

13. Корневский Н.А., Разумова К.В. Синтез коллективов гибридных нечетких моделей оценки состояния сложных систем // Научные технологии. 2014. Т. 15. № 12. С. 31-40.
14. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А., Горбатенко С.А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2008. № 2. С. 18-24.
15. Корневский Н.А., Бойцова Е.А., Шуткин А.Н. Оценка и управление состоянием здоровья на основе моделей Г. Раша // Медицинская техника. 2015. № 6. С. 37-40.
16. Корневский Н.А., Хадеев Д.В., Яцун С.М. Прогнозирование возникновения и развития заболеваний кожи, имеющих представительство на биологически активных точках с использованием нечетких решающих правил // Медицинская техника. 2008. № 2. С. 11-15.
17. Филатова О.И. Метод, модели и алгоритм анализа и управления функциональным состоянием человека на основе нечетких гетерогенных правил принятия решений / Дис. канд. техн. наук: 05.11.17 г., защищена 11.11.11 г. Курск, 2011 г.
18. Korenevskiy N.A., Al-Kasasbeh R.T., Ionescous F., Alshamasin M., Alkasasbeh E., Smith A.P. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional // IFMBE Proceedings. 2013. Vol. 40. PP. 213-216.
19. Korenevskiy N.A., Al-Kasasbeh R.T., Ionescous F., Alshamasin M., Alkasasbeh E., Smith A.P. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / Proceedings of the 4th-international conference in the development of biomedical engineering «Mega-Conference on Biomedical Engineering». Ho Chi Minh City, Vietnam, January 8-12, 2012. PP. 354-357.
20. Korenevskiy N.A., Al-Kasasbeh R.T., Ionescous F., Alshamasin M., Alkasasbeh E., Smith A.P. Applicator of fuzzy analysis with the energy condition of bioactive points to the prediction and diagnosis of gastrointestinal tract diseases // International Journal of Biomedical Engineering and Technology (IJBT). 2013. Vol. 11. PP. 136-154.
21. Korenevskiy N.A., Al-Kasasbeh R.T., Ionescous F., Alshamasin M., Alkasasbeh E., Smith A.P. Prediction of gastric ulcers based on the change in electrical resistance of acupuncture points using fuzzy logic decision making // Computer Methods In Biomechanics and Biomedical Engineering. 2013. Vol. 16. PP. 302-313.
22. Korenevskiy N.A., Al-Kasasbeh R.T., Ionescous F., Alshamasin M., Alkasasbeh E., Smith A.P. Prediction and Prenosological Diagnostics of Heart Diseases Based on Energy Characteristics of Acupuncture Points and Fuzzy Logic // Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. 2012. Vol. 15. PP. 1476-8259.
23. Korenevskiy N.A., Al-Kasasbeh R.T., Ionescous F., Alshamasin M., Smith A.P. Fuzzy Logic for Prediction of Occurrence, Aggravation and Pre-Nosologic Diagnostics of Osteochondrosis of a Backbone's Lumba-Region / Proc. CI 2009, IASTED International Conference on Computational Inteliigenc. Honolulu, Hawaii, USA.
24. Korenevskiy N.A., Al-Kasasbeh R.T., Ionescous F., Alshamasin M., Alkasasbeh E., Smith A.P. Prediction and prenosological diagnostics on gastrointestinal tract diseases based on energy characteristic of acupuncture points and fuzzy logic // In: Bioinformat and biomedical technology: Proceedings of the 3rd International Conference «Bioinformatics and Biomedical Technology» (ICBBT 2011). 2011. Sanya, China.

Софья Николаевна Корневская,
магистрант,
кафедра биомедицинской инженерии,
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск,
Елена Сергеевна Шкатова,
аспирант,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
г. Воронеж,
Михаил Александрович Магеровский,
тренер,
Центральный спортивный клуб армии,
г. Москва,
Александр Николаевич Шуткин,
канд. физ.-мат. наук, зам. начальника института
по учебной работе,
Воронежский институт государственной
противопожарной службы МЧС России,
г. Воронеж,
e-mail: knsofia@mail.ru

**А.Г. Гудков, В.Ю. Леушин, С.В. Агасиева, А.Ф. Бобрихин,
Е.Н. Горлачева, В.Н. Лемонджава, А.Н. Апарников**

Устройство для хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред

Аннотация

Сформулированы требования к функциональным характеристикам и возможностям устройств для безопасного хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред, определены состав и структура устройства.

Представлены структурная схема электромеханического модуля, обеспечивающего заданный режим перемешивания тромбоцитосодержащих трансфузионных сред, и структурная схема устройства, описан экспериментальный образец устройства.

