

началом тестирования, второй раз – после проведения тестирования. По разнице показаний термочувствительного параметра определяют относительный перегрев и температуру кристалла. В качестве термочувствительного параметра может выступать прямое напряжение диода  $U_{д0}$ . Диод является одним из элементов микросхемы или полу-проводникового прибора.  $U_{д0}$  уменьшается на величину  $\alpha = 1,5-2,2$  мВ/°С при повышении температуры на 1 °С. В зависимости от значения относительного перегрева и температуры кристалла производят одно из следующие действий:

- признают интегральную микросхему или полупроводниковый прибор годными,
- проводят оптимизацию времени измерения,
- уточняют методики измерения параметров,
- понижают температуру среды (в камере),
- проводят забракование прибора из-за завышенного значения теплового сопротивления  $R_t$ .

Поскольку разница между температурой среды и температурой кристалла уменьшена, значение последней устанавливается более точно. Поскольку температура кристалла не выходит за допустимые рамки, исключается пропуск брака и забракование годного прибора на пониженной и повышенной температурах среды.



Рисунок 1 – Алгоритм проведения тестирования

### Литература

1. Козырь, И. Я. Качество и надежность интегральных микросхем / И. Я. Козырь. – М. : «Высшая школа», 1987. – 144 с.
2. Патент Японии JP2003279617, МПК G01R31/26; (IPC1-7): G01R31/26, 02.10.2003.
3. Основы силовой электроники / А. И. Белоус [и др.]. – Москва: «Техносфера», 2019. – 424 с.

УДК 371.693.4.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ С БЕССТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ НАГРУЗКИ Жуков И.И., Свистун А.И., Тявловский К.Л., Ковель С.Г.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Рассмотрены устройство и методика физической реабилитации спортсменов после травм. В качестве основы устройства использован кросс-велотренажер. Обоснован выбор механизма редуктора с бесступенчатым изменением передачи, что позволяет гибко изменять параметры нагрузки в процессе реабилитации.

**Ключевые слова:** реабилитация, кросс-тренажер, нагрузка, ременной привод.

### THE DEVICE FOR PHYSICAL REHABILITATION OF SPORTSMEN WITH NONSTEP LOADING CHANGE

**Zhukov I., Svistun A., Tyavlovsky K., Kovel S.**

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Belarus*

**Abstract.** The device and technique of physical rehabilitation of sportsmen after traumas are considered. As a device basis cross-country-velosimulator is used. The choice of the mechanism of a reducer with nonstep transfer change that allows to change flexibly parameters loadings in the course of rehabilitation is proved.

**Key words:** rehabilitation, cross-country-training apparatus, loading, belt drive.

*Адрес для переписки: Жуков И.И., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: i.zhukov@bntu.by*

Ходьба, в том числе северная, и бег являются наиболее доступными средствами оздоровления, приемлемыми для людей всех возрастов и групп здоровья [1]. Кроме того, они часто применяются и

при реабилитации спортсменов после травм, полученных в ходе тренировок и соревнований. Кросс-тренажеры [2] обеспечивают возможность заниматься ходьбой и бегом как в спортивных

залах, так и в домашних условиях и благодаря этому широко применяются при решении задач, связанных с повседневными тренировками и восстановлением утраченных функций. Их применение благотворно сказывается на состоянии сердечно-сосудистой и мышечной систем организма человека, его органов дыхания и обмене веществ, снижается уровень холестерина в крови и происходит улучшение функционирования организма в целом.

Кросс-тренажер предоставляет возможность заниматься ходьбой и бегом в помещении, вне зависимости от погодных условий. Работа тренажера основана на имитации движений человека при ходьбе и при беге, позволяет моделировать различные виды нагрузки, их интенсивность и продолжительность, осуществлять контроль за занимающимся. Наиболее эффективно достижение целей тренировки или реабилитации обеспечивается на кросс-тренажерах с бесступенчатым изменением нагрузки и его оснащении датчиками состояния человека и самого тренажера.

Обычно кросс-тренажеры обеспечивают контроль скорости, времени тренировки, пройденной дистанции и расход энергии. Дополнительно можно программировать виды тренировок, учитывая возраст и физическое состояние пользователя, автоматически регулировать нагрузку в зависимости от частоты пульса и дыхания, помогая достичь конкретных целей тренировки или реабилитации.

Конструкцию разработанного устройства (рис. 1) можно разделить на три части: пульт управления, размещенный внутри консольной стойки и оснащенный жидкокристаллическим дисплеем с сенсорной клавиатурой; педально-рычажный привод, объединяющий редуктор с возможностью раздельного управления педалями и механизм управления нагрузкой (рис. 2); и механизм регулировки положения сиденья.



Рисунок 1 – Общий вид педального кросс-тренажера

Основу педально-рычажного привода (рис. 2) составляет конический зубчатый редуктор, управляющие шестерни которого, могут смещаться на валах, обеспечивая бесступенчатое изменение нагрузки, и в соответствии с выбранной программой, входят в зацепление с ведущим колесом при помощи толкателей электромагнита. Переход шестерен в нерабочее положение

выполняется возвратными пружинами. Использование ременной передачи [3] обеспечивает бесшумность при работе и передачу вращения на большие расстояния при пониженных требованиях к точности выполнения механизма.

