

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-3-62-69>

Цифровой маммографический аппарат для передвижного маммографического комплекса

А. Г. Ларин*, А. Р. Дабагов

АО «МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛТД» (АО «МТЛ»)

Digital Mammography Device for Mobile Mammography Complex

A. G. Larin*, A. R. Dabagov

MEDICAL TECHNOLOGIES Ltd

Реферат

Представлены результаты проведенной разработки маммографического аппарата с цифровым плоскопанельным детектором, предназначенным для установки в передвижной медицинский рентгеновский кабинет.

Маммографический аппарат с цифровым плоскопанельным детектором предназначен для проведения скрининговых и других специализированных маммографических обследований, обеспечивает возможность выполнения полноформатной растровой (с использованием отсеивающего растра) маммографии, рентгенографии подмышечных впадин.

Ключевые слова: маммография, маммограф, цифровой детектор, передвижной медицинский рентгеновский кабинет.

Abstract

The results of the development of a mammographic unit with a digital flat-panel detector designed for for installation in a mobile medical X-ray room are presented.

The mammographic unit with a digital flat-panel detector is designed for screening and other specialized mammographic examinations, provides the ability to perform full-format raster (using a screening raster) mammography, X-ray of the armpits.

Key words: Mammography, Mammographic Unit, Digital Flat-Panel Detector, Mobile Medical X-ray Room.

Актуальность

На данный момент рак молочной железы [1–3], и его своевременное выявление является важнейшим условием для

* Ларин Александр Геннадьевич, менеджер проекта разработки АО «МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛТД».

Адрес: 140030, Московская область, Люберецкий район, пос. Малаховка, Овражки, ул. Лесопитомник, д. 10/1 (технопарк «Лидер»).

Тел.: +7 (909) 625-55-97. Электронная почта: lion28911@mail.ru

Larin Alexandr Gennadievich, Development Project Manager, MEDICAL TECHNOLOGIES Ltd.
Address: 10/1, ul. Lesopitomnik, Moscow region, Lyuberetsky district, village Malakhovka, Ovrzhki, 140030, Russia.
Phone number: +7 (909) 625-55-97. E-mail: lion28911@mail.ru

успешного лечения и более быстрого восстановления пациента. Необходимость проходить обследование зачастую сопряжено с проблемой существенной удаленности лечебных учреждений от места жительства пациента и/или невозможности посещения лечебного учреждения в связи с физическим состоянием пациента [4, 5].

Для решения данных задач в России и за рубежом применяются передвижные маммографические рентгеновские кабинеты, базирующиеся на шасси грузовиков или автобусов. Особенностью процесса эксплуатации данных комплексов являются сильные перепады температур, влажность, тряска и вибрации, проблемы с качеством электропитания. Данные особенности эксплуатаций затрудняют или делают невозможным применение стандартных цифровых маммографов, штатно поставляемых в лечебные учреждения.

Цель: изучить достоинства разработанного маммографического аппарата «Маммо-4МТ» (АО «МТЛ», Россия) с цифровым детектором «СОЛО ДМ-МТ» (АО «МТЛ», Россия) для эксплуатации в условиях передвижного маммографического рентгеновского кабинета.

Материалы и методы

Маммограф «Маммо-4МТ» (АО «МТЛ», Россия) с цифровым детектором «СОЛО ДМ-МТ» (АО «МТЛ», Россия) (далее — маммограф) был специально разработан АО «МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ Лтд» для применения в условиях низких температур, повышенной тряски и вибраций, плохого качества электропитания. За основу был взят опыт применения маммографов, устанавливаемых на шасси грузовиков и автобусов в России и за рубежом.

Состав маммографа, а также функциональные связи представлены на рис. 1.

Стойка-штатив

Для обеспечения длительной и безотказной работы производится комплексная доработка штатной стойки-штатива маммографа «Маммо-4МТ» (АО «МТЛ», Россия). Комплексная доработка заключается в дополнительной фиксации массивных компонентов, расположенных на платах, фиксации кабелей и разъемов, расположенных внутри стойки-штатива, контроле и фиксации болтовых соединений. Устанавливаются узлы для работы с цифровым плоскостным детектором и контроля температуры.

