

**Situational management of transport**

*Igor Naumovich Rozenberg, Professor, Doctor of Technical Sciences, Deputy general director of the Research Institute of automated systems in railway transport*

*The article outlines the features of additional education in the field of transport. It is shown that the division of learning normative and creative. It shows the hierarchy of the structure of educational material. The content of different types of testing with additional education. The necessity of taking into account cognitive factors in learning. Noting the importance of spatial information for situational training. It is shown that flexible training is the most effective.*

*Keywords: rail transport, management, technology management, contingency management*

УДК 519.876.5

**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА  
ДЛЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ТЕРАПИИ**

*Мария Владимировна Белоглазова, студентка,*

*E-mail: Maria.wb@rambler.ru,*

*Владислав Алексеевич Акулов, д-р техн. наук, профессор,*

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

*Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального*

*образования «Самарский государственный технический университет»,  
<http://samgtu.ru>*

*Представлены результаты исследований скрытых закономерностей кровообращения человека в условиях искусственной и естественной силы тяжести. Разработана информационно-измерительная система, состоящая из модели вида «человек-центрифуга» и дистанционно управляемой системы измерения. Впервые в СНГ выполнено моделирование гравитации Луны и Марса с оценкой состояний человека в условиях пониженной гравитации.*

*Ключевые слова: медицинская центрифуга, гравитационная терапия, система измерений, радиуправление, лодыжечно-плечевой индекс.*

**1 ПРОБЛЕМАТИКА**

К числу новых и высокоэффективных технологий восстановительной медицины относится гравитационная терапия (ГТ). Под ГТ понимаются физиотерапевтические процедуры, заключающиеся в воздействии на организм человека управляемым центробежным ускорением, создаваемым короткорadiusной центрифугой (ЦКР) в направлении «голова-ноги». Такое воздействие приводит к усилению и/или восстановлению кровообращения в конечностях, утраченного в связи с заболеваниями, травмами и длительным пребыванием в состоянии гипокинезии и гиподинамии (постельный режим) [1]. ГТ показала высокую эффективность при лечении ряда тяжелых заболеваний (ишемии). Накоплен значительный экспериментальный и теоретический материал. В то же время, остается нерешенным ряд задач, которые относятся, прежде всего, к сравнению параметров регионального периферического кровообращения в условиях земной и искусственной силы тяжести. Речь идет об установлении скрытых закономерностей кровообращения при вариации величины и направления воздействия гравитационной нагрузки в широких пределах и их применении для повышения эффективности ГТ за счет индивидуализации процедур.



**М.В. Белоглазова**

Одной из проблем ГТ является информационное обеспечение. Необходимы портативные, недорогие и удобные в эксплуатации измерительные приборы, приспособленные к длительному (многочасовому) применению в неоднородной гравитационной среде, существенно отличающейся от земной. К сожалению, как отечественная, так и зарубежная аппаратура, отвечающая в полной мере предъявляемым требованиям, практически отсутствует, а имеющиеся образцы недоступны для учреждений восстановительной медицины. В свою очередь, отсутствие аппаратуры исключает саму возможность получения информации, имеющей принципиальное значение, о реакции организма на гравитационную нагрузку, отличающуюся от земной как по направлению, так и интенсивности воздействия. Это существенно ограничивает масштабы исследований и номенклатуру решаемых задач. Прежде всего, состояние человека во вращающейся среде приходится оценивать косвенно, по результатам измерений до и после вращения. Такой подход является малоинформативным, так как показатели системы кровообращения быстро, в течение нескольких минут после окончания сеанса, возвращаются к исходным значениям.



