

Подходы к управлению медицинским оборудованием: от теории к практике

Н.И. Милиневский, Г.В. Артамонова, Я.В. Данильченко

Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний,
650002, Российская Федерация, Кемерово, Сосновый б-р, 6

Аннотация

Управление оборудованием является неотъемлемой частью цикла оказания медицинской помощи (МП). Отсутствие или плохое функционирование современных, безопасных и эффективных медицинских устройств и оборудования снижают объем и качество оказания медицинских услуг.

Цель: провести исследование существующих подходов к управлению медицинским оборудованием (МО) в практике отечественного и зарубежного здравоохранения. Методологическим инструментом выступил контент-анализ, посредством которого проведен анализ зарубежных и отечественных полнотекстовых источников по базам данных PubMed/MEDLINE, eLIBRARY с 2002 по 2022 гг. Авторами настоящего исследования представлены обобщенные принципы, достоинства и недостатки управления оборудованием, а также опыт разных стран в управлении оборудованием.

Выводы: 1. Проблемы закупок, модернизации и обслуживания оборудования в области здравоохранения также актуальны, как и в других сферах деятельности. 2. На сегодняшний день отсутствует четкое представление руководителей в отношении построения системы управления ресурсами. 3. В отечественной литературе существует дефицит прикладных исследований в области анализа современных подходов к управлению МО.

Ключевые слова:	управление оборудованием, обеспечение ресурсами, эффективность использования оборудования, планирование закупок.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Прозрачность финансовой деятельности:	никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.
Для цитирования:	Милиневский Н.И., Артамонова Г.В., Данильченко Я.В. Подходы к управлению медицинским оборудованием: от теории к практике. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2022;37(3):159–165. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-3-159-165 .

Approaches to medical device management: from theory to practice

Nikolai I. Milinevsky, Galina V. Artamonova, Yana V. Danilchenko

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases,
6, Sosnovy blvd, Kemerovo, 650002, Russian Federation

Abstract

Equipment management is an integral part of the health care delivery cycle. The absence or poor functioning of modern, safe, and effective medical devices and equipment reduces the volume and quality of medical services.

Aim. The purpose of this study was to analyze existing approaches to medical equipment management in the practice of domestic and foreign health care. The content analysis was used as the methodological tool aimed at performing the analysis of foreign and domestic full-text sources in the PubMed/MEDLINE and eLIBRARY databases from 2002 to 2022. The authors of this study presented generalized principles, advantages, and disadvantages of equipment management as well as the experience of different countries in equipment management.

✉ Данильченко Яна Владимировна, e-mail: daniyv@kemcardio.ru.

Conclusions. 1) The problems of procurement, modernization, and maintenance of equipment in health care are as relevant as in other areas of activity. 2) There is currently a lack of a clear view of managers regarding the construction of resource management. 3) There is a lack of applied research in the domestic literature in the analysis of modern approaches to medical equipment management.

Keywords:	equipment management, provision of resources, efficiency of equipment use, procurement planning.
Conflict of interest:	the authors do not declare a conflict of interest.
Financial disclosure:	no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.
For citation:	Milnevsky N.I., Artamonova G.V., Danilchenko Y.V. Approaches to medical device management: From theory to practice. <i>The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2022;37(3):159–165. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-3-159-165 .

Введение

В настоящее время вопросы эффективного управления медицинским оборудованием (МО) тесным образом связаны с проблемой повышения качества медицинских услуг. МО является ключевым материальным ресурсом для учреждений любого уровня [1]. Системный подход в управлении оборудованием – одна из приоритетных стратегических целей в менеджменте здравоохранения в вопросах эффективного оказания медицинской помощи (МП) населению [2].

Отсутствие современных, безопасных, эффективных и хорошо функционирующих медицинских устройств и оборудования ухудшает предоставление медицинских услуг, приводит к нежелательным и летальным исходам для пациентов, а также создает существенные риски для системы здравоохранения и национальной безопасности в целом [3, 4]. Особенно ярко это можно наблюдать в сегодняшних реалиях и пандемии COVID-19, которая бросила беспрецедентный вызов системам здравоохранения всех стран мира, оказала влияние на медицинскую, психологическую и социально-экономическую сферы жизни людей. На сегодняшний день COVID-19 представляет собой, вероятно, самую большую угрозу, с которой столкнулось общество в XXI веке [5, 6]. Поскольку зарегистрированные случаи смерти превысили 2 млн человек во всем мире, страны продолжают проводить политику, обеспечивающую баланс между потребностями здравоохранения и экономическими рисками, однако стратегическая международная координация и сотрудничество остаются бессистемными [7, 8]. В решении любой проблемы важно опираться на лучшие практики. На этом основании тема, обозначенная в заголовке статьи, имеет высокую теоретическую и прикладную ценность.

Цель: провести анализ существующих подходов к управлению МО в отечественном и зарубежном здравоохранении.

