

УДК [004.02+004.05]:62-5

**УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРКА
МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В КРУПНЫХ ЛЕЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ
РОССИИ: СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕЛЕЙ, МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ
РЕШЕНИЙ, КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДОСТИГАЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Статья поступила в редакцию 15.04.2019, в окончательном варианте – 07.07.2019.

Кабачек Николай Иванович, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, доктор медицинских наук, e-mail: aspu@aspu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3454-5490>

Бруштейн Юрий Моисеевич, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, кандидат технических наук, доцент, e-mail: brum2003@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0016-7295>

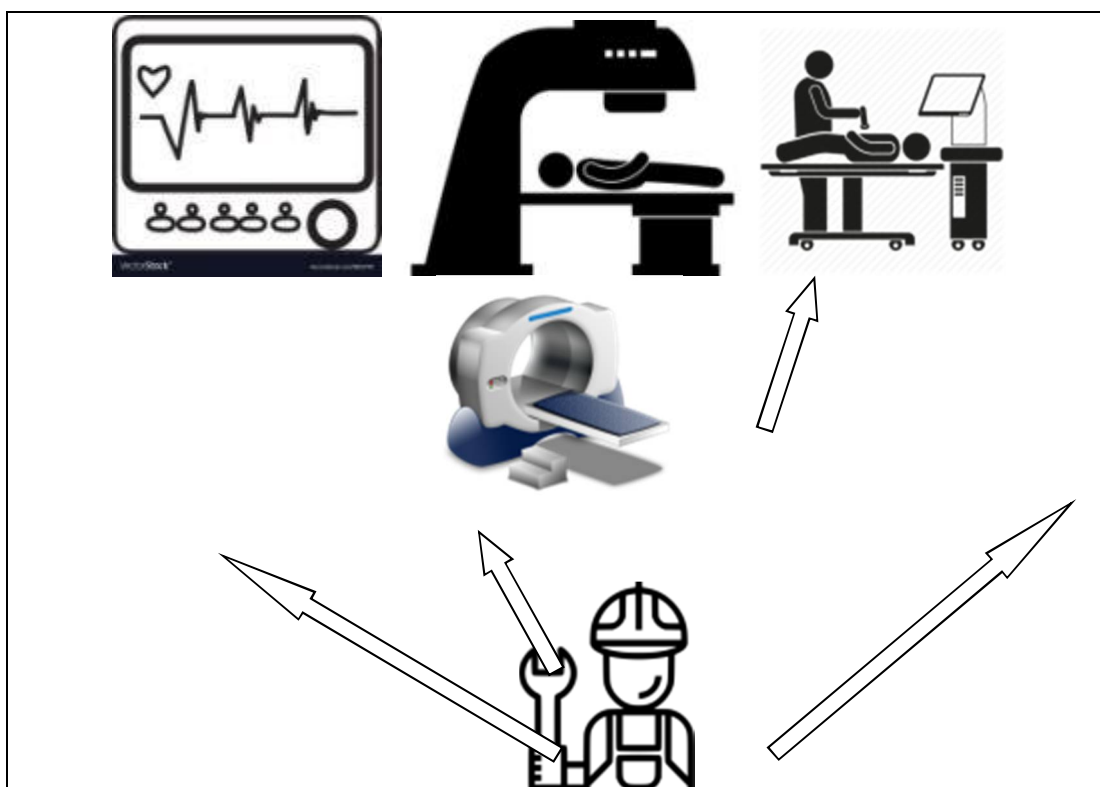
Сокольский Виталий Михайлович, фирма «Системы, технологии и сервис», 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Крупская, д. 6, кв. 72, генеральный директор фирмы, e-mail: sokolskiy_vm@mail.ru

Захаров Дмитрий Александрович, ГБУЗ АО «Александро-Мариинская областная клиническая больница», 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 2, главный врач больницы, кандидат медицинских наук, e-mail: dmitrizahar@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9532-9153>

Показана роль парка медицинского оборудования (МО) в деятельности крупных лечебных учреждений России (КЛУР). Представлены возможные варианты классификации единиц МО, применяемого в КЛУР; особенности выделяемых классификационных групп оборудования с точки зрения их эксплуатации. Показана целесообразность использования понятия «эффективность эксплуатации» (ЭЭ) для отдельных единиц МО и для парка МО в КЛУР. Для них рассмотрены типичные цели и ограничения по управлению ЭЭ с учетом следующего: направлений деятельности КЛУР; нормативных требований к их оснащенности оборудованием; стандартов диагностики и лечения заболеваний по профилям деятельности КЛУР; оперативных и долгосрочных целей их деятельности; квалификации персонала. Приведены основные виды управления ЭЭ в отношении самого МО, эксплуатационного и сервисного персонала КЛУР; внешних организаций, осуществляющих поставки и обслуживание МО. Указан состав лиц, участвующих в принятии решений, связанных с обеспечением ЭЭ оборудования; номенклатура учитываемых ими факторов. Исследованы особенности реализации принятых решений по управлению ЭЭ, включая следующее: назначение конкретных исполнителей и сроков выполнения работ, связанных с эксплуатацией МО; мониторинг сроков и качества выполнения принятых решений; источники информации, используемые при таком мониторинге; применение информационно-телекоммуникационных технологий для целей мониторинга использования МО, а также выполнения принятых решений; причины возможных корректировок или отмены ранее принятых решений, связанных с МО. Рассмотрены основные критерии, которые могут быть использованы при оценках результативности реализации решений по управлению ЭЭ отдельных единиц МО и парка МО в целом. Обсуждены также некоторые вопросы, относящиеся к построению компьютеризованных систем поддержки принятия решений, связанных с управлением ЭЭ оборудования в КЛУР.

Ключевые слова: крупные лечебные учреждения, медицинское оборудование, классификация, эффективность эксплуатации, цели управления, ограничения по управлению, виды управления, принятие решений, реализация решений, оценки результативности решений, информационно-телекоммуникационные технологии; системы поддержки принятия решений

Графическая аннотация (Graphical annotation)



**MANAGEMENT OF EFFICIENCY OF OPERATION OF THE PARK
OF THE MEDICAL EQUIPMENT IN STATIONARY MEDICAL INSTITUTIONS:
THE SYSTEM ANALYSIS OF THE PURPOSES, METHODS OF ACCEPTANCE
AND IMPLEMENTATION OF DECISIONS, CRITERIA
FOR EVALUATION OF THE ACHIEVED RESULTS**

The article was received by the editorial board on 15.04.2019, in the final version – 07.07.2019.

Kabachek Nikolay I., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Doct. Sci. (Medicine), e-mail: aspu@aspu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3454-5490>

Brumshteyn Yury M., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Cand. Sci. (Engineering), ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0016-7295>; https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=280533; e-mail: brum2003@mail.ru

Sokolsky Vitaly M., Systems, Technologies and Service, apartment 72, 6 Krupskaya St., Astrakhan, 414011, Russian Federation,

CEO of firm, e-mail: sokolskiy_vm@mail.ru

Zakharov Dmitry A., State Budgetary Establishment of Health Care of Astrakhan Region “Aleksandro-Mariinsky Regional Clinical Hospital”, 2 Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Chief Physician of hospital, Cand. Sci. (Medicine), e-mail: dmitrizahar@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9532-9153>

The role of medical equipment (ME) fleet in activity of large scale medical institutions (LSMI) of Russia is shown. The article presents possible classification options for ME units used in LSMI; features of the equipment classification groups singled out based on their operation. The expediency of use of the concept “operation efficiency” (OE) for separate units of ME and for the ME fleet in LSMI is demonstrated. Typical purposes and restrictions on OE management for units of ME and the ME fleet as a whole taking into account the following are given: LSMI activities; regulatory requirements to their equipment capacity; diagnostic standards and standards for diseases treatment within the areas of LSMI activities; operational and long-term goals of their activities; actual qualification

of LSMI personnel. Main types of OE management with regard to ME, operational and service personnel of LSMI; external organizations which provide shipping and maintenance of ME are given. Authors are specified the list of persons, who take part in decision-making, connected with OE equipment provision; the nomenclature of the factors considered by them during decision-making. Features of implementation of OE management decisions, including the following are studied: appointment of specific performers and terms of performance of the works related to ME operation; monitoring of terms and quality of the made decisions implementation; information sources, used when conducting such monitoring; use of information-telecommunication technologies for monitoring of ME use, as well as for implementation of the decisions taken; reasons for possible adjustments or cancellation of earlier made decisions, associated with ME. Main criteria, which can be used when estimating effectiveness of implementation of OE management decisions concerning separate units of ME and ME fleet as a whole, are considered. Authors are discussed also some issues, related to creation of computerized decision-making support systems connected with OE management of the equipment in large scale medical institutions.

Keywords: large scale medical institutions, medical equipment, classification, operation efficiency, management purposes, management restrictions, types of management, decision-making, decisions implementation, assessment of decisions effectiveness, information and telecommunication technologies; decision-making support systems

Введение. Обеспечение доступности и качества медицинского обслуживания для населения России, в том числе работающего населения, является необходимым условием социально-экономического развития страны в целом, отдельных регионов и населенных пунктов, успешности деятельности организаций разных направлений деятельности. При этом ключевую роль в оказании сложных видов медицинской помощи играют крупные лечебные учреждения России (КЛУР). Эту категорию медицинских учреждений можно подразделить на следующие подкатегории: больницы; автономные центры, включая реабилитационные; специализированные диспансеры; с оговорками – некоторые НИИ медицинского направления. В свою очередь крупные больницы могут иметь в своем составе следующие подразделения: стационары, в которых больные обычно находятся круглосуточно; поликлиники; диагностические центры [3]; с оговорками – службы скорой медицинской помощи (в основном в центральных районных больницах). Существенно, что финансирование абсолютного большинства КЛУР в стране в конечном счете осуществляется из бюджетов, хотя некоторые средства эти учреждения могут получать и за счет оказания платных медицинских услуг населению.

