

УДК 378.147.88:378.166

Севастьянов М. С., Баранова А. А., Хохлов К. О., Ловцевич Т. Л.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА С ДОЗИМЕТРОМ МОДЕЛИ 35040 ДЛЯ
СТУДЕНТОВ МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**

Максим Сергеевич Севастьянов

магистрант

m.sevastyanov97@gmail.com

Анна Александровна Баранова

кандидат технических наук, доцент

a.a.baranova@urfu.ru

Константин Олегович Хохлов

кандидат физико-математических наук, доцент

k.o.khokhlov@urfu.ru

Татьяна Леонидовна Ловцевич

магистрант

lovtsevichtanya@gmail.com

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Физико-технологический институт, Россия, г. Екатеринбург

**LABORATORY WORK WITH THE DOSIMETER OF MODEL 35040 FOR
STUDENTS OF MEDICAL-TECHNICAL PROFILE**

Maxim Sergeevich Sevastyanov

Anna Alexandrovna Baranova

Konstantin Olegovich Khokhlov

Tatyana Leonidovna Lovtsevich

Ural Federal University, Russia, Yekaterinburg

Аннотация. В статье показываются возможности использования дозиметра модели 35040 в лабораторных работах с целью развития профессиональных навыков будущих инженеров медико-технического профиля на примере направления 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии».

***Abstract.** The article shows the possibilities of using the model 35040 dosimeter in laboratory work with the aim of developing the professional skills of future medical and technical engineers using the example of the speciality 12.04.04 "Biotechnical Systems and Technologies".*

***Ключевые слова:** лабораторная работа, дозиметр, высшее инженерное образование, профессиональные компетенции.*

***Keywords:** laboratory work, dosimeter, higher engineering education, professional competencies.*

Высшее инженерное образование имеет свои особенности и специфику в связи перманентным процессом преобразования социально-экономической среды и, как следствие, рынка труда. Таким образом, требования работодателей к выпускникам технических вузов постоянно меняются, при этом направленность и сущность этих требований во многом определяет устойчивое развитие научно-технического прогресса страны. Поэтому актуальным в современных условиях является внедрение в учебный процесс инновационных подходов, позволяющих развивать квалификационный потенциал будущих выпускников технических вузов на базе их фундаментальной подготовки [4].

Стандартные требования к подготовке студентов по ряду инженерных специальностей предполагают формирование у них практических навыков выбора, настройки, регулировки и применения приборов и других технических средств исследования, контроля, измерения, а также освоение приемов, методов и способов выявления, наблюдения, измерения и контроля свойств объектов изучения. Все перечисленное в совокупности является фундаментом профессиональной подготовки будущего инженера, готового к реальным экономическим вызовам. Так, например, по окончании магистратуры по направлению 12.04.04 "Биотехнические системы и технологии" выпускник должен быть готов к решению следующих профессиональных задач [5]:

- математическое моделирование технологий выполнения исследований биологических объектов и биотехнических систем различного назначения с использованием стандартных программных средств;

- организация и участие в проведении медико-биологических, экологических и эргономических экспериментов, сбор, обработка, систематизация и анализ результатов исследований;

- сбор, обработка и систематизация научно-технической информации по теме планируемых исследований, выбор методик и средств решения сформулированных задач, подготовка заданий для исполнителей.

Основными формами занятий, обеспечивающими эту подготовку, являются лабораторные и практические занятия и производственные практики студентов. Содержание каждой лабораторной работы должно быть глубоко мотивировано и ориентировано на практическую значимость в будущей профессии, а главным образом тем, что это содержание должно быть направлено на решение проблем производственной сферы. Только в этом случае у обучающихся будет создаваться перспектива на дальнейшее изучение предмета, будет создана основа для формирования содержательных мотивов учебной деятельности [7].

Таким образом, важной задачей для качественного и эффективного обучения становится правильный выбор современного оборудования, которое сможет использоваться в лабораторном практикуме студента и будет отвечать развитию профессиональных компетенций, удовлетворяющих требованиям работодателей.