Материал и методы

В качестве метода исследования выбран контент-анализ научных текстов. Для этого проведено исследование зарубежных и отечественных полнотекстовых источников по базам данных PubMed/MEDLINE, eLIBRARY с 2002 по 2022 гг. Критерием включения явились статьи, в которых присутствовали ключевые слова: управление ресурсами, обеспечение ресурсами, внутренняя система управления, механизм анализа затрат, эффективность медицинского оборудования, долгостоящее МО, планирование

закупок, износ и старение оборудования, ограниченные ресурсы. Всего зарубежных источников, удовлетворяющих критериям, было 613, в том числе отечественных – 87. В настоящем обзоре использовано 37 источников, в том числе 22 зарубежных и 15 отечественных.

Результаты и обсуждение

Управление оборудованием является необходимым условием качественного оказания МП [9, 10]. Страны с ограниченными технологическими или производственными мощностями для оказания МП в значительной степени зависят от импорта МО [7]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала общие рекомендации по управлению оборудованием, которые включают в себя выбор и покупку, распределение и установку, использование, ремонт, техническое обслуживание (ТО) и утилизацию [9].

К. Diaconu и соавт. провели исследование, в котором отметили, что от 40 до 70% медицинской техники в условиях нехватки ресурсов неисправна, не используется или непригодна для использования по назначению. Неразборчивые методы закупок, несоответствие в разработке технологий и спросе, высокие затраты, а также проблемы с установкой, обслуживанием и обучением персонала – все это способствует усугублению данной проблемы [2]. Странам с низким и средним уровнем дохода особенно не хватает регулирующих органов или потенциала в области биомедицинской инженерии, чтобы понимать, какие медицинские технологии подойдут, например, для использования в суровых климатических условиях. Для развивающихся стран проблема осложняется тем, что проверенные производители ориентированы на потребителей на прибыльных рынках в экономически развитых странах с высоким уровнем платежеспособности к покупке и последующему обслуживанию МО, что оказывается на качестве закупаемой техники и сервисных интервалах ее обслуживания. Услуги по установке, профилактическому и корректирующему ТО и программы обучения пользователей также традиционно отсутствуют в странах с низким и средним доходом, что приводит к небезопасным методам обращения с устройствами с потенциально вредными последствиями для пациентов и персонала – например, неправильной калибровке или нарушению эксплуатационных требований [2].

В отчетах ВОЗ еще в 1986 г. показано, что в большинстве стран не хватает надлежащих средств ремонта и ТО, инфраструктуры, профессионально подготовленного

персонала и логистической поддержки, что приводит к растрате ограниченных ресурсов и/или их неэффективному использованию [9].

В нашей стране в условиях ограниченных ресурсов и нарастающих потребностей, особенно в бюджетной сфере здравоохранения, существует дефицит по всем основным видам ресурсов, включая материально-техническое обеспечение, которое, как правило, характеризуется моральным и физическим устареванием [1, 11]. Ключевой проблемой бюджетного здравоохранения общепринято считать дефицит финансирования, вызванный построенной системой финансирования отрасли, в которой основным источником поступления денежных средств являются аккумулируемые фондом обязательного медицинского страхования взносы работодателей [12, 13]. Средства бюджетной системы Российской Федерации могут выделяться на финансирование отдельных задач и направлений, на национальные проекты, высокотехнологичную МП. Поступающих в бюджетные учреждения здравоохранения средств зачастую хватает лишь на поддержание текущей деятельности, при этом своевременное обновление фондов не представляется возможным [13–15].

По мнению В.П. Косолапова и соавт., в части материально-технического и ресурсного обеспечения наблюдается ряд системных проблем, особенно это касается населенных пунктов, находящихся на удалении от экономических центров регионов страны [13, 16]. В связи с этим выделяют такую проблему отечественной системы здравоохранения, как фактическое отсутствие либо моральное старение МО. Так, например, в крупном республиканском центре (г. Казань), более 48% медицинского оборудования, находящегося на балансе лечебно-профилактических учреждений города, эксплуатируется 6–10 лет и подлежит списанию [17]. Ввиду недостатка финансирования только около половины всей медицинской техники проходит регламентированное ТО. Отсутствие необходимого оборудования снижает удовлетворенность пациентов объемом и качеством МП. Потребность организаций здравоохранения в медицинской технике и материальных ресурсах за последние годы удовлетворяется лишь на 30–40%. В результате этого в стационарных и амбулаторно-поликлинических медицинских организациях эксплуатируется до 80% технически изношенной и морально устаревшей техники, при этом грамотное и рациональное перераспределение уже имеющегося на балансе оборудования позволяет быстрее оказывать диагностическую помощь населению крупного города [18].

Согласно данным аудита эффективности использования МО, проведенного в Воронежской области, уровень изношенности МО в некоторых учреждениях составлял свыше 70% [19], а его поставки проводились со значимыми отклонениями от установленных сроков – порядка 20% закупленного оборудования поступало в организации несвоевременно. Анализ состояния оборудования показал, что кроме причин, повлекших несвоевременный ввод оборудования в эксплуатацию, простой в ходе его использования обусловлены как техническими неисправностями, так и ремонтом помещения, наличием непроверенного оборудования, отсутствием разрешительных документов на право эксплуатации, отсутствием официальной технической документации на русском языке, а также отсутствием квалифицированных кадров и расходных материалов для проведения медицинских манипуляций. Наибольшая доля (около 48%) приходилась на

простои, причина которых – техническая неисправность оборудования. Длительность простоев составляла от недели до полутора лет. Процесс ввода оборудования в эксплуатацию осложнялся поставкой техники, не соответствующей техническому заданию, аварийными ситуациями и последующим длительным ремонтом, а также невостребованностью закупленного оборудования. Выявленные недочеты являются следствием слабой организации работы руководителей медицинских организаций по своевременному плановому вводу и эффективной бесперебойной эксплуатации оборудования [15].