Результативность деятельности КЛУР определяется следующими факторами: а) наличием необходимого количества и квалификацией медицинского персонала, в том числе непосредственно эксплуатирующего медицинское оборудование (МО); б) располагаемыми производственными площадями для организации медицинского обслуживания, включая площади, необходимые для размещения стационарного МО; в) парком МО в КЛУР. При этом важно соответствие номенклатуры и фактического количества единиц МО (ЕМО) и тому, что необходимо по нормам [19]; г) функциональностью МО [3–5, 12]; г) установленными ограничениями на длительность непрерывной эксплуатации отдельных ЕМО; суммарных продолжительностей их использования в течение определенного промежутка времени (суток, месяца, года). В связи с этим отметим, что только в некоторых типах новых ЕМО (например, в анализаторах) устанавливаются «автоматические счетчики суммарного времени», в течение которого это оборудование находилось во включенном состоянии. Такие счетчики иногда используются и в компьютерном оборудовании, причем они обычно имеют собственные дисплеи для отображения показаний; д) степенями физического износа [17] и морального старения ЕМО; е) количествами фактических отказов ЕМО в процессе эксплуатации и прогнозными значениями вероятностей таких отказов [28], в том числе с учетом предшествующего опыта их использования; ж) наличием и полнотой фактической реализации планов замены МО в КЛУР, а также их дооснащения оборудованием.

Эффективность эксплуатации (ЭЭ) парка МО [1, 18, 22, 25] в организации зависит также от следующих факторов: з) наличия и квалификации сервисного (ремонтного) персонала, который способен поддерживать МО в работоспособном состоянии. и) качества обеспечения безопасности персонала КЛУР и пациентов (больных) при эксплуатации ЕМО [7, 8]. В частности, важно следующее: наличие заземлений оборудования; низких величин «сопротивлений заземляющих устройств»; наличие инструкций по технике безопасности и их соблюдение персоналом; к) качества метрологического обеспечения ЕМО при его использовании [14, 27]; л) результативности применения сайта КЛУР, электронной почты, смартфонов пациентов, информационных систем организаций для управления «потокami» обслуживаемых лиц, рационального распределения их по моментам обслуживания в КЛУР; в том числе в диагностических центрах.

Вопросам приобретения и эксплуатации МО в России посвящено достаточно много работ (например [3, 19, 29]). В них рассматриваются различные вопросы, включая управление безопасностью, рисками эксплуатации [7, 8, 24]; оптимизации длительности эксплуатационного цикла [21] ЕМО; замещения импортного оборудования отечественным [23] и пр. Однако, по мнению авторов настоящей статьи, анализ целей, методов принятия и реализации решений, связанных с обеспечением ЭЭ МО, а также критериев оценки качества результатов, достигаемых в результате реализации этих решений, в существующих публикациях проведен недостаточно комплексно. Поэтому в данной работе ставилась цель устранить этот недостаток.

Классификация медицинского оборудования с учетом особенностей его эксплуатации и выполнения технического обслуживания. Классификация МО может производиться по различным направлениям (категориям, характеристикам, показателям) и т.д., причем выделяемые далее направления относятся в основном к эксплуатации МО. 1. По предназначению ЕМО или их комплексов: диагностическое [3, 18], включая мониторинговое и лабораторное; лечебное, включая реабилитационное; вспомогательное – в том числе дезинфекционное [23]. В рамках этих категорий могут быть использованы подкатегории, более точно описывающие целевое назначение ЕМО. 2. По паспортной календарной продолжительности эксплуатации ЕМО (оценивается в годах), начиная с момента ввода их в эксплуатацию или с отсчетом с момента выпуска производителем. Типичные продолжительности, указываемые в паспортах: 3, 5, 7, 10 лет. Паспортная продолжительность эксплуатации носит, фактически, рекомендательный характер, так как гарантийные обязательства устанавливаются отдельно и они значительно короче по времени. 3. По предусматриваемой изготовителем оборудования суммарной продолжительности эксплуатации ЕМО (в часах) за весь ее жизненный (эксплуатационный) цикл. Это – параметр, впрочем, отражается изготовителями в документации на МО редко. С другой стороны, указание только календарной продолжительности эксплуатации МО (фактически – длительности «эксплуатационного цикла» [21]) ориентировано на некоторую среднюю загрузку ЕМО и средние потребляемые ею мощности в процессе работы. 4. Дополнительно может ограничиваться рекомендуемая продолжительность непрерывной эксплуатации ЕМО (без пауз), а также продолжительность их суточной эксплуатации. Эти продолжительности встроенными программными решениями ЕМО не контролируются, однако они могут включаться в инструкции для эксплуатационного персонала. 5. По длительности гарантийного срока. Типичные значения: 1, 2, 3 года – при соблюдении ряда правил эксплуатации ЕМО. 6. По степени мобильности оборудования: стационарное (например, магнитно-резонансные томографы); условно мобильное, т.е. допускающее ограниченные перемещения в необходимых случаях (например, палатные рентгеновские аппараты); мобильное (например, тонометры), которое изначально рассчитано на переноску вручную – обычно одним человеком. 7. По габаритно-весовым характеристикам. При этом для мобильного оборудования важна возможность его переноски одним человеком, удобство такой переноски, вопросы обеспечения электропитания некоторых видов ЕМО. Для условно мобильного оборудования его перемещение обычно осуществляется либо на колесиках, либо путем переноски двумя или более людьми. При этом для оценки необходимого количества людей важен вес ЕМО, необходимость его подъема по лестницам и пр. Для стационарных ЕМО важно следующее: размеры – их собственные, а также зоны обслуживания, в которой не могут размещаться другие ЕМО; вес – для оценки допустимых мест их размещения в помещениях с учетом несущей способности строительных конструкций. 8. По технологическому уровню ЕМО. Принято отдельно выделять «высокотехнологичное» оборудование. Однако резкой границы между ним и иным медоборудованием обычно нет; в нормативных документах также не прописано, какие именно модели оборудования являются высокотехнологичными. Медицинские услуги, в которых используется высокотехнологичное оборудование, как правило, имеют большую стоимость; требуют более высокой квалификации медицинского и эксплуатационного персонала. На ряд высокотехнологичных медицинских услуг выделяются «федеральные квоты» – например, на проведение некоторых хирургических операций за счет средств фонда ОМС. 9. По потребляемой мощности. При высоких мощностях ЕМО может потребоваться использование для них специальных электрокабелей, электрощитов и пр. 10. По уровням электробезопасности при использовании ЕМО. 11. По требованиям к уровням квалификации сервисного персонала, который должен производить обслуживание ЕМО. 12. По классам допусков в отношении «электробезопасности», которые необходимо иметь сервисному персоналу, работающему с этим оборудованием, в том числе производящему ремонтные

операции. 12. По необходимым объемам профилактического и ремонтного обслуживания ЕМО. Эти объемы могут оцениваться и/или учитываться в нормо-часах: либо за определенный календарный период эксплуатации ЕМО, либо в расчете на 100 часов ее фактической эксплуатации. 13. По средним временам наработки ЕМО на отказы: «ремонтнопригодные» и «неремонтнопригодные». 14. По номенклатуре, количествам и стоимостям расходных материалов и запасных частей, необходимых для эксплуатации ЕМО в течение года.

Часть указанных параметров для конкретных моделей МО представлена в их паспортах или может быть оценена (определена) на основе этих параметров. В то же время другую часть параметров нередко оценить априорно нельзя, особенно если такая же (или аналогичная ей модель ЕМО) в КЛУР ранее не использовалась. Подчеркнем, что некоторые из указанных параметров (включая время наработки на отказ и объемы сервисного обслуживания) могут прямо влиять на результативность использования ЕМО, на оценки целесообразности его приобретения, продолжения эксплуатации и пр.

Понятие «эффективность эксплуатации» медицинского оборудования и возможные подходы к его оценке. Под термином «эффективность» в экономической литературе обычно понимают отношение результатов к затратам.

1. Такой расчетно-экономический подход можно использовать и для оценок эффективности эксплуатации (ЭЭ) отдельных ЕМО, их комплексов, в целом парка МО определенного КЛУР.

Применительно к эксплуатации ЕМО под «положительными результатами» для КЛУР в публикациях экономической направленности обычно понимается получение организациями некоторых «денежных доходов» от его эксплуатации [21].

В то же время для больных (пациентов) КЛУР положительные эффекты от использования ЕМО связаны с улучшением состояния их здоровья и/или предотвращением возможных ущербов от его ухудшения; с повышением результативности их деятельности в организациях и, как следствие, увеличением размеров зарплат. Для регионов и страны в целом положительные эффекты от использования ЕМО (не только в медучреждениях, но и на дому) связаны с повышением результативности труда работающего населения; снижением количества несчастных случаев; уменьшением отвлечения работоспособного населения на обслуживание больных на дому и пр.

Возможные источники доходов для КЛУР, связанные с использованием ЕМО:

а) получение оплаты за медицинское обслуживание больных (пациентов), включающее использование ЕМО, от медицинских страховых организаций (МСО). Эту оплату можно разделить на две части: 1) часть процедур, соответствующих предусмотренным стандартам лечения, МСО оплачивается за счет средств обязательного медицинского страхования (ОМС), которые перечисляют территориальные подразделения фонда ОМС (ФОМС). Однако ФОМС может перечислять КЛУР средства и напрямую: за обслуживание иногородних пациентов; за работы в рамках выделенных федеральных квот на выполнение дорогостоящих операций/процедур; 2) за счет средств, перечисляемых пациентами (больными) МСО в рамках договоров добровольного медицинского страхования – при условии, что выполненная КЛУР работы по своему содержанию и стоимости соответствовала таким договорам;

б) оплата со стороны некоторых организаций за обслуживание их работников, в том числе в рамках договоров на приоритетное медицинское обслуживание;

в) за счет личных средств пациентов (больных).