Как было показано в работах [1]-[5], медицинскими требованиями установлены достаточно узкие рамки температуры хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред (от +20 до +24 °С), которые отличаются от нормальной комнатной температуры, что обуславливает использование специальных устройств поддержания с высокой точностью заданной температуры замкнутой среды ограниченного объема, в которой хранятся контейнеры с тромбоцитосодержащими трансфузионными средами.

Необходимость обеспечения высокой точности поддержания температуры в камере требует использования высокопрецизионных датчиков температуры и микропроцессорной системы управления для точного и плавного регулирования температуры внутри камеры. Для снижения вероятности порчи тромбоцитосодержащих трансфузионных сред из-за отказа

термостатирующего устройства или устройства помешивания следует использовать систему звукового и светового оповещения о возникновении неисправности с тем, чтобы обслуживающий персонал принял меры по обеспечению необходимых условий хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред иным способом и произвел срочный ремонт устройства.

Для повышения надежности работы устройства и снижения вероятности внезапного выхода его из строя следует использовать систему регистрации всех параметров его работы и таким образом вести регистрацию процесса хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред. Анализ протокола параметров работы устройства позволит выявить как повторяющиеся нестабильные неисправности, так и несоответствие показаний температуры системы управления действительным значениям. Для печати протокола процесса хранения необхо-

димом обеспечить связь системы термостатирования либо непосредственно с печатающим устройством, либо с персональным компьютером, к которому оно подключено. Для осуществления дополнительной возможности долговременного хранения протоколов в электронном виде целесообразно подключить устройство для хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред к персональному компьютеру.

Таким образом, в состав устройства должны входить следующие системы, узлы и блоки: теплоизолированная термостатируемая камера для хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред; устройство термостатирования внутреннего пространства камеры хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред; система управления устройством термостатирования; система звукового и светового оповещения о возникновении неисправности; система регистрации (протоколирования) параметров работы устройства и процесса хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред; устройство перемешивания тромбоцитосодержащих трансфузионных сред; блок электропитания.

Проведенный анализ позволяет сделать следующий вывод: при создании устройств для безопасного хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред с применением систем термостабилизации в качестве устройств для преобразования электрической энергии в тепловую наиболее эффективным является применение термоэлектрических модулей охлаждения.

Необходимость обеспечения непрерывности перемешивания среды, помещенной в специальные полимерные контейнеры, являющаяся основным условием сохранности клеток тромбоцитов, предъявляет особые требования к конструкции устройства хранения. Одной из функций системы управления устройством должна быть незамедлительная сигнализация о прекращении процесса перемешивания с тем, чтобы обслуживающий персонал принял меры по недопущению порчи тромбоцитосодержащих трансфузионных сред. Причинами, по которым электромеханический модуль может прекратить работу, являются: прекращение подачи электропитания; отказ в работе из-за выхода из строя механической системы электромеханического модуля; отказ в работе электропривода электромеханического модуля.

Из этого следует, что система индикации и сигнализации должна иметь автономное питание и срабатывать при остановке исполнительного механизма электромеханического модуля независимо от причины, вызвавшей остановку. Это позволит избежать порчи тромбоцитосодержащих трансфузионных сред, так как контейнеры могут быть перемещены в ис-

правное устройство (в случае поломки) либо сам электромеханический модуль будет подключен к источнику автономного питания, например к аккумуляторной батарее (в случае отключения электрической энергии).

На неподвижном основании установлен источник электропитания, на который поступает сетевое напряжение. Источник электропитания соединен с электродвигателем постоянного тока, вращение которого через редуктор передается на эксцентриковый узел, преобразующий вращательное движение в возвратно-поступательное движение подвижной платформы с частотой 60 движений в минуту. При этом амплитуда возвратно-поступательного движения подвижной части определяется величиной эксцентриситета и составляет (20 ± 2) мм. На неподвижном основании устройства установлен датчик движения, связанный с подвижной платформой аппарата оптической связью. Для предотвращения порчи концентрата тромбоцитов вследствие несанкционированной остановки работы аппарата в неподвижном основании размещена подсистема аварийной индикации и сигнализации. Питание на систему подается с автономного источника питания. Сигнал с датчика движения поступает на электронный блок обработки, который определяет состояние механической системы аппарата. Если подвижная платформа находится в движении, то блок обработки сигнала не выдает выходного сигнала. При прекращении движения блок немедленно выдает сигнал на устройства световой и звуковой индикации, что привлекает внимание обслуживающего аппарата оператора. В целях обеспечения возможности продолжения работы аппарата при отключении электроэнергии на источнике питания предусмотрен аварийный разъем, который может подключаться к достаточно мощному автономному источнику питания электродвигателя, в качестве которого может использоваться автомобильный аккумулятор. На корпусе неподвижного основания устройства предусмотрена световая индикация как сетевой электроэнергии, так и работы автономного источника питания. На *рис. 1* показана структурная схема электромеханического модуля, состоящего из неподвижного основания и подвижной платформы.