ВОЗ считает, что современный комплексный системный подход в управлении, выявление передовой практики и наиболее распространенных ошибок в закупках медицинской техники и распределении ресурсов может привести к улучшению управления и применения медицинской техники. Все это поможет обеспечить более эффективное использование оборудования в условиях ограниченных финансовых ресурсов и приведет к тому, что медицинские устройства будут работать более продолжительный срок [2].

Руководители современных медицинских организаций на всех уровнях отводят значительную роль анализу произведенных затрат и эффективности использования МО, правильному составлению инструкции эксплуатации, стимулированию к его рациональному использованию, а также принятию решения о закупке нового МО, особенно дорогостоящего [20, 21].

В литературе описаны методы информационного управления оборудованием, по средствам которого проходит ежедневный сбор и аккумуляция информации по аспектам доходности, чистой прибыли, а также коэффициента полезного использования оборудования для создания представления и формы ежемесячной базы данных, для принятия решений на основе данных об автономном оборудовании. Чистая приведенная стоимость оценивается путем сравнения бюджета проекта применения оборудования, ожидаемого использования и оценки затрат, чтобы поддержать или отменить принятие решения о покупке нового МО. Внедрение механизма управления МО должно нивелировать недостаточный технико-экономический анализ потребности в его закупке на этапе подачи заявки. По мнению M. Zhang и соавт. [22], создание и внедрение такого механизма улучшит последствия явлений недостаточного технико-экономического обоснования необходимости приобретения оборудования на этапах формирования и применения бюджета, впоследствии будут предотвращены такие проблемы, как простоявавшее оборудование после покупки, невысокий коэффициент полезного использования, ограниченное развитие функционала и отсутствие целевых пациентов для работы с новым оборудованием, а также будут контролироваться затраты бюджета на МО. Все эти действия позволят повысить качество и эффективность оказания своевременной и высокотехнологичной МП пациентам в стационаре, уровень их удовлетворенности, а также конкурентоспособность учреждения в целом [10, 22, 23].

Исследования M. Giancotti и соавт. [24], а также M. Bahrami и соавт. [25] показали, что механизм оценки эффективности, основанный на построении информации для крупного автономного МО и его поддержки для принятия решения о покупке, имеет большое значение для увеличения срока службы оборудования, получения максимального эффекта и сокращения экономических

потерь [24, 25]. В ряде исследований описаны сравнения условий эксплуатации приобретенного оборудования по пяти измерениям (производительность и функционал оборудования, коэффициент полезного использования, доступность ТО, научная и исследовательская ценность) [26, 27]. Для обеспечения научного управления МО с помощью программы поддержки принятия решения об одобрении новой заявки на его приобретение были разработаны объективные показатели пост-оценки с различных точек зрения, включая сочетание количественных и качественных показателей, показателей социальной и экономической эффективности [28, 29].

ТО является ключевым процессом на протяжении всего жизненного цикла каждого медицинского устройства. Планирование ТО также требует оценки ряда параметров, включая то, как часто оно используется, его предполагаемое целевое использование, а также риск, связанный с применением и частотой вероятных поломок оборудования [30].

Наиболее часто в медицинских организациях встречаются два основных типа ТО: плановое и внеплановое. Плановое обслуживание включает в себя манипуляции, выполняемые в запланированное время для уменьшения износа в результате использования или возникновения функциональных поломок (часто называемого «профилактическим обслуживанием»). Внеплановое ТО – ремонт оборудования (т. е. его восстановление), а также его списание и замена, когда ремонт не возможен из-за затрат или морального износа [31].

ТО требует значительных человеческих и финансовых ресурсов, поэтому оценка эффективности любых программ ТО строго связана с оптимизацией использования имеющихся на сегодняшний день в организации материальных ресурсов [32].

E. Iadanza и соавт. [30] продемонстрировали возможности применения доказательного метода для ТО. Первым шагом этого процесса была классификация заказов на ремонтные работы с использованием набора кодов и анализом записей о плановом и внеплановом ТО МО, что позволило выявить проблемы, связанные с возможными ошибками в организации данного этапа. Вторым шагом стала разработка набора ключевых показателей эффективности ТО МО. Анализ неисправностей выявил, что основная проблема заключалась в необходимости более точного описания выполненных работ по ТО. Кроме того, определялись показатели эффективности технологических, организационных и финансовых аспектов. Технологические проблемы чаще были связаны с планированием. Для достоверной оценки фактической доступности оборудования и времени устранения неполадок данные должны обновляться в режиме реального времени. Таким образом, классификация и анализ позволяют внедрить инновационный инструмент, характеризующий классы оборудования с точки зрения обнаруженных проблем и отказов. По мнению исследователей, реализация этого подхода может привести к существенной оптимизации использования человеческих, технологических и материальных ресурсов в здравоохранении [30].