В целом по России для большинства КЛУР доля средств, получаемых от оказания платных услуг, обычно невелика и составляет несколько процентов от доходных частей их бюджетов. Однако бывают и исключения, когда «платные услуги» по объемам преобладают.

Затраты на эксплуатацию конкретной ЕМО для КЛУР включают в себя следующее:

а) начисляемую ежегодно амортизацию на использование ЕМО – обычно исходя из паспортных сроков их эксплуатации; б) стоимость электроэнергии, потребляемой непосредственно ЕМО в процессе эксплуатации; в) затраты на расходные материалы, необходимые для эксплуатации ЕМО. Для большинства видов МО такие затраты есть и иногда весьма значительны; г) затраты на профилактическое обслуживание ЕМО, его периодическую настройку; д) стоимость метрологических проверок ЕМО, если в этом есть необходимость; е) затраты на запасные части и принадлежности для ЕМО; ж) стоимость ремонтного обслуживания ЕМО. Оно может осуществляться специалистами более высокой квалификации, чем профилактические работы, и включать в себя следующее: плановую замену деталей и блоков; проведение внепланового ремонта оборудования, вышедшего из строя; замену (обновление) программного обеспечения в ЕМО – при необходимости.

Укажем также затраты на некоторые меры «обеспечивающего характера»: з) коммунальные платежи КЛЮР, связанные с эксплуатацией территорий, зданий, помещений – кроме расходов, уже учтенных в пункте «б»; и) на обеспечение непрерывности подачи электроэнергии к ЕМО, а также «показателей качества» электроэнергии, включая отсутствие скачков напряжения, «блэкаутов» и пр.; к) на обеспечение мер техники безопасности при эксплуатации МО; л) на обеспечение мер физической и криминальной безопасности деятельности КЛЮР в целом и помещений, где эксплуатируются ЕМО – особенно дорогостоящие; м) на поддержку мер информационной безопасности при эксплуатации МО; н) на поддержку мер пожарной безопасности, включая сигнализацию о задымлении помещений, возгораниях. Однако системы автоматического пожаротушения в КЛЮР, как правило, не используются; о) расходы на обучение, повышение квалификации и сертификацию сотрудников, связанных с использованием МО – сервисного и эксплуатационного персонала.

К приведенному перечню видов затрат сделаем следующие примечания.

1. Техническое обслуживание МО в КЛЮР может осуществляться различно: а) их собственными штатными работниками, обычно сосредоточенными в отделах медицинской техники; б) другими организациями – обычно специализированными; в) внештатными специалистами, работающими по индивидуальным договорам с КЛЮР. Для пункта «б» возможны подварианты: б1) выполнение гарантийных обязательств производителями или поставщиками МО; б2) передача части МО в КЛЮР на обслуживание внешним сервисным организациям (аутсорсинг) [15], которые самостоятельно приобретают запасные части, контрольно-диагностическое и иное необходимое оборудование; при необходимости – специальное программное обеспечение (ПО) для диагностики МО и пр.

2. В случае самостоятельного обслуживания МО в КЛЮР могут создаваться некоторые складские запасы не только расходных материалов, но и запасных частей для оборудования. Цели создания таких запасов: снижение рисков длительного ожидания их получения при возникновении срочных потребностей в ремонте (это особенно касается сложного МО зарубежного производства); обеспечение возможности эксплуатации ЕМО за пределами паспортных сроков, когда производители уже прекратили выпуск запчастей. Однако использование складских запасов в КЛЮР приводит к «омертвлению» какой-то части их оборотных средств. Косвенно это влияет на затраты, связанные с эксплуатацией ЕМО, в сторону их увеличения.

3. В случае рационального управления гарантийными обязательствами при закупках МО [9] стоимость его ремонтного обслуживания в течение «жизненного цикла» может быть снижена. На практике эффективность гарантийных обязательств поставщиков МО во многом определяется наличием в населенном пункте расположения КЛЮР сервисного центра предприятия-производителя или его способностью достаточно быстро командировать сотрудников для выполнения сервисных операций. При этом по некоторым видам МО возможно приобретение КЛЮР «продленных гарантий», а также прав на «приоритетное обслуживание». В последнем случае сервисные организации за счет полученных от КЛЮР средств могут приобретать и хранить у себя некоторые количества запасных частей, необходимых для выполнения обязательств по ремонту МО в предусмотренные договорными обязательствами сроки.

По вопросам оценки ЭЭ МО имеется ряд публикаций [1, 8, 18, 21, 22, 25, 26]. При этом «экономическая оценка» ЭЭ осуществляется исходя из использования ЕМО в течение всей длительности его «жизненного цикла». Такая оценка может иметь два варианта: а) априорного характера – для планируемого к приобретению или уже эксплуатируемого МО. При этом учитывается предполагаемая продолжительность последующей эксплуатации ЕМО, уровни его загрузки, эксплуатационные затраты, в некоторых случаях – риски эксплуатации [24] и пр.; б) апостериорный – для ЕМО, снимаемых (или уже снятых) с эксплуатации. При этом для выполнения оценки важно наличие объективной информации за весь период «жизненного цикла» ЕМО. Апостериорные оценки важны, в частности, при принятии решений о приобретении нового оборудования (прежде всего аналогичных моделей); об изменении условий эксплуатации е;т используемого МО и пр.

При этом необходимо учесть следующее. 1. В большинстве КЛЮР по крайней мере сложные (дорогостоящие) ЕМО эксплуатируются и за пределами продолжительностей их использования, указанных в паспортах. При этом пока лишь в относительно немногие модели МО (обычно это только высокотехнологичное оборудование) производителями встраиваются чипы, предотвращающие возможности «сверхнормативного» использования. Для сравнения: в

некоторых моделях принтеров для ЭВМ, картриджей с тонером и пр. используются специальные чипы, ограничивающие количества листов, которые можно напечатать.

2. За период, превышающий нормативные сроки эксплуатации, бухгалтериями РКЕН не начисляются амортизационные отчисления на использование ЕМО, но оно может оставаться на «материальном учете». Однако оборудование с низкими стоимостями на материальный учет бухгалтериями вообще не ставится. Существенно, что объемы технического обслуживания, а также количество требующихся запчастей при продолжении эксплуатации ЕМО в сроки, превышающие паспортные, могут значительно возрастать. Как следствие растет и стоимость использования ЕМО. Поэтому в ряде работ [6, 21, 24] рассматриваются вопросы, прямо или косвенно связанные с ограничением сроков (прекращением эксплуатации) эксплуатации ЕМО ради экономии средств на техническое обслуживание.

3. На практике эксплуатация ЕМО в российских КЛУР обычно прекращается по следующим причинам: полный физический износ ЕМО, делающий нецелесообразным их дальнейшее использование – в том числе иногда и с позиций обеспечения техники безопасности и/или пожарной безопасности; отсутствие в продаже необходимых запасных частей к ЕМО и невозможность получить их при разборке аналогичного оборудования, которое списано; значительно реже – из-за морального устаревания ЕМО, не позволяющего использовать медицинские технологии, предусматриваемые стандартами лечения. Отметим также, что «вторичный рынок» (продажи ЕМО, которые уже были в эксплуатации) в России практически не функционирует [4].

4. Случаи замены ПО в ЕМО (в порядке апгрейда) характерны преимущественно для высокотехнологичного МО. При этом замена ПО (в том числе для устранения выявленных недочетов и оптимизации режимов работы) может осуществляться фирмами-производителями и в дистанционной форме. Кроме того, могут приобретаться (а затем устанавливаться на МО) дополнительные модули ПО, расширяющие его функциональные возможности. Например, это касается томографов и рентгеновского диагностического оборудования, для которого можно «докупать» модули обработки изображений по мере возникновения необходимости; УЗИ-оборудования, для которого могут приобретаться дополнительные датчики и программы обработки данных.

Помимо «экономической оценки» ЭЭ ЕМО, представленной выше, в практике деятельности КЛУР могут применяться и иные показатели.

1. Средняя доля по времени загрузки ЕМО на выполнение медицинских операций по отношению к среднесуточной продолжительности работы тех подразделений, в которых размещается стационарное МО. Подчеркнем, что речь идет о выполнении медицинских операций, а не просто о нахождении ЕМО во включенном состоянии.

2. Среднесуточная «загрузка» ЕМО выполнением медицинских операций. При этом для высокотехнологичного МО, полученного КЛУР в рамках федеральных программ, направленных на улучшение доступности и качества медицинской помощи, вышестоящими организациями степень такой «загрузки» может контролироваться.

На практике наиболее высокие уровни «загрузки» обычно имеют место для оборудования, которое в автоматическом режиме может непрерывно работать продолжительное время: мониторы состояния пациентов; аппараты искусственной вентиляции легких; холтеровские мониторы с длительностью работы в несколько суток и пр.

Расширение «временных границ» использования ЕМО, требующего труда персонала, может быть нецелесообразным из-за необходимости увеличения количества сотрудников КЛУР. В ряде случаев может быть выгоднее иметь в КЛУР больше однотипных «недорогостоящих» ЕМО, которые эксплуатируются только «в одну смену», чем наращивать численность квалифицированного персонала. В то же время для высокотехнологичного оборудования ситуация чаще всего прямо противоположная – для КЛУР может быть выгоднее полностью загрузить такое МО, даже если это потребует увеличения количества сотрудников. Отметим также, что некоторые виды оборудования в КЛУР могут находиться во включенном состоянии практически непрерывно – например, магнитно-резонансные томографы.

3. «Медицинская оценка» ЭЭ ЕМО обычно связана со следующими факторами: а) результатами, которые дает это оборудование при грамотном использовании для целей диагностики, включая вероятность правильной постановки диагноза, точность определения исследуемых показателей, точность пространственной локализации патологий и пр.; б) лечебными результатами, включая полноту и быстроту излечения заболеваний; отсутствие негативных побочных эффектов при лечении и пр.; в) результатами мониторинга состояния пациентов (для мониторингового оборудования), включая количество мониторируемых

параметров; точности их оценок; качество автоматической диагностики возникновения нештатных ситуаций; эффективность сигнализации о них или принятия необходимых действий в автоматическом режиме и пр.

