

Н.А. Базаев, В.М. Гринвальд

ПРОГРАММНЫЙ ОБУЧАЮЩИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАБОТЫ С ГЕМОДИАЛИЗНЫМ АППАРАТОМ «РЕНАРТ-200»**Аннотация**

Представленная статья посвящена разработке программного модуля, который позволит медицинскому персоналу получить первичную квалификацию для работы с гемодиализными аппаратами «Ренарт-200». Кроме того, рассмотрены особенности биотехнической системы гемодиализа и представлены основные факторы, влияющие на качество диализного очищения крови.

При диализном очищении крови организм пациента вместе с техническими средствами (гемодиализным аппаратом, массообменным устройством – диализатором, кровопроводящими магистралями) и оператором составляют биотехническую систему (БТС) диализного очищения крови [1]-[3] (см. *рис. 1*).

Гемодиализный аппарат представляет собой сложную техническую систему, схема которой представлена на *рис. 2*. Гемодиализный аппарат обеспечивает приготовление и перемещение диализирующего раствора, а также транспортирование крови в соответствии с алгоритмом и параметрами, заданными оператором.

Перфузионным насосом гемодиализного аппарата кровь перемещается по магистралям и с заданным расходом подается в массообменное устройство – диализатор, в котором происходит непосредственное очищение крови.

Диализатор представляет собой полый цилиндр, внутри которого расположены полые волокна [3]. Через волокна прокачивается кровь, а снаружи они омываются диализирующим раствором. Стенки волокон представляют собой полупроницаемые

мембраны, через поры которых осуществляется диффузный и/или конвективный массоперенос низко- и среднемолекулярных веществ из крови в диализирующий раствор.

После прохождения через диализатор очищенная кровь попадает в ловушку воздуха, в которой она освобождается от пузырьков воздуха, а затем возвращается пациенту.

Диализирующий раствор готовится жидкостным модулем (блоком диализата) ГДА из воды, прошедшей специальную систему очистки, и концентрата диализирующего раствора. К другим функциям этого модуля относятся приготовление замещающего раствора, регулирование расхода, температуры и состава диализирующего раствора, а также его перемещение через диализатор. Помимо жидкостного модуля в состав ГДА входит модуль крови (см. *рис. 2*), ответственный за регулирование потока крови по магистралям аппарата.

Как видно из *рис. 1* и *2*, БТС диализного очищения крови (ДОК) представляет собой очень сложную систему. Ключевой составляющей БТС ДОК является оператор, которому требуется анализировать огромное количество информации:

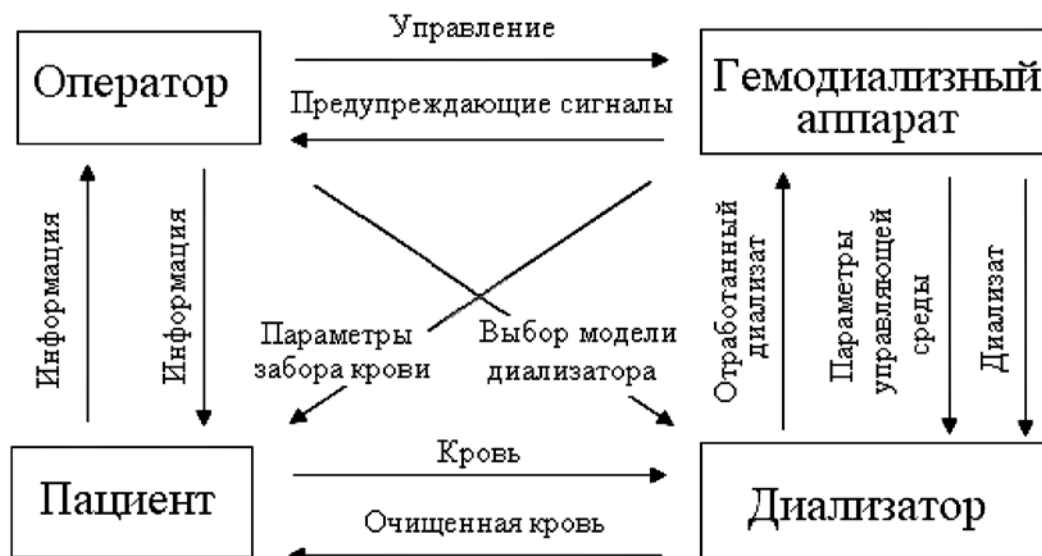


Рис. 1. Схема воздействий в БТС диализного очищения крови

- от пациента, помимо физиологических параметров (концентрации метаболитов в крови, вес, возраст, хронические заболевания и другие особенности), оператор получает информацию о его самочувствии и возможном дискомфорте, связанном с функционированием БТС ДОК;
- от гемодиализного аппарата – об отклонениях в параметрах диализа (артериальное, венозное или трансмембранное давление, скорость ультрафильтрации и пр.),

а также принимать решения о выборе модели диализатора и необходимости оказывать управляющее воздействие на гемодиализный аппарат, задавая параметры работы его перфузионной и диализной систем. Таким образом, на первый план выходят квалификация и опыт оператора.

