

УДК [004.3+004.4]:697

УПРАВЛЕНИЕ ПАРКОМ ОБОРУДОВАНИЯ В РОССИЙСКИХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ: ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ, ОЦЕНКИ ИХ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ

Статья поступила в редакцию 20.11.2017, в окончательном варианте – 18.02.2018.

Брумштейн Юрий Моисеевич Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,

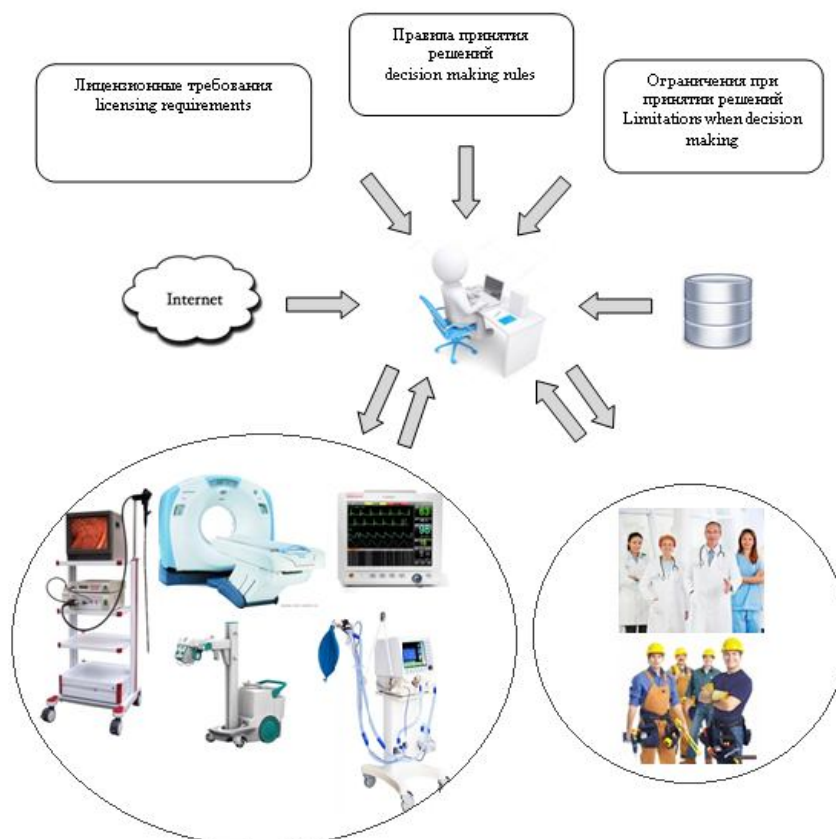
кандидат технических наук, доцент, ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0016-7295>;
https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=280533; e-mail: brum2003@mail.ru

Пфандер Екатерина Владимировна, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
магистрант, e-mail: katerina.pfander@yandex.ru

Обосновано, что принятие и реализация решений, связанных с управлением парком оборудования в медицинских учреждениях (МУ) играет важную роль в обеспечении их деятельности, поддержке конкурентоспособности на рынке медицинских услуг. Выделены пять основных категорий «объектов управления» по теме настоящей статьи: оборудование, используемое в МУ и технические средства (ресурсы) обеспечения его эксплуатации; программные средства; информационные ресурсы; персонал, связанный с приобретением, эксплуатацией и сервисным обслуживанием оборудования в МУ; нормативно-правовая база деятельности МУ в целом, а также их подразделений и отдельных специалистов, осуществляющих эксплуатацию и сервисное обслуживание оборудования. Для каждой из этих категорий структура подкатегорий представлена в иерархической форме. Указаны особенности подкатегорий, определяемые спецификой деятельности МУ различных типов. Выделены такие виды управления: техническое, информационное (информационный менеджмент), финансово-экономическое, нормативно-юридическое, организационное, административное. Показана специфика этих видов управления в МУ, особенности ограничений по ресурсам, учитываемых в рамках такого управления. Рассмотрена также структура рисков, связанных с принятием и практической реализацией решений, связанных с управлением парком оборудования в МУ.

Ключевые слова: медицинские учреждения, парк оборудования, виды управления, технологии управления, ограничения при управлении, информационные ресурсы, базы данных, персонал, информационные технологии, поддержка принятия решений, риск-менеджмент, тайм-менеджмент, управление проектами

Графическая аннотация (Graphical annotation)



**MANAGING EQUIPMENT STOCK IN THE RUSSIAN MEDICAL INSTITUTIONS:
TECHNICS OF DECISIONS MAKING AND IMPLEMENTING, EVALUATING
OF THEIR EFFECTIVENESS**

The article was received by editorial board on 20.11.2017, in the final version – 15.02.2018.