Создание и внедрение механизма анализа затрат и эффективности МО в учреждениях здравоохранения имеет определяющее значение для научного обоснования системы управления МО. В этом смысле научный анализ: 1) играет положительную роль в достижении экономического, количественного, цифрового управления

МО и в качественном преодолении этапа управления, основанного на субъективном мнении и опыте; 2) может помочь структурным подразделениям составить целостную картину учета затрат, экономических и социальных выгод, преодолеть ориентированное на выгоду мышление или использовать оборудование высокого уровня без учета затрат; 3) снизит уязвимость, потери и эксплуатационные расходы, повысит экономическую стабильность, что, безусловно, необходимо для повышения уровня управления и конкурентоспособности современных медицинских организаций [23].

Очевидно, что для эффективного управления МО требуются не только значительные интеллектуальные, материальные, но и технические резервы в виде компьютерных программ и баз данных, работающие в режиме реального времени. Большинство менеджеров здравоохранения, врачей и медсестер не знакомы с основными современными концепциями управления оборудованием. Ввиду недостаточного финансирования этой области данным вопросам уделяется мало политического и административного внимания. В результате тратятся ресурсы в виде неиспользуемого и непригодного к использованию оборудования. Кроме того, исследований по теме управления оборудованием в больницах крайне мало. Но имеющийся опыт в этой области показывает, что менеджеры и врачи самостоятельно решают проблемы технического обеспечения. Например, в одном из штатов Индии для устранения необходимости в специальных лампах, применяемых в операционных (которые труднодоступны и обладают высокой стоимостью), персонал адаптировал держатель операционной лампы для использования обычной бытовой лампочки мощностью 200 Вт. Аналогичный пример модификации оборудования с помощью простых и доступных средств был отмечен в другой больнице: сотрудники заменили колеса тележек пациентов на более прочные, что решило проблему многократной поломки из-за плохого состояния коридоров для перевозки пациентов между отделениями [33].

В некоторых государственных медицинских центрах Танзании в каждой палате велся систематический учет оборудования. Чтобы сделать систему максимально прозрачной, список оборудования в отделении был выведен на видном месте на стене. Это позволило легко идентифицировать неработающее или отсутствующее оборудование. Такую систему прозрачности в управлении оборудованием следует рассматривать как одну из лучших практик в этой области. Для решения проблемы дорогостоящего водопровода в одной из больниц Африки персонал сконструировал недорогую подставку для емкости с водой для мытья рук в каждой палате. Устройство отличалось не только низкой стоимостью, но и требовало минимального обслуживания и не нуждалось в электричестве [33].

Примеры демонстрируют, как простые локальные модификации могут решить проблемы с обслуживанием оборудования с минимальными затратами [33].

Современные тенденции развития отечественной экономики, связанные с недостаточной инновационной активностью предприятий, продолжают оставаться на лидирующих позициях. Одной из ключевых проблем является тема модернизации производственного процесса. Многие продолжают свою деятельность на старом оборудовании, которое используется ежедневно уже более 20 лет. Такая ситуация крайне негативно влияет как на производитель-

ность труда, так и на прямое отставание российских компаний в самих технологиях производства. Проблема старения и обновления оборудования описывается не только в сфере здравоохранения, но и в тяжелой промышленности. Очень частое использование устаревшего оборудования влечет за собой увеличение производственных травм сотрудников. С повышением уровня износа растут и затраты на эксплуатацию и содержание данного оборудования, то есть на его ТО и текущий ремонт. Поэтому все более актуальной становится задача совершенствования и модернизации работы ремонтной службы организаций различного уровня и типа [34].

Аппараты для компьютерной, магнитно-резонансной и позитронно-эмиссионной томографии, ангиографические комплексы, ультразвуковые аппараты экспертного класса являются важной частью управления активами больницы. Однако поскольку в настоящее время преобладает явление, которое характеризуется «большим вниманием

к закупкам и меньшим вниманием к управлению», низкая полезность и эффективность некоторого оборудования привели к нецелевой растрате ресурсов [35–37].

Таким образом, в медицинских организациях должна развиваться внутренняя система управления, необходимо постоянно улучшать и совершенствовать процесс обеспечения ресурсами, чтобы увеличить коэффициент их полезного использования [21].

На основе анализа доступной литературы можно сделать следующие выводы: 1. Проблемы закупок, модернизации и обслуживания оборудования в области здравоохранения также актуальны, как и в других сферах деятельности. 2. На сегодняшний день отсутствует четкое представление руководителей в отношении построения системы управления ресурсами. 3. В отечественной литературе существует дефицит прикладных исследований в области анализа современных подходов к управлению МО.

