



## БАЗЫ ЗНАНИЙ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Клишин Г.Ю., Филатов В.Н.

### ИНФОРМАЦИОННО–ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА СТАТОЭРГОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ЛЁТНОГО СОСТАВА

*Работа поддержана РФФИ, грант № 16-08-01272*

**Аннотация:** Предметом исследования является разработка интеллектуальной информационно-измерительной системы для статозргометрического тестирования лётного состава маневренной авиации. Рассматриваются технические и эргономические требования к модернизации изометрического тренажера мышц ног и брюшного пресса для наземной подготовки лётного состава к условиям маневренного полёта и проведения врачебно–лётной экспертизы. Названные требования реализуются в аппаратно-программном комплексе статозргометрического тестирования, представляющем собой специальную информационно-измерительную систему, имеющую существенное значение для обеспечения безопасности маневренных полетов. Методы исследования: системный анализ, программная инженерия, проектирование программно-аппаратных комплексов медицинского назначения, теория надежности, авиационная кибернетика. Основными выводами проведенного исследования являются обоснованные с учетом потребностей практики авиационной медицины инженерно-технические решения по созданию интеллектуальной информационно–измерительной системы статозргометрического тестирования лётного состава маневренной авиации. Предложенные решения сочетают современные достижения в области медицинского приборостроения, авиационной медицины и программной инженерии и, как показала экспериментальная проверка, отвечают потребностям практики.

**Ключевые слова:** информационно-измерительная система, программная инженерия, врачебно-лётная экспертиза, маневренные полеты, интеллектуальные медицинские системы, авиационная эргономика, эргатическая система, программно-аппаратный комплекс, безопасность полетов, автоматизация медицинских обследований

**Abstract:** *The subject of research is the development of intelligent information and measuring systems for ergometric testing the flight personnel of maneuverable aircraft. The authors reviews the technical and ergonomic requirements for the modernization of an isometric exerciser for leg muscles and abdominals used in ground training of flight crews to the conditions of the flight and maneuvers and for the medical-flight examination. The above requirements are implemented in the hardware-software complex for ergometric testing which is a special information-measuring system essential for the safety of maneuvering flight. The following methods were used in the study: methods of systems analysis, software engineering, designing software and hardware for medical purposes, the theory of reliability, aviation cybernetics. The main conclusion of the study is in formulating a set of reasonable engineering solutions for creating an intelligent information and measuring system for ergometric tests of flight personnel of maneuverable aircraft. The proposed solutions were formulated considering the needs of the practice of aviation medicine and combine the latest achievements in the field of medical equipment, aviation medicine and software engineering, and, as shown by experimental testing, meet the needs of the practice.*

**Keywords:** *automation of medical examinations, flight safety, hardware and software system, ergatic system, aviation ergonomics, intelligent medical systems, maneuverable flight, medical-flight examination, software engineering, information-measuring system*

Оснащение авиации новыми видами боевой техники и оружия, увеличение скоростей, высот и дальности полетов значительно расширили возможности боевого применения в современных условиях [1-3]. Исследования по повышению эффективности тактической авиации основываются на решении следующих задач: резкое улучшение маневренных и скоростных качеств летательного аппарата, расширение круга одновременно решаемых задач с использованием систем автоматизированного комплексного управления самолетом, повышение живучести самолета [4, 5].

Однако создание нового поколения высокоманевренных самолетов истребителей, обладающих принципиально новыми конструктивными, эксплуатационными и тактико-техническими характеристиками, в очередной раз привело к усложнению профессиональной деятельности летчика [6]. С тех пор, как прогресс начал опережать пределы физиологических возможностей организма летчика, перед физиологами и авиационными врачами встал вопрос о постоянном совершенствовании методов и средств повышения устойчивости летного состава к действию пилотажных перегрузок [7-10].

Для повышения устойчивости к пилотажным перегрузкам в военно-воздушных силах ведущих авиационных держав используются как физические, так и физиологические методы, и средства, которые могут быть классифицированы следующим образом:

1. Физические (механические) методы:
  - защитное снаряжение (противоперегрузочные костюмы, противоперегрузочные устройства высотно-компенсирующих костюмов);

- кресла, придающие телу человека оптимальную по отношению к вектору перегрузок позу;
  - дыхание кислородом или газовыми смесями под избыточным давлением;
  - создание упреждающего давления в камерах ППК и ППУ ВКК за счет применения электроуправляемого клапана давления в автоматах давления.
2. Физиологические методы:
- общая и специальная физическая подготовка;
  - обучение правилам эффективного применения защитных мышечных и дыхательных противоперегрузочных приемов;
  - экспертно–тренировочные вращения на центрифуге.
3. Комплексные методы, состоящие из различных сочетаний физических и физиологических средств.

В представленной классификации большое значение имеют методы практической наземной подготовки для повышения переносимости летным составом пилотажных перегрузок. Они обеспечиваются за счет обучения эффективному выполнению защитных мышечных и дыхательных противоперегрузочных приемов: одновременное напряжение мышц ног и брюшного пресса и дыхательные приемы с коротким вдохом и продолжительным выдохом с усилием через сомкнутую или почти сомкнутую голосовую щель. Подобные приёмы существенно (на 2–3 ед.) повышают устойчивость летчика к пилотажным перегрузкам [10].