Возвращаясь к уже упомянутому направлению 12.04.04, при освоении учебного плана студенту предлагается освоить следующие дисциплины:

- Схемотехника аналоговых устройств;
- Узлы и элементы биотехнических систем;
- Физические основы и элементная база электронной техники;
- Лучевая терапия и клиническая дозиметрия.

У площадки реализации данного направления в Физико-технологическом институте УрФУ — кафедры экспериментальной физики — имеется терапевтический дозиметр, построенный на принципах, широко освещённых в перечисленных выше курсах, и позволяющий обобщить полученные знания в практическом ключе.

Терапевтический дозиметр модели 35040 — это прибор для измерения ионизирующего излучения, предназначенный для использования в качестве средства измерения при калибровке ускорителей высоких энергий, ^{60}Co и брахитерапии. Принцип работы прибора заключается в измерениях заряда и тока. Коэффициенты калиброванной ионизационной камеры преобразуют заряд и ток для установления поглощенной дозы и мощности дозы облучения в зависимости от указанных пользователем радиологических единиц. Показания могут быть скорректированы с учетом внешних климатических условий. Для этого предусмотрен ввод значений температуры окружающей среды и атмосферного давления. Настройка электронного смещения по выбору осуществляются с передней панели.

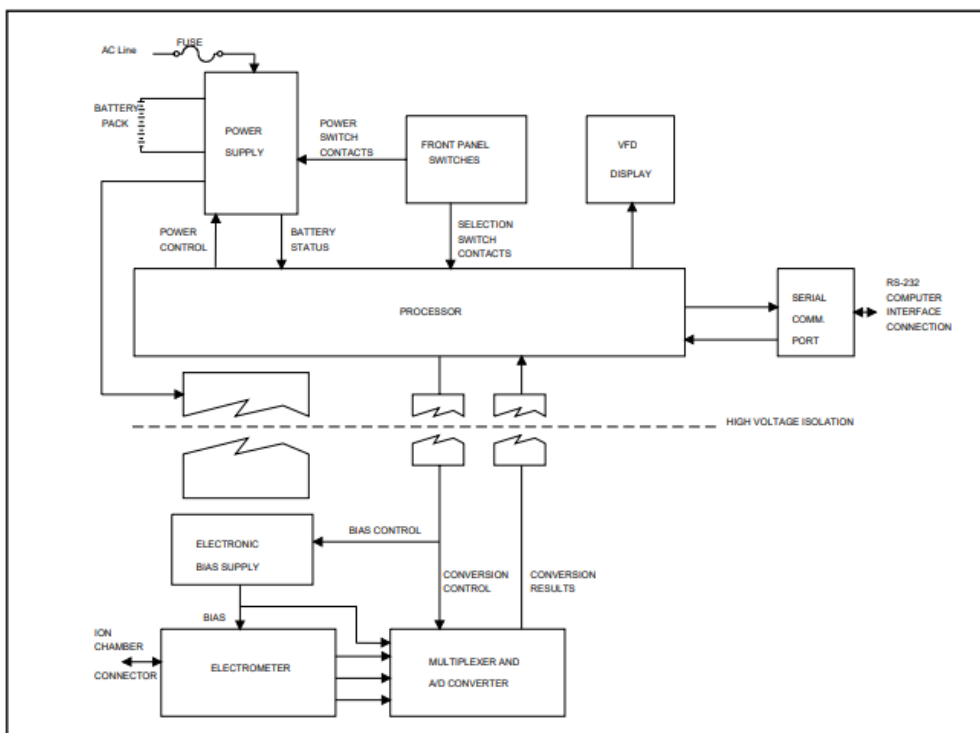


Рисунок 1 — Функциональная блок-схема аппарата

Во время работы прибор может питаться от сетевого напряжения в диапазоне от 100 до 240 В переменного тока или от внутреннего 6-вольтового свинцово-кислотного аккумулятора до 8 часов. Блок питания состоит из зарядного устройства, которое непрерывно заряжает аккумулятор, когда прибор подключен.