**В.А. Акулов**

Исследования, выполненные в Самарском государственном медицинском университете, показали, что для оценки состояния и выявления закономерностей периферического кровообращения в условиях искусственной силы тяжести необходимы измерения перепада артериального давления (АД) по двухточечной схеме «сердце – лодыжка». В результате сравнительного анализа различных схем двухточечного измерения АД выбран вариант, характеризующийся следующими показателями:

- Измерители АД: два автоматических портативных тонометра со встроенной памятью увеличенного объема (до шестидесяти последовательных измерений) и астрономическими часами, фиксирующими моменты регистрации АД и выполняющими функции синхронизаторов показаний.
- Одновременный запуск тонометров по команде врача, передаваемой по радиоканалу. Канал обеспечивает высокую помехозащищенность и отвечает требованиям, предъявляемым к гражданским средствам связи (уровень мощности сигнала, частотный диапазон и т. п.).
- Аппаратура не требует программирования. Строгие ограничения на количество и время включения аппаратуры отсутствуют.
- Единый «бортовой» источник питания повышенной емкости, обеспечивающий многочасовую эксплуатацию всего комплекса аппаратных средств: тонометры, радиоприемник, согласующие устройства.
- Быстросъемный контейнер для размещения бортовой аппаратуры, обеспечивающий высокую технологичность подготовки/демонтажа, защиту от перегрузок и удобство снятия показаний после остановки ЦКР.

Следует отметить, что приоритет применения ЦКР принадлежит космической медицине (КМ), которая накопила значительный теоретический и экспериментальный материал о состоянии человека в среде искусственной гравитации [2], [3]. Вместе с тем, остается нерешенным ряд задач, связанных, прежде всего, с перспективными направлениями космонавтики, в числе которых длительные экспедиции на Луну и Марс. АД на ЦКР оценивается косвенными методами, а двухточечная схема доступа не применялась. Проблематичным является оценка состояния человека при многосуточном пребывании в условиях пониженной гравитации Луны и Марса (до 20–30 суток). Для решения указанных задач двухточечная схема доступа к артериям предоставляет широкие возможности, причем не только в наземных, но и в космических условиях, например на МКС.

## 2 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявление скрытых закономерностей системы кровообращения человека в условиях искусственной (ЦКР) и естественной силы тяжести; разработка, отладка и апробация модернизированной информационно – аналитической системы, ориентированной на решение проблем восстановительной (ГТ) и космической медицины.

## 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследований: периферическая система кровообращения человека (СК) в условиях естественной и искусственной силы тяжести (ЕСТ, ИСТ).

Предмет исследований: закономерности отклика параметров системы кровообращения на величину и направление действия центробежного ускорения.

Методы исследования: компьютерное моделирование систем «человек-ЦКР» (планирование экспериментов) в сочетании с экспериментами на ЦКР.

В качестве основного параметра, характеризующего динамику периферического кровообращения, выбран лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ), который представляет собой отношение вида:

$$ЛПИ = \frac{Sist\ НК}{Sist\ ВК}. \quad (1)$$

Здесь *Sist НК* – систолическое артериальное давление, измеренное в нижней трети голени, *Sist ВК* – системное АД, измеренное на плече.

Знание ЛПИ необходимо для оценки степени ишемического поражения артерий конечностей, повышения эффективности профилактики заболеваний, лечения и выполнения научных исследований. К числу задач, находящихся в стадии решения, относится сравнительная оценка отклика СК на вариацию интенсивности и направления действия гравитационной нагрузки. Речь идет об оценке адекватности искусственной и естественной сил тяжести, выявлении имеющихся отличий, установлении общих закономерностей. Как следует из (1), для определения значения ЛПИ необходимо синхронное измерение АД в двух точках доступа, причем как в условиях ЕСТ, так и ИСТ. С целью сравнительной оценки параметров СК на центрифуге и в условиях Земли (медицинская статистика) регистрировалось также диастолическое давление (*Diast НК*, *Diast ВК*) и пульс (ЧСС).

### 3.1 Методологические основы исследований

Как показали предварительные проработки, для достижения поставленных целей необходима проблемно-ориентированная методология. Ее построение осуществили специалисты СамГМУ, СГАУ и СамГТУ. Методология предусматривает поэтапную схему реализации.

Этап 1: Планирование экспериментов и обеспечение параметрической безопасности (предотвращение чрезмерной нагрузки на организм). В качестве технического средства врача была применена специализированная информационно-аналитическая система (ИАС) (рисунок 1). В ИАС реализованы модели системы «человек-ЦКР», разработанные одним из авторов [4]–[6]. Так как гравитационная нагрузка зависит от роста пациента, а также напряженности гравитационного поля планет (Земля, Луна, Марс), частоты вращения определялись в индивидуальном порядке (см. область в левом нижнем углу рисунка 1).