Противоперегрузочные приемы призваны скомпенсировать гиростатические эффекты перегрузок. Изометрическое напряжение мышц ног, ягодиц и мышц рук препятствует депонированию венозной крови в нижних отделах, напряжение мышц брюшного пресса способствует повышению внутрибрюшного давления, а специальные дыхательные приёмы способствуют повышению внутригрудного давления. Выполнение защитных противоперегрузочных приемов способствует повышению уровня кровяного давления с целью улучшения циркуляции крови в головном мозге. Выполнение противоперегрузочных приемов требует высоких энергетических затрат и достаточно быстро приводит к истощению резервов организма при отсутствии хорошей физической подготовки. Поэтому с целью тренировки физической выносливости, переносимости длительных изометрических нагрузок, закрепления навыков проводится специальная физическая подготовка летного состава, в том числе и с применением тренажера для специализированного тестирования и тренировки.

При выполнении подобных тренировок используется тренажер «Статозергометр» и медицинская измерительная аппаратура. Разработанный комплекс специальных функциональных нагрузочных проб позволяет определять энергетические резервы организма и проводить психофизиологическую тренировку устойчивости к статическим физическим нагрузкам. Тренажер «Статозергометр» представляет собой тренировочный стенд с возможностью создания нагрузок на мышцы ног и брюшного пресса в положении, имитирующем рабочую позу лётчика в кабине самолёта. Общая схема компоновки тренажера

«Статоэргометр» представлена на рисунке 1, а его внешний вид – на рисунке 2.

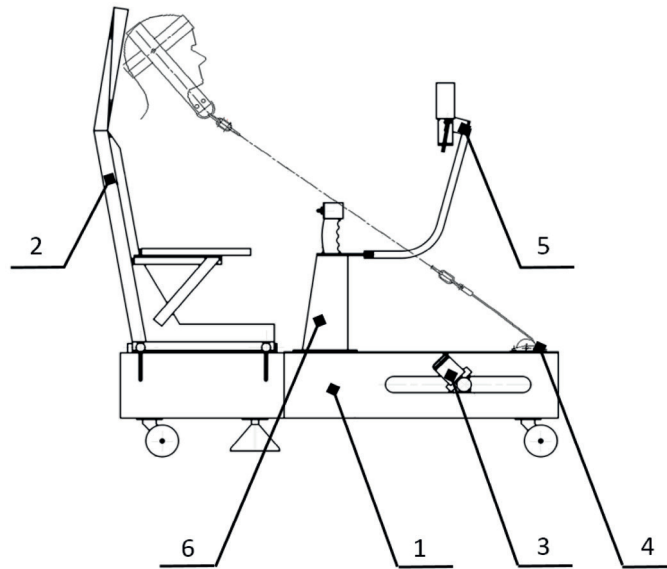


Рисунок 1. Общая схема тренажера «Статоэргометр» (1 – опорная рама с транспортировочными роликами и системой фиксации тренажера в неподвижном состоянии для удобства эксплуатации; 2 – кресло с привязной системой, имитирующее кресло лётчика в кабине самолёта; 3 – педали для измерения силы мышц ног; 4 – система загрузки мышц шеи; 5 – индикатор усилий мышц ног 6 – опора для рук, имитирующая рукоятку управления самолётом с регулятором хода педалей).

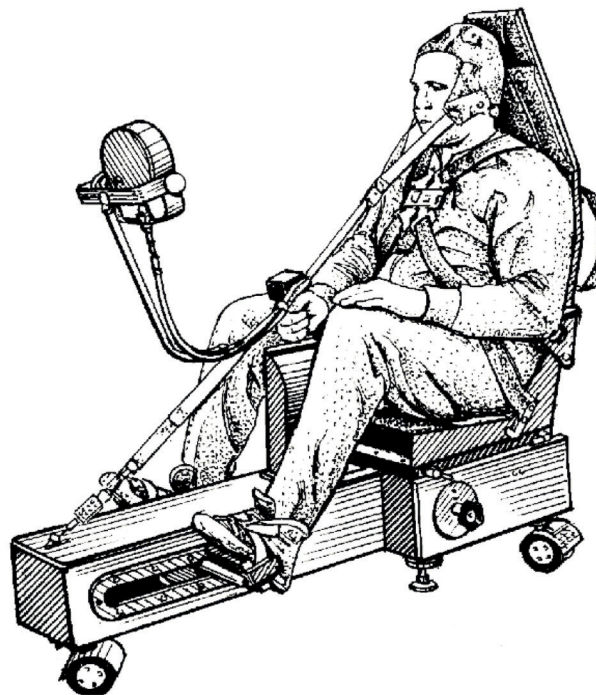


Рисунок 2. Внешний вид тренажера «Статоэргометр»

Применяемый в текущее время в лётных частях тренажер «Статоэргометр» изготовлен в соответствии с техническим решением, защищенным патентом [11].

