

УДК 612.763

В.В. Прокудин, А.С. Слива, И.В. Кондратьев**МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО СТАБИЛОАНАЛИЗАТОРА
С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ «СТАБИЛАН-01-2»**

Рассмотрены технические характеристики и функциональные возможности серийно выпускаемого с 2001 г. ЗАО «ОКБ “Ритм”» отечественного стабиланализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01-2». Приведен анализ недостатков, выявленных в стабиланализаторе в ходе его эксплуатации за период с 2001 по 2012 гг. Описаны характеристики стабиланализатора нового поколения как результата глубокой модернизации выпускаемого прежде комплекса «Стабилан-01-2» с учетом выявленных недостатков. Показана структурная схема нового стабиланализатора. Описаны технические решения, позволившие устранить эти недостатки. Рассмотрены перспективы дальнейшего развития компьютерного стабиланализатора.

Стабилография; постурография; компьютерный стабиланализатор; «Стабилан-01-2».

V.V. Prokudin, A.C. Sliva, I.V. Kondratiev**MODERNIZATION OF BIOFEEDBACK COMPUTER STABILOANALYZER
«STABILAN-01-2»**

In the article the technical specifications and functional availabilities of "STABILAN-01-2" are regarded. This device has been serially produced in Russia by ZAO "OKB "RITM" since 2001. In the paper the analysis of disadvantages, revealed in stabiloanalyzer during the period from 2001 to 2012 is given. This article describes characteristics of the next generation of stabiloanalizers, where identified shortcomings are taken into account. This generation of stabiloanalizers is a result of wide modernization of complex "STABILAN-01-2". A block diagram of a new stabiloanalyzer is given. The article also gives an overview of technical solutions, which allow eliminating of these disadvantages. Prospects for the development of computer stabiloanalyzer are examined.

Stabilography; posturography; computer stabiloanalyzer; «STABILAN-01-2».

Разработка компьютерного стабиланализатора «Стабилан-01-2» 4-го поколения была завершена ЗАО «ОКБ “Ритм”» в 1999 г. В 2001 г. впервые в России был выдан сертификат соответствия на компьютерный стабиланализатор с биологической обратной связью «Стабилан-01-2» и разрешение на его серийный выпуск. Отличительные особенности этого стабиланализатора:

- ◆ самый большой диапазон оценки координат центра давления (ЦД): **±200 мм** от центра стабиллоплатформы, что позволяет снять ограничения в установке стоп испытуемого;
- ◆ самый большой диапазон «центрирования» – совмещения математического ожидания ЦД с центром осей координат **по всему полю регистрации**;
- ◆ малая погрешность геометрической оценки координат, фактически **0,2-0,5 %** при допуске в технических условиях 1 %;
- ◆ самый малый временной дрейф в оценке координат – **0,3 мм/ч**, что на порядок меньше в сравнении с большинством зарубежных аналогичных показателей;
- ◆ высокая собственная частота стабиллоплатформы: **500 Гц** без присоединенной массы и **30 Гц** с присоединенной максимальной массой;
- ◆ самая высокая разрешающая способность: **0,01 мм**;
- ◆ возможность билатеральных стабиллографических исследований при использовании двух стабиллоплатформ;

- ◆ возможность встраивания в стабиллоплатформу дополнительных каналов для синхронной регистрации со стабиллограммами: пульсограммы, периметрического дыхания, кистевой и становой силы, огибающих миограмм по четырем отведениям;
- ◆ возможность регистрации веса испытуемого и баллистограммы, что оказалось выжным при исследовании, например, стрелков.
- ◆ возможность использования биологической обратной связи (БОС) не только зрительной модальности, как в зарубежных аналогах, но и БОС по кистевой силе и электрической активности мышц для реабилитации [1], [2].