Этап 2. Измерение исходных показателей периферического кровообращения перед сеансом вращения в позах «ортостаз» и «клиностастика» (*SistНК*, *SistВК*, ЛПИ, *Diast НК*, *Diast ВК*, ЧСС).

Этап 3. Измерение показателей периферического кровообращения (*SistНК*, *SistВК*, ЛПИ, ЧСС) в сеансах ГТ при пяти уровнях гравитационной нагрузки: номинальный режим (минимум отличий по интенсивности воздействия от ЕСТ (Земля)),

умеренная гипогравитация (– 20 % от режима номинала), умеренная гипергравитация (+ 20 % от режима номинала), гравитация Марса, гравитация Луны.

Этап 4. Контрольный тест в позе «клиностастика» после завершения сеанса ГТ (частичное повторение этапа 2).

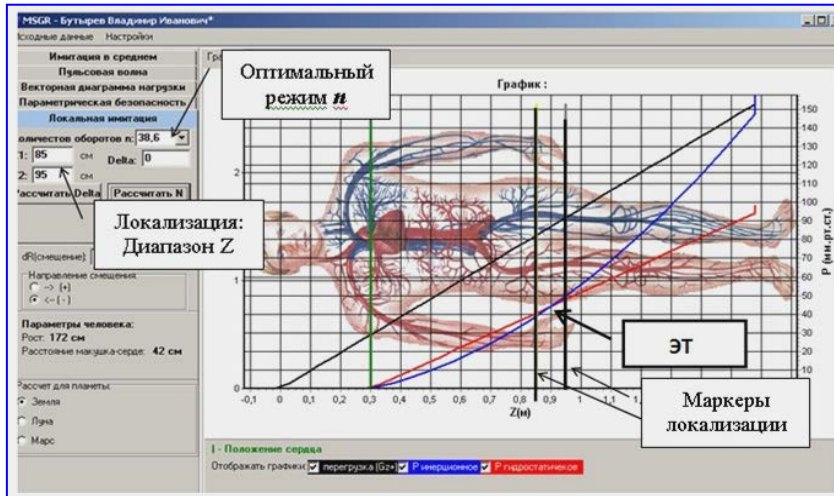


Рисунок 1 – Главный экран ИАС

Этап 5. Постобработка результатов исследований с применением методов сжатия, построение таблиц, графиков в абсолютных и относительных единицах.

### 3.2 Краткие сведения о системе измерений

Для выполнения синхронных измерений АД в двух точках доступа в сеансах вращения разработана и применена система, управляемая по радиоканалу. Структурная схема системы приведена на рисунке 2.

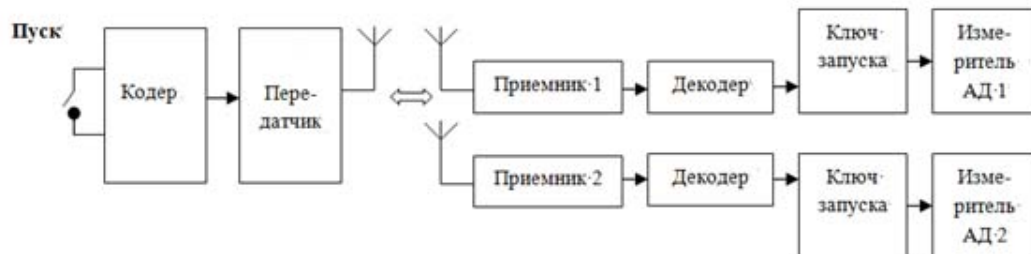


Рисунок 2 – Структурная схема системы измерений ЛПИ в сеансах гравитационной терапии

Запуск тонометров (измерители 1, 2) производится нажатием кнопки «Пуск», расположенной на столе врача ГТ. Для передачи управляющей команды применена приемопередающая система мощностью 10 мВт, работающая в частотном диапазоне 315 – 433 МГц ±0,2 % в режиме амплитудной телеграфии. Для увеличения помехоустойчивости и предотвращения ложного срабатывания используется помехоустойчивое кодирование. Событию нажатия кнопки «Пуск» соответствует цифровая посылка в форме последовательности нулей и единиц, формируемая кодирующим устройством. В качестве кодера используется микросхема DD1 CIR226BM, позволяющая формировать до 256 кодовых последовательностей.