Основные технические характеристики статоэргометра приведены в таблице 1.

Таблица 1. технические характеристики Статоэргометра

| Наименование   | Значение   |
|--|--|
| Максимальное усилие на педали                          | 400 кг/с   |
| Погрешность измерения усилия на педали                 | + –5 кг/с  |
| Регулируемый ход педалей                               | 400 мм   |
| Усилие, создаваемое устройством для нагрузки мышц шеи. | До 50 кг/с                                       |
| Напряжение питания                                     | 220 В  |
| Установленная мощность                                 | 0.1 кВт  |
| Масса  | 130 кг   |
| Габаритные размеры                                     | Длина 1360 мм<br>Ширина 540 мм<br>Высота 1260 мм |

Медицинская измерительная аппаратура включает в состав прибор для неинвазивного измерения артериального давления на предплечии, электрокардиограф и секундомер.

Порядок проведения типовой статоэргометрической пробы предусматривает выполнение следующих процедур. После инструктажа обследуемый фиксирует себя в кресле статоэргометра привязной системой. Для записи электрокардиограммы накладываются электроды по Небу и I—II отведениям. С помощью угломера и системы передвижения педалей устанавливают угол 120° в коленных суставах при положении на педалях средней части стоп. После двухминутного пребывания в покое и измерения фоновых данных (электрокардиограммы, артериального давления) по команде врача обследуемый двумя ногами создает ступенчато возрастающие усилия величиной 120, 160, 200 и 240 кгс с удержанием каждого из них в течение 30 с. Проба выполняется до указанного уровня или прекращается ввиду отказа обследуемого продолжать работу в связи с мышечным утомлением или по клиническим показаниям. Система загрузки мышц шеи применяется по указаниям врача, проводящего обследование. До начала пробы, в процессе выполнения (последние 15 с каждой ступени) и после ее окончания (конец 1, 3 и 5-й минуты) регистрируют ЭКГ в I—III отведениях по Небу и измеряют давление на плечевой артерии.

В целом статоэргометрическая проба имитирует в определенной степени напряжение мышц брюшного пресса и нижних конечностей у летчика, создаваемое в целях повышения устойчивости к пилотажным перегрузкам.

Признаками хорошей переносимости пробы является отсутствие жалоб со стороны испытуемого и выполнение полной программы обследования в пределах физиологических колебаний в соответствии с [12]. Признаками плохой переносимости являются возникновение болевых ощущений, слабости, головокружения, головной боли и прочих жалоб, отказ обследуемого продолжать исследование вследствие мышечного утомления

при величине усилия менее 200 кгс, не выдерживание временных параметров тренировки, прогрессирующее падение сердечного ритма и артериального давления, появление на ЭКГ миграции водителя ритма, смещение сегмента ST, выход значений физиологических параметров за пределы в соответствии с [13].

Результаты обследования с помощью статозергометрической пробы врач может использовать для следующих целей:

- исследование функциональных возможностей организма летчика к переносимости пилотажных перегрузок;
- определение необходимости углубленного стационарного обследования с воздействием перегрузок на центрифуге;
- определение эффективности восстановительного лечения и специальной физической тренировки;
- оценка функционального состояния миокарда (наряду с показателями велоэргометрической пробы).

Выполнение описанных процедур статозергометрической пробы связано с поступлением большого количества информации врачу, выполнения большого количества действий за малый промежуток времени, а также необходимостью визуально наблюдать за состоянием обследуемого, переключая внимание между данными медицинских приборов, данными тренажера «Статозергометр» и непосредственно обследуемым. Подобный недостаток организации труда врача возможно устранить, используя единую информационно–вычислительную систему для проведения статозергометрических проб. Вся первичная информация, а также некоторые расчеты в реальном времени, определяющие качество выполнения статозергометрической пробы, могут быть отображены на едином дисплее рабочего места врача. Управление режимами тренировки также возможно производить с подобного рабочего места [14].

Кроме этого применяемый сегодня тренажер «Статозергометр» сам обладает рядом конструктивных особенностей, требующих модернизации. К таким особенностям относятся:

1. Значительная инерционность и «не жёсткость» элементов гидравлической системы измерения усилий на педалях. Через поршень, закрепленный к каретке педалей тренажера, общее усилие с ног передаётся посредством гидравлики на манометр, отградуированный в килограммах силы. Практически переходный процесс индикации на манометре при ступенчатом изменении усилия на педалях продолжается около 1 с.
2. Отсутствие возможности измерения силы загрузки мышц шеи. Противодействующее усилие создаётся с помощью пружины, закрепленной на раме тренажера, но не измеряется.
3. Большой вес тренажера, затрудняющий его транспортировку.
4. Отсутствие возможностей автоматизации типовых циклограмм работы с тренажером.
5. Отсутствие возможности автоматической регистрации данных в электронно–цифровом виде.
6. Отсутствие методов и средств калибровки измерительной системы тренажера.
7. Конструкция системы измерения усилий имеет негерметичный «бачок расшире-

ния» для гидравлической жидкости, что вызывает трудности при транспортировке. К безусловным достоинствам применяемого тренажера можно отнести:

1. Высокую степень механической надёжности.
2. Электропривод, обеспечивающий перемещение каретки pedalного блока в горизонтальном направлении для регулировки угла в коленном составе обследуемого.
3. Найденную и отработанную оптимальную эргономическую схему проведения тренировки и тестирования летного состава.