Таким образом, «Стабилан-01-2» по диапазону оценки координат центра давления, разрешающей способности и временному дрейфу в оценке координат существенно превзошел лучшие зарубежные аналоги. По другим техническим характеристикам он также не уступал им. Модификация «Стабилан-01-2» с встроенными пятью дополнительными каналами не имела аналогов в мире [3]. А спустя еще несколько лет был добавлен и 6-й канал импульсно-силового воздействия («толкатель»), позволяющего оценивать запас устойчивости человека в заданной стойке.

За период с 2001 по 2012 гг. изготовлено и реализовано большое количество комплексов, благодаря чему была набрана обширная статистика как по обследуемым пациентам, так и по отзывам пользователей. Анализ возникших в результате эксплуатации сбоев и неисправностей показал следующее:

1. Имея защиту от статических перегрузок, «Стабилан-01-2» не имел защиты от динамических перегрузок, т.е. резких ударов и падений вследствие неправильной эксплуатации. Поскольку ножки стабиллографа – это силоводящие элементы тензометрических датчиков, то при падении платформы на жесткий пол датчики выходили из строя.
2. Неудобство эксплуатации из-за электрических кабелей, идущих от датчиков к дополнительным каналам, встроенным в стабиллоплатформу. Эти лежащие на полу кабели подвергались опасности повреждения при проведении обследований.
3. При реабилитации некоторые пациенты чувствовали дискомфорт и опасения, когда становились на платформу, возвышающуюся над полом. Этот эффект был замечен в ходе проведения реабилитаций в Научном центре неврологии РАМН, г. Москва, который рекомендовал уменьшить высоту стабиллоплатформы.
4. На этапе разработки стабиллоанализатора (1999 г.) производительность ЭВМ была очень низкой. Поэтому на микроконтроллер стабиллографа дополнительно были возложены вычисления координат центра давления. Сейчас быстродействие ЭВМ возросло на порядки, а используемые микроконтроллеры и др. м/схемы устарели и скоро будут сняты с производства.
5. Периодически возникала необходимость синхронизации с другими устройствами, но отдельного канала внешней синхронизации не было предусмотрено.
6. У некоторых современных персональных ЭВМ COM-порт отсутствует, что усложняет подключение стабиллоанализатора.

Учитывая выявленные в ходе многолетней эксплуатации вышеперечисленные недостатки, была проведена глубокая модернизация стабиллоанализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01-2». Разработана новая концепция структуры стабиллоанализатора, использующая современные схмотехнические и технологические достижения, позволившие:

- ◆ использовать новый тип датчиков, которые более стойки к динамическим перегрузкам и не требуют индивидуальной подгонки для обеспечения защиты от статических перегрузок;
 - ◆ обеспечить большее удобство использования стабилоанализатора вынесением дополнительных каналов в отдельный внешний блок (рис. 1);
 - ◆ обеспечить подключение датчика станового силомера непосредственно к опорной плите стабилоплатформы, исключив дополнительную опорную плиту;
 - ◆ уменьшить высоту стабилоанализатора более чем на 20 %;
 - ◆ уменьшить массу стабилоанализатора более чем на 30 % (с 10 кг до 6,5 кг);
 - ◆ реализовать возможность расширенной синхронизации при совместной работе с устройствами сторонних производителей;
 - ◆ использовать СМД-монтаж печатных плат, что повышает надежность их работы;
 - ◆ использовать напрямую USB-интерфейс для подключения к ЭВМ. Возможен как вариант подключения стабилоплатформы без дополнительных блоков и каналов, так и через блок «УСС» с дополнительными каналами (рис. 1);
 - ◆ улучшить технические характеристики прибора благодаря увеличению жесткости опорной плиты, которая теперь изготавливается из сплава Д16Т, и обновленной элементной базе;
 - ◆ увеличить число миографических каналов с четырех до восьми.
- На рис. 1 приведена схема модернизированного комплекса.