При этом оценки ЭЭ в виде отношения «положительных эффектов для пациентов» к «затратам на эксплуатацию оборудования для КЛУР» не используются. Непосредственно для КЛУР повышение «медицинской эффективности» ЕМО может обеспечивать сокращение сроков пребывания «стационарных» пациентов; уменьшение вероятности появления претензий с их стороны в последующий период; снижение количества «побочных эффектов» и пр.

На практике для КЛУР целесообразно различать понятия ЭЭ для отдельных ЕМО и в целом для «парка МО» организации. В частности, с точки зрения интересов КЛУР могут быть целесообразными такие решения.

1. Создание «складского резерва» работоспособных ЕМО, которые могут использоваться для подмены вышедшего из строя оборудования; тех ЕМО, которые направляются на метрологическую поверку или на плановое техническое обслуживание. Это снижает среднюю загрузку ЕМО в КЛУР, но позволяет обеспечить «бесперебойность» (непрерывность) использования медицинских технологий диагностики и лечения заболеваний.

2. Приобретение и использование вместо монофункциональных более дорогих полифункциональных устройств, позволяющих выполнять различные виды медицинских операций (действий, манипуляций). Преимущества полифункциональных устройств в типичных случаях: легче обеспечить более высокую загрузку таких ЕМО; экономия рабочих площадей в КЛУР; часто – меньшая стоимость по сравнению с суммами стоимостей монофункциональных устройств, которые заменяются полифункциональным; экономия на техническом обслуживании полифункционального устройства по сравнению с двумя или больше монофункциональными. С другой стороны, монофункциональные устройства могут эксплуатироваться параллельно и обеспечивать потенциальную возможность обслуживания большего количества пациентов (при их полной загрузке). Поэтому в конкретных случаях решения о выборе могут приниматься в пользу как поли-, так и многофункциональных устройств.

3. Для КЛУР может также быть эффективным приобретение МО, дающего возможность одновременно обслуживать сразу группу пациентов. Однако это требует согласования индивидуальных графиков их обслуживания.

4. Функциональность и производительность автоматизированного лабораторного оборудования должна быть достаточной для решения не только текущих, но и некоторых будущих задач – по крайней мере, в пределах паспортных сроков продолжительности эксплуатации такого оборудования. Отметим также, что для анализаторов биопрепаратов (например, биохимических анализаторов) стоимость единичного исследования резко снижается с увеличением их мощности (производительности) – естественно при наличии адекватной загрузки указанного оборудования.

Цели управления эффективностью эксплуатации медицинского оборудования в КЛУР. В отношении обеспечения ЭЭ основными целями управления парком МО в КЛУР (с позиций его руководства и сотрудников) обычно является соблюдение следующих условий.

1. Нормативные требования к оснащенности медицинских учреждений – с учетом профилей и объемов их деятельности, стандартов диагностики и лечения заболеваний. Поэтому приобретение ЕМО для соблюдения стандартов оснащенности иногда производится и без просчета рентабельности его эксплуатации.

2. Обеспечение конкурентоспособности КЛУР в отношении доступности и качества медицинской помощи, в том числе с учетом длительностей ожидания получения услуг, стоимостей платных медицинских услуг. Поэтому КЛУР в ряде случаев могут идти на увеличение количества ЕМО низкой и средней стоимости ради снижения времени ожидания пациентов (по крайней мере для проведения диагностических процедур). В то же время для дорогостоящего (высокотехнологичного) ЕМО обычно используется предварительная «запись пациентов» и заблаговременное установление им «временных интервалов» обслуживания – это позволяет более полно загрузить соответствующие ЕМО.

3. Необходимое качество монтажных и пуско-наладочных работ при вводе в эксплуатацию сложных ЕМО, для которых необходимы такие работы; качественного проведения приемо-сдаточных испытаний – если это предусмотрено договорами на выполнение пуско-наладочных работ.

4. Требуемые технические условия эксплуатации ЕМО, включая качество электропитания, температурно-влажностные режимы в помещениях, допустимые уровни механических вибраций, воздействий на оборудование электромагнитных полей [11]. Такие условия могут обеспечиваться

главным образом с использованием инженерно-технических решений, в том числе при проектировании зданий, составления схем размещения в них оборудования; использования амортизаторов и иных крепежных элементов в подставках для оборудования.

5. Наличие складских резервов расходных материалов для ЕМО с учетом колебаний его загрузки с течением времени; продолжительностей выполнения поставок расходных материалов внешними организациями [5, 6, 10, 20]. В случае эксплуатации нескольких однотипных ЕМО складской запас для них может быть общим. На практике в КЛЮР используются два вида запасов: общий запас на складе для всей организации; оперативные запасы в тех отделениях, в которых непосредственно используются ЕМО.

6. Наличие в КЛЮР необходимого количества запчастей для МО – если его техническое обслуживание осуществляется собственными специалистами организации. При этом закупка однотипных ЕМО в виде партий позволяет значительно снизить номенклатуру и количество хранимых на складах КЛЮР запчастей; в некоторых случаях использовать вышедшие из строя ЕМО для их разборки на запчасти с целью последующего применения в эксплуатируемом оборудовании.

7. Квалификация врачей, назначающих/планирующих процедуры (или иные действия с ЕМО) с учетом медицинской целесообразности этих действий, предусмотренных параметров процедур (интенсивностей воздействий, их продолжительностей, мест приложений воздействий) и пр.

8. Необходимая квалификация эксплуатационного персонала КЛЮР в отношении полноты использования функциональности ЕМО, особенно высокотехнологичного. Для сложных в техническом отношении ЕМО квалификация персонала может обеспечиваться за счет обучения на специальных курсах («дистанционных», «без отрыва» и с «отрывом от производства»); получения соответствующих сертификатов по результатам контроля результатов обучения.

9. Квалификация собственного сервисного персонала КЛЮР, осуществляющего поддержку эксплуатации ЕМО. При этом обычно в КЛЮР применяется некоторая специализация сервисных специалистов в отношении типов (категорий) обслуживаемых ими ЕМО.

10. Обеспечение эффективной поддержки производителями (и их сервисными центрами) тех моделей МО, которые эксплуатируются в КЛЮР. Для этой цели с производителями/сервисными центрами могут заранее заключаться специальные договоры. Такая поддержка может включать в себя следующее: снабжение запчастями (непосредственно КЛЮР или обслуживающих их сервисных фирм) в предусмотренные договорами сроки; информационно-консультационная поддержка непосредственных эксплуатантов или сервисного персонала КЛЮР, обслуживающего МО; командирование организациями-производителями собственных специалистов для проведения ремонта ЕМО на площадках КЛЮР; развитие производителями сети сервисных центров или организаций, с которыми у производителей заключены договоры на обслуживание выпускаемого ими МО; выпуск обновленных версий ПО для оборудования, предполагающих возможность его установки на ЕМО сервисными специалистами КЛЮР. В некоторых случаях производители сложной медицинской техники могут также осуществлять через интернет дистанционный контроль ее технического состояния, соблюдения условий/режимов использования, качества электропитания и пр.

Ограничения на принятие и реализацию решений по обеспечению ЭЭ МО связаны в основном со следующими факторами (причинами, условиями):

1) необходимостью соблюдения нормативных требований в отношении следующего: технической оснащенности медицинских учреждений; режимов труда и отдыха персонала; режимов медицинского обслуживания больных; санитарно-гигиенических характеристик помещений; условий техники безопасности и пожарной безопасности при эксплуатации оборудования и пр.;

2) ограниченными объемами финансовых средств, которыми располагают КЛЮР, в том числе на обеспечение сервисного обслуживания ЕМО, на закупку запчастей и расходных материалов для них; на оплату труда сервисных специалистов и пр.;

3) наличием и квалификацией в КЛЮР сервисного персонала с учетом тех величин заработной платы, которые могут назначить (предложить) организации с учетом их финансовых возможностей;

4) допустимыми длительностями периодов времени, на которые ЕМО могут останавливаться для выполнения профилактических работ, планово-предупредительных ремонтов и пр.

Виды управления эффективностью эксплуатации медицинского оборудования.

Отметим прежде всего, что управление может относиться к различным объектам и, как следствие, соответствующие решения могут приниматься разными лицами:

а) к закупкам новых ЕМО – если КЛЮР могут принимать по этому направлению самостоятельные решения. По этому направлению решения носят как финансовый характер, так и инженерно-технический (в отношении выбора моделей МО). Отметим, что для «бюджетных» КЛЮР предусмотрена процедура тендеров на поставки;

б) непосредственно к эксплуатируемому МО. Управление может включать в себя в первую очередь инженерно-технические решения, а также организационные и административные. Последние два пункта относятся, в частности, к следующему: распределению и перераспределению ЕМО между подразделениями КЛЮР; установлению графиков их использования, метрологических проверок, профилактического обслуживания и пр.; к принятию решений о прекращении эксплуатации отдельных ЕМО по различным причинам;

в) к зданиям и помещениям, в которых эксплуатируются ЕМО. По этому направлению также принимаются в основном инженерно-технические решения, в том числе проектно-строительные и эксплуатационного характера;

г) к системам обеспечения качества электропитания, поддержки температурно-влажностных режимов в помещениях, в которых размещены ЕМО. По этому направлению преобладают инженерно-технические решения, но учитываются также объемы располагаемых финансовых ресурсов;