Следующим шагом в применении специализированного комплекса упражнений статоэргометрической тренировки и тестирования может стать применение интегрированной информационно–измерительной системы статоэргометрического тестирования летного состава. Подобная система может быть сконструирована с применением электронно–цифровых средств регистрации и отображения информации.

Практика применения тренажера «Статоэргометр» позволяет определить следующие медико–технические требования к перспективной информационно–измерительной системе статоэргометрического тестирования летного состава.

Комплектность:

- Модернизированный тренажер «Статоэргометр» с встроенной системой электронного управления и контроля параметров статической нагрузки, обеспечивающий визуализацию режимов работы для врача и режимов тренировки для обследуемого;
- Система объективного медицинского контроля для регистрации электрокардиограммы, артериального давления осцилляционным методом по Короткову;
- Рабочее место врача на базе персонального компьютера, включающее аппаратно–программные средства управления режимами работы статоэргометра, а также непрерывной регистрации физиологической и технической информации;
- Контрольно–поверочная аппаратура.

Необходимые функциональные характеристики рабочего места врача:

- Отображение первичной информации с медицинских приборов на дисплее рабочего места врача;
- Вычисление в реальном времени частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, отображение осциллограммы при измерении артериального давления;
- Удалённое управление режимами работы модернизированного тренажера «Статоэргометр»;
- Сохранение результатов в персонализированную базу данных, вызов результатов из базы данных для апостериорной обработки;
- Автоматизированное формирование заключения по результатам типовой статоэргометрической пробы;
- Функция защиты персональной информации, хранящейся в базе данных.

К медицинским приборам в составе информационно–измерительной системы статоэргометрического тестирования также необходимо предъявлять специфические требования по функциональным возможностям:

- Электрокардиограф должен обеспечивать устойчивый незашумленный сигнал

- ЭКГ с отведений по Небу в условиях периодических напряжений грудных мышц.
- Кабель отведений ЭКГ и манжета для измерения АД при размещении на теле тренирующегося не должны оказывать мешающего или отвлекающего воздействия.
- В силу циклограммы типовых статэргометрических проб, измерение артериального давления в процессе тренировки должно проводиться не более чем за 30 секунд на этапе накачки манжеты.

Учитывая вышеизложенные требования к информационно-измерительной системе на базе «Статэргометра», предлагается следующая перспективная схема тренажера (рисунок 3).

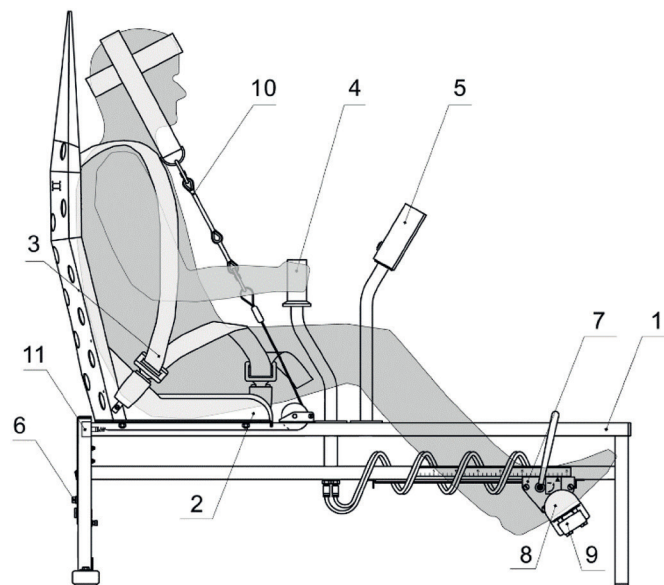


Рисунок 3. Схема модернизированного тренажера «Статэргометр» (1 – цельная опорная рама из сваренных металлических профилированных труб; 2 – кресло, профилированное под позу летчика; 3 – привязная система с фиксацией плеч и бедер; 4 – опора руки для имитирования рабочей позы летчика; 5 – электронный блок управления с индикатором усилий и режимов работы; 6 – цифровой коммуникационный порт; 7 – подвижный относительно рамы педальный блок со стопорным элементом; 8 – опорные площадки для ног; 9 – тензометрические датчики, измеряющие усилие нажатия на опорные площадки; 10 – тросово-блочная система загрузки мышц шеи; 11 – тензометрический датчик растяжения, измеряющий силу натяжения троса системы загрузки мышц шеи).