Литература

1. Черепанов В.В., Ямпольский Д.А. Проблемы сферы здравоохранения РФ и возможные пути их решения. *Новая наука: Теоретический и практический взгляд*. 2015;6(2):195–196.
2. Diaconu K., Chen Y.F., Cummins C., Jimenez Moyao G., Manaseki-Holland S., Lilford R. Methods for medical device and equipment procurement and prioritization within low- and middle-income countries: Findings of a systematic literature review. *Global. Health.* 2017;13(1):59. DOI: 10.1186/s12992-017-0280-2.
3. Howitt P., Darzi A., Yang G.Z., Ashrafiyan H., Atun R., Barlow J. et al. Technologies for global health. *Lancet.* 2012;380(9840):507–535. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)61127-1.
4. Newbrander W., Waldman R., Shepherd-Banigan M. Rebuilding and strengthening health systems and providing basic health services in fragile states. *Disasters.* 2011;35(4):639–660. DOI: 10.1111/j.1467-7717.2010.01235.x.
5. Попова Н.И., Плотникова П.А., Вьюжанина А.А. Особенности влияния SARS-CoV-2 на сердечно-сосудистую систему. *Молодой учёный.* 2020;46(336):60–62.
6. Карась Д.В., Данильченко Я.В., Бацина Е.А., Попсуйко А.Н., Килижекова Д.В., Артамонова Г.В. Результативность системы менеджмента качества в условиях риска непреодолимой силы (пандемия COVID-19). *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2021;10(3):56–64. DOI: 10.17802/2306-1278-2021-10-3-56-64.
7. Shipley R.J., Brealey D., Haniffa R., Elwell C., Baker T., Lomas D.A et al. Lessons and risks of medical device deployment in a global pandemic. *Lancet Glob. Health.* 2021;9(4):e395–e396. DOI: 10.1016/S2214-109X(21)00028-0.
8. Емельянова Е.К., Горошко Н.В., Пацала С.В. Ковидный нигилизм в условиях борьбы с пандемией COVID-19. *Социальные аспекты здоровья населения* [сетевое издание]. 2022;68(1):1. DOI: 10.21045/2071-5021-2022-68-1-1. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1335/30/lang,ru/>
9. Mallouppas A. WHO programme for support to countries in the field of maintenance and repair of hospital and medical equipment. Back-ground Document. Geneva: WHO; 1986. URL: http://whqlibdoc.who.int/hq/1985-86/SHS_86.5.pdf
10. Михайлова Ю.В., Францева В.О., Данаев А.Б., Михайлов А.Ю. Оценка пациентами качества медицинской помощи в медицинских организациях первичного звена здравоохранения г. Ставрополя. *Социальные аспекты здоровья населения* [сетевое издание]. 2022;68(1):6. DOI: 10.21045/2071-5021-2022-68-1-6. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1340/30/lang,ru/>
11. Миятиева Э.Д., Саадуева М.М. Проблемы финансового обеспечения системы здравоохранения России в условиях рыночных отношений. *Экономика устойчивого развития.* 2019;38(2):67–69.
12. Бузды Г.А., Олейник Г.С. Проблемы функционирования бюджетно-страховой модели финансирования здравоохранения РФ. *Наука вчера, сегодня, завтра.* 2017;44(10):105–110.
13. Репринцева Е.В. Состояние материально-технической базы амбулаторно-поликлинической сети РФ и экономические аспекты ее формирования. *Вестник НГИЭИ.* 2020;4(107):96–105.
14. Ясаева З.А. Проблемы финансирования здравоохранения РФ. *Экономика и бизнес: теория и практика.* 2019;58(12–3):163–166. DOI: 10.24411/2411-0450-2019-11542.
15. Репринцева Е.В. Механизмы финансирования здравоохранения РФ. *Иннов: электронный научный журнал.* 2018;36(3):22. URL: <https://www.innov.ru/science/economy/mekhanizmy-finansirovaniya-zdravookh/>
16. Косолапов В.П., Летникова Л.И., Сыч Г.В., Деряева А.Г., Савченко А.П. Основные проблемные вопросы в общественном здоровье и здравоохранении. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах.* 2018;17(1):242–249.
17. Амоян Э.Ф., Калинина В.А. Оптимизация использования медицинского оборудования в лечебно-профилактических учреждениях. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2016;11(4):590–591. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10586>
18. Шулаев А.В., Мазитов М.Р., Гатауллин М.Р. Клинико-экономическая эффективность использования медицинского оборудования в муниципальных учреждениях здравоохранения мегаполиса. *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2011;7(4):779–783.
19. Родюкова В.В. Контрольно-счетная палата Воронежской области: аудит эффективности использования медицинского оборудования. *Вестник АКСОР.* 2015;33(1):103–108.
20. Li N.N., Wang C.H., Ni H., Wang H. Efficiency and productivity of county-level Public Hospitals Based on the data envelopment analysis model and malmquist index in anhui, China. *Chin. Med. J. (Engl.).* 2017;130(23):2836–2843. DOI: 10.4103/0366-6999.219148.
21. Zhang X., Tone K., Lu Y. Impact of the local public hospital reform on the efficiency of medium-sized hospitals in Japan: An improved slacks-based measure data envelopment analysis approach. *Health Serv. Res.* 2018;53(2):896–918. DOI: 10.1111/1475-6773.12676.
22. Zhang M., Zheng K., Shen Y., Lin Z., Li Z. Hospital networked medical equipment safety management. *Zhongguo Yi Liao Qi Xie Za Zhi.* 2018;42(4):303–304. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7104.2018.04.021.
23. Lu Q. The performance evaluation mechanism based on information construction for large stand-alone medical equipment and its support for decision-making of purchasing. *Iran. J. Public Health.* 2020;49(1):37–45.
24. Giancotti M., Guglielmo A., Mauro M. Efficiency and optimal size of hospitals: Results of a systematic search. *PLoS One.* 2017;12(3):e0174533. DOI: 10.1371/journal.pone.0174533.
25. Bahrami M.A., Rafiei S., Abedi M., Askari R. Data envelopment analysis for estimating efficiency of intensive care units: a case study in Iran. *Int. J. Health Care Qual. Assur.* 2018;31(4):276–282. DOI: 10.1108/IJHCQA-12-2016-0181.
26. Wang S., Cheng S., Zhou X., Mao Y., Li Y., Long G. et al. Construction of medical equipment-based doctor health monitoring system. *J. Med. Syst.* 2019;43(5):138. DOI: 10.1007/s10916-019-1255-z.
27. Tani Y., Fujiwara K., Suzuki T., Ogasawara K. Examination of the important factor during Implementation of the medical equipment and hospital information system using the correlation analysis. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi.* 2019;75(5):429–437. DOI: 10.6009/jjrt.2019_JSR_75.5.429.