Структурная схема устройства для безопасного хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред представлена на *рис. 2*.

Такое построение устройства для хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред обеспечивает надежное хранение тромбоцитов при сохранении их жизнеспособности и гемостатической активности в условиях экстремальных и чрезвычайных ситуаций вне зависимости от наличия напряжения электрической сети.

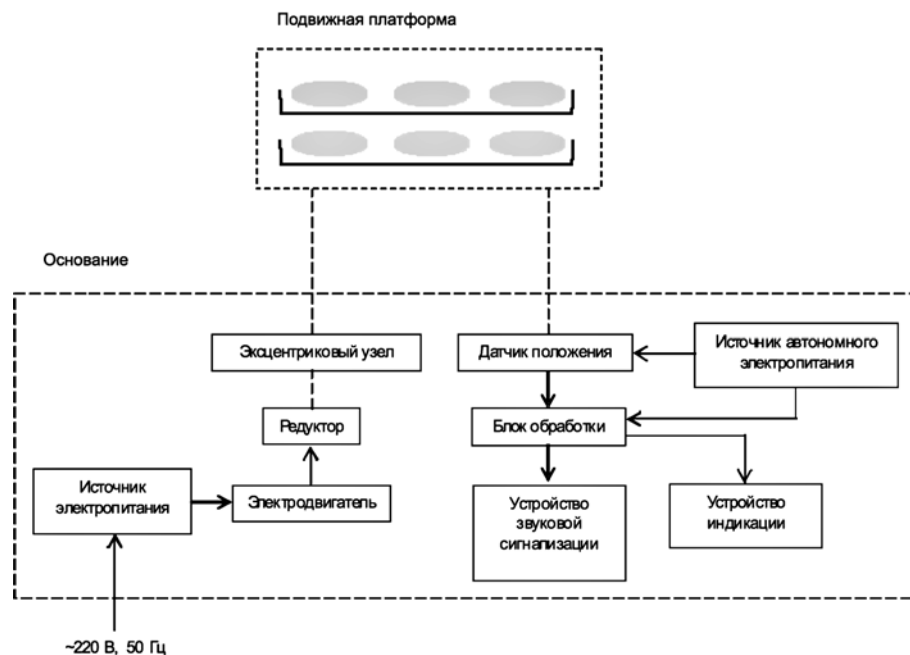


Рис. 1. Структурная схема электромеханического модуля, обеспечивающего заданный режим перемешивания тромбоцитосодержащих трансфузионных сред

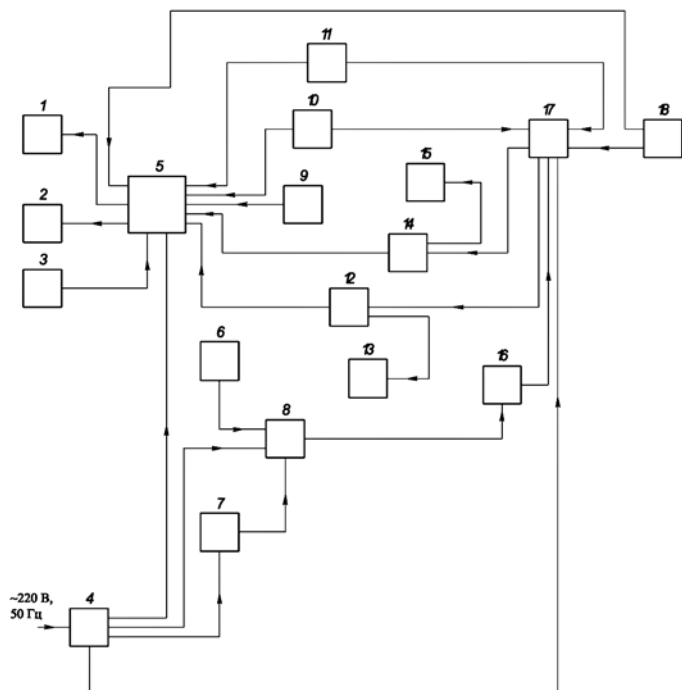


Рис. 2. Структурная схема устройства для безопасного хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред с применением системы термостабилизации на основе полупроводниковых термоэлектрических элементов: 1 – узел сопряжения с персональным компьютером; 2 – система световой и звуковой сигнализации; 3 – первый автономный источник питания – замок; 4 – источник электропитания; 5 – модуль аварийной сигнализации отклонений от заданных параметров с датчиком движения; 6 – второй автономный источник питания большей мощности; 7 – источник вторичного электропитания; 8 – блок коммутации; 9 – датчик открытия двери; 10 – первый датчик температуры внутреннего объема; 11 – второй датчик температуры внутреннего объема; 12 – датчик тока термоэлектрической батареи; 13 – термобатарея с использованием полупроводниковых термоэлектрических элементов; 14 – датчик тока вентилятора; 15 – система принудительной циркуляции воздуха; 16 – электромеханический модуль, обеспечивающий заданный режим перемешивания тромбоцитосодержащих трансфузионных сред; 17 – модуль микропроцессорного управления и регистрации режимов безопасного хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред со стандартным сетевым интерфейсом; 18 – датчик внешней температуры