Данная статья посвящена вопросам получения оператором первичной квалификации для работы с гемодиализным аппаратом, а также разработке программного обучающего модуля для работы с гемодиализным аппаратом «Ренарт-200».

Рис. 3 иллюстрирует основные режимы работы гемодиализного аппарата. Каждый из них обладает своими особенностями. В связи с этим разработка программного обучающего модуля, позволяющего обучить оператора работе аппарата в каждом из представленных этапов, является актуальной задачей.

Обучение производится в три этапа: на первом этапе – первичное знакомство с панелью управле-

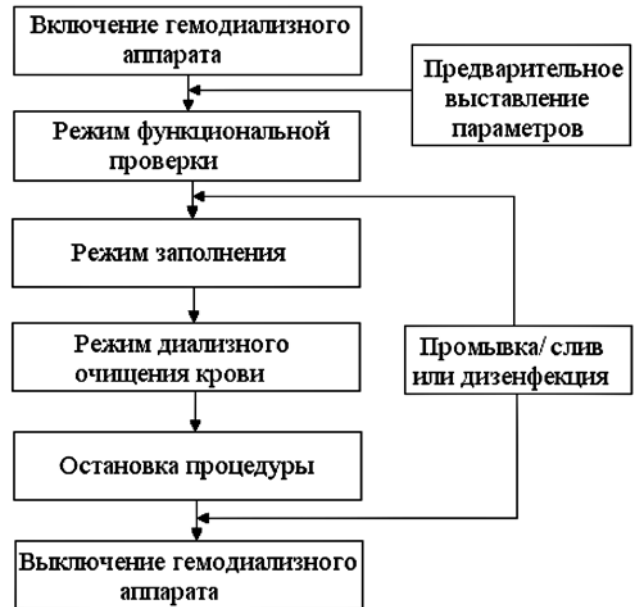


Рис. 3. Этапы работы с гемодиализным аппаратом. Включение гемодиализного аппарата, на втором – знакомство с последовательностью его включения, работы и выключения, а на третьем – тестирование знаний оператора, при котором программа симулирует работу гемодиализного аппарата.

Программный продукт представляет собой графический интерфейс пользователя, реализованный