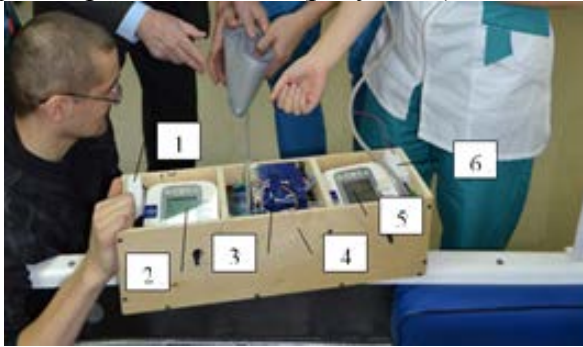
Прием излучаемого сигнала и его детектирование осуществляется сверхрегенеративными транзисторными приемниками. Согласование уровней сигналов с цифровым входом декодера осуществляется цепочкой усилителей-формирователей. Усиленный сигнал передается на вход микросхемы-декодера, в которой происходит проверка принятой последовательности. В случае совпадения кодов формируется ступенчатый импульс для активации ключа. Коммутирующее устройство собрано по схеме транзисторного ключа КТ 315 и реле РЭС 55, которое замыкает контакты, активирующие запуск тонометров. Для синхронного включения двух измерителей АД (рисунок 2) использу-

#### Назначение ИАС

- выработка управляющей информации (индивидуальные режимы вращения), исходя из задач космической и восстановительной медицины;
- планирование экспериментов;
- параметрическая безопасность.

ются идентичные схемы приемников с декодерами, настроенными на одинаковую последовательность радиоимпульсов. К числу достоинств такой системы относятся открытость (максимальное число каналов 256), не требуется программирование, что в данной предметной области является важным показателем.

В процессе создания системы возникла задача по размещению всего приборного комплекса на ЦКР. В результате сравнительного анализа возможных компоновочных схем был выбран вариант быстросъемного контейнера, выполненного в деревянном корпусе с тремя секциями (рисунок 3).



- Обозначения:
- 1 – согласующее устройство;
  - 2 – тонометр АД 2 (нижняя конечность);
  - 3 – источники питания повышенной емкости;
  - 4 – трехсекционный корпус контейнера;
  - 5 – тонометр АД 1 (верхняя конечность);
  - 6 – радиоприемник с антенной

Рисунок 3 – Общий вид быстросъемного приборного контейнера

#### 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

##### 4.1 Динамика систолического давления

В исследованиях приняли участие семь здоровых молодых людей обоих полов ростом 158–195 см в возрасте 21–27 лет. Получен значительный объем новых знаний по всем измеряемым параметрам (раздел 3, этапы 2–4). На рисунке 4 в качестве типового примера показана зависимость  $Sist\ НК$  от нормированной частоты вращения ротора ЦКР ( $N/N_{ном}$ ). За единицу принята частота, соответствующая режиму моделирования гравитации Земли в позе «ортостаз».