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

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

Pfander Ekaterina V., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

graduate student, e-mail: katerina.pfander@yandex.ru

It is proved that making and implementing decisions connected with equipment stock management in medical institutions (MI) plays an important role in ensuring their activity as well as in supporting their competitive abilities on the market of medical services. There are five main categories of “facilities under management” in accordance with the theme of the article: equipment used in medical institutions and technical sources for providing its exploitation; software; information resources; personnel connecting with purchasing, exploitation and maintenance service of the equipment in medical institutions; legal and regulatory framework of NI activity in general as well as its units and separate specialists, carrying out exploitation and maintenance service of the equipment. For each of these categories there is system of subcategories which is presented as a hierarchy. There are particulate features of the subcategories, determined by the sphere of MI activity of different types. The following types of management are distinguished: technical, information (information management), financial and economic, legal and regulatory, organization and administration management. There were demonstrated the particular features of these types of MI management as well as those features of limitations on resources, taken into account in frames of such management. There was also considered the system of risks, connected to making and implementing decisions connected with equipment stock management in MI.

Keywords: medical institutions, equipment stock, types of management, management techniques, management limitations, information resources, data bases, personnel, information technologies, supporting decision making, risk management, time management, project management

Важнейшую роль в обеспечении качества и результативности деятельности большей части медицинских учреждений (МУ) России играет парк оборудования (ПО) и, прежде всего, парк медицинского оборудования (МО) [28, 29, 38]; организация использования парка МО (ПМО) [2, 4, 6, 8, 43], обеспечения его запасным имуществом и принадлежностями (ЗИП), расходными материалами (РМ), сервисным обслуживанием (СО). Эти вопросы достаточно важны и для других стран [39]. Поэтому актуален анализ рациональности и результативности технологий, методов, практических приемов (ТМПП) принятия и реализации решений (ПРР) по управлению ПО в МУ; совершенствования этих ТМПП – в т.ч. за счет использования современных информационно-телекоммуникационных технологий (ИТКТ) [13, 20]. Имеющиеся работы общего характера по «принятию и реализации решений» (ПРР), например, [1], не в полной мере учитывают специфику управления ПО в МУ. Поэтому цель настоящей статьи – комплексный анализ ТМПП для процессов ПРР, связанных с управлением ПО (УПО) в МУ, прежде всего – управления ПМО. Результаты такого анализа обеспечат основу совершенствования указанных ТМПП – в т.ч. с использованием ИТКТ, компьютерных баз данных (БД), систем поддержки ПРР.

Общие вопросы управления парком оборудования в МУ. Задачи УПО в МУ могут рассматриваться с позиций различных групп юридических и физических лиц [6, 10, 11, 24–26], включая руководство и персонал МУ (бюджетных и коммерческих); пациентов МУ (реальных и потенциальных); органов управления бюджетным здравоохранением; органов государственного и муниципального управления; контрольных органов и др.

Мы рассмотрим задачи УПО в МУ по трем основным направлениям: категории «управляемых объектов»; виды УПО; категории лиц, участвующих в УПО и номенклатура принимаемых ими решений.

Исходя из соображений «необходимости и достаточности», мы выделим пять «категорий объектов» УПО. (К1) Оборудование, используемое в МУ и технические средства (ресурсы) обеспечения его эксплуатации. (К2) Программные средства (ПС), в т.ч. используемые непосредственно на единицах МО. (К3) Информационные ресурсы, в т.ч. связанные с эксплуатируемыми единицами МО и теми видами оборудования, которые могут быть приобретены для использования в МУ [17, 30] с учетом существующих регламентирующих документов [35]. (К4) Персонал, связанный с приобретением, эксплуатацией и СО оборудования в МУ [31]. (К5) Нормативно-правовая база (законы, уставы, приказы, распоряжения, договора, должностные инструкции персонала и пр.) деятельности МУ в целом, их подразделений и отдельных специалистов, осуществляющих эксплуатацию и СО оборудования в МУ.

Подчеркнем, что в целом совокупность указанных объектов категорий К1...К5 представляет собой сложную социотехническую систему [1]. Управление ей осуществляется в нечетких условиях, при наличии различного рода неопределенностей и рисков. Ниже для каждой из перечисленных выше категорий К1...К5 будут выделены и более подробно рассмотрены подкатегории в виде иерархических структур.

Применительно к перечисленным выше категориям объектов, мы будем исследовать следующие «виды» управления: техническое, информационное (информационный менеджмент), финансово-экономическое, нормативно-юридическое, организационное, административное. Кроме того, как особые виды управления целесообразно рассматривать «риск-менеджмент», «тайм-менеджмент», «управление ресурсами». Интегрирующим средством для трех последних видов управления принято считать «методологию управления проектами». Для поддержки использования этой методологии существуют многочисленные программные средства (ПС), устанавливаемые на ПЭВМ, на сервера локальных сетей, применяемые по модели SaaS в дистанционной форме [7]. Есть также определенный опыт использования этой методологии в сфере здравоохранения.