Для измерения усилий на педалях предлагается применять цилиндрический тензодатчики силы сжатия с рабочим диапазоном от 0 до 200 Кг каждый. При этом для правильного функционирования и обеспечения точности измерений вектор прикладываемой силы нажатия должен быть строго в направлении оси чувствительности датчика. Поскольку при установке ноги на педаль и выполнении силовых упражнений возможны значительные перемещения точки приложения усилия по поверхности педали, необходимо применять конструктивное решение предотвращающее возможность некорректного воздействия на тензодатчик. Таким решением может служить опора педали, свободно перемещающаяся только по оси датчика. Характеристики датчиков усилий и цифровой системы регистрации



позволят в 1000 раз увеличить точность измерений, что даёт возможность определить даже эффект мышечного тремора, как предвестника срыва удержания заданного усилия. Датчики усилия на каждой педали обеспечивают возможность выявления мышечной тренированности каждой ноги.

Измерение силы загрузки мышц шеи может быть обеспечено применением цилиндрического или S-образного тензодатчика силы растяжения с рабочим диапазоном от 0 до 100 кг. Подобный тензодатчик может быть установлен под рамой или креслом тренажера. Усилие для поднятия головы с помощью троса и роликового блока передаётся на чувствительный элемент датчика. Соппротивление усилию мышц шеи и небольшой «ход» троса может создавать дополнительная пружина растяжения на 30–40 Кг, вмонтированная в разрыв троса в удобном месте. Конструкция передачи усилий с помощью блока в этом случае автоматически решает задачу приведения вектора усилия к оси чувствительности тензодатчика.

В режиме автономного функционирования без подключения к персональному компьютеру тренажер «Статоэргометр» должен обеспечивать возможность проведения типовых статозергометрических проб и режим тренировки, при котором летчику выводится большее количество аналитической информации по процессу выполнения пробы. В этом случае летчик будет иметь возможность самостоятельно корректировать свои действия и следуя подсказкам улучшать результаты [15, 16].

Общая схема функционирования блока управления тренажера для пользователя (летчика) может работать по следующей циклограмме (рисунок 4).

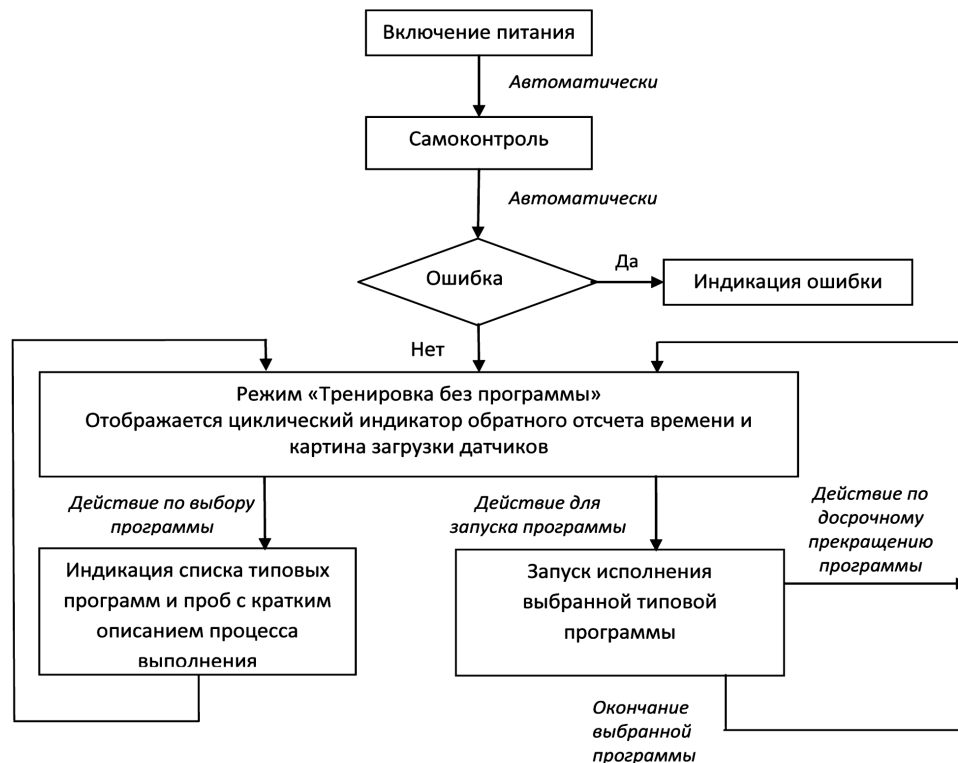


Рисунок 4. Циклограмма автономного функционирования блока управления тренажера «Статоэргометр»

При функционировании модернизированного тренажера в составе информационно-измерительной системы на базе персонального компьютера в качестве средств объективного медицинского контроля целесообразно применение серийных сертифицированных медицинских приборов для измерения электрокардиограммы и артериального давления тахоосциллографическим методом Савицкого [17].

С целью практического определения возможностей по расширению информативности статоэргометрической пробы и автоматизации типовых циклограмм тренировки и интерпретации результатов тренировки в рамках опытно-конструкторских работ проведено макетное моделирование модернизированного тренажера «Статоэргометр» с тензометрической измерительной системой в педалях и в устройстве загрузки мышц шеи. Модернизированный «Статоэргометр» применялся совместно с медицинской цифровой измерительной системой на базе компьютерного электрокардиографа и компьютерного измерителя артериального давления.

Результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение единой информационной компьютерной системы для сбора, отображения, обработки и хранения информации значительно облегчает не только непосредственно тренировки и обследования, но и повышает информативность, обеспечивая возможность автоматизированного накопления индивидуальной статистики по каждому обследуемому.
2. Обработка в реальном времени информации от медицинских приборов и физиологической информации с датчиков тренажера даёт возможность построения экспертной системы независимой оценки результатов статоэргометрической пробы в целях проведения врачебно-летней экспертизы.

В рамках дальнейшего совершенствования информативности статоэргометрической пробы предлагается следующий облик цифровой информационно-измерительной системы автоматически обеспечивающий:

1. Отображение в цифровом и графическом виде заданной нагрузки на педали;
2. Отображение в цифровом и графическом виде фактической суммарной нагрузки на левую и правую педали;
3. Отображение в цифровом и графическом виде фактической нагрузки на левую и правую педали в отдельности;
4. Отображение в цифровом и графическом виде нагрузки на мышцы шеи.
5. Отображение в цифровом виде таймера нормирующего время удержания нагрузки.
6. Автоматический апостериорный расчет и отображение в цифровом виде штрафов за неточное выполнение задачи упражнения: дрожание ног, неточность удержания заданной нагрузки, неравномерное распределение усилия между ногами и т.п.
7. Автоматическое стандартизированное выставление единой оценки по результатам выполнения статоэргометрической пробы.
8. Автоматическое формирование экспертных рекомендаций по графику тренировок для достижения необходимых результатов.

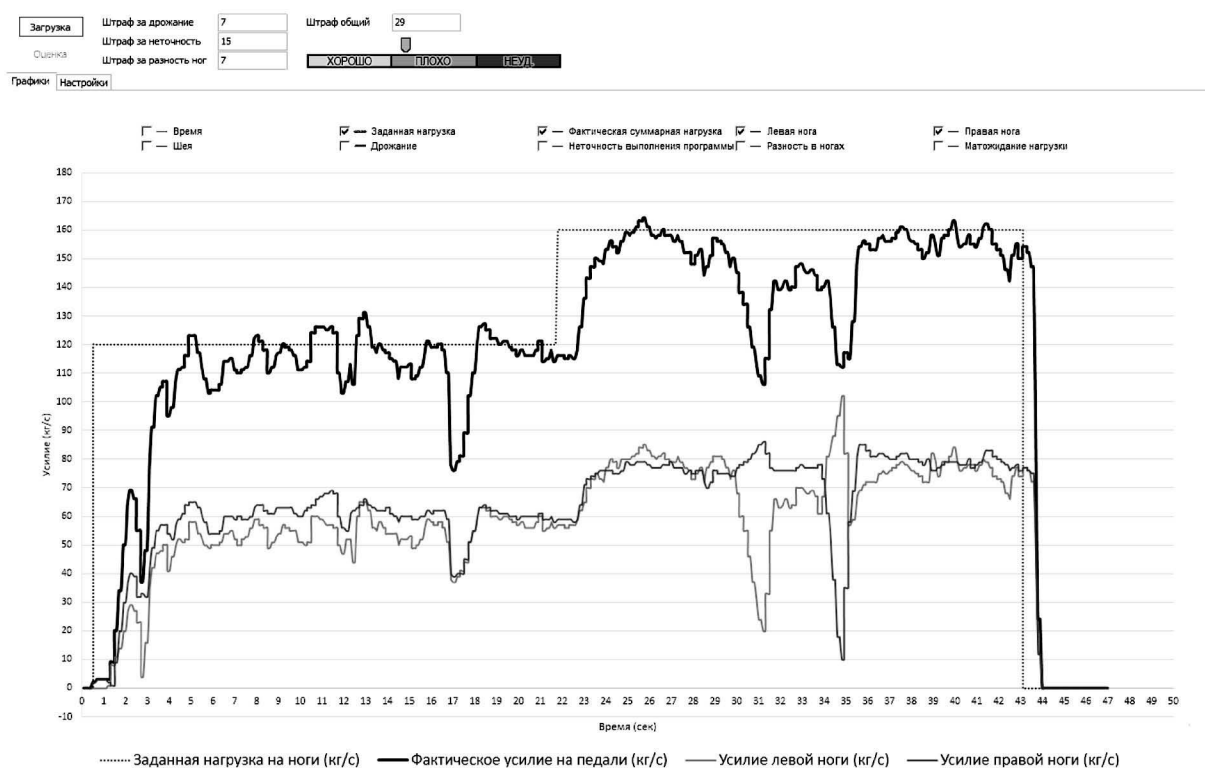


Рисунок 5. Интерфейс информационно–измерительной системы для проведения статоэргометрических проб (показаны графики заданной и фактической нагрузки на педали).