28. Cao H., Zhang J., Liu Y. Exploration of medical equipment management development in public hospitals. *Zhongguo Yi Liao Qi Xie Za Zhi*. 2019;43(1):65–68. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7104.2019.01.017.

29. Hayhurst C. Powering down retirement strategies for medical equipment. *Biomed. Instrum. Technol.* 2019;53(1):12–23. DOI: 10.2345/0899-8205-53.1.12.

30. Iadanza E., Gonnelli V., Satta F., Gherardelli M. Evidence-based medical equipment management: A convenient implementation. *Med. Biol. Eng. Comput.* 2019;57(10):2215–2230. DOI: 10.1007/s11517-019-02021-x.

31. Italian Ministry of Health Recommendation number 9: Prevention of adverse events resulting in failure of medical devices or electromedical equipment. URL: http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_844_allegato.pdf

32. Wang B., Furst E., Cohen T., Keil O.R., Ridgway M., Stiefel R. Medical equipment management strategies. *Biomed. Instrum. Technol.* 2006;40(3):233–237. DOI: 10.2345/i0899-8205-40-3-233.1.

33. Mavalankar D., Raman P., Dwivedi H., Jain M.L. Managing equipment for emergency obstetric care in rural hospitals. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 2004;87(1):88–97. DOI: 10.1016/j.ijgo.2004.07.003.

34. Купцов А.В. Анализ систем управления ремонтами на предприятиях машиностроения (на примере ОАО «Газ»). *Экономический анализ: теория и практика*. 2010;30(195):16–20.

35. Gavurová B., Kováč V., Fedačko J. Regional disparities in medical equipment distribution in the Slovak Republic – a platform for a health policy regulatory mechanism. *Health Econ. Rev.* 2017;7(1):39. DOI: 10.1186/s13561-017-0176-0.

36. Štefko R., Gavurová B., Kocisova K. Healthcare efficiency assessment using DEA analysis in the Slovak Republic. *Health Econ. Rev.* 2018;8(1):6. DOI: 10.1186/s13561-018-0191-9.

37. Flokou A., Aletras V., Niakas D. A window-DEA based efficiency evaluation of the public hospital sector in Greece during the 5-year economic crisis. *PLoS One.* 2017;12(5):e0177946. DOI: 10.1371/journal.pone.0177946.