Для уменьшения риска поломки штатива (выхода из строя механики штатива, рентгеновской трубки и коллиматора) стойка-штатив дополняется опорой съемочного штатива. Данная опора служит для фиксации штатива в транспортном положении на время движения и при длительных стоянках. От лаборанта требуется только опустить штатив в опору, после чего маммограф готов к транспортировке. Опора проста в использовании и не требует обслуживания.

Для снижения риска повреждения стойки-штатива от ударов и вибрации стойка-штатив крепится к стенам и полу транспортного средства через специально подобранные виброопоры. Вышеприведенные мероприятия позволяют исключить риск поломки стойки-штатива при транспортировании.

Переносной детектор

В качестве приемника рентгеновского изображения применяется переносной

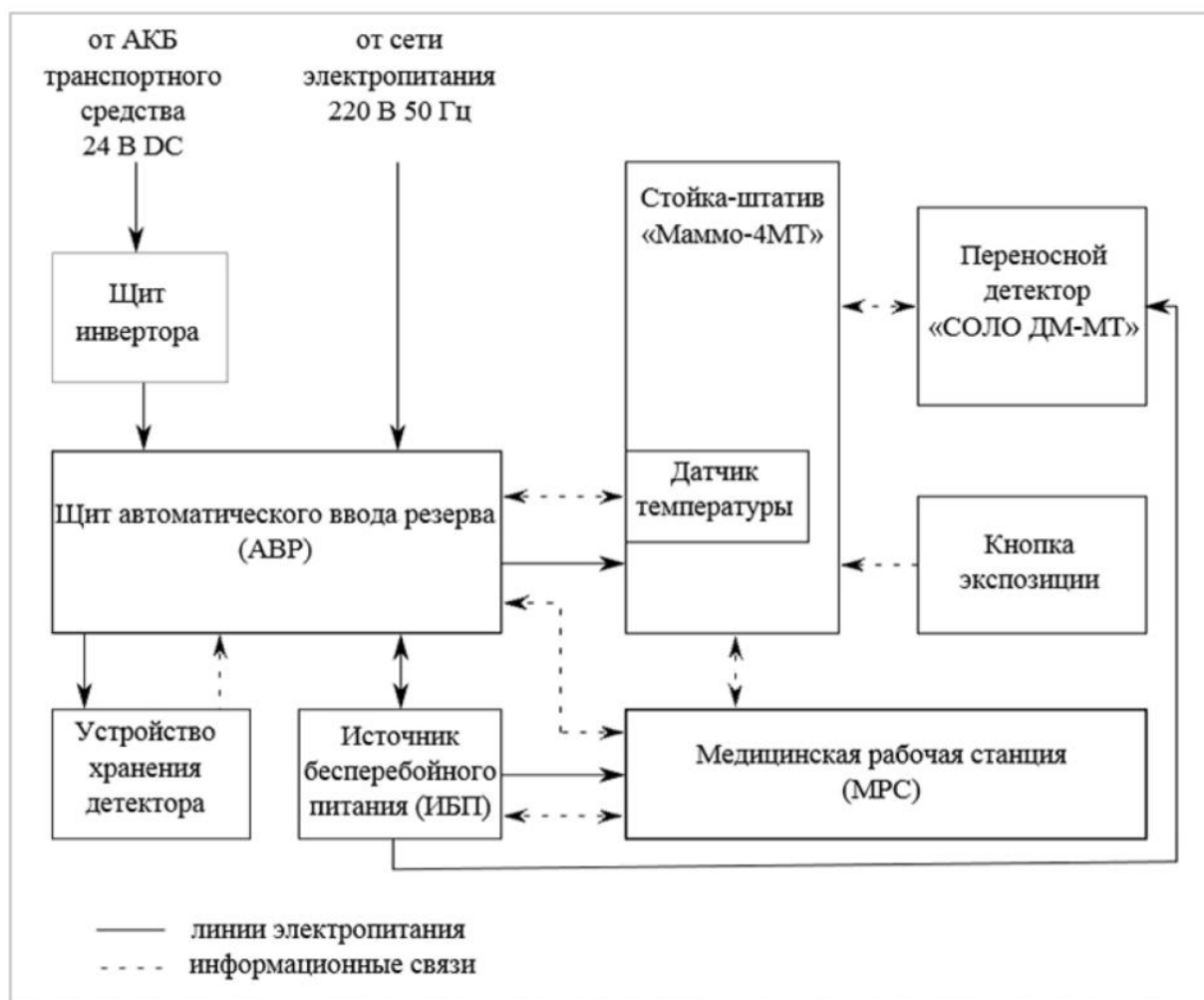


Рис. 1. Функциональная схема маммографа «Маммо-4МТ»

детектор «СОЛО ДМ-МТ» (АО «МТЛ», Россия) (рис. 2).