На практике ряд решений по управлению перечисленными выше категориями объектов являются комплексными; включают в себя сочетания компонентов, относящихся к различным видам управления. При этом учитываются различные виды ограничений: финансово-экономических, нормативно-юридических, технического характера; в отношении сроков реализации решений; по уровням допустимых рисков принятия и реализации решений [41, 44] и пр. Отметим, что управление эффективностью эксплуатации МО [37] включает в себя ряд направлений, в т.ч. поддержку необходимого уровня его эксплуатационной готовности в рабочее время.

Под техническим управлением будем понимать принятие и реализацию решений «технического характера» в отношении объектов категорий «К1» и «К2», а также (с некоторыми оговорками) и «К3». Эти решения могут быть полностью регламентированными – например, в отношении видов/сроков проведения СО единиц МО (ЕМО) по инструкциям; частично регламентированными; не регламентированными.

Примем, что информационное управление включает следующее.

(и1) Формирование «информационной среды» (ИС), в рамках которой принимаются и реализуются решения, связанные с оборудованием – эксплуатируемым и тем, которое может быть приобретено [17, 35]. Ниже мы будем понимать под ИС совокупность единиц информации, используемых при принятии и реализации решений, связанных с УПО.

Возможны два основных типа ИС. А) Общая для руководства МУ и его подразделений, отдельных специалистов МУ. Б) «Дифференцированная» для руководства МУ и специалистов по оборудованию. Достоинство варианта «А»: унифицированная информационная база для принятия и реализации решений. Преимущество варианта «Б»: более полная информационная поддержка деятельности специалистов, непосредственно связанных с приобретением, эксплуатацией и СО оборудования (без перегрузки руководства МУ излишней информацией).

Информация об оборудовании может поступать в МУ по различным каналам, как «коммерческие предложения» от фирм-поставщиков на адреса МУ. Обычно такие предложения передаются из канцелярий руководителям МУ, а последние перенаправляют их профильным специалистам.

(и2) Обеспечение достоверности информации, используемой для формирования ИС, в т.ч. в отношении стоимостных характеристик МО, его эксплуатационной надежности, удобства эксплуатации и пр.

(и3) Своевременная актуализация информации: по оборудованию, в т.ч. в отношении поставщиков МО, номенклатуры предлагаемого МО, его стоимостей, условий поставок и пр.; по условиям СО оборудования; по условиям обеспечения его оборудования запасным имуществом и принадлежностями (ЗИП) [32] и РМ.

(и4) Обеспечение накопления поступающей в МУ информации по поставкам оборудования, в т.ч. в компьютерных БД; ее рациональной структуризации; возможностей ее селективного выбора по запросам к БД.

(и5) Формирование и обеспечение удобных возможностей для накопления и использования информации по оборудованию, эксплуатируемому в МУ, включая графики его использования; возможности расширения «временных рамок» применения для оказания медицинских услуг пациентам МУ; выделения «окон» для проведения СО и пр.

(и6) Создание необходимых условий для распространения (в т.ч. доведения до конкретных специалистов) информации, значимой для целей УПО в МУ – включая снабжение его ЗИП [32] и РМ; обеспечение безопасных и удобных условий эксплуатации.

(и7) Создание благоприятных условий для обсуждения (оценки) информации, связанной с оборудованием, для руководителей подразделений МУ, эксплуатационного и сервисного персонала.

(и8) Формирование целесообразного (для МУ) отношения персонала к восприятию поступающей информации по оборудованию, оценкам этой информации, ее использованию для принятия и реализации решений.

Таким образом, информационное управление по пунктам «и1...и8» мы считаем «направленным» в основном на две категории объектов «персонал» (К4) и «информационные ресурсы» (К3).

(и9) Обеспечение известности услуг МУ (в т.ч. в отношении располагаемого МО) для потенциальных пациентов и юридических лиц. Для решения этой задачи могут использоваться сайты МУ; технологии их «информационного продвижения» в интернет-пространстве.

(и10) Создание благоприятного имиджа медицинских услуг МУ в информационном пространстве, в т.ч. за счет следующих мер: своевременного размещения на сайтах сведений о деятельности МУ и квалификации его персонала, о располагаемом оборудовании; мониторинга отзывов пациентов об услугах МУ (в т.ч. в отношении рациональности использования МО); своевременных реакций МУ на эти отзывы.