References

- Cherepanov V.V., Yampol'skiy D.A. Problems in health care in the Russian Federation and possible ways of solving them. *Novaya Nauka: Teoreticheskiy i Prakticheskiy Vzglyad*. 2015;6(2):195–196. (In Russ.).
- Diacuonu K., Chen Y.F., Cummins C., Jimenez Moyao G., Manaseki-Holland S., Lilford R. Methods for medical device and equipment procurement and prioritization within low- and middle-income countries: Findings of a systematic literature review. *Global. Health.* 2017;13(1):59. DOI: 10.1186/s12992-017-0280-2.
- Howitt P., Darzi A., Yang G.Z., Ashrafiyan H., Atun R., Barlow J. et al. Technologies for global health. *Lancet.* 2012;380(9840):507–535. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)61127-1.
- Newbrander W., Waldman R., Shepherd-Banigan M. Rebuilding and strengthening health systems and providing basic health services in fragile states. *Disasters.* 2011;35(4):639–660. DOI: 10.1111/j.1467-7717.2010.01235.x.
- Popova N.I., Plotnikova P.A., Vyuzhanina A.A. Features of the effects of SARS-CoV-2 on the cardiovascular system. *Molodoy Uchenyy.* 2020;46(336):60–62. (In Russ.).
- Karas D.V., Danilchenko Y.V., Batsina E.A., Popsuyko A.N., Kilizhevko D.V., Artamonova G.V. Quality management system performance under force majeure risk (COVID-19 pandemic). *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2021;10(3):56–64. (In Russ.). DOI: 10.17802/2306-1278-2021-10-3-56-64.
- Shipley R.J., Brealey D., Haniffa R., Elwell C., Baker T., Lomas D.A. et al. Lessons and risks of medical device deployment in a global pandemic. *Lancet Glob. Health.* 2021;9(4):e395–e396. DOI: 10.1016/S2214-109X(21)00028-0.
- Emelyanova E.K., Goroshko N.V., Patsala S.V. COVID nihilism in the fight against the COVID-19 pandemic. *Social Aspects of Population Health* [serial online]. 2022;68(1):1. (In Russ.). DOI: 10.21045/2071-5021-2022-68-1-1. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1335/30/lang.ru/>
- Mallouppas A. WHO programme for support to countries in the field of maintenance and repair of hospital and medical equipment. Background Document, Geneva: WHO; 1986. URL: http://whqlibdoc.who.int/hq/1985-86/SHS_86.5.pdf
- Mikhaylova Y.V., Frantseva V.O., Danaev A.B., Mikhaylov A.Y. Patients' assessment of the quality of medical care in medical organizations of primary care in Stavropol. *Social Aspects of Population Health* [serial online] 2022;68(1):6. (In Russ.). DOI: 10.21045/2071-5021-2022-68-1-6. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1340/30/lang.ru/>
- Miyatlieva E.D., Saadueva M.M. Problems of financial provision of the health care system in Russia under market relations. *Ekonomika Ustoichivogo Razvitiya.* 2019;38(2):67–69. (In Russ.).
- Buzdyk G.A., Oleynik G.S. Problems of functioning of the budget-insurance model of health care financing in the Russian Federation. *Nauka Vchera, Segodnya, Zavtra.* 2017;44(10):105–110. (In Russ.).
- Reprintseva E.V. State of the material and technical basis of the ambulatory-polyclinic net-work of the Russian Federation and economic aspects of its formation. *Bulletin NGIEI.* 2020;4(107):96–105. (In Russ.).
- Yasaeva Z.A. Problems of financing of health care of the Russian Federation. *Economy and Business: Theory and Practice.* 2019;58(12–3):163–166. (In Russ.). DOI: 10.24411/2411-0450-2019-11542.
- Reprinceva E.V. Mechanisms in health financing the Russian Federation. *Innov: Elektronnyy Nauchnyy Zhurnal* [serial online]. 2018;36(3):22. (In Russ.). URL: <https://www.innov.ru/science/economy/mekhanizmy-finansirovaniya-zdravookh/>
- Kosolapov V.P., Letnikova L.I., Sych G.V., Deryaeva A.G., Savchenko A.P. Main problematic issues in public health and health care. *Sistemnyy Analiz i Upravlenie v Biomeditsinskikh Sistemakh.* 2018;17(1):242–249. (In Russ.).
- Amoyan E.F., Kalinina V.A. Optimizing the use of medical equipment in medical institutions. *International Journal of Applied and Basic Research.* 2016;11(4):590–591. (In Russ.). URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10586/>
- Shulaev A.V., Mazitov M.R., Gataullin M.R. Clinical and economic efficacy of the medical equipment at municipal health care institutions in megapolis. *Saratov Journal of Medical Scientific Research.* 2011;7(4):779–783. (In Russ.).
- Rodyukova V.V. Voronezh Oblast Chamber of Accounts: Audit of the effective use of medical equipment. *Vestnik AKSOR.* 2015;33(1):103–108. (In Russ.).
- Li N.N., Wang C.H., Ni H., Wang H. Efficiency and productivity of county-level Public Hospitals Based on the data envelopment analysis model and malmquist index in anhui, China. *Chin. Med. J. (Engl.).* 2017;130(23):2836–2843. DOI: 10.4103/0366-6999.219148.
- Zhang X., Tone K., Lu Y. Impact of the local public hospital reform on the efficiency of medium-sized hospitals in Japan: An improved slacks-based measure data envelopment analysis approach. *Health Serv. Res.* 2018;53(2):896–918. DOI: 10.1111/1475-6773.12676.
- Zhang M., Zheng K., Shen Y., Lin Z., Li Z. Hospital networked medical equipment safety management. *Zhongguo Yi Liao Qi Xie Za Zhi.* 2018;42(4):303–304. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7104.2018.04.021.
- Lu Q. The performance evaluation mechanism based on information construction for large stand-alone medical equipment and its support for decision-making of purchasing. *Iran. J. Public Health.* 2020;49(1):37–45.
- Giancotti M., Guglielmo A., Mauro M. Efficiency and optimal size of hospitals: Results of a systematic search. *PLoS One.* 2017;12(3):e0174533. DOI: 10.1371/journal.pone.0174533.
- Bahrami M.A., Rafiee S., Abedi M., Askari R. Data envelopment analysis for estimating efficiency of intensive care units: A case study in Iran. *Int. J. Health Care Qual. Assur.* 2018;31(4):276–282. DOI: 10.1108/IJHCQA-12-2016-0181.
- Wang S., Cheng S., Zhou X., Mao Y., Li Y., Long G. et al. Construction of medical equipment-based doctor health monitoring system. *J. Med. Syst.* 2019;43(5):138. DOI: 10.1007/s10916-019-1255-z.
- Tani Y., Fujiwara K., Suzuki T., Ogasawara K. Examination of the important factor during Implementation of the medical equipment and hospital information system using the correlation analysis. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi.* 2019;75(5): 429–437. DOI: 10.6009/jjrt.2019_JSR_75.5.429.
- Cao H., Zhang J., Liu Y. Exploration of medical equipment management development in public hospitals. *Zhongguo Yi Liao Qi Xie Za Zhi.* 2019;43(1):65–68. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7104.2019.01.017.
- Hayhurst C. Powering down retirement strategies for medical equipment. *Biomed. Instrum. Technol.* 2019;53(1):12–23. DOI: 10.2345/0899-8205-53.1.12.
- Iadanza E., Gonnelli V., Satta F., Gherardelli M. Evidence-based medical equipment management: A convenient implementation. *Med. Biol. Eng. Comput.* 2019;57(10):2215–2230. DOI: 10.1007/s11517-019-02021-x.
- Italian Ministry of Health Recommendation number 9: Prevention of adverse events resulting in failure of medical devices or electromedical equipment. URL: http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_844_allegato.pdf