Характеристики детектора:

- размер пикселя — 49,5 × 49,5 мкм;
- размер матрицы — 4608 × 5888 (27 М пикселей);
- размер кассетоприемника — 24 × 30;
- пространственная разрешающая способность визуальная, не менее 7 пар линий/мм;
- контрастная чувствительность при дозе в плоскости детектора 0,1 мГр, не более 0,5 %;
- глубина дискретизации — не менее 14 бит;

- диапазон рабочих температур — +10 ... +35 °С;
- масса — 4 кг.



Рис. 2. Внешний вид переносного детектора «СОЛО ДМ-МТ»

Особенностью данного детектора является возможность его легкого отсоединения от линий связи и питания с дальнейшим изъятием из кассетоприемника, что позволяет хранить его отдельно от маммографа в отапливаемом помещении, что снижает риски его повреждения вследствие понижения температуры ниже заданного предела (рис. 3).

Хранение и переноска детектора в отапливаемое помещение производится при помощи кейса. Это позволяет снизить риски повреждения детектора вследствие ударов и тряски. Дополнительно кейс оборудован аккумуляторами тепла, что позволяет переносить детектор в отапливаемое помещение при температуре окружающей среды $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, продолжительностью нахождения при данной температуре не более 20 мин. На время передвижения транспортного средства кейс с детектором помещается в устройство хранения (рис. 4).

Устройство хранения

Для обеспечения сохранности детектора при передвижении транспортного сред-



Рис. 3. Детектор «СОЛО ДМ-МТ», установленный в штатный кассетоприемник 24×30



Рис. 4. Внешний вид кейса для хранения детектора

ства, остановках, кратковременных перерывах в работе маммограф комплектуется устройством хранения (рис. 5).

Данное устройство представляет собой виброзащищенный термоконтейнер с функцией подогрева и контроля температуры. Питание устройства производится от сети 12 В постоянного тока, мощность устройства 60 Вт.

Устройство позволяет поддерживать внутреннюю температуру кейса с детектором не менее $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ при внешней температуре окружающей среды до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение не менее 48 ч (при наличии напряжения сети питания). При отсутствии питания (в экстренных случаях) устройство позволяет поддерживать внутреннюю температуру кейса с детектором не менее $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ при внешней температуре окружающей среды $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 20 ч. Устройство имеет функцию самодиагностики, контроля температуры и выдачу внешнего сигнала готовности.



Рис. 5. Устройство хранения с установленным внутри кейсом

Электропитание

Сердцем маммографического комплекса является щит автоматического ввода резерва (АВР).

Щит осуществляет следующие функции:

- 1) автоматическое переключение на питание от сети ИБП при отсутствии электропитания основной сети;
- 2) автоматическая блокировка проведения экспозиции при питании от сети ИБП;
- 3) контроль уровня напряжения;
- 4) контроль температуры маммографа;
- 5) автоматический запрет подачи питания на маммограф и запрет включения ИБП при температуре маммографа ниже + 10 °С;
- 6) автоматический выбор сети питания устройства хранения (от аккумуляторной батареи транспортного средства, от основной сети электро-

питания, от резервной сети электропитания);

- 7) передача информации о температуре маммографа, состоянии ИБП, наличии/отсутствия основной сети на медицинскую рабочую станцию;
- 8) индикация: состояние основной и резервной сетей, готовности устройства хранения, готовности маммографа к включению.