Финансово-экономическое управление направлено на категории объектов К1...К4. При этом распределение общего объема средств между этими категориями может быть регламентировано – например, в рамках смет расходов. По крайней мере, для коммерческих МУ, при временном недостатке средств для УПО могут браться кредиты.

Остальные виды управления достаточно подробно описаны в существующей литературе по менеджменту. Однако для объектов категорий К1...К5 эти виды управления в МУ имеют определенную специфику.

Управление объектами категорий К1...К5 должно носить согласованный характер, в т.ч. по используемым ресурсам, по срокам, по соответствию сложности оборудования и квалификации эксплуатационного и сервисного персонала. Для каждого из возможных сочетаний «категория (или подкатегория) объектов управления – вид управления» представляет интерес следующее. (1) Технологии принятия решений различными группами юридических и физических лиц. (2) Технологии реализации решений, принятых внутри МУ и/или вышестоящими инстанциями. (3) Методы оценки целесообразности продолжения реализации решений при появлении новой информации, которая не была учтена при первоначальном принятии решений. Например, это может быть информация о разработке новых медицинских технологий, о корректировке существующих стандартов диагностики и лечения, о появлении новых регламентирующих документов и пр. (4) Подходы к оценкам результативности реализованных решений, связанных с оборудованием МУ. Результативность может оцениваться сразу после реализации решений; через несколько лет после их реализации; после завершения эксплуатации соответствующих ЕМО.

Переходим к более подробному анализу категорий объектов.

Оборудование, используемое в МУ, и технические средства (ресурсы) обеспечения его эксплуатации. Для «К1» выделим такие подкатегории. (К1-1) МО различного функционального назначения [3, 9, 15, 27], включая вспомогательное. (К1-2) Средства обеспечения МО электропитанием надлежащего качества, включая характеристики его стабильности. (К1-3) Контрольно-диагностическое оборудование, инструменты и принадлежности для СО ПО в МУ. (К1-4) Аппаратно-технические средства управления микроклиматом, чистотой воздуха [40] и освещенностью в помещениях МУ: кондиционеры, устройства очистки воздуха, отопления, вентиляции, искусственного освещения, снижения внешней засветки помещений и пр. (К1-5) Средства защиты помещений и размещенного в них оборудования от вибраций. (К1-6) Средства защиты от внешних электромагнитных излучений, а также от утечек электромагнитных излучений, порождаемых работающим МО [14], компьютерным оборудованием. (К1-7) Сетевое компьютерное и телекоммуникационное оборудование. (К1-8) Пожарно-охранная сигнализация. (К1-9) Системы видеонаблюдения, системы контроля и управления доступом в здания, помещения и пр. (К1-10) Системы автоматизированного контроля прав персонала на использование (эксплуатацию) оборудования.

Программные средства. Подкатегории для категории «К2».

(К2-1) ПС, используемое в составе оборудования (включая МО) – например, в рентгеновских томографах; цифровых рентгеновских аппаратах; аппаратах УЗИ – особенно экспертного класса и пр. Специфика ПС для этих видов МО: они индивидуальны для оборудования разных производителей, а иногда и разных моделей МО одного производителя; часто такие ПС имеют модульную структуру, причем отдельные модули могут приобретаться по мере необходимости; для приобретенных ранее ПС могут выпускаться обновления, в т.ч. для обеспечения совместимости с вновь разработанными операционными системами на серверах МУ и ПЭВМ при эксплуатации медицинских информационных систем (МИС).

(К2-2) ПС для мониторинга условий (режимов) работы оборудования в МУ в реальном времени, в т.ч. в рамках систем диспетчеризации и автоматизированного управления МУ [25]; контроля и учета работоспособности оборудования [5, 21, 22, 36]; контроля параметров микроклимата в помещениях [25, 40]; контроля доз облучения персонала [23] и пр.

(К2-3) ПС для учета единиц оборудования в МО: их технического состояния, мест эксплуатации, объемов использования, фактов и результатов технического обслуживания оборудования, проведения его метрологических поверок [16] и др. Отметим еще необходимость учета наличия в единицах оборудования драгметаллов [34]. По действующим правилам детали, содержащие драгметаллы, должны извлекаться при разборке оборудования и сдаваться в специализированные организации.

(К2-4) ПС, используемое для учета складских запасов ЗИП и РМ для эксплуатируемого в МУ оборудования, а также оформленных МУ заказов на приобретение этих категорий объектов.

(К2-5) Специализированные ПС для организации информационных взаимосвязей единиц оборудования друг с другом (в рамках комплексов оборудования) и с МИС МУ.