32. Wang B., Furst E., Cohen T., Keil O.R., Ridgway M., Stiefel R. Medical equipment management strategies. *Biomed. Instrum. Technol.* 2006;40(3):233–237. DOI: 10.2345/i0899-8205-40-3-233.1.
33. Mavalankar D., Raman P., Dwivedi H., Jain M.L. Managing equipment for emergency obstetric care in rural hospitals. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 2004;87(1):88–97. DOI: 10.1016/j.ijgo.2004.07.003.
34. Kuptsov A.V. Analysis of repair management systems in mechanical engineering enterprises (on the example of JSC "Gas"). *Economic Analysis: Theory and Practice.* 2010;30(195):16–20. (In Russ.).
35. Gavurová B., Kováč V., Fedačko J. Regional disparities in medical equipment distribution in the Slovak Republic – a platform for a health policy regulatory mechanism. *Health Econ. Rev.* 2017;7(1):39. DOI: 10.1186/s13561-017-0176-0.
36. Stefková R., Gavurová B., Kocisová K. Healthcare efficiency assessment using DEA analysis in the Slovak Republic. *Health Econ. Rev.* 2018;8(1):6. DOI: 10.1186/s13561-018-0191-9.
37. Flokou A., Aletras V., Niakas D. A window-DEA based efficiency evaluation of the public hospital sector in Greece during the 5-year economic crisis. *PLoS One.* 2017;12(5):e0177946. DOI: 10.1371/journal.pone.0177946.

Информация о вкладе авторов

Милиневский Н.И. участвовал в разработке концепции статьи, проанализировал имеющиеся мировые и отечественные данные, участвовал в написании текста, подготовил окончательную версию текста.

Артамонова Г.В. предложила направление исследования и концепцию статьи, осуществляла общую компоновку и контроль, участвовала в написании окончательной версии, отредактировала и одобрила ее.

Данильченко Я.В. участвовала в разработке структуры статьи, поиске литературы, написании и редактировании текста, участвовала в подготовке окончательной версии статьи.

Сведения об авторах

Милиневский Николай Игоревич, врач-радиолог, ответственный за радиационную безопасность, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний. ORCID 0000-002-7462-8349.

E-mail: milini@kemcardio.ru.

Артамонова Галина Владимировна, д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, заведующая отделом оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний. ORCID 0000-0003-2279-3307.

E-mail: artamonova@kemcardio.ru.

Данильченко Яна Владимировна, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория моделирования управленческих технологий, врач-методист отдела качества, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний. ORCID 0000-0001-8308-8308.

E-mail: daniyv@kemcardio.ru.

 **Данильченко Яна Владимировна**, e-mail: daniyv@kemcardio.ru.

Поступила 14.06.2022

Information on author contributions

Milinovsky N.I. contributed to the development of the concept of the article, analyzed the available world and domestic data, participated in writing the text, and prepared the final version of the manuscript.

Artamonova G.V. proposed the direction of research and the concept of article, carried out the overall layout and control, contributed to writing and revising the final version, and approved the manuscript for publication.

Danilchenko Y.V. contributed to developing structure of the article, searching for literature, writing and revising the text, and preparing the final version of the manuscript.

Information about the authors

Nikolay I. Milinovskyi, Radiologist Responsible for Radiation Safety, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases. ORCID 0000-002-7462-8349.

E-mail: milini@kemcardio.ru.

Galina V. Artamonova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, Head of the Department for Optimization of Medical Care for Cardiovascular Diseases, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases. ORCID 0000-0003-2279-3307.

E-mail: artamonova@kemcardio.ru.

Yana V. Danilchenko, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Laboratory of Management Technology Modeling; Physician-Methodologist, Quality Department, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases. ORCID 0000-0001-8308-8308.

E-mail: daniyv@kemcardio.ru.

 **Yana V. Danilchenko**, e-mail: daniyv@kemcardio.ru.

Received June 14, 2022