Для возможности сохранения обследования, завершения работы АРМ и установки маммографа в транспортное положение автоматика щита автоматически переведет питание маммографа на сеть ИБП при пропадании напряжения питания основной сети. Маммограф оборудован ИБП мощностью 1 кВт. Мощности ИБП достаточно для вращения, поднятия и опускания штатива, снятия компрессий и питания устройства хранения в течение 10–20 мин, при этом для предотвращения повреждения ИБП проведение экспозиции блокируется и становится доступным только после возврата питания от основной сети. В процессе питания маммографа от ИБП лаборант получает сообщения с рекомендациями и информацией о заряде ИБП в СПО «ИнтеГРИС-МТ».

Функция контроля уровня напряжения позволяет защитить маммограф при повышении напряжения в сети питания свыше допустимого уровня (242 В) и от ошибок в процессе проведения экспозиции при понижении напряжения в сети питания ниже допустимого уровня (198 В). Уровни срабатывания могут быть настроены в зависимости от условий работы. При срабатывании данной функции питание маммографа переключается на питание от ИБП, с выдачей лаборанту сообщений с реко-

мендациями и информацией о заряде ИБП в СПО «ИнтеГРИС-МТ».

Функция контроля температуры маммографа позволяет защитить маммограф и медицинскую рабочую станцию от поломок вследствие включения при низких температурах окружающей среды. Функция блокирует возможность включения маммографа и ИБП при температуре внутри маммографа ниже +10 °С. Контроль температуры происходит с помощью датчика температуры, расположенного внутри маммографа. Контроль готовности к включению производится с помощью световой индикации на передней панели щита. При этом, если снижение температуры происходит уже после включения маммографа, во время работы, лаборант получает сообщение в СПО «ИнтеГРИС-МТ» с рекомендацией о необходимости прогрева помещения.

Функция автоматического выбора питания позволяет питать устройство хранения в зависимости от наличия той или иной сети. В процессе работы происходит выбор между основной сетью, сетью ИБП и сетью инвертора (от АКБ). При этом приоритетной линией питания является основная сеть, это позволяет уменьшить риск разряда АКБ транспортного средства или АКБ ИБП при постоянном питании от них. В процессе транспортировки, в отсутствие основной сети, выбирается питание от сети инвертора. В экстренных случаях, в отсутствие основной сети и сети инвертора, питание будет производиться от сети ИБП.

Для питания устройства хранения и автоматики щита АВР в процессе транспортировки маммограф комплектуется щитом инвертора.

Щит инвертора преобразует напряжение АКБ транспортного сред-

ства (24 В) в 220 В переменного, мощность инвертора 300 Вт. Щит инвертора включает следующие функции: ручное включение выключение, защита от КЗ, чистая синусоида. Щит инвертора располагается максимально близко к АКБ транспортного средства для уменьшения электрических потерь.

Медицинская рабочая станция (МРС)

Физически МРС представляет собой подготовленный системный блок, сенсорный монитор 24", CD-ROM, EthernetHud, клавиатуру, мышь.

В МРС устанавливается СПО «ИнтеГРИС-МТ», что позволяет получать и обрабатывать снимки, работать с базами данных пациентов, сохранять и передавать информацию в формате DICOM 3.0, получать системные сообщения о работе маммографа, ИБП и щита АВР. Также стоит отметить, что хранение информации осуществляется с помощью SSD (2 Тб), так как он меньше подвержен влиянию тряски и вибрации, что снижает риск потери информации.

Для удобства переноса полученных обследований на автоматизированное рабочее место (АРМ) врача медицинская рабочая станция комплектуется переносным SSD емкостью 2 Тб, подключаемым при помощи разъема USB к системному блоку МРС. Лаборант публикует полученные в ходе поездки обследования, а затем переносит их на АРМ врача.

Заключение

Выпускаемый маммограф с цифровым плоскостельным детектором спроектирован с учетом повышенных вибрационных и ударных нагрузок, а также с учетом климатических особенностей

России и возможных перебоев с электропитанием. Особый уклон был сделан в части безопасности плоскостанельного детектора как самой важной и дорогой части маммографа и защите стойки-штатива от ударов и вибрации. Автоматизация многих процессов позволяет облегчить работу лаборантов и при этом обеспечить безопасную и продуктивную работу. Гибкая система электропитания позволяет доукомплектовать передвижной маммографический комплекс дополнительным мощным ИБП (10 кВт) или генератором переменного тока. На данный момент установленные маммографы с цифровым плоскостанельным детектором в составе транспортного средства проехали более 60 тыс. км по дорогам России.