(К2-6) Специализированные ПС, предназначенные для следующих целей: обеспечения информационной безопасности при эксплуатации ЕМО и их комплексов; контроля и управления доступом в по-

мещения, где эксплуатируется МО; контроля прав на выполнение операций по настройке единиц МО и их комплексов, выполнению на МО сервисных операций; для обеспечения работы пожарной и охранной сигнализации, систем видеонаблюдения и оповещения о возникновении нештатных ситуаций; контроля показателей качества электроэнергии, поступающей в МУ от внешних источников электропитания.

Информационные ресурсы. Для категории «К3» выделим следующие подкатегории. (К3-1) Сведения, относящиеся к оборудованию, уже эксплуатируемому в МУ (в т.ч. к встроенным в него ПС). Информацию о техническом состоянии ЕМО, интенсивности их эксплуатации и пр. целесообразно хранить в компьютерных БД. (К3-2) Сведения по оборудованию, доступному для приобретения [17, 35] или получения в аренду, в т.ч. с правом последующего выкупа (лизинг) [24]. К «К3-2» отнесем следующее: информационно-рекламные материалы производителей и/или поставщиков оборудования; отзывы специалистов об оборудовании в Интернете (прежде всего, о его надежности и удобстве эксплуатации, ресурсоемкости, потребностях в СО); результаты испытаний оборудования в независимых тестовых центрах и пр. (К3-3) Сведения о возможностях и условиях приобретения ЗИП [32] и РМ к оборудованию, включая и не оригинальные РМ независимых производителей. (К3-4) Сведения о доступных обновлениях ПС; о дополнительных модулях ПС для оборудования, предлагаемых разработчиками. (К3-5) Информация о технологиях и практике использования оборудования, которое применяется (или может применяться) в МУ. (К3-6) Информация о внешних организациях и специалистах, которые могут осуществлять СО оборудования, имеют соответствующие лицензии (сертификаты) на право такого обслуживания; сведения об условиях выполнения ими таких работ. Отметим, что в Москве и Санкт-Петербурге для МУ может быть экономически выгоднее привлекать для СО высокотехнологичного (дорогостоящего) МО иногородних специалистов, имеющих необходимую квалификацию и лицензии (сертификаты).

Персонал, связанный с процессами приобретения, эксплуатации и сервисного обслуживания оборудования в медучреждениях. Выделим для категории «К4» подкатегории объектов. (К4-1) Руководство МУ. (К4-2) Заведующие диагностическими центрами МУ и иными функциональными подразделениями. (К4-3) Специалисты, связанные с приобретением оборудования для МУ, в т.ч. с составлением тендерных заявок, проведением торгов на поставки оборудования и пр. [35]. Это могут быть не только технические специалисты, но и юристы, сотрудники отделов договоров, экономических служб и пр. (К4-4) Специалисты, непосредственно эксплуатирующие оборудование (прежде всего МО), – эксплуатационный персонал. (К4-5) Лица, несущие материальную ответственность за оборудование в подразделениях – в большинстве МУ это обычно старшие медсестры. (К4-6) Сервисный персонал самих МУ – прежде всего, обслуживающий МО, особенно сложное/дорогостоящее. (К4-7) Специалисты сервисных центров производителей оборудования, обслуживающие технику МУ по основной и/или продленной гарантии [19]. (К4-8) Руководители и специалисты других типов внешних организаций, выполняющих послегарантийное обслуживание оборудования МУ в порядке аутсорсинга. (К4-9) Персонал организаций, осуществляющих продажи (поставки) оборудования в МУ, а также информационно-рекламную поддержку таких поставок. (К4-10) Независимые консультанты (специалисты по оборудованию), услуги которых могут использоваться МУ при выборе приобретаемого оборудования. (К4-11) Специалисты проектных организаций, в т.ч. осуществляющих проектирование новых и реконструкции действующих корпусов МУ и др. При таком проектировании могут решаться и вопросы номенклатуры МО, его размещения и пр. (К4-12) Специалисты служб, обеспечивающих соблюдение мер техники безопасности при эксплуатации МО; санитарно-гигиенических норм по размещению этого оборудования в зданиях МУ, соблюдению условий его эксплуатации. (К4-13) С серьезными оговорками – специалисты банковских организаций, осуществляющих кредитование МУ (а иногда и муниципальных образований) для приобретения оборудования.