Кроме стандартных требований по безопасности и эргономике непосредственно к модернизированному тренажеру «Статоэргометр» должны предъявляться следующие требования:

- Тренажер должен обеспечить возможность задания и управление статической нагрузкой на мышцы обследуемого, как с рабочего места врача, так и с пульта управления, расположенного непосредственно перед обследуемым;
- Тренажер должен обеспечить возможность визуализации режимов тестирования для врача и для обследуемого в объеме, соответствующем и не превышающем объективную необходимость для конкретного режима тренировки;
- Тренажер должен обеспечить регистрацию в реальном времени величины и продолжительности усилий для обработки этой информации на компьютере.
- Тренажер должен полноценно функционировать как в составе рабочего места врача с персональным компьютером, так и автономно, будучи подключенным только к сети электропитания.
- Пульт управления тренажера должен содержать циклограммы типовых программ тренировок и рекомендательные пояснения по их применению.

Небольшая стоимость и высокая информативность позволяют утверждать, что современная информационно–измерительная система статоэргометрического тестирования должна прийти на смену тренажеру «Статоэргометр» при подготовке летного состава и

для поддержания уровня профессионального здоровья действующих летчиков.

**Библиография :**

1. Благинин А.А., Лизогуб И.Н., Синельников С.Н., Жильцова И.И. Перспективные направления развития авиационной и космической медицины России // Вестник Российской военно–медицинской академии. 2014. № 1 (45). С. 184–186.
2. Шибанов Г.П. Создание научно–технологического и производственного заделов для изготовления перспективных образцов авиатехники // Полет. Общероссийский научно–технический журнал. 2015. № 4 (4). С. 23–29.
3. Бухтияров И.В., Жданько И.М., Филатов В.Н., Шишов А.А., Оленев Н.И. Обоснование облика центра психофизиологической подготовки летного состава Военно–воздушных сил России // Оборонный комплекс – научно–техническому прогрессу России. 2014. № 2 (122). С. 86–91.
4. Шибанов Г.П. Оценка эффективности внедрения новых технологий в перспективные авиационные комплексы // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 8. С. 37–40.
5. Шибанов Г.П. Анализ взаимодействия компонентов системы “летчик–летательный аппарат–среда” // Полет. Общероссийский научно–технический журнал. 2012. № 4. С. 3–8.
6. Филатов В.Н., Шишов А.А., Оленев Н.И. Приоритетные направления совершенствования системы психофизиологической подготовки летного состава маневренной авиации // Полет. Общероссийский научно–технический журнал. 2013. № 9. С. 45–50.
7. Ступаков Г.П., Сингаевский В.Н., Турзин П.С. Медицинские и эколого–эргономические основы повышения эффективности и безопасности полетов. Москва: Гинфо, 2000.
8. Малащук Л.С., Филатов В.Н. Проблемные вопросы исследования переносимости лётным составом радиальных ускорений // Проблемы безопасности полетов. 2013. № 9. С. 6–11.
9. Бухтияров И.В., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Васильев А.Ю., Ядов В.В. Оценка кумулятивных эффектов влияния пилотажных перегрузок на шейный отдел позвоночника методом мета–анализа // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2001. Т. 35. № 3. С. 18–24.
10. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии. Красноярск. 2006. 282 с.
11. Мигачев С.Д., Хоменко М.Н. Устройство для тренировки мышц Патент на изобретение RU №2097835, опубл. 27.11.1997. 12.
12. Методики исследований в целях врачебно–лётной экспертизы. М.: Воениздат, 1995. 452 с.
13. Михайлов В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ. Иваново: Нейрософт, 2008. 439 с.
14. Ушаков И.Б., Ворона А.А., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Аппаратно–программные комплексы для медико–психологического обеспечения контроля надежности профессиональной деятельности человека в условиях высокого риска возникновения чрезвычайной ситуации // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 3. С. 8.
15. Никифоров Д.А., Ворона А.А., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Методика оценивания потенциальной ненадежности действий летчика // Безопасность жизнедеятельности. 2015. № 7 (175). С. 7–16.

16. Маряшин Ю.Е., Малащук Л.С., Филатов В.Н. Оценка эффективности комплекса специальных упражнений, направленных на повышение устойчивости летчиков высокоманевренных самолетов к пилотажным перегрузкам // Военно–медицинский журнал. 2014. Т. 335. № 1. С. 54–55.
17. Глинкин Е.И. Метод измерения артериального давления // Вестник Тамбовского университета. Естественные и технические науки. 2015, № 1. С. 258-261
18. Лукаш А.А., Димитриев Ю.В., Житников А.Г. Методы эргономического обеспечения разработки систем управления эргатических комплексов // Тренды и управление. - 2015. - 2. - С. 154 - 161. DOI: 10.7256/2307-9118.2015.2.14472.
19. Бондаренко А.Г., Харитонов В.В., Соловей Ю.Н. Эргономическая оптимизация обучающей среды при подготовке авиационных специалистов с использованием компьютерных систем // Тренды и управление. - 2015. - 3. - С. 301 - 317. DOI: 10.7256/2307-9118.2015.3.15898.

