки, вызванное переходом от состояния «норма» к «невесомости» ( $-0,104 \leq \sin\alpha \leq 1$ ) сопровождался уменьшением перепада давления в артериальном русле (ЛПИ) от значений 1,86 до 1,02, что весьма существенно<sup>1</sup>. Гипогравитации Марса соответствовало значение 1,35, т.е. почти 30% отклонения от нормы в патологическом направлении, каковым является невесомость. Эффект объясняется снижением АД<sub>ср</sub> в выходном сечении (лодыжка), которое с учетом динамической составляющей достигло 90 мм. рт. ст., что соизмеримо с системным давлением. Столь существенные перестройки гемодинамики требуют всесторонней оценки со стороны соответствующих специалистов. В целях уточнения данных, полученных

<sup>1</sup> В целях сокращения изложения далее анализируются только средние значения параметров ( $M$ ).

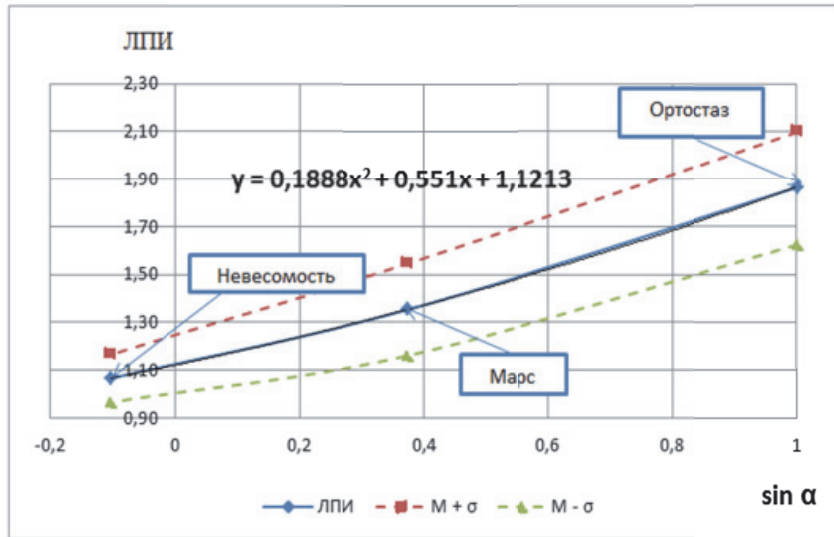


Рис. 3. Зависимость ЛПИ от величины гравитационной нагрузки. Пример уравнения регрессии

в модельных условиях НС, целесообразно выполнить прямые измерения ЛПИ на МКС.

Существенно изменился индекс резистентности (RI), который относится к числу важнейших гемодинамических показателей (рис. 4). Переход от позы «ортостаз» к позе, имитирующей невесомость, сопровождался возрастанием значения RI от 0,636 до 0,77. Режиму «Марс» соответствовало значение RI = 0,685, что, как и в случае ЛПИ, существенно отличается от нормы.

Представляет интерес сравнение данных, полученных при имитации невесомости и в позе «лежа», которая применяется при стандартных УЗДГ – обследованиях ( $\sin \alpha = 0$ ). Как следует из рис. 4, данные по RI практически совпадают. Полученные закономерности отклика гемодинамики на вариации гравитационной нагрузки требуют тщательного анализа и обоснованного объяснения со стороны специалистов по УЗДГ, пилотируемой космонавтике и ГТ.

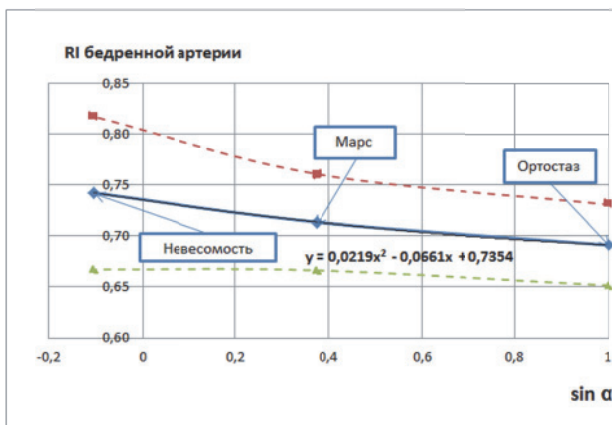


Рис. 4. Пример зависимости индекса резистентности от величины гравитационной нагрузки. Пример уравнения регрессии