Нормативно-правовая база деятельности МУ, их подразделений и отдельных специалистов. Для категории «К5» выделим такие подкатегории. (К5-1) Уставы МУ или иные правовые документы, являющиеся юридической основой их деятельности. (К5-2) Законы и иные нормативные документы внешне-го по отношению к МУ характера: федеральные законы, ведомственные документы, региональные нормативные акты. (К5-3) Приказы, распоряжения и аналогичные документы вышестоящих для МУ организаций. (К5-4) Лицензии, полученные МУ на право осуществления соответствующих видов медицинской деятельности. Выдача таких лицензий обычно прямо увязывается с наличием в МУ необходимых видов МО; специалистов соответствующего профиля и квалификации, способных эксплуатировать это МО. (К5-5) Договора МУ с внешними организациями, в т.ч. на поставку оборудования, его монтаж, пуско-наладочные работы, СО, поставку ЗИП [32] и РМ к оборудованию. (К5-6) Внутренние приказы, распоряжения, положения о подразделениях, иные документы МУ. (К5-7) Должностные инструкции персонала МУ, включая сервисный персонал. (К5-8) Лицензии на право обслуживания видов МО у сервисного персонала МУ. Получение этих лицензий может увязываться не только с наличием базового профильного образования и опыта работы, но и с прохождением специальных курсов профессиональной переподготовки и/или повышения квалификации. Кроме того, к МУ могут выдвигаться требования по наличию контрольно-диагностического оборудования, предоставлению возможностей использования Интернета для дистанционного мониторингова-

ния условий эксплуатации ЕМО. (K5-9) Наличие лицензий на право обслуживания оборудования у сервисных организаций, привлекаемых МУ в порядке аутсорсинга. (K5-10) Разрешения на право эксплуатации оборудования в МУ со стороны органов санитарно-эпидемиологического надзора; государственного пожарного надзора; органов, контролирующего соблюдение условий техники безопасности и пр. (K5-11) Разрешения на право эксплуатации оборудования (включая МО и контрольно-диагностическое оборудование) со стороны органов метрологического контроля.

Ниже более подробно рассматриваются некоторые задачи «технического управления», связанные с оборудованием МУ. Задачи, относящиеся к другим видам управления, планируется исследовать в других работах.

Общая постановка задачи управления эксплуатационной готовностью единицы МО. Для простоты рассмотрим задачу управления эксплуатационной готовностью отдельной ЕМО для периода времени продолжительностью $T^{(1)}$. Примем, что коэффициент эксплуатационной готовности (КЭГ) Ω данной ЕМО определяется формулой

$$\Omega = 1 - (T^{(1N)} / T^{(1)}), \quad (1)$$

где $T^{(1N)}$ – суммарная длительность нахождения рассматриваемой ЕМО в неработоспособном состоянии за период времени $T^{(1)}$ (из-за проведения техобслуживания, по причинам поломок, из-за отсутствия ЗИП, РМ и пр.). Примем, что положительный эффект от эксплуатации этой ЕМО ($P^{(1)}$) за период времени $T^{(1)}$ определяется функцией

$$P^{(1)} = f^{(1p)}(\Omega), \quad (2)$$

а расходы на поддержание эксплуатационной готовности ЕМО по

$$R^{(1)} = f^{(1r)}(\Omega). \quad (3)$$

В расходы мы включаем то, что относится к управлению складскими запасами РМ и ЗИП для ЕМО; необходимые затраты на обеспечение необходимых условий эксплуатации ЕМО, на обеспечение квалификации эксплуатационного и сервисного персонала.

Функции $f^{(1p)}(\Omega)$ и $f^{(1r)}(\Omega)$ – нелинейные. Для отдельных МУ и ЕМО вид этих функций может быть определен экспертно, в т.ч. с учетом «загрузки» ЕМО. При этом необходимо учитывать, что конкретное ЕМО может использоваться не автономно, а быть необходимым элементом в технологической цепочке выполнения медицинских операций.

Тогда оптимальное значение Ω соответствует максимуму величины

$$\Psi = f^{(1p)}(\Omega) - f^{(1r)}(\Omega). \quad (4)$$

В большинстве случаев функция $\Psi = \Psi(\Omega)$ имеет единственный максимум.

Величина $T^{(1N)}$ может включать в себя ряд компонент, соответствующих различным причинам неработоспособности ЕМО

$$T^{(1N)} = T_1^{(1N)} + T_2^{(1N)} + T_3^{(1N)} + T_4^{(1N)} + T_5^{(1N)}, \quad (5)$$

где $T_1^{(1N)}$ – суммарная продолжительность (СП) планового СО ЕМО в рабочее время, во время которого ЕМО нельзя использовать (считаем, что проведение СО вне рабочего времени не увеличивает $T_1^{(1N)}$); $T_2^{(1N)}$ – СП метрологического обслуживания ЕМО в рабочее время; $T_3^{(1N)}$ – СП нахождения ЕМО в неработоспособном состоянии в рабочее время из-за аварийного выхода из строя; $T_4^{(1N)}$ – тоже из-за отсутствия РМ к ЕМО; $T_5^{(1N)}$ – тоже из-за отсутствия необходимых ЗИП к ЕМО, что не позволяет восстановить ее работоспособность. Сделаем ряд примечаний к компонентам формулы (5).