д) в отношении медицинского персонала, эксплуатирующего ЕМО. Решения могут носить в основном административный, организационный характер. Они касаются следующего: закрепления медперсонала за ЕМО, в том числе в отношении «материальной ответственности» за них (обычно материально ответственными лицами в отделениях КЛЮР являются не врачи, а старшие медсестры); установления допусков медперсонала к использованию конкретных ЕМО, в том числе в отношении аттестации на знание правил техники безопасности; получение соответствующих допусков к работе на рентгеновском или ином МО, требующем обязательной аттестации персонала, учета фактического рабочего времени, полученных доз облучения (рентгеновской нагрузки);

е) в отношении сервисного персонала решения носят преимущественно организационный и финансовый характер. Они относятся к следующему: закрепления конкретных ЕМО за определенными сервисными сотрудниками; установления уровней зарплат сервисных сотрудников с учетом их квалификации, интенсивности труда и пр.; получения необходимых допусков (сертификатов) этими сотрудниками на право обслуживания закрепленных за ними ЕМО;

ж) в отношении внешних сервисных организаций решения носят преимущественно юридический и финансовый характер. Они касаются следующего: заключения договоров на проведение сервисного обслуживания МО; их продления (или отказа от продления); установления условий таких договоров, включая предельные «времена реакций» на поступающие от КЛЮР запросы на обслуживание ЕМО; предельные сроки (продолжительности) проведения ремонтных операций на ЕМО;

з) в отношении поставщиков и, возможно, производителей МО. Решения носят юридический и финансовый характер; касаются в основном заключения договоров на поставки; сроков поставок оборудования и запчастей к нему; гарантийных обязательств по таким договорам и пр.;

и) в отношении монтажно-наладочных организаций типы решений в основном соответствуют пункту «з».

Характеристика состава лиц, принимающих решения по управлению эксплуатацией медицинского оборудования, а также номенклатуры решений этих лиц. В КЛЮР решения, связанные с управлением эксплуатацией ЕМО, могут принимать главным образом следующие категории лиц.

1. Главные врачи КЛЮР: окончательные решения в отношении закупок МО; прекращения эксплуатации конкретных ЕМО, их списания и утилизации (или передачи на склады для хранения в качестве «запасного» оборудования); распределения и перераспределения ЕМО между подразделениями КЛЮР – с учетом потребностей этих отделений и фактически располагаемых ЕМО; заключения договоров с внешними организациями на поставки ЕМО, на сервисное обслуживание ЕМО; о приеме на работу специалистов по сервисному обслуживанию МО; о закупке контрольно-диагностического и иного оборудования, а также запчастей для сервисных служб КЛЮР и пр. При принятии

решений главные врачи руководствуются действующим законодательством: в отношении правил оказания медицинской помощи населению; требований к оснащенности КЛЮР медицинским оборудованием и пр. На практике главные врачи обычно лишь утверждают решения, подготовленные подчиненными специалистами.

2. Заместители главных врачей по диагностике, лечению, инженерно-техническому обеспечению деятельности КЛЮР. Эти лица принимают решения, касающиеся МО, в пределах их полномочий, установленных должностными инструкциями. При этом учитываются и финансовые ресурсы, которыми располагают КЛЮР.

3. Руководители отделов техники безопасности или «выделенные» специалисты, отвечающие в КЛЮР за направление «техника безопасности». Решения принимаются в основном в отношении допустимости или недопустимости эксплуатации ЕМО; сроков устранения выявленных нарушений и пр.

4. Руководители тех отделений КЛЮР, в которых непосредственно эксплуатируются ЕМО. Их решения могут касаться в основном графиков эксплуатации ЕМО; разрешений на приостановку их эксплуатации для выполнения работ профилактического характера.

5. Непосредственные эксплуатанты ЕМО – врачи и медсестры. Их решения носят оперативный характер и касаются выполнения необходимых медицинских действий (манипуляций, операций и пр.) с использованием ЕМО; о необходимости выключения ЕМО при появлении запаха гари, искр, нетипичных звуков, иных признаков нештатных (аварийных) режимов работы МО. Отметим также, что в сложных ЕМО могут быть встроенные блоки самодиагностики, которые в необходимых случаях выдают на дисплеи указания для персонала, иногда могут «блокировать» использование неисправного МО.

6. Собственный сервисный персонал КЛЮР. Решения касаются проведения технического обслуживания ЕМО; при необходимости – его ремонта (в месте расположения ЕМО или с его временным перемещением в сервисный отдел для проведения каких-то более сложных операций). Кроме того, сервисный персонал может оценивать целесообразность ремонта ЕМО при выходе его из строя по различным причинам. При этом учитывается предполагаемая стоимость и трудоемкость ремонта, балансовая стоимость самого ЕМО, предполагаемая продолжительность эксплуатации ЕМО после ремонта до следующего отказа и пр. Отметим, что решения сервисного персонала о целесообразности ремонта в ряде случаев могут корректироваться руководителями их отделов, а также КЛЮР в целом.

7. Сервисный персонал, обслуживающий МО в КЛЮР в порядке аутсорсинга. Состав решений в основном такой же, как и для пункта 6.

8. Сотрудники бухгалтерий КЛЮР. Принимают решения о постановке на материальный учет ЕМО, стоимость которых превышает некоторые пороговые значения, принятые в данном КЛЮР; о начислении амортизационных отчислений на ЕМО, находящихся на учете; о списании ЕМО – с разрешения руководства КЛЮР. В своей деятельности такие работники руководствуются правилами бухгалтерского учета, которые устанавливаются в основном на федеральном и ведомственном уровнях.

9. Сотрудники организационно-методических отделов КЛЮР. Помимо прочего могут заниматься контролем загрузки ЕМО, включая высокотехнологичное – за его использование КЛЮР в некоторых случаях должны регулярно отчитываться перед вышестоящими организациями.

Состав и технологии реализации решений, связанных с обеспечением эффективности эксплуатации медицинского оборудования. В общем случае реализация решений, относящихся к обеспечению ЭЭ ЕМО, включает в себя следующее.

1. Назначение конкретных исполнителей для каждого решения. При больших объемах работы может назначаться группа исполнителей с дифференцированными функциями. При этом поручения не должны выходить за рамки должностных обязанностей тех лиц, которым даются поручения; учитывать их техническую квалификацию; наличие необходимых допусков для выполнения операций (действий) с ЕМО; установленные графики труда и отдыха.

2. Установление конкретных сроков выполнения работ, связанных с обеспечением ЭЭ МО. При этом для работ большого объема может предусматриваться их поэтапное выполнение с отдельными контрольными сроками для каждого этапа. Отметим в связи с этим, что для разных этапов в принципе может быть разный состав лиц, которые должны выполнять поручения.

Для многоэтапных работ важное значение может также иметь контроль качества результатов выполнения работ (поручений) после каждого этапа.

3. Мониторинг сроков и качества выполнения (реализации) принятых решений. В рамках такого мониторинга могут отслеживаться факты выполнения отдельных работ и их сово-

купностей. При этом в некоторых случаях достигаемые результаты (например, связанные с монтажом ЕМО, выполнением пуско-наладочных работ, проведением сложных видов ремонта и т.д.) могут/должны фиксироваться специальными актами или иными документами.

Качество выполненных работ в большинстве случаев оценивается «бинарно» – соответствует или не соответствует необходимым требованиям. Реже используются балльные оценки (например, по пятибалльной шкале).

Источниками информации, используемыми для мониторинга исполнения решений, могут быть следующие: 1) личные наблюдения тех лиц, которые приняли решения и дали поручения по их выполнению; 2) сведения от тех сотрудников, которым было поручено проводить мониторинг реализации решений; 3) сведения от исполнителей решений, в том числе представляемые в электронной форме; 4) информация, получаемая в автоматизированном режиме с использованием информационно-телекоммуникационных технологий (ИТКТ), локальных вычислительных сетей и пр. Это касается, в частности, использования средств дистанционного видеонаблюдения в реальном масштабе времени с передачей информации через интернет; в некоторых случаях – удаленного контроля состояния ЕМО по локальным вычислительным сетям; 5) сведения, поступающие от пациентов (жалобы, предложения и пр.), в том числе связанные с использованием ЕМО для диагностики и лечения; 6) результаты контроля реализуемых решений внешними организациями, в том числе по жалобам пациентов; в рамках проведения плановых контрольных мероприятий и пр. Отметим, что контролируемые решения могут касаться, в частности, устранения нарушений по безопасности эксплуатации ЕМО; правил его размещения и использования.

Для контроля исполнительской дисциплины разработано достаточно много специализированного ПО на основе различных систем управления базами данных. Ранее такие разработки ориентировались на использование автономных ПЭВМ, сейчас – в основном на применение технологий «клиент-сервер» рамках использования локальных вычислительных сетей; применения облачных технологий. Разработки ПО, обеспечивающие контроль исполнительской дисциплины, могут обладать следующей функциональностью: выдавать заблаговременные предупреждения о поручениях, у которых приближаются контрольные сроки их выполнения; отображать те работы, контрольные сроки для которых приходится на задаваемый пользователем диапазон дат; показывать невыполненные поручения с истекшими сроками исполнения; обеспечивать получение сводных отчетов по исполнительской дисциплине – как по отдельным исполнителям, так и по группам исполнителей, выбранных по определенным критериям; по группам поручений, относящихся к определенным интервалам дат. Ретроспективный анализ «исполнительской дисциплины» обычно учитывает следующие варианты результатов выполнения работ по срокам: досрочно; точно в срок; с опозданием; не выполнено.

В рамках планирования и реализации решений могут применяться технологии и ПО для «управления проектами» – например, Microsoft Project или какое-либо ПО, используемое дистанционно на условиях аренды (по технологии SaaS). Использование такого ПО в типичных случаях позволяет обеспечить следующие возможности: определить (установить) сроки выполнения отдельных этапов выполнения решений; назначить конкретные работы для этих этапов; в наглядной форме (с помощью диаграмм Ганта и сетевых графиков) представить последовательности выполнения этих работ; запланировать параллельное выполнение работ в тех случаях, когда это допустимо и целесообразно; назначить исполнителей и оборудование для конкретных работ; проверить, что по всем исполнителям нет превышений допустимых объемов работ (в часах) по всем датам, относящимся к периодам планирования; выполнять «отслеживание» фактического выполнения отдельных работ и их совокупностей на диаграмме Ганта.