Результаты измерения периода пульсовой волны ( $\Delta T$ ), которые относятся к специфике технологии, представлены на рис. 5. Получены очередные подтверждения того, что человек является гравитационно-зависимым субъектом и что акустические свойства системы кровообращения зависят от гравитационной нагрузки. Переход от нормы к невесомости сопровождался увеличением периода колебаний пульсовой волны от значения 335 мсек до 401 мсек, т.е. более, чем на 20%. При этом гравитации Марса соответствовало значение 364 мсек. Значимость результата состоит в том, что установлены количественные соотношения, связывающие акустический параметр  $\Delta T$ , а, следовательно и частоту колебаний с внешней нагрузкой. Что касается механизма явления, то он обусловлен изменениями упруго-инерционных свойств системы кровообращения в целом. Однако имеющихся знаний недостаточно и необходимы более де-

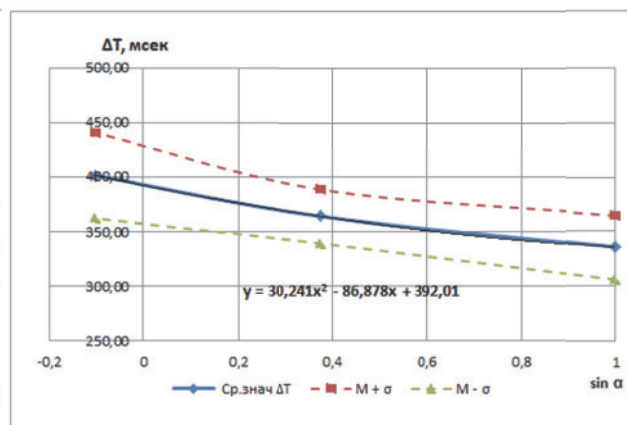


Рис. 5. Зависимость периода пульсовой волны от величины гравитационной нагрузки. Пример уравнения регрессии

тальные исследования механизма колебаний, в том числе, с применением предлагаемых подходов. Аналогичные зависимости (эмпирические модели) получены для остальных измеряемых и вычисляемых параметров.

Что касается регрессий, то их примеры приведены на рис. 3 – 5. Установлено, что полиномы второй степени адекватно отражают экспериментальные зависимости, что важно с практической точки зрения. Кроме того, регрессии позволяют сократить число испытаний, а они несмотря на автоматизацию достаточно трудоемки. Примером служит вычисления показателей гемодинамики в условиях Луны или в позе «лёжа», наиболее распространённой в практической медицине. В частности, расчетное значения ЛПИ в позе «лёжа» (уравнение приведено на рис. 3) составляет 1,12, что практически совпадает с ЛПИ при невесомости (1,02). Обобщая изложенное следует особо отметить, что высокая эффективность предлагаемой технологии в значительной степени обусловлена применением мультиагентных принципов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Разработана технология с элементами мультиагентности, обеспечивающая автоматизированный синтез эмпирических и теоретических моделей периферической гемодинамики в задачах космонавтики и восстановительной медицины. Артериальное русло формализовано в форме распределенного четырехполюсника, что является спецификой технологии и потребовало сочетанного применения методов кардиологии и ультразвуковой доплерографии.

В результате применения предлагаемой технологии установлены новые закономерности, характеризующие реакцию периферической гемодинамики на величину и направление воздействия со стороны модельной гравитации. Получено новое подтверждение того, что человек является гравитационно-зависимым субъектом. Во-первых, распределения давления и кровотока в количественном отношении претерпевают значительные изменения. Так, например, переход от состояния «ортостаз» (норма) к гипогравитации планет и невесомости сопровождается существенными отклонениями от нормы, проявляющимися в снижении перепада давления в артериальном русле, возрастании индекса резистентности, периода пульсовой волны и других показателей на десятки процентов. Во-вторых, несмотря на количественные изменения, сохраняются классификационные (качественные)

признаки динамики кровообращения, в числе которых выраженная колебательность кровотока с двумя антеградными и одним ретроградным пиком (магистральный тип), высокие значения коэффициента сопротивления.