Возможности управления величинами $T_1^{(1N)}$ и $T_2^{(1N)}$ в рамках планирования графика техобслуживания [33] обычно достаточно ограничены. Величину $T_3^{(1N)}$ можно регулировать за счет таких мер: расходов на обеспечение квалификации эксплуатационного и сервисного персонала МУ; управления продолжительностью «жизненного цикла» ЕМО, в т.ч. за счет закупки нового оборудования [17] на замену существующему (оборудование, находящееся в эксплуатации сверх паспортных сроков обычно имеет повышенную аварийность); оптимизации графиков эксплуатации оборудования [33]; рационального выделения средств на обеспечение надлежащих условий эксплуатации ЕМО и пр.

Величинами $T_4^{(1N)}$ и $T_5^{(1N)}$ можно управлять в основном двумя способами: за счет изменения величин складских запасов РМ и ЗИП; путем управления продолжительностями поставок РМ и ЗИП после

их оплаты (за счет выбора поставщиков и/или средств доставки). Второе направление при наличии уверенности в сроках поставок позволяет работать с меньшими складскими запасами в МУ. При этом мы для простоты предполагаем, что у всех поставщиков качество РМ и ЗИП одинаковое – с точки зрения влияния на КЭГ и длительность «жизненного цикла» ЕМО.

Обычно имеется общий пул финансовых средств, предназначенных для поддержки КЭГ ЕМО на оптимальном уровне. Поэтому распределение расходов между управлением компонентами $T_3^{(1N)}$, $T_4^{(1N)}$, $T_5^{(1N)}$ в общем случае может рассматриваться как оптимизационная задача (иными словами, такое управление должно быть согласованным).

Управление запасами расходных материалов для имеющегося (эксплуатируемого) оборудования в МУ. При управлении объемами складских запасов РМ для оборудования МУ, необходимо учитывать следующее. 1) Жесткие ограничения сроков использования многих видов РМ по отношению к моментам их выпуска. Следствия: в случае не использования хранимых РМ до истечения предельных сроков они подлежат утилизации – это требует дополнительных расходов, документального оформления и пр.; при закупках РМ необходимо учитывать не только их стоимости, но и оставшееся допустимое время хранения до использования (при закупках по тендерам минимальное оставшееся время, как правило, специально оговаривается). 2) Наличие особых требований к условиям хранения (по температурному режиму, влажности и пр.) в МУ по крайней мере для части РМ. Следствия: в МУ должны быть обеспечены достаточные «складские емкости» с надлежащими условиями хранения; эксплуатация этих емкостей требует специальных расходов на поддержание необходимых тепло-влажностных режимов в помещениях, камерах холодильников и пр. (иными словами, хранение РМ также требует расходов – на электроэнергию, СО оборудования и пр.). 3) Наличие неопределенностей при оценках потребностей МУ в объемах использования РМ по месяцам – в т.ч. связанных с изменениями объемов использования МО. 4) Неопределенности в отношении сроков получения заказанных (и оплаченных) РМ для эксплуатируемого оборудования. Таким образом, рассматриваемая задача относится к классу «управление запасами», но постановка ее достаточно специфическая по сравнению со стандартными [12, 18, 42, 45].

Математическую модель задачи управления запасами определенного вида РМ в МУ за период времени $T^{(1)}$ запишем так

$$\Theta_{\rightarrow \max}^{(1)} = U_p^{(1)} - Z_b^{(1)} - Z_x^{(1)} - Z_d^{(1)} - Z_m^{(1)}, \quad (6)$$

где $U_p^{(1)}$ – предотвращенный ущерб, связанный с невозможностью использования единицы (или единиц) МО из-за отсутствия РМ, нужных для выполнения медицинских операций (манипуляций); $Z_b^{(1)}$ – затраты на приобретение РМ; $Z_x^{(1)}$ – затраты на хранение РМ, включая обеспечение необходимых тепло-влажностных режимов, мер по исключению несанкционированного доступа к РМ, коммунальных платежей за эксплуатацию помещений и пр.; $Z_d^{(1)}$ – вероятные потери рассматриваемого вида РМ в процессе хранения, в т.ч. из-за нарушений тепло-влажностных режимов хранения, истечения предельных сроков использования РМ с момента их выпуска и пр.; $Z_m^{(1)}$ – финансовые потери, связанные с невозможностью использования («омертвлением») средств, вложенных в складские запасы данного вида РМ, а также РМ, которые уже оплачены, но еще не поступили на склад.