В процессе реализации решений может выявляться необходимость их частичной корректировки или отмены. Возможные причины: недостаточный учет имевшейся информации при первоначальном принятии решений; неполнота имевшейся в такие моменты информации; изменение условий реализации решений по сравнению с теми моментами, когда они первоначально принимались; изменение финансового состояния или иных условий деятельности той организации, в рамках которой должны выполняться принятые решения; прямые распоряжения вышестоящих инстанций (организаций) об отмене выполнения или корректировке принятых решений; изменение действующего законодательства, ведомственных инструкций и пр., требующее корректировки ранее принятых решений.

На практике корректировка решений может включать в себя следующее: замену исполнителей по отдельным работам, связанным с эксплуатацией и/или ремонтом ЕМО; назначение для выполнения работ дополнительных исполнителей; корректировка контрольных

сроков завершения работ по отдельным работам, этапам, решению в целом; изменение условий финансирования выполнения работ, включая размеры оплаты исполнителям; изменение плановых показателей, связанных с эксплуатацией ЕМО, которые должны быть достигнуты в результате выполнения решений и пр. По крайней мере часть корректирующих решений требует их фиксации в документальной форме.

Основные критерии оценки результативности реализации решений, связанных с обеспечением эффективности эксплуатации медицинского оборудования. Будем различать эти критерии для отдельных ЕМО и для «парка МО в целом».

Для отдельных ЕМО критерии оценки результативности в простейшем варианте могут быть бинарными – достигнута поставленная цель или нет. Однако в ряде случаев возможны и оценки на основе сравнения «экономических эффектов» от принятых и реализованных решений по сравнению с затратами на них; учета полезности в отношении получаемых результатов для пациентов. При этом необходимо учитывать, что затраты, связанные с ЕМО, могут носить как разовый характер, так и постоянный. Например, приобретение новой ЕМО требует разовых затрат на ее покупку. Однако затем необходимы эксплуатационные затраты на расходные материалы, на запчасти, оплату потребляемой электроэнергии, в ряде случаев – на зарплату дополнительных единиц эксплуатационного и/или сервисного персонала и пр.

С учетом темы настоящей статьи математическую модель в отношении ЭЭ совокупности ЕМО целесообразно сформулировать только в отношении этапа эксплуатации. Представим эту модель в виде выбора оптимального решения из их допустимой совокупности, связанной с управлением ЭЭ парка ЕМО в КЛУР:

$$R_j = \left\{ \sum_{i=1}^I (P_{i,j}) - \sum_{k=1}^K Z_{k,j} \right\}_{j=1 \dots J}, \quad (1)$$

где R_j – итоговый «экономический эффект» от реализации решения по j -му варианту; J – количество потенциально возможных вариантов решений в отношении управления ЭЭ; I – количество потенциально возможных видов положительных эффектов для КЛУР; $P_{i,j}$ – величина i -го вида положительного эффекта в случае j -го решения; K – количество потенциально возможных видов затрат для КЛУР; $Z_{k,j}$ – величина затрат k -го вида в случае j -го вида решения.

Разумеется, должны быть заданы ограничения в отношении максимально допустимых суммарных затрат ($Z^{(sum)}$)

$$\left(\sum_{k=1}^K Z_{k,j} \right) \leq Z^{(sum)}, \quad (2)$$

а также максимально допустимых затрат по каждому виду решения ($\{Z_k^*\}_{k=1 \dots K}$)

$$\{Z_{k,j} \leq Z_k^*\}_{k=1 \dots K}. \quad (3)$$

Если затраты предполагаются в течение ряда лет, то могут также задаваться ограничения по затратам для каждого из годов.

Кроме того, оптимизационная модель может быть сформулирована и на основе «относительного критерия» (R_j^*) вместо «абсолютного» по формуле (2)

$$R_j^* = \left\{ \left(\sum_{i=1}^I (P_{i,j}) - \sum_{k=1}^K Z_{k,j} \right) / \left(\sum_{k=1}^K Z_{k,j} \right) \right\}_{j=1 \dots J}. \quad (4)$$

Еще одной альтернативой является использование (1) в сочетании с условием

$$R_j^* \geq R^{**}, \quad (5)$$

т.е. отбрасыванием тех решений, для которых величины относительных показателей меньше, чем предельно допустимые значения (R^{**}).

При этом положительные эффекты от реализации решений могут относиться к следующему: прямому увеличению денежных доходов КЛУР, в том числе в виде перечислений от МСО и фонда ОМС; предотвращению ущерба в отношении деятельности КЛУР; уменьшению трудоемкости эксплуатации ЕМО за счет реализации технических и организационных мер, включая изменение графиков использования оборудования; уменьшению простоев ЕМО по техническим и иным причинам; снижению стоимостей сервисного обслуживания ЕМО; улучшению качества обслуживания пациентов и

результативности выполнения медицинских процедур (как следствие, можно будет ожидать увеличения количества пациентов, обращающихся в КЛУР); улучшению условий труда медицинского персонала медицинской организации и пр.

В заключение раздела отметим, что ряд положительных эффектов от принимаемых решений (например, касающихся дополнительного обучения эксплуатационного персонала с целью повышения его квалификации) может сказываться не сразу; может действовать только в течение определенного периода времени, если соответствующие знания персонала подвержены моральному старению.

Некоторые вопросы построения и применения компьютеризованных систем поддержки принятия решений, связанных с использованием медицинского оборудования. Компьютеризованные системы, которые могут применяться для поддержки принятия решений (СППР), связанных с управлением ЭЭ оборудования в КЛУР, могут иметь различную функциональность.

1. Только «материальный учет» ЕМО, эксплуатируемого в КЛУР, включая следующее: даты его приобретения и списания; текущую балансовую стоимость; наличие в ЕМО «драгметаллов» и их количества; места фактического размещения (эксплуатации) ЕМО в КЛУР; фамилии материально ответственных лиц за конкретные ЕМО. Такие сведения обычно хранятся в модулях информационных систем, предназначенных для использования в бухгалтериях. Они используются для целей учета оборудования; начисления амортизационных отчислений; поддержки принятия решений о возможности списания ЕМО; с оговорками – для оценки обеспеченности КЛУР МО. Повторим, что на материальный учет бухгалтериями КЛУР сейчас ставится только относительно дорогостоящее оборудование.

2. Для собственных сервисных специалистов КЛУР по обслуживанию ЕМО часть информации совпадает с тем, что перечислено в пункте «1», но есть и дополнительные сведения: о техническом состоянии отдельных ЕМО; о фактически проведенных на них профилактических и ремонтных работах; в ряде случаев – о графиках последующего проведения таких работ; о графиках метрологических проверок ЕМО; иногда – об «эксплуатационной наработке» оборудования, т.е. количестве часов его фактической эксплуатации. Такого рода системы описаны в существующих публикациях [2, 13, 16], хотя часто они имеют не все перечисленные в данном пункте функции.

3. Системы, учитывающие фактическую загрузку ЕМО в процессе их эксплуатации, а также график (периоды) их загрузки в течение суток, рабочей недели, месяца. Автоматизация такого учета пока возможна только для сложных ЕМО, которые могут быть подключены к информационным системам КЛУР с использованием протокола DICOM. Между тем для принятия решений по обеспечению ЭЭ ЕМО информация об их фактической загрузке (интенсивности использования) может иметь ключевое значение.

4. Системы, обеспечивающие целенаправленную поддержку принятия решений по приобретению новых ЕМО (для дооснащения КЛУР или на замену уже эксплуатируемого в них оборудования), сейчас практически не используются. В связи с этим отметим следующее: на сайтах фирм-поставщиков и фирм-производителей МО информация об оборудовании зачастую носит информационно-рекламный характер, не всегда объективна, на ней отражаются только предлагаемые ими модели; сайтов со сравнением характеристик предлагаемых на рынке моделей МО в интернете, как правило, нет; какие-то «форумы» пользователей, на которых даются независимые оценки моделей с позиций их эксплуатантов, практически также отсутствуют; российские специалисты по МО о зарубежных форумах такого направления практически ничего не знают. Для сравнения отметим, что по компьютерному оборудованию, смартфонам и пр. отзывы реальных пользователей в рунете широко доступны, в том числе на новые модели устройств.

Поэтому в целом ряде случаев оптимизация выбора приобретаемого МО (особенно новых моделей) вызывает у руководства КЛУР и специалистов, рекомендующих такие решения, значительные сложности. Нередко такой выбор осуществляется на основе неполной информации; для минимизации рисков приобретения выбор может ограничиваться только уже эксплуатируемыми в других КЛУР моделях оборудования, по которым есть какая-то «эксплуатационная» информация. В свою очередь это может тормозить внедрение в практику деятельности КЛУР новых моделей МО, особенно неизвестных им производителей.

5. Системы «советующего типа» в отношении ЕМО в настоящее время в литературе практически не описаны. Представляется, что они могли бы выдавать следующие типы рекомендаций для лиц, принимающих решения на уровне КЛУР в целом: а) о целесообразности прекращения эксплуатации ЕМО, их списании и, возможно, разборке для получения необходимых запчастей; б) о выводе из эксплуатации конкретных ЕМО и передаче их на складское хранение – если коли-

чество соответствующих «единиц оборудования» в подразделении КЛУР объективно избыточно. Это, в частности, может позволить освободить место для размещения другого оборудования; в) о передаче ЕМО в другие подразделения КЛУР с целью обеспечения «выравнивания» загрузки медоборудования, более полного удовлетворения потребностей подразделений в МО; г) о необходимости приобретения новых ЕМО для удовлетворения потребностей КЛУР в медицинском обслуживании пациентов; д) о необходимости создания (или изменения объемов) складских запасов расходных материалов, запасных частей для ЕМО; е) о необходимости принятия мер в отношении эксплуатационного персонала, допускающего действия, которые часто приводят к выходу ЕМО из строя; ж) о необходимости изменения графиков использования ЕМО, в том числе для повышения уровней его загрузки; з) о целесообразности принятия мер в отношении сервисного персонала, не обеспечивающего достаточную поддержку эксплуатации ЕМО. Такие меры могут, в частности, включать в себя: административные взыскания; перераспределение сервисных сотрудников между обслуживаемыми ЕМО; наем дополнительных сотрудников; обучение сотрудников необходимым приемам сервисного обслуживания; передача части работ по сервисному обслуживанию ЕМО во внешние организации и пр.