Зарядное устройство имеет три этапа зарядки:

1. Если аккумулятор полностью разряжен, зарядное устройство медленно заряжает аккумулятор, пока на всех элементах аккумулятора не установится минимальный уровень заряда. Дозиметр не будет работать, пока заряд аккумулятора не будет больше, чем минимальный заряд на каждую ячейку. Первый этап может быть более 18 часов в зависимости от того, как сильно разряжен аккумулятор.

2. Зарядное устройство вводит высокую скорость зарядки, которая может восстановить более 80 % заряда в срок от 2-го до 3-го часа, даже при условии эксплуатации самого аппарата. Напряжение аккумулятора будет варьироваться от 5,5 до 8,5 В. Выходной ток аккумулятора может достигать 2,5 А. После 3 часов зарядки аккумулятора хватает на 8 часов непрерывной работы.

3. Зарядное устройство переходит в режим зарядки с плавной регулировкой выходного напряжения, которая может использоваться неограниченное время для поддержания полного заряда на батарее без вреда для нее. Напряжение аккумулятора составляет примерно 7 В. Ток заряда будет варьироваться в диапазоне от 0,5 до 0,01 А. Чем ниже выходной ток блока питания, тем ближе аккумулятор к полной емкости. При работе от батарей ток батареи будет снижаться. Напряжение аккумулятора будет варьироваться от 6,5 до 5,4 В.

Реализовано два принципа обратной связи для предотвращения чрезмерного разряда аккумулятора. Если напряжение становится ниже 5,9 В, то на передней панели индицируется низкий заряд батареи (LoBat), что означает, что осталось менее 30 минут работы. При дальнейшем понижении уровня напряжения до 5,4 В, программное обеспечение автоматически выключает прибор. Аппаратное обеспечение отключит питание, если напряжение упадет ниже 5,4 В.

Схемотехника и принципы построения питания и контроля заряда, несмотря на специфичность решений, являются общеприменимыми и позволяют студентам закрепить на практике теорию построения устройств питания портативного медицинского и измерительного оборудования.

Разовое нажатие клавиши включения питания включает питание. Нажатие на этот переключатель повторно выключает питание. После выключения питания, для повторного включения оборудования должно пройти не менее 5 секунд. Остальные органы управления находятся на восьми-контактной мембранной клавиатуре. Вакуумно-люминесцентный индикатор, состоящий из двадцати символов, расположенных в четырех строках, легко читается в широком диапазоне условий освещения.

В качестве управляющего центрального процессора используется микропроцессор от компании Motorola. Код операционной системы хранится в энергонезависимом модуле EPROM. RAM используется для энергозависимого хранения. Параметры калибровки (усиления и смещения) и параметры настройки (калибровочные коэффициенты ионизационной камеры, единицы измерения давления и температуры, настройки смещения) сохраняются в EEPROM. Таким образом, настройки восстанавливаются при включении инструмента и доступны для последующего использования.

Последовательный порт настроен как устройство передачи данных (DCE) RS-232C, работающее на скорости 9600 бод. Протокол использует контроль потока данных XON / XOFF. Этот порт используется для калибровки и тестирования при производстве, пользовательской калибровки, для настройки и для дистанционного управления и сбора данных. Непреднамеренные изменения параметров калибровки или настройки пользователем предотвращаются с помощью трехэтапной последовательности нажатия определенного сочетания клавиш. Таким образом, ограничивается некорректное введение студентом наиболее базовых коэффициентов калибровок, не рекомендуемых к изменениям.

Электронный прибор представляет собой интегрирующий каскад с функцией сброса. Сброс активируется оператором нажатием кнопки RESET / MEASURE

или автоматически, когда прибор определяет конец воздействия. Ошибки, вызванные температурным дрейфом компонентов, динамически корректируются управляющим программным обеспечением.

Терапевтический дозиметр модели 35040 имеет полностью регулируемый электронный источник напряжения смещения. Пользователь может указать до 11 настроек в диапазоне от $-500,0$ до $+500,0$ В, в любом порядке, во время настройки инструмент. Типичные настройки: $+300,0$, $+150,0$, 0 , $-150,0$ и $-300,0$ В, которые соответствуют рекомендации Американской ассоциации физиков в медицине [3]. При изменении напряжения изменяется значение энергии регистрируемых частиц, а также амплитуда выходного сигнала ионизационной камеры.