### References:

1. Blaginin A.A., Lizogub I.N., Sinel'nikov S.N., Zhil'tsova I.I. Perspektivnye napravleniya razvitiya aviatsionnoi i kosmicheskoi meditsiny Rossii // Vestnik Rossiiskoi voenno–meditsinskoi akademii. 2014. № 1 (45). S. 184–186.
2. Shibanov G.P. Sozdanie nauchno–tekhnologicheskogo i proizvodstvennogo zadelov dlya izgotovleniya perspektivnykh obraztsov aviatekhniki // Polet. Obshcherossiiskii nauchno–tekhnicheskii zhurnal. 2015. № 4 (4). S. 23–29.
3. Bukhtiyarov I.V., Zhdan'ko I.M., Filatov V.N., Shishov A.A., Olenev N.I. Obosnovanie oblika tsentra psikhofiziologicheskoi podgotovki letnogo sostava Voенно–vozdushnykh sil Rossii // Oboronnyi kompleks – nauchno–tekhnicheskomu progressu Rossii. 2014. № 2 (122). S. 86–91.
4. Shibanov G.P. Otsenka effektivnosti vnedreniya novykh tekhnologii v perspektivnye aviatsionnye komplekсы // Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii. 2015. № 8. S. 37–40.
5. Shibanov G.P. Analiz vzaimodeistviya komponentov sistemy "letchik–letatel'nyi apparat–sreda" // Polet. Obshcherossiiskii nauchno–tekhnicheskii zhurnal. 2012. № 4. S. 3–8.
6. Filatov V.N., Shishov A.A., Olenev N.I. Prioritetnye napravleniya sovershenstvovaniya sistemy psikhofiziologicheskoi podgotovki letnogo sostava manevrennoi aviatsii // Polet. Obshcherossiiskii nauchno–tekhnicheskii zhurnal. 2013. № 9. S. 45–50.
7. Stupakov G.P., Singaevskii V.N., Turzin P.S. Meditsinskie i ekologo–ergonomicheskie osnovy povysheniya effektivnosti i bezopasnosti poletov. Moskva: Ginfo, 2000.
8. Malashchuk L.S., Filatov V.N. Problemnye voprosy issledovaniya perenosimosti letnym sostavom radial'nykh uskoreniy // Problemy bezopasnosti poletov. 2013. № 9. S. 6-11.
9. Bukhtiyarov I.V., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V., Vasil'ev A.Yu., Yadov V.V. Otsenka kumulyativnykh effektivov vliyaniya pilotazhnykh peregruzok na sheyniy otdel pozvonochnika metodom meta–analiza // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2001. Т. 35. № 3. S. 18–24.
10. Ponomarenko V.A. Psikhologiya chelovecheskogo faktora v opasnoi professii. Krasnoyarsk. 2006. 282 s.
11. Migachev S.D., Khomenko M.N. Ustroistvo dlya trenirovki myshts Patent na izobretenie RU №2097835, opubl. 27.11.1997.
12. Metodiki issledovaniy v tselyakh vrachebno–letnoi ekspertizy. M.: Voenizdat, 1995. 452 s.

13. Mikhailov V.M. Nagruzochnoe testirovanie pod kontrolem EKG. Ivanovo: Neurosoft, 2008. 439 s.
14. Ushakov I.B., Vorona A.A., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Apparatno-programmnye komplekсы dlya mediko-psikhologicheskogo obespecheniya kontrolya nadezhnosti professional'noi deyatel'nosti cheloveka v usloviyakh vysokogo riska vozniknoveniya chrezvychainoi situatsii // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2004. № 3. S. 8.
15. Nikiforov D.A., Vorona A.A., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Metodika otsenivaniya potentsial'noi nenadezhnosti deistvii letchika // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2015. № 7 (175). S. 7–16.
16. Maryashin Yu.E., Malashchuk L.S., Filatov V.N. Otsenka effektivnosti kompleksa spetsial'nykh uprazhnenii, napravlennykh na povyshenie ustoichivosti letchikov vysokomanevrennykh samoletov k pilotazhnym peregruzkam // Voенно–meditsinskii zhurnal. 2014. T. 335. № 1. S. 54–55.
17. Glinkin E.I. Metod izmereniya arterial'nogo davleniya // Vestnik Tambovskogo universiteta. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2015, № 1. S. 258-261.
18. Lukash A.A., Dimitriev Yu.V., Zhitnikov A.G. Metody ergonomicheskogo obespecheniya razrabotki sistem upravleniya ergaticheskikh kompleksov // Trendy i upravlenie. - 2015. - 2. - С. 154 - 161. DOI: 10.7256/2307-9118.2015.2.14472.
19. Bondarenko A.G., Kharitonov V.V., Solovei Yu.N. Ergonomicheskaya optimizatsiya obuchayushchei sredy pri podgotovke aviatsionnykh spetsialistov s ispol'zovaniem komp'yuternykh sistem // Trendy i upravlenie. - 2015. - 3. - С. 301 - 317. DOI: 10.7256/2307-9118.2015.3.15898.