6. Важно отметить, что часть перечисленных мер носит «активный» характер (реакции на складывающиеся ситуации), а часть проактивный, т.е. имеет упреждающий характер.

Выводы. 1. Принятие решений по управлению ЭЭ отдельными единицами медицинского оборудования и в целом парка МО в КЛУР может осуществляться как в четких условиях, так и в нечетких. Это особенно касается приобретения ЕМО для длительного использования в будущий период времени. 2. В принятии решений по управлению ЭЭ МО в КЛУР могут участвовать лица, занимающие разные должности и, в силу этого, выполняющие разные функции (действия) в отношении конкретных ЕМО. 3. При управлении ЭЭ ЕМО помимо повышения их фактической загрузки необходимо учитывать также стоимости использования «единиц оборудования», включая затраты на расходные материалы, сервисное обслуживание и пр. 4. В некоторых случаях повышение ЭЭ ЕМО может обеспечиваться даже использованием отдельных помещений для подготовки к обследованиям мужчин и женщин (в таких помещениях пациенты обычно снимают и одевают верхнюю одежду) – вместо обслуживания их «по группам» с применением единственного помещения. Использование отдельных помещений позволяет сократить паузы между фактическими периодами обследований с применением ЕМО. 5. Имеющиеся компьютеризованные системы учета МО в КЛУР не в полной мере обеспечивают поддержку принятия решений по обеспечению ЭЭ парка оборудования. Это касается, в частности, следующего: недостаточной информационной поддержки приобретения новых ЕМО в отношении оптимального выбора моделей и поставщиков оборудования, предлагающих минимальные цены, вариантов гарантийного обслуживания и пр.; отсутствия компьютеризованных систем, выдающих содержательные рекомендации в текстовой форме.

Библиографический список

1. Амоян Э. Ф. Оптимизация использования медицинского оборудования в лечебно-профилактических учреждениях / Э. Ф. Амоян, В. А. Калинина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11-4. – С. 590–591.
2. Басова Л. А. Разработанная автоматизированная системы учета технического состояния медицинского оборудования / Л. А. Басова, Н. А. Мартынова // Наука и образование в жизни современного общества : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции : в 18 ч. – 2013. – С. 20–23.
3. Билалов Ф. С. Вопросы медико-технического обеспечения диагностических подразделений в медицинских организациях / Ф. С. Билалов, Г. П. Сквирская, Н. Х. Шарафутдинова, Р. А. Аминев, М. А. Шарафутдинов // Дневник казанской медицинской школы. – 2018. – № 1 (19). – С. 60–65.
4. Брумштейн Ю. М. Системный анализ направлений и особенностей информатизации сферы здравоохранения России / Ю. М. Брумштейн, Е. В. Склярченко, А. С. Мальвина, Ю. Ю. Аксенова, А. Б. Кузьмина // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 4. – С. 73–86.
5. Брумштейн Ю. М. Парк медоборудования в медицинских учреждениях: анализ целей и подходов к управлению; состава информации, учитываемой при принятии решений / Ю. М. Брумштейн, Е. В. Пфандер // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 3 (39). – С. 19–35.
6. Брумштейн Ю. М. Управление парком оборудования в российских медицинских учреждениях: технологии принятия и реализации решений, оценки их результативности / Ю. М. Брумштейн, Е. В. Пфандер // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 4 (40). – С. 110–125.
7. Веденеева Л. М. Обеспечение безопасности персонала и пациентов при использовании медицинского электрооборудования / Л. М. Веденеева, К. А. Черный // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2018. – № 6 (200). – С. 111–122.
8. Еняков А. М. Контроль эффективности и безопасности медицинского ультразвукового оборудо-

дования в процессе эксплуатации / А. М. Еняков // Мир измерений. – 2012. – № 12. – С. 10–18.

9. Ермакова А. В. Гарантийные обязательства при закупке медицинского оборудования / А. В. Ермакова // Здоровоохранение. – 2012. – № 3. – С. 58–64.

10. Здоровенкова Е. О. Логистическая поддержка эксплуатации медицинского оборудования / Е. О. Здоровенкова, А. В. Иванова // Логистика и управление цепями поставок. – 2015. – № 5 (70). – С. 69–84.

11. Истомина Т. В. Исследование влияния электромагнитных помех на работу медицинского оборудования: методы устранения / Т. В. Истомина, А. А. Матюнин // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. – 2010. – № 1. – С. 396–399.

12. Какорина Е. П. Оценка оснащённости компьютерным оборудованием медицинских организаций в Российской Федерации / Е. П. Какорина, А. В. Поликарпов, Е. В. Огрызко, Т. Ю. Голубева // Менеджер здравоохранения. – 2015. – № 8. – С. 49–56.

13. Карякин А. А. Электронный реестр учета и эксплуатации медицинского оборудования / А. А. Карякин, О. Е. Карякина, Н. А. Мартынова, А. В. Некрасова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6-3. – С. 400–404.

14. Кириенко В. В. Анализ инструментальных средств для проверки медицинского оборудования / В. В. Кириенко, Е. С. Семенистая, А. В. Максимов // Инженерный вестник Дона. – 2015. – Т. 34, № 1–2. – С. 10.

15. Коновалова Л. В. Аутсорсинг технического обслуживания медицинского оборудования / Л. В. Коновалова // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 5-5. – С. 98–100.

16. Красильников С. В. Автоматизированная система по учету медицинского оборудования / С. В. Красильников, Н. И. Вишняков, А. Г. Кузьмин, Н. А. Мартынова, Т. А. Ермолина, М. Ю. Кордумов // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. – С. 76.

17. Ломовцева К. С. Определение оптимального срока службы медицинского оборудования с помощью асимметричной копулы / К. С. Ломовцева, Г. Р. Тугушева, О. Ю. Кондратьева, Д. В. Терин // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине : материалы Всероссийской школы-семинара. – 2016. – С. 62–65.

18. Муксунов Д. Д. Оценка состояния и эффективности использования медицинского оборудования в учреждениях здравоохранения РФ / Д. Д. Муксунов, Н. В. Саввина // Якутский медицинский журнал. – 2011. – № 3. – С. 51–54.

19. Муксунов Д. Д. Медицинское оборудование: нормативное правовое регулирование, вопросы приобретения и использования : руководство для врачей / Д. Д. Муксунов, Н. В. Саввина, А. Р. Ермолаев ; под ред. Н. В. Саввиной. – Якутск, 2011. – 83 с.

20. Одинцова Т. Н. К вопросу управления снабжением запасными частями для медицинского оборудования в лечебных учреждениях / Т. Н. Одинцова, Н. С. Соколов // Логистика: современные тенденции развития : материалы XIV Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 270–273.

21. Сахабиева Э. В. Методика анализа эксплуатационного цикла медицинского оборудования / Э. В. Сахабиева, Р. А. Газизов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 6–1 (60). – С. 45–48.

22. Сульженко Т. А. Контроль эффективности эксплуатации медицинского оборудования / Т. А. Сульженко, Н. И. Рогинко // Справочник заведующего КДЛ. – 2017. – № 3. – С. 16–26.

23. Тимофеева Т. В. Оборудование для обеззараживания медицинских отходов: программа по импортозамещению в действии / Т. В. Тимофеева, Л. С. Мамонтова, Е. А. Зудинова, А. В. Балакаева // Поликлиника. – 2015. – № 5–2. – С. 44–47.

24. Фрайтаг П. Управление риском применительно к медицинскому оборудованию / П. Фрайтаг // Гений ортопедии. – 2010. – № 3. – С. 155–158.

25. Черепанова Т. Г. Методические подходы к оценке эффективного использования медицинского оборудования / Т. Г. Черепанова, Н. В. Махинова, Л. Н. Зотова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 12-3 (89). – С. 745–751.

26. Шарин В. И. Оценка эффективности использования медицинского оборудования / В. И. Шарин // Вестник АКСОР. – 2011. – № 3. – С. 69–74.

27. Шатилов А. А. Система контроля качества технического и метрологического обслуживания медицинского и лабораторного оборудования / А. А. Шатилов // Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2014. – С. 331–333.

28. Шумак К. Д. Математические методы прогнозирования отказов медицинского оборудования / К. Д. Шумак // Научное обозрение. Технические науки. – 2017. – № 1. – С. 99–101.

29. Kuzovyk V. D. The latest technology in repair of medical diagnostic equipment for the actual technical state / V. D. Kuzovyk, V. L. Kucherenko // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2012. – № 3 (25). – С. 10–14.

References

1. Amoyan E. F., Kalinina V. A. Optimizatsiya ispolzovaniya meditsinskogo oborudovaniya v lechebno-profilakticheskikh uchrezhdeniyakh [Optimization of use of the medical equipment in treatment-and-

prophylactic institutions]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Basic Researches], 2016, no. 11–4, pp. 590–591.

2. Basova L. A., Martynova N. A. Razrabotka avtomatizirovannoy sistemy ucheta tekhnicheskogo sostoyaniya meditsinskogo oborudovaniya [Development of an automated system of accounting of technical condition of the medical equipment]. *Nauka i obrazovanie v zhizni sovremennogo obshchestva : sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii : v 18 chastyakh* [Science and education in life of the modern society : collection of scientific works on materials of the International scientific and practical conference : in 18 parts], 2013, pp. 20–23.