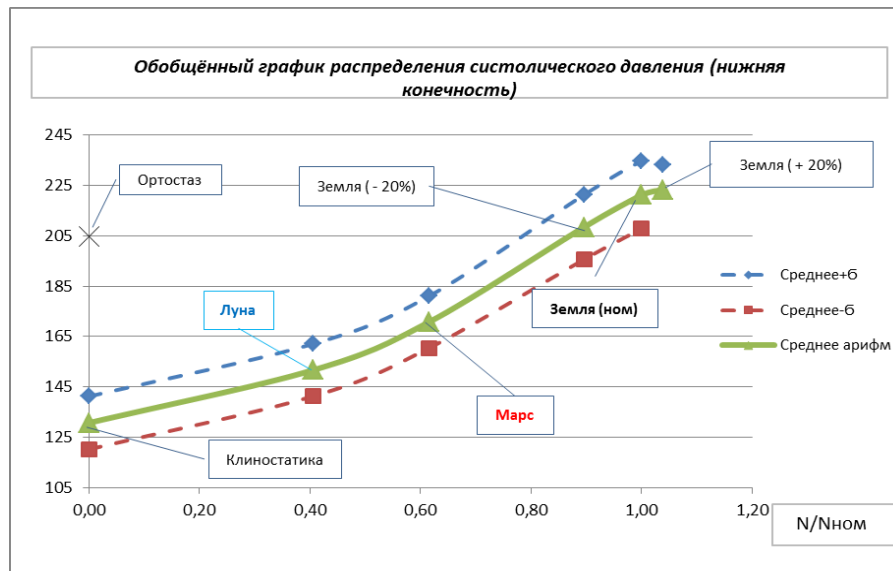


Рисунок 4 – Обобщенный график зависимости систолического давления (нижняя конечность, лодыжка) от нормированной частоты вращения ротора ЦКР ( $N/N_{ном}$ )

Как следует из рисунка 4, переход из позы «ортостаз», когда действует земная гравитация в направлении «голова-ноги», к позе «клиностастика» (режим  $N/N_{ном}=0$ ), сопровождается существенным, порядка 40 %, падением систолического давления в ногах. Такое снижение является одним из факторов патологических процессов, сопровождающих длительное пребывание человека в постельном режиме или в невесомости.

Представляют особый интерес результаты, полученные при имитации условий Луны и Марса. Как известно, напряженность гравитационного поля Луны составляет примерно 1/6 от земной, а Марса – 1/4. При таких уровнях гравитационной нагрузки *SistHK* существенно ниже нормы, составляющей порядка 205 мм рт. ст. (ортостаз). При этом приращение давления за счет гравитации Луны составляет порядка 25 мм рт. ст. от уровня «клиностатика». Аналогичные зависимости установлены для условий Марса. Совершенно очевидно, что полученные результаты следует учитывать в пилотируемой космонавтике.

#### 4.2 Динамика лодыжечно-плечевого индекса

Обобщенные результаты исследований зависимости ЛПИ от интенсивности и направления действия гравитационного воздействия со стороны ЕСТ и ИСТ представлены на рисунке 5. По горизонтали отложена нормированная частота вращения ротора ЦКР, а по вертикали – значение безразмерного ЛПИ. За единицу приняты значения ЛПИ, зарегистрированное в позе «ортостаз» (норма).

Как следует из представленных данных, основные закономерности отклика ЛПИ на вариацию гравитационной нагрузки состоят в следующем:

1 Снижение ЛПИ при переходе от ортостаза к клиностатике зарегистрировано у всех без исключения испытуемых. Величина снижения индивидуальна и составляет в среднем 40 %, что весьма существенно с точки зрения обмена веществ. Количественное совпадение данных, представленных на рисунках 4 и 5, объясняется действием системы регуляции человека по стабилизации АД на уровне сердца. Поэтому основным фактором, определяющим значение ЛПИ, является *SistHK*.