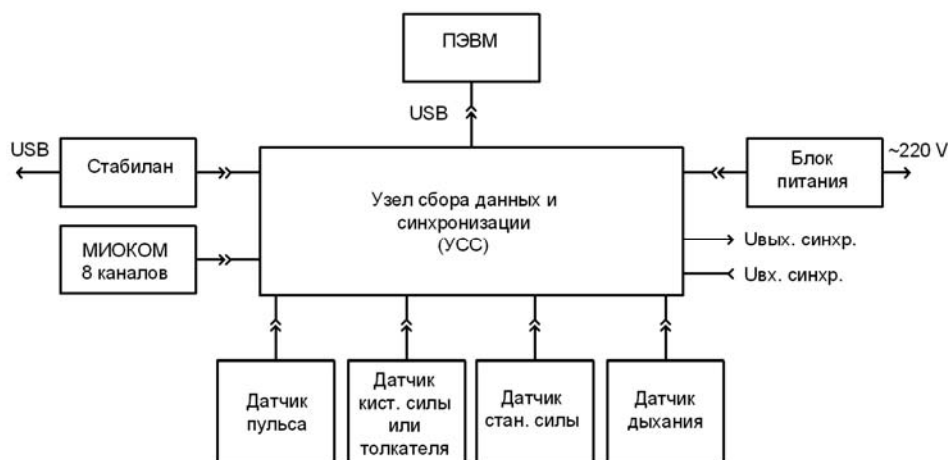


Рис. 1. Структурная схема модернизированного стабилоанализатора

Благодаря использованию современной элементной базы удалось добиться отношения «сигнал/шум» в аналого-цифровом тракте $K=110$ дБ при коэффициенте усиления $G=128$, что соответствует 18-ти свободным от шумов разрядам АЦП. Собственные шумы тракта на выходе 24-разрядного АЦП показаны на рис. 2. Длительность выборки 64 тысячи отсчетов при частоте дискретизации 50 Гц.

Область использования стабилоанализатора по-прежнему очень широка:

- 1) **оперативная оценка психофизиологического состояния** человека в предрейсовом и предполетном контроле на транспорте;

- 2) **оценка предсменной готовности** лиц, чья профессия связана с повышенными требованиями к человеческому фактору, например, бойцов ОМОНа и МЧС, диспетчеров на транспорте, операторов атомных электростанций, дежурных в пусковых шахтах стратегических ракет и т.п.;

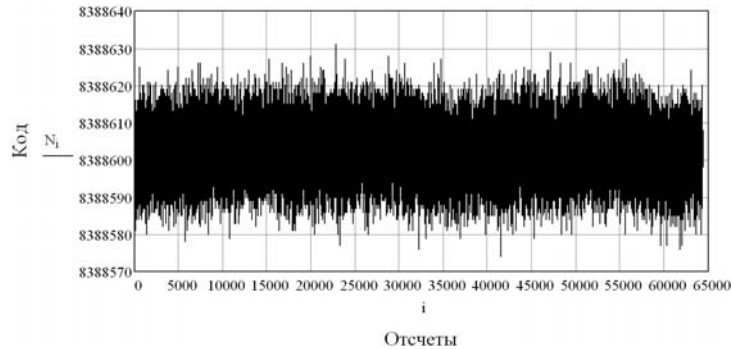


Рис. 2. Собственные шумы аналого-цифрового тракта модернизированного стабילוанализатора