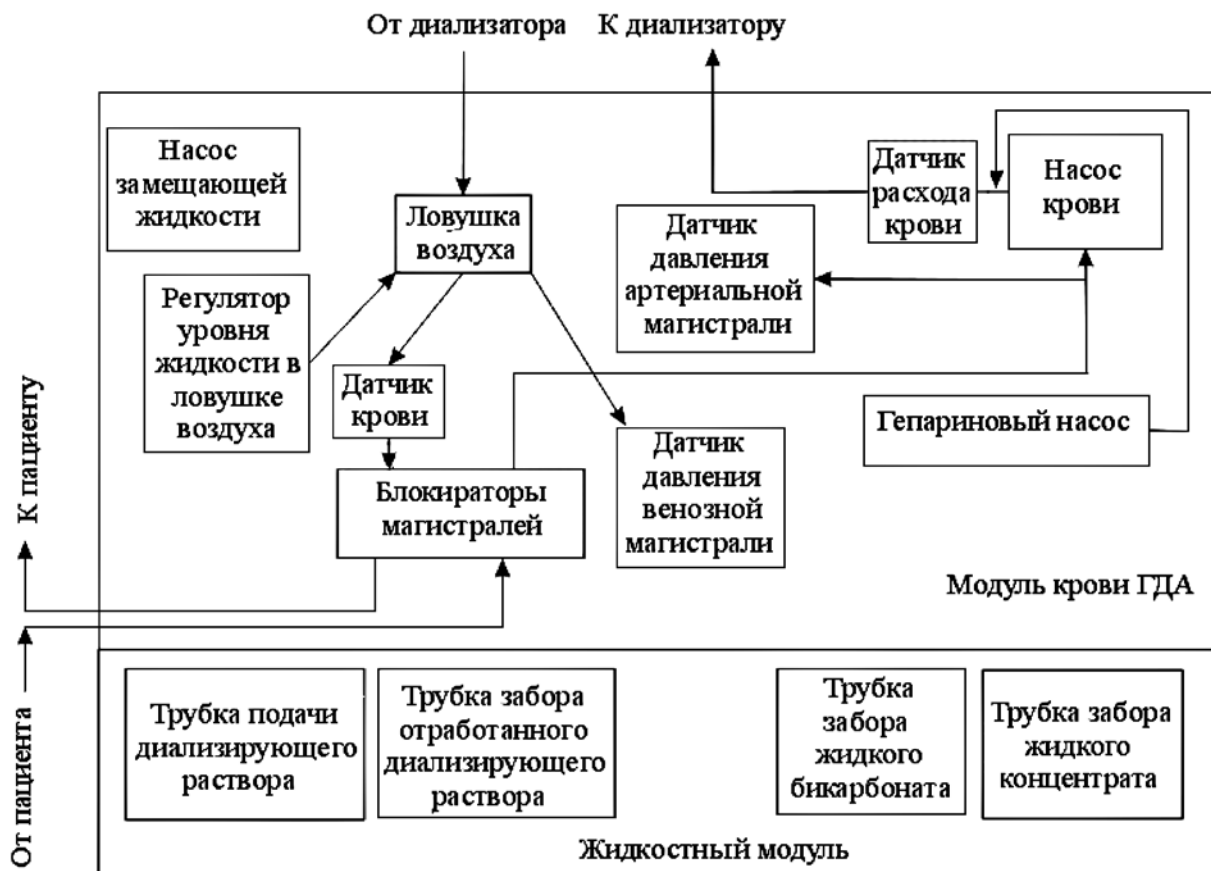


Рис. 2. Схема гемодиализного аппарата

в пакете Matlab и отражающий лицевую панель гемодиализного аппарата «Ренарт-200» (см. рис. 4). На первом этапе, при нажатии на кнопки, в информационном окне программы появляется описание ее функций и ситуации, когда возникает необходимость в ее использовании.

На втором этапе часть кнопок на панели управления являются неактивными, а по мере работы с аппаратом (по мере надобности) они активизируются. Целью второго этапа программы является обучение оператора последовательности правильного включения и выключения аппарата, а также работе с ним во время диализного очищения крови. В результате, при правильной последовательности действий, одни кнопки интерфейса становятся активными, а другие – пассивными (см. рис. 4). По мере работы с программным модулем соответственно режимам меняется и диаграмма потоков. Под панелью располагаются кнопки, отражающие действия, которые должен своевременно выполнять оператор, – это подключение или отключение штуцеров трубок, подающих и забирающих диализирующий раствор, установка магистрали, установка заборных трубок концентратов диализирующего раствора в канистры и в аппарат, подключение пациента к гемодиализному аппарату и его отключение от аппарата.

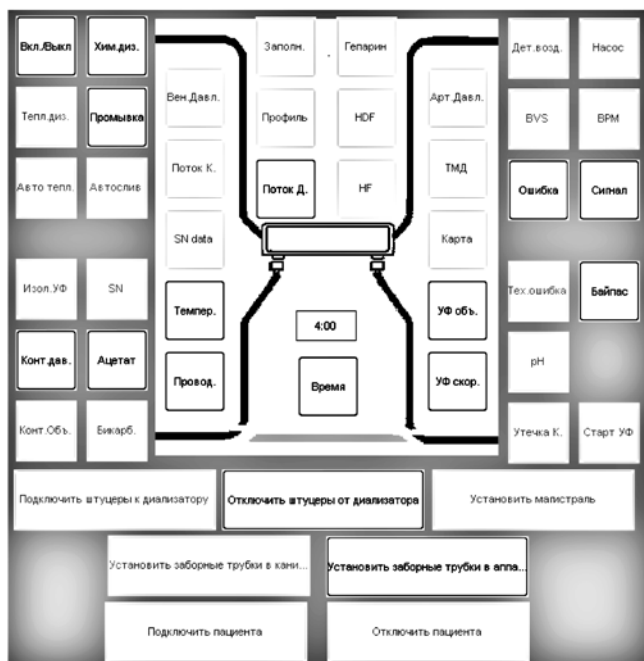


Рис. 4. Интерфейс программы обучения работе с гемодиализным аппаратом «Ренарт-200»

На третьем этапе работы программного модуля представлен тот же самый интерфейс, только с возможностью нажимать на все кнопки в любое время. Таким образом, в этой программе можно проверить, насколько хорошо была усвоена последовательность включения и выключения гемодиализного аппарата. При этом в информационном окне отражаются совершенные ошибки, проблемы, к которым может привести неправильная последовательность действий во время процедуры, и рекомендации по корректировке работы.

Таким образом, разработан программный обучающий модуль для работы с гемодиализным аппаратом «Ренарт-200», реализующий первичную подготовку оператора в три этапа: информирование о функциях кнопок на панели управления, обучение последовательности работы с гемодиализным аппаратом и тестирование полученных знаний на симуляторе работы гемодиализного аппарата.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственный контракт № 02.522.12.2006).

Список литературы:

1. *Викторов В.А., Хайтлин А.И., Гринвальд В.М.* Закономерности управления и диагностики в биотехнических системах искусственного очищения // Медицинская техника. 1994. № 6. С. 3-7.
2. *Функциональная роль аппаратуры для гемодиализа в биотехнической системе искусственного очищения // Медицинская техника. 1999. № 2. С. 9-14.*
3. *Хайтлин А.И.* Обобщенная модель биотехнической системы // Медицинская техника. 1993. № 5. С. 23-26.

*Николай Александрович Базаев,
инженер,*

*Виктор Матвеевич Гринвальд,
канд. техн. наук,*

*ведущий научный сотрудник,
кафедра биомедицинских систем,*

*Московский государственный институт
электронной техники*

(технический университет),

г. Зеленоград,

e-mail: bazaev-na@yandex.ru

* * * * *