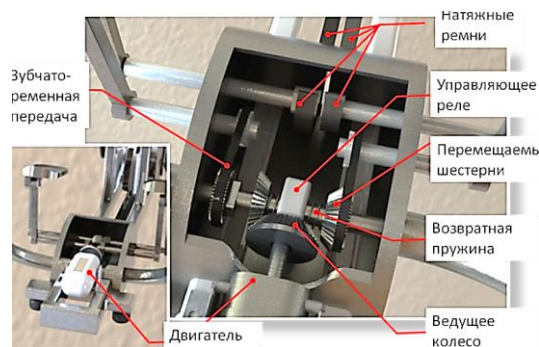


Рисунок 2 – Конструкция редуктора

Педали установлены на отдельных валах и могут двигаться независимо друг от друга. Вращение от управляющих шестерен редуктора на валы педелей передается с помощью зубчато-ременной передачи. Ко второй паре валов педалей присоединены натяжные ремни, которые через цилиндрические шестерни передают вращение на маховое колесо, а с него, с помощью клиноременной передачи, вращение передается на нагрузочный диск. Управляемая электромагнитным реле тормозная колодка обеспечивает выбранный режим нагрузки.

Устройство может работать в двух режимах:

- режим тренировки, при котором управляющие шестерни не входят в зацепление, а движение на нагрузочный диск передается от ног занимающегося;
- режим реабилитации, при котором тормозная колодка отключена, управляющие шестерни поочередно вводятся в зацепление и вызывают принудительное перемещение педалей.

Для измерения нагрузочных характеристик используются два энкодера серии РФ701/V–20 производства ООО Рифтэк (РБ), установленные соосно с осями вращения приводного механизма и задней опоры ременной передачи. Микроконтроллер пульта управления преобразует сигналы энкодеров в скорость движения и нагрузку реабилитируемого спортсмена [4].

Методика реабилитации предусматривает три этапа: подготовительная часть, основная и заключительная. В соответствии с методикой тренировки, которая индивидуально корректируется врачом-реабилитологом, занятия начинаются не раньше, чем через час после еды или приема лекарств. Также нежелательно начинать занятия позже, чем за 2 часа до сна.

Распределение нагрузок на каждом этапе неоднородно. Начинать работу необходимо на небольших скоростях, постепенно увеличивая темп. По окончании занятия темп наоборот

необходимо снижать, чтобы привести в норму частоту дыхания и ритм сердца.

Между двумя тренировками должен быть один день без тренировки. Например, для первой недели реабилитации устанавливается следующий режим:

- тренировка 2 минуты, перерыв 1 минута для гимнастики;
- тренировка 2 минуты, перерыв 1 минута для гимнастики;
- тренировка 2 минуты.

В дальнейшем каждую неделю производится увеличение нагрузки и длительности тренировок на 1 минуту.

Состояние спортсмена контролируется по частоте сердечных сокращений. Допустимое значение ЧСС рассчитывается по схеме: 180 ударов в минуту минус возраст. Например, у 40-летнего занимающегося пульс не должен превышать 140 ударов в минуту.

Пульс контролируется на трех этапах каждой тренировки:

- перед началом тренировки – пульс покоя;
- во время тренировки тренировки – пульс нагрузки или стрессовый пульс;
- через 1 минуту по окончании тренировки – пульс восстановления.

Автоматизированная система управления тренажером обеспечивает высокий крутящий момент при низких оборотах двигателя во всем диапазоне скоростей тренажера, что в свою очередь обеспечивает медленный и плавный пуск с нуля и тихую работу тренажера. Программное изменение всех режимов тренажера и контроль состояния спортсмена во время тренировок обеспечивают возможность оперативного изменения программы реабилитации врачом реабилитологом для каждого спортсмена. Применение кросс-тренажеров с плавным изменением нагрузки позволяет сократить время реабилитации и повысить ее эффективность.

#### Литература

1. Фохтин В. Г. Атлетизм дома. Упражнения без снарядов. Выпуск 3. / В. Г. Фохтин / – М.: «Советский спорт». – 1990. – 30 с.
2. Кросс-тренажеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sport-sklad.ru>. – Дата доступа: 25.03.2018.
3. Справочник конструктора-приборостроителя. Детали и механизмы приборов / Соломахо А. Л. [и др.]. – Минск: Высш. шк., 1990. – 440 с.
4. Методология и средства изменений параметров объектов с неопределенными состояниями / О. К. Гусев [и др.]; под общ. ред. О. К. Гусева – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.

УДК 621.3.049.77; 681.586

### ЦИФРОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ КОНТРОЛЯ ГАЗОВОГО СОСТАВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Здоровцев С.В., Кушнеров Д.П., Сушко В.А.

ОАО «МНИПИ»

Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Рассмотрены цифровые функциональные электронные модули для контроля содержания кислорода и углекислого газа в воздушной среде.

**Ключевые слова:** функциональный электронный модуль, контроль газового состава среды.

### DIGITAL FUNCTIONAL ELECTRONIC MODULES FOR ENVIRONMENTAL GAS CONTROL

Zdorovtsev S., Kushnerov D., Sushko V.

JSC «MNIPI»

Minsk, Belarus

**Annotation.** Digital functional electronic modules for monitoring oxygen and carbon dioxide content in air are considered. The parameters of the modules are given.

**Keywords:** functional electronic module, control of the gas composition of the medium

Адрес для переписки: Здоровцев С.В., ул. Якуба Коласа 73, г. Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: [ieic@mail.ru](mailto:ieic@mail.ru)

В работе представлены результаты разработки и исследования цифровых функциональных электронных модулей (ФЭМ) контроля содержания кислорода и углекислого газа в воздушной среде.

Разработанные ФЭМ используются для работы в составе информационно-измерительной системы (ИИС), в которой в качестве регистратора данных может быть использован либо пер-

сональный компьютер (ПК) либо планшетный компьютер или смартфон [1, 2].

На рис. 1, 2 представлен внешний вид разработанных ФЭМ.

В качестве сенсорного элемента ФЭМ контроля содержания кислорода в воздушной среде был выбран датчик ME2-O2-Ф20 [3].

Датчик ME2-O2-Ф20 представляет собой электрохимический сенсор, который измеряет