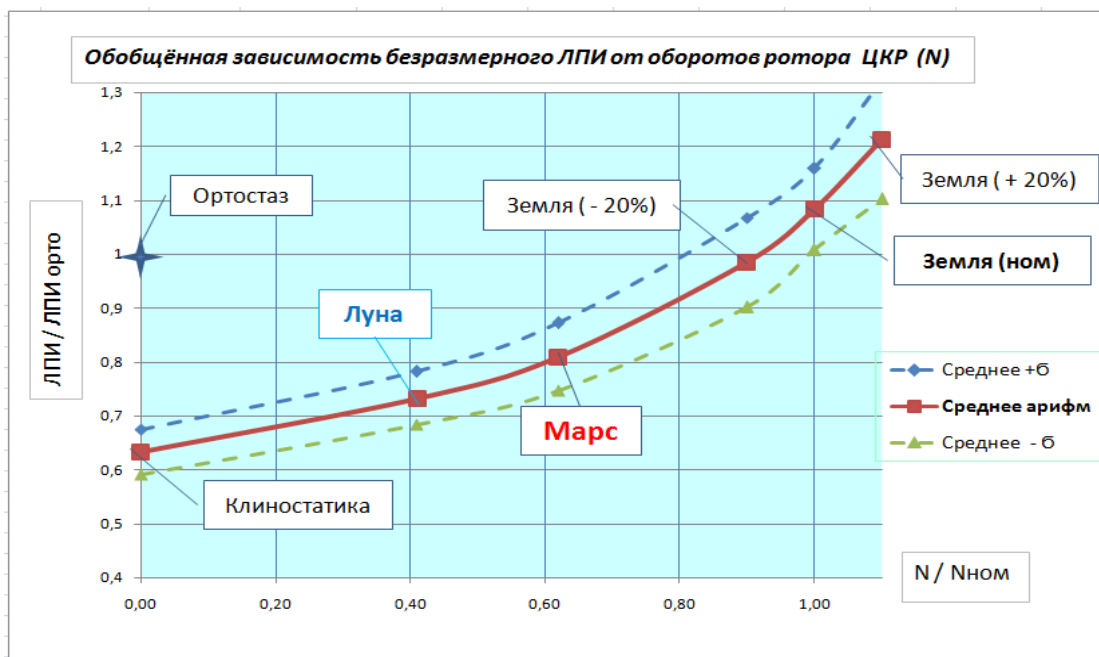


Рисунок 5 – Обобщенная зависимость безразмерного ЛПИ от нормированных оборотов ротора ЦКР (N/Nном)

2 Переход от режима «клиностатика» к режиму «Луна» сопровождается относительно небольшим приращением ЛПИ. При этом значение ЛПИ составляет примерно 0,75 от нормы.

3 При переходе от режима «Луна» к режиму «Марс» наблюдается увеличение ЛПИ, что объясняется увеличением гравитационной нагрузки. Однако, как и в предыдущем случае, значение ЛПИ существенно, на 20 %, ниже нормы. Указанные закономерности следует учитывать при подготовке и реализации перспективных космических программ.

4 В сеансах вращения зарегистрирован рост ЛПИ при переходе от режима гипогравитации (–20 % от номинального режима) к режиму номинала и от номинального режима к режиму умеренной гипергравитации (+20 %), что также обусловлено увеличением гравитационной нагрузки.

5 При имитации гравитации Земли ( $N / N_{ном}=1$ ) ЛПИ превышает по величине норму примерно на 10 %. Это расхождение объясняется отличиями в закономерностях распределения АД по длине сосудов. В условиях ЕСТ оно линейное, а в условиях ЦКР – параболическое. Случаю их совпадения соответствует режим умеренной гипогравитации.

Что касается контрольных тестов, выполненных непосредственно после сеансов ГТ, то у всех пациентов ЛПИ возвратился к значениям, близким к исходным и соответствующим позе «клиностатика».

## 5 НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

1 Впервые в условиях сеансов вращения человека на центрифуге одновременно измерено артериальное давление в двух точках доступа, что необходимо для количественной оценки параметров периферического кровообращения.

2 Впервые в практике ГТ применено планирование экспериментов с привлечением компьютерной модели системы «человек-ЦКР».

3 Получены новые знания, характеризующие отклик системы кровообращения на вариацию гравитационной нагрузки, требующие более глубокого междисциплинарного изучения и расширения объемов экспериментов с применением предлагаемой системы измерения.

4 Впервые в СНГ выполнено моделирование гравитации Луны и Марса с оценкой состояний человека в условиях пониженной гравитации.

## ВЫВОДЫ

1 Разработана и успешно апробирована система измерений, предназначенная для сравнительных исследований параметров периферического кровообращения человека, находящегося в условиях земной гравитации и искусственной силы тяжести различной интенсивности, создаваемой короткорadiusной центрифугой. Система управляется дистанционно врачом по радиоканалам и не требует программирования.