Следует продолжить исследования с применением предлагаемой технологии. Необходимо накопить статистический материал в расширенном составе испытуемых, отличающихся полом, ростом и массой. Необходимо также решить особо значимую задачу по установлению и обоснованию механизмов выявленных закономерностей для последующего управления ими с целью снижения негативных последствий гипогравитации, а также для модернизации существующих и разработке новых тренажеров для космонавтов.

Представляется целесообразным измерение ЛПИ и периода пульсовой волны в условиях невесомости на МКС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Егоров А.Д. От 108 минут до 438 суток и далее...(к 40-летию полета Ю. А. Гагарина) // *Авиакосмическая и экологическая медицина: сб. науч. статей.* М.: Изд-во ИМБП РАН, 2001. Т. 35. № 2. С. 10-11.
2. Котовская А.Р., Виль-Вильямс И.Ф., Лукьянюк В.Ю. Проблема создания искусственной силы тяжести с помощью центрифуги короткого радиуса для медицинского обеспечения межпланетных пилотируемых полетов // *Авиакосмическая и экологическая медицина: сб. науч. статей.* М.: Изд-во ИМБП РАН, 2003. Т. 37, №5. С. 36-39.
3. Падалка Г.И., Долгов П.П., Киришинов В.Н. Задачи подготовки космонавтов на центрифугах по перспективным космическим программам // *Космический форум, посвящ. 50-летию полета в космос Ю.А. Гагарина: материалы форума (18-19 октября 2011).* М.: ФГБУ НИИЦПК, Звездный городок, 2011.
4. Долгов П.П., Киришинов В.Н., Чудинов А.П. Основные направления работ на центрифугах и их целевого применения // *XI Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос», посвящ. 55-летию ФГБУ НИИЦПК имени Ю.А. Гагарина (10 - 12 ноября 2015).* М.: ФГБУ НИИЦПК, Звездный городок, 2015. С. 267 - 268.
5. Акулов В.А. Анализ и синтез систем медицинского назначения с управляемой искусственной силой тяжести: дис. ... докт. техн. наук. Самара, 2013, 252 с.
6. Галкин Р.А., Макаров И.В. Гравитационная терапия в лечении больных облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей. Сама-

- pa, 2006.198 с.
7. Zander V., Anken R. Short radius Centrifuge – A New approach for Life Science Experiments Under Hyper-g Conditions for Application in Space and Beyond // Recent Patents on Space Technology, 2013, 3. P 74-81.

## **MULTIAGENT TECHNOLOGY OF SYNTHESIS OF EMPIRICAL AND THEORETICAL MODELS OF HEMODYNAMICS IN THE MEDIUM ARTIFICIAL HIPOGRAVITATION**

© 2017 V.A. Akulov<sup>1</sup>, I.V. Makarov<sup>2</sup>, A.Yu. Sidorov<sup>2</sup>, S.N. Romanova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Samara State Technical University

<sup>2</sup> Samara State Medical University

<sup>3</sup> Clinics of the Samara State Medical University

The technology of automated synthesis of empirical and theoretical models of human hemodynamics in conditions of artificial hypogravitation of the Moon, Mars and weightlessness was developed using the principles of multi-agentity. The research was carried out in the interests of prospective cosmonautics and reconstructive medicine. The arterial bed was formalized in the form of a distributed four-terminal network, which required the joint use of ultrasound and cardiology methods. As a result of a polypositional examination, a number of hidden regularities of peripheral hemodynamics (pressure distribution, blood flow velocity, natural vibration frequencies, attenuation coefficients) were revealed that characterize its reaction in the variation of intensity and the directions of gravitational load.

*Keywords:* artificial hypogravitation, automated experiment, empirical and theoretical models, hemodynamics, cosmonautics, gravitational therapy.

---

*Vladislav Akulov, Doctor of Technics, Associate Professor, Professor at the Information Technologies Department.*

*E-mail: vladislav.a.akulov@gmail.com*

*Igor Makarov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Dean of Pediatric Faculty. E-mail: makarov-samgmu@yandex.ru*

*Alexander Sidorov, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Surgical Diseases Department № 1.*

*E-mail: sidorov\_024@mail.ru*

*Svetlana Romanova, Doctor of Functional and Ultrasound Diagnostics Department. E-mail: Lari-onovasn@gmail.com*