- 3) **психологические исследования**, включая анализ латеральной асимметрии мозга испытуемого, определение психотипа и т.п.;
- 4) **экспертиза трудоспособности, профориентация, профотбор, профпригодность** в спорте, промышленности и в военном деле;
- 5) **экологические психофизиологические исследования**, в которых компьютерная стабילוграфия позволяет повысить оперативность и объективность контроля влияния неблагоприятных факторов окружающей среды;
- 6) **диагностика и реабилитация** нарушений двигательных функций и функции равновесия в неврологии, оториноларингологии, ортодонтии и мануальной терапии;
- 7) **подбор лекарственных средств** с целью повышения эффективности лечения, а также оценка динамики лечения, включая санаторно-курортное лечение;
- 8) **в различных видах спорта** для научных исследований, оперативного контроля функционального состояния спортсмена и оценки статодинамической устойчивости в процессе тренировок, специального тренинга для развития функции равновесия;
- 9) **оперативная оценка состояния здоровья** учащихся школ и профессионально-технических училищ, студентов вузов для раннего выявления отклонений и принятия своевременных оздоровительных мероприятий;
- 10) **подбор корректирующих стелек, протезов** и вспомогательных средств опоры в ортопедии;
- 11) **фундаментальные исследования** в физиологии, психологии, биомеханике и принципах управления функциональных систем человека;
- 12) **в тренировочном процессе** в спорте высших достижений;
- 13) **коррекция нарушений речи** в логопедии;
- 14) **оценка динамики коррекции прикуса** в ортодонтии [1].

Следующим этапом развития стабילוанализатора станет двухплатформенный вариант, позволяющий существенно расширить функциональные возможности стабילוграфического анализа благодаря дифференцированию общего центра давления по каждой стопе исследуемого. Его стоимость по сравнению с одноплатформенным увеличится ориентировочно на 20 %, в отличие от двухплатформенных аналогов, стоящих в два раза дороже эквивалентных одноплатформенных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Слива А.С., Войнов И.Д., Слива С.С.* Развитие методов и средств компьютерной стабิโลграфии // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. – 2010. № 9 (110). – С. 158-164.
2. *Слива С.С., Кондратьев И.В., Слива А.С.* Отечественная компьютерная стабילוграфия: состояние, проблемы и перспективы // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 6 (83). – С. 98-101.
3. *Слива С.С.* Отечественная компьютерная стабילוграфия: технический уровень, функциональные возможности и области применения // Медицинская техника. – 2005. – Вып. 1. – С. 32-36.

Статью рекомендовал к опубликованию к.б.н. Е.Н. Стадников.

Прокудин Виктор Викторович – Закрытое акционерное общество «ОКБ “Ритм”»; e-mail: stabilan@okbritm.com.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 99; тел.: 88634623190; ведущий инженер.

Слива Сергей Семенович – начальник отдела.

Слива Андрей Сергеевич – начальник сектора.

Кондратьев Игорь Владимирович – ведущий инженер; к.т.н.

Prokudin Viktor Viktorovitch – Joint stock company «Special design office «Ritm»; e-mail: stabilan@okbritm.com.ru; 99, Petrovskaya, Taganrog, 347900, Russia; phone: +78634623190; senior engineer.

Sliva Sergey Semenovich – department chief.

Sliva Andrey Sergeevitch – sector chief.

Kondratiev Igor Vladimirovitch – senior engineer; cand. of eng. sc.

УДК004.8

А.Д. Грибанов, М.К. Козлов, Т.В. Истомина

МУЛЬТИДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ СТАБИЛОМЕТРИИ

Рассматривается создание мультдиагностического программно-аппаратного комплекса, который позволяет проводить исследования функционального состояния организма членов летного состава. С помощью предложенного комплекса появляется возможность в режиме “онлайн” реализовать методики исследования регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы и центральной нервной системы. В комплексе сочетаются электрофизиологические методы исследования функционального состояния сердца, магистральных сосудов головного мозга, исследования нервно-мышечной системы, статокINETической системы, определения функционального состояния организма и регуляторных механизмов в целом.

Мультдиагностический комплекс; авиационная медицина; электрофизиологические методы исследования.

A.D. Gribanov, M.K. Kozlov, T.V. Istomina

MULTIDIAGNOSTIC COMPLEX FOR AEROSPACE STUDIES BASED ON STABILITY TESTS

In this article the creation of a multidagnostic complex is considered to carry different functional health state studies among flight personnel. This complex is supposed to examine regulation mechanisms of a blood vessel system and central neural system online. Electrophysiological