2 Выполнены исследования скрытых механизмов кровообращения с привлечением методов компьютерного моделирования систем «человек-короткорadiusная центрифуга» в сочетании с натурными экспериментами. В качестве основного показателя системы кровообращения выбран лодыжечно-плечевой индекс.

3 Впервые в СНГ на ЦКР выполнено моделирование гравитации Луны и Марса и получены новые знания о закономерностях системы кровообращения человека в условиях пониженной гравитации. Установлено, что ЛПИ в условиях Луны составляет около 0,75 от нормы, а Марса – 0,8. Столь значительные отличия от нормы требуют многосторонних исследований, а полученные данные следует учитывать при подготовке и реализации перспективных программ пилотируемой космонавтики.

4 Целесообразна разработка портативного медицинского прибора, осуществляющего измерение ЛПИ. Имеется перспектива его внедрения в учреждениях восстановительной и космической медицины, станциях скорой помощи, медицине малых городов и сельской местности.

## Литература

1. Галкин Р.А., Макаров И.В. Гравитационная терапия в лечении больных облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей. Самара, 2006. 198 с.

2. Котельников Г.П. Повышенная гравитационная нагрузка в системе реабилитационных мероприятий у травматолого-ортопедических больных // VI съезд травматологов-ортопедов России: Тезисы докладов. Н. Новгород, 1997. С. 820.
3. Котовская А.Р., Шипов А.А., Виль-Вильямс И.Ф. Медико-биологические аспекты проблем создания искусственной силы тяжести. М.: Слово, 1996. 203 с.
4. Акулов В.А. Теоретико-множественный анализ сценариев управления перспективными центрифугами космического назначения. Тр. научно-практической конф. «Инновации в условиях развития информационно-коммуникационных технологий». Инфо 2007. Сочи. 1–10 октября 2007. С. 63–68.
5. Акулов В.А. Мехатронные системы генерации искусственной силы тяжести наземного и космического применения / под ред. Г.П. Аншакова. М.: Машиностроение, 2011. 161 с.
6. Акулов В.А. Анализ и синтез систем медицинского назначения с управляемой искусственной силой тяжести: дисс. ... докт. наук. Самара, 2013. 252 с.

### **Information – measuring system for gravitational therapy**

*Maria Vladimirovna Beloglazova, four-year student, Samara State Aerospace University (national research university)*

*Vladislav Alekseevich Akulov, professor, dr.sci.tech., Samara State Technical University,*

*The article describes research results of latent mechanism of human blood circulation in artificial and natural gravity conditions. It gives a detailed analysis of development of informational and analytical system consisting of model of the form «human-centrifuge» and remotely controlled measurement system. For the first time in CIS it was modeled the gravity of Mars and the Moon with evaluation of human conditions in low gravity.*

*Keywords: Medical centrifuge, gravitational therapy, measuring system, radiocontrol, ankle-brachial index.*

УДК 004.056.5:002

## **ПРОЦЕДУРА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА РИСКОВ ОСТАВЕ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТАМИ СЕРИИ ИСО/МЭК 27000-27005**

*Елена Константиновна Баранова, доцент кафедры  
информационной безопасности,  
НИУ ВШЭ,*

*E-mail: ekbaranova@hse.ru,  
<http://www.hse.ru>,*

*Александр Степанович Забродоцкий,  
E-mail: azabro@yandex.ru*

*Рассматривается процедура анализа рисков информационной безопасности на основе методологии OSTATE и требования международных стандартов серии ИСО/МЭК 27000-27005, предъявляемые к процессу оценки рисков, а также вопросы соответствия предложенной процедуры требованиям вышеуказанных стандартов.*

*Ключевые слова: информационная безопасность, менеджмент информационной безопасности, анализ риска, оценка риска, методология OSTATE.*

Анализу информационных рисков в нашей стране традиционно не уделяли должного внимания до принятия Доктрины информационной безопасности в 2000 г., однако, в последние годы эта тема активно изучается и внедряется в практику специалистами в области информационной безопасности (ИБ). При этом особое внимание уделяется