Список литературы

1. Каприн А. Д., Старинский В. В., Шахзадова А. О. Состояние онкологической помощи населению России в 2019 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2020. 239 с.
2. Мерабшвили В. М. Рак молочной железы: заболеваемость, смертность, выживаемость (популяционное исследование) // Вопросы онкологии. 2011. Т. 57. № 5. С. 609–615.
3. Семенова Ю. В., Кутышенко Н. П., Марцевич С. Ю. Анализ проблемы низкой приверженности пациентов к посещению амбулаторных учреждений и программ кардиореабилитации по данным опубликованных исследований // Рациональная фармакотерапия в кардиологии 2015. № 11 (6). С. 618–625.
4. Delgado Guay M. O., Tanzi S., San Miguel Arregui M. T. Characteristics and outcomes of advanced cancer patients who miss outpatient supportive care consult appointments // Support Care Cancer. 2014 Oct; 22(10):2869-74. DOI: 10.1007/s00520-014-2254-8. Epub. 2014. Apr. 26. PMID: 24771301.
5. Mello J., Bittelbrunn F. P., Rockenbach M. Breast cancer mammographic diagnosis performance in a public health institution: a retrospective cohort study // Insights Imaging. 2017. № 8 (6). P. 581–588. DOI: 10.1007/s13244-017-0573-2.

References

1. Kaprin A. D., Starinskiy V. V., Shakhzadova A. O. The state of oncological care for the population of Russia in 2019. Moscow: Moscow Research Institute P. A. Herzen — a branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Healthcare of Russia, 2020. 239 p. (in Russian).
2. Merabishvili V. M. Breast cancer: morbidity, mortality, survival (a population-based study). Questions of Oncol. 2011. V. 57. No. 5. P. 609–615 (in Russian).
3. Semenova Yu. V., Kutishenko N. P., Martsevich S. Yu. Analysis of the problem of low adherence of patients to outpatient clinics and cardiorehabilitation programs according to the data from published studies. Rational Pharmacotherapy in Cardiol. 2015. No. 11 (6): 618–625 (in Russian).
4. Delgado Guay M. O., Tanzi S., San Miguel Arregui M. T. Characteristics and outcomes of advanced cancer patients who miss outpatient supportive care consult appointments. Support Care Cancer. 2014 Oct; 22(10):2869-74. DOI: 10.1007/s00520-014-2254-8. Epub. 2014. Apr. 26. PMID: 24771301.
5. Mello J., Bittelbrunn F. P., Rockenbach M. Breast cancer mammographic diagnosis

performance in a public health institution:
a retrospective cohort study. Insights

Imag. 2017. No. 8 (6). P. 581–588. DOI:
10.1007/s13244-017-0573-2.

Сведения об авторах

Ларин Александр Геннадьевич, менеджер проекта разработки АО «МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛТД». Адрес: 140030, Московская область, Люберецкий район, пос. Малаховка, Овражки, ул. Лесопитомник, д. 10/1 (технопарк «Лидер»). Тел.: +7 (909) 625-55-97. Электронная почта: lion2891@mail.ru

Larin Alexandr Gennadievich, Development Project Manager, MEDICAL TECHNOLOGIES Ltd. Address: 10/1 (technopark «Leader»), ul. Lesopitomnik, Moscow region, Lyuberetsky district, village Malakhovka, Ovrzhki, 140030, Russia. Phone number: +7 (909) 625-55-97. E-mail: lion2891@mail.ru

Дабатов Анатолий Рудольфович, доктор технических наук, президент АО «МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛТД». Адрес: 105318, г. Москва, ул. Ибрагимова, д. 31. Тел.: +7 (495) 663-95-01. Электронная почта: mtl@mtl.ru ORCID.org/0000-0001-6684-2591

Dabagov Anatoliy Rudol'fovich, Dr. of Engineering, President of MEDICAL TECHNOLOGIES Ltd. Address: 31, ul. Ibragimova, Moscow, 105318, Russia. Phone number: +7 (495) 663-95-01. E-mail: mtl@mtl.ru ORCID.org/0000-0001-6684-2591

Финансирование исследования и конфликт интересов.

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.