3. Bilalov F. S., Skvirskaya G. P., Sharafutdinova N. Kh., Aminev R. A., Sharafutdinov M. A. Voprosy mediko-tekhnicheskogo obespecheniya diagnosticheskikh podrazdeleniy v meditsinskikh organizatsiyakh [Questions of medico-technical support of diagnostic divisions in the medical organizations]. *Dnevnik kazanskoy meditsinskoy shkoly* [The Diary of the Kazan Medical School], 2018, no. 1 (19), pp. 60–65.

4. Brumshteyn Yu. M., Sklyarenko Ye. V., Malvina A. S., Aksenova Yu. Yu., Kuzmina A. B. Sistemnyy analiz napravleniy i osobennostey informatizatsii sfery zdravookhraneniya Rossii [System analysis of directions and features for informatization of Russia health care sphere]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2013, no. 4, pp. 73–86.

5. Brumshteyn Yu. M., Pfander Ye. V. Park medoborudovaniya v meditsinskikh uchrezhdeniyakh: analiz tseley i podkhodov k upravleniyu; sostava informatsii, uchityvayemyy pri prinyatii resheniy [The equipment stock in Russian medical institutions: the analysis of goals and approaches to administration; as well as information to be used in decision-making]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2017, no. 3 (39), pp. 19–35.

6. Brumshteyn Yu. M., Pfander Ye. V. Upravlenie parkom oborudovaniya v rossiyskikh meditsinskikh uchrezhdeniyakh: tekhnologii prinyatiya i realizatsii resheniy, otsenki ikh rezul'tativnosti [Managing equipment stock in the Russian medical institutions: techniques of decisions making and implementing, evaluating of their effectiveness]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2017, no. 4 (40), pp. 110–125.

7. Vedeneva L. M., Chernyy K. A. Obespechenie bezopasnosti personala i patsientov pri ispolzovanii meditsinskogo elektrooborudovaniya [Ensuring safety of personnel and patients when using medical electric equipment]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [News of South Federal University. Technical Sciences], 2018, no. 6 (200), pp. 111–122.

8. Yenyakov A. M. Kontrol effektivnosti i bezopasnosti meditsinskogo ul'trazvukovogo oborudovaniya v protsesse ekspluatatsii [Control of efficiency and safety of the medical ultrasonic equipment in use]. *Mir izmereniy* [World of measurements], 2012, no. 12, pp. 10–18.

9. Yermakova A. V. Garantiynye obyazatelstva pri zakupke meditsinskogo oborudovaniya [Guarantee certificates when purchasing the medical equipment]. *Zdravookhraneniye* [Health Care], 2012, no. 3, pp. 58–64.

10. Zdorovenkova Ye. O., Ivanova A. V. Logisticheskaya podderzhka ekspluatatsii meditsinskogo oborudovaniya [Logistic support of operation of the medical equipment]. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok* [Logistics and Management of Chains of Deliveries], 2015, no. 5 (70), pp. 69–84.

11. Istomina T. V., Matyunin A. A. Issledovanie vliyaniya elektromagnitnykh pomekh na rabotu meditsinskogo oborudovaniya: metody ustraneniya [Issledovaniye of influence of electromagnetic interferences on operation of the medical equipment: elimination methods]. *Innovatsii na osnove informatsionnykh i kommunikatsionnykh tekhnologiy* [Innovations on the basis of information and communication technologies], 2010, no. 1, pp. 396–399.

12. Kakorina Ye. P., Polikarpov A. V., Ogryzko Ye. V., Golubeva T. Yu. Otsenka osnashchennosti kompyuternym oborudovaniem meditsinskikh organizatsiy v rossiyskoy federatsii [Equipment assessment by a computer hardware of the medical organizations in the Russian Federation]. *Menedzher zdravookhraneniya* [Manager of Health Care], 2015, no. 8, pp. 49–56.

13. Karyakin A. A., Karyakina O. Ye., Martynova N. A., Nekrasova A. V. Elektronnyy reestr ucheta i ekspluatatsii meditsinskogo oborudovaniya [Electronic register of accounting and operation of the medical equipment]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Basic Researches], 2015, no. 6–3, pp. 400–404.

14. Kirienko V. V., Semenistaya Ye. S., Maksimov A. V. Analiz instrumentalnykh sredstv dlya poverki meditsinskogo oborudovaniya [The analysis of work benches for checking of the medical equipment]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [The Engineering Bulletin of Don], 2015, vol. 34, no. 1–2, p. 10.

15. Konvalova L. V. Outsorsing tekhnicheskogo obsluzhivaniya meditsinskogo oborudovaniya [Outsourcing of maintenance of the medical equipment]. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoy nauki* [Theoretical and Application-Oriented Aspects of the Modern Science], 2014, no. 5–5, pp. 98–100.

16. Krasilnikov S. V., Vishnyakov N. I., Kuzmin A. G., Martynova N. A., Yermolina T. A., Kordumov M. Yu. Avtomatizirovannaya sistema po uchetu meditsinskogo oborudovaniya [Automated system on accounting of the medical equipment]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [The Modern Problems of Science and Education], 2011, no. 6, p. 76.

17. Lomovtseva K. S., Tugusheva G. R., Kondratyeva O. Yu., Terin D. V. Opredelenie optimalnogo sroka sluzhby meditsinskogo oborudovaniya s pomo-shchyu asimmetrichnoy kopuly [Determination of optimum service life of the medical equipment with the help of an asymmetrical kopula]. *Metody kompyuternoy diagnostiki v biologii i meditsine – 2016 : materialy Vserossiyskoy shkoly-seminara* [Methods of computer diagnostics in biology and medicine – 2016 : materials of the All-Russian school-seminar]

ogy and medicine – 2016 : materials of the All-Russian seminar school], 2016, pp. 62–65.

18. Muksunov D. D., Savvina N. V. Otsenka sostoyaniya i effektivnosti ispolzovaniya meditsinskogo oborudovaniya v uchrezhdeniyakh zdravookhraneniya RF [Assessment of a status and efficiency of use of the medical equipment in healthcare institutions of the Russian Federation]. *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal* [Yakutsk Medical Journal], 2011, no. 3, pp. 51–54.

19. Muksunov D. D., Savvina N. V. (ed.), Yermolaev A. R. *Meditsinskoe oborudovanie: normativnoe pravovoe regulirovanie, voprosy priobreteniya i ispolzovaniya : rukovodstvo dlya vrachey* [Medical equipment: normative legal regulation, questions of acquisition and a use : manual for doctors]. Yakutsk, 2011. 83 p.

20. Odintsova T. N., Sokolov N. S. K voprosu upravleniya snabzheniem zapasnymi chastyami dlya meditsinskogo oborudovaniya v lechebnykh uchrezhdeniyakh [To a question of control of supply with spare parts for the medical equipment in medical institutions]. *Logistika: sovremennyye tendentsii razvitiya : materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Logistics: the current trends of development : materials XIV of the International scientific and practical conference], 2015, pp. 270–273.

21. Sakhabieva E. V., Gazizov R. A. Metodika analiza ekspluatatsionnogo tsikla meditsinskogo oborudovaniya [Analysis technique of an operational cycle of the medical equipment]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], 2017, no. 6-1 (60), pp. 45–48.

22. Sulzhenko T. A., Roginko N. I. Kontrol effektivnosti ekspluatatsii meditsinskogo oborudovaniya [Control of efficiency of operation of the medical equipment]. *Spravochnik zaveduyushchego KDL* [Reference Book of KDL Manager], 2017, no. 3, pp. 16–26.

23. Timofeeva T. V., Mamontova L. S., Zudinova Ye. A., Balakaeva A. V. Oborudovanie dlya obezzarazhivaniya meditsinskikh otkhodov: programma po importozameshcheniyu v deystvii [Equipment for disinfecting of medical waste: program for import substitution in operation]. *Poliklinika* [Policlinic], 2015, no. 5-2, pp. 44–47.

24. Fraytag P. Upravlenie riskom primenitelno k meditsinskomu oborudovaniyu [Management of risk in relation to the medical equipment]. *Geniy ortopedii* [The Genius of Orthopedics], 2010, no. 3, pp. 155–158.

25. Cherepanova T. G., Makhinova N. V., Zotova L. N. Metodicheskie podkhody k otsenke effektivnogo ispolzovaniya meditsinskogo oborudovaniya [Methodical approaches to assessment of effective use of the medical equipment]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and business], 2017, no. 12-3 (89), pp. 745–751.

26. Sharin V. I. Otsenka effektivnosti ispolzovaniya meditsinskogo oborudovaniya [Assessment of efficiency of use of the medical equipment]. *Vestnik AKSOR* [Bulletin of AKSOR], 2011, no. 3, pp. 69–74.

27. Shatilovich A. A. Sistema kontrolya kachestva tekhnicheskogo i metrologicheskogo obsluzhivaniya meditsinskogo i laboratornogo oborudovaniya [The system of quality control of technical and metrological service of the medical and laboratory equipment]. *Novye tekhnologii – neftegazovomu region : materialy Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [New technologies – to the oil and gas region : materials of the scientific and practical conference of students, All-Russian with the international participation, graduate students and young scientists], 2014, pp. 331–333.

28. Shumak K. D. Matematicheskie metody prognozirovaniya otkazov meditsinskogo oborudovaniya [Mathematical methods of failure prediction of the medical equipment]. *Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki* [Scientific review. Technical science], 2017, no. 1, pp. 99–101.

29. Kuzovik V. D., Kucherenko V. L. The latest technology in repair of medical diagnostic equipment for the actual technical state. *Informatsiyni tekhnologii ta kompyuterna inzheneriya* [Information Technologies and Computer Engineering], 2012, no. 3 (25), pp. 10–14.