Во время работы уровень выходного напряжения смещения периодически измеряется аналого-цифровым преобразователем (АЦП). Если выходное напряжение отличается от установленного напряжения на $\pm 1,0$ В, появляется сообщение об ошибке (LoBias или HiBias).

В целях безопасности студента выходной сигнал смещения ограничен энергией и током. Прежде чем пытаться подключить или отключить ионизационную камеру, оператор должен либо установить напряжение смещения на нулевое значение, либо отключить дозиметр. Это приведет напряжение смещение до безопасного уровня в течение одной секунды. При выключении выход источника смещения обесточивается. Отключение может занять от 15 до 30 секунд.

Выходной сигнал электрометра дискретизируется примерно 20 раз в секунду с помощью аналого-цифрового преобразователя. Программа использует измерение температуры для коррекции температурного дрейфа на компонентах электрометра. Стоит отметить, что внутренняя температура может отличаться от температуры окружающей среды, особенно во время ступени высокой скорости зарядки аккумулятора.

Прибор широко использует возможности микроконтроллера для обработки информации и реализует расчет уравнений для переменных, используе-

мых при измерении и калибровке. Переменные, используемые в уравнениях, подробно описаны в литературе [1]. Установленные для программного расчета формулы доступны обучающимся для самостоятельного расчета и образуют отличную проекционную связь между построением аналитического представления о изучаемом явлении и практическом результате полученного ими эксперимента.

Таким образом, использование данного оборудования в учебной практике обучающихся предоставляет широкие возможности для применения различных методик в обучении студентов медико-технического профиля по направлению 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии». Требования к подготовке таких специалистов являются довольно обширными и высокими по причине интеграции сразу двух научных сфер. Поэтому только на основе совместной деятельности медицинских и технических экспертов возможна эксплуатация и техническое обслуживание сложных медицинских изделий. Как следствие, будет обеспечена клиническая эффективность и безопасность применения высокотехнологичного оборудования в научных и клинических целях [2].

Лабораторная работа, использующая возможности самостоятельного расчета различных дозиметрических и калибровочных величин в зависимости от известных характеристик источника для данного дозиметра, и подтверждения данных расчетов методом эксперимента на источниках, позволяет студенту получить практические навыки работы с оборудованием, активно используемым в клинической практике, на основе фундаментальных теоретических знаний, полученных в результате предыдущих курсов. В результате проведения данных работ студент способен самостоятельно принимать решения, также активно развивается навык творческого использования умений. Последовательный анализ результатов эксперимента, и проекция данных на расчетные значения, позволяют закрепить основной навык работы с дозиметрическим оборудованием. Таким образом, обеспечивается высокий уровень освоения компонентов обучения.

Список литературы

1. Fluke Biomedical. Operator Manual. – URL: http://assets.fluke.com/manuals/35040__omeng0000.pdf (дата обращения: 01.02.2020).
2. Morone G., Paolucci S., Cherubini A., De Angelis D., Coiro P., Marco Iosa. Robot-assisted gait training for and perspectives of robotics // *Neuropsychiatr Dis Treat.* – 2017. – № 13. – P. 1303–1311.
3. Task Group 21, Radiation Therapy Committee, AAPM. Protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams.
4. Гузанов, Б. Н. Проектное обучение при транспрофессиональной подготовке в техническом вузе / Б. Н. Гузанов, А. А. Баранова, Т. Л. Ловцевич // *Инженерное образование.* – 2019. – № 3. – С. 44–52.
5. Приказ Минобрнауки России от 21.11.2014 N 1497 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 12.04.04 Биотехнические системы и технологии (уровень магистратуры)».
6. Хацринова, О. Ю. Лабораторные работы в инженерном вузе как средство развития мотивации познавательной деятельности студентов / О. Ю. Хацринова // *Вестник Казанского технологического университета.* – 2013. – С. 259–262.