Использование в качестве сетевого интерфейса протокола Ethernet позволяет подключать к персональному компьютеру неограниченное число устройств удаленно, вести управление этими устройствами через персональный компьютер, осуществлять протоколирование параметров процесса хранения, использовать внешнюю систему сигнализации и оповещения.

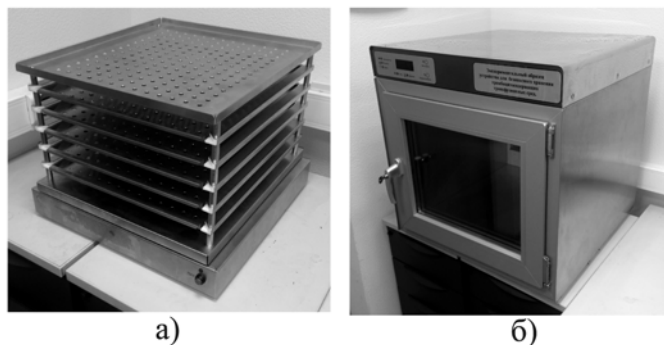


Рис. 3. Экспериментальный образец устройства для безопасного хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред: а) электромеханический модуль; б) теплоизолированная камера с электронным устройством термостатирования и контроля параметров режима хранения ТК

На рис. 3 показан созданный в рамках проведения в МГТУ им. Н.Э. Баумана научно-исследовательской работы экспериментальный образец устройства для безопасного хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред, который обеспечивает требования ВОЗ к режимам хранения ТК, а также дистанционный контроль и протоколирование режимов хранения ТК с помощью персонального компьютера.

Предложен новый подход к построению устройства для тепловой обработки и хранения компонентов и препаратов крови, обеспечивающего безопасность тромбоцитного концентрата в учреждениях службы крови.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (соглашение № 14.577.21.0138, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714XO138).

Список литературы:

1. Гудков А.Г., Попов В.В., Леушин В.Ю., Бобрин А.Ф., Лемонджав В.Н. Комплексный подход при создании электронных устройств для тепловой обработки и хранения компонентов и препаратов крови // Биомедицинская радиоэлектроника. 2014. № 8. С. 54-60.
2. Бобрин А.Ф., Гудков А.Г., Леушин В.Ю., Лемонджав В.Н., Петров В.И., Щукин С.И. Оборудование для тепловой обработки и хранения компонентов и препаратов крови // Медицинская техника. 2015. № 2. С. 40-43.
3. Gudkov A.G., Leushin V. Yu., Bobrikhin A.F., Lemondzhava V.N., Borozinets A.S. Intelligent storage device for transfusion media containing platelets / Proceedings of the 11th German-Russian Conference on Biomedical Engineering, June 17th-19th, 2015, Aachen. PP. 75-77.
4. Четкин А.В., Данильченко В.В., Григорьян М.Ш., Макеев А.Б., Гудков А.Г., Щукин С.И. Обеспечение безопасности использования тромбоцитного концентрата в учреждениях службы крови // Медицинская техника. 2016. № 2. С. 1-3.
5. Гудков А.Г., Бобрин А.Ф., Зеленов М.С., Леушин В.Ю., Лемонджав В.Н., Маржановский И.Н., Чернышев А.В. Моделирование процессов хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред в полимерных контейнерах // Медицинская техника. 2016. № 3. С. 53-55.

*Александр Григорьевич Гудков,
д-р техн. наук, профессор,
кафедра РЛБ «Технологии приборостроения»,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Виталий Юрьевич Леушин,
канд. техн. наук, зам. генерального директора,
ООО «НПИ ФИРМА «ГИПЕРИОН»,
Светлана Викторовна Агасиева,
канд. техн. наук, доцент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Александр Федорович Бобрин,
начальник отдела,
Евгения Николаевна Горлачева,
канд. эконом. наук, доцент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Вахтанг Нодарович Лемонджав,
начальник отдела,
ООО «НПИ ФИРМА «ГИПЕРИОН»,
Александр Николаевич Апарников,
магистрант,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва,
e-mail: ooo.giperion@gmail.com*