Понятно, что $Z_m^{(1)}$ не пропорционально $Z_b^{(1)}$, в т.ч. из-за необходимости поддержания на складах МУ некоторых минимальных остатков, обеспечивающих удовлетворение заявок подразделений МУ на РМ с заданным уровнем обеспеченности (например, 95 %) в условиях колебаний потребностей в РМ, изменениях сроков поставок РМ и пр.

Задачу управления объемами складских запасов конкретного РМ можно рассматривать минимум в двух направлениях: в отношении среднего объема складских запасов ($\bar{V}^{(1)}$) данного РМ; для величины колебаний запасов вокруг этого среднего значения, оцениваемого, например, по среднеквадратичному отклонению ($\sigma^{(1)}$) по отношению к среднему значению.

Рост $\bar{V}^{(1)}$ в общем случае будет увеличивать $U_p^{(1)}$ – за счет снижения вероятности того, что будет невозможно использовать соответствующую ЕМО (или нескольких ЕМО – если для них используются одинаковые РМ). При этом зависимость $U_p^{(1)} = f_3(\bar{V}^{(1)})$ носит нелинейный характер.

Однако при увеличении $\bar{V}^{(1)}$ в формуле (6) будут возрастать по модулю и слагаемые $Z_x^{(1)}$, $Z_d^{(1)}$, $Z_m^{(1)}$. Поэтому при фиксированном $\sigma^{(1)}$ должно быть некоторое оптимальное $\bar{V}^{(1)}$. Снижение по модулю $Z_d^{(1)}$ возможно за счет приобретения РМ с большими оставшимися сроками хранения до момента

их использования (при этом закупочная стоимость РМ от этих сроков обычно не зависит или зависит слабо). Закупочная цена единицы РМ иногда может зависеть и от размера закупаемой партии – за счет оптовых скидок при больших объемах закупок. Как правило, МУ закупают РМ только партиями (минимальный размер партии обычно ограничивается – ради снижения расходов по доставке; по правилам поставщиков и пр.).

Колебания складских запасов вокруг $\bar{V}^{(1)}$ (т.е. рост $\sigma^{(1)}$) могут определяться такими причинами: изменением потребностей в РМ из-за колебаний объемов медобслуживания граждан; разброса длительностей поставок РМ в МУ (особенно иногородними поставщиками). В общем случае рост $\sigma^{(1)}$ будет снижать величину $U_p^{(1)}$, в т.ч. из-за снижения уровня обеспеченности поступающих от подразделений МУ заявок складскими запасами и, как следствие, увеличения вероятности простоя ЕМО.

В практике деятельности МУ обычно стараются поддерживать запасы конкретного j -ого вида РМ в интервале от $V_j^{(\min)}$ до $V_j^{(\max)}$. Более низкие запасы могут существенно снижать КЭГ, а более высокие – необоснованно омертвлять большие объемы оборотных средств.

Комплексную оценку нерациональности складских запасов по совокупности J видов РМ в момент времени t можно дать по формуле

$$Z_t = \sum_{j=1}^J f_j^*(V_j^{(fact,t)}), \quad (7)$$

где Z_t – сумма функций штрафа (для определенности – в рублях) по всем J видам РМ в момент t в расчете на единицу времени (например, на сутки); $V_j^{(fact,t)}$ – фактический объем складских запасов j -ого РМ в момент t ; $f_j^*(\cdot)$ – нелинейные функции штрафа для каждого из J видов РМ. Примем, что $f_j^*(V_j^{(fact,t)}) = 0$ при $V_j^{(\min)} \leq V_j^{(fact,t)} \leq V_j^{(\max)}$, причем рост штрафных функций идет быстрее при $V_j^{(fact)} \leq V_j^{(\min)}$, чем при $V_j^{(fact)} \geq V_j^{(\max)}$. Важности выхода $V_j^{(fact)}$ за границы соответствующих диапазонов уже заложены в функции $f_j^*(V_j^{(fact,t)})$ – следовательно, дополнительные весовые коэффициенты для каждого из РМ не требуются.

Для периода времени $0 \dots T$ интегральную оценку «нерациональности» складских запасов можно дать по

$$Z_{0 \dots T} = \int_0^T Z_t(t) dt. \quad (8)$$

На практике интегрирование в (8) обычно должно заменяться суммированием для дискретных моментов времени (например, окончания суток или рабочих недель). Такая информация может извлекаться, например, из компьютеризованных систем складского учета в МУ.

При управлении складскими запасами РМ для совокупности ЕМО в МУ приходится учитывать и некоторые групповые ограничения: по имеющимся площадям/объемам складских помещений с необходимыми условиями хранения; по предельным объемам финансовых средств, которые могут быть вложены в складские запасы РМ; по возможностям использования отдельных видов РМ для разных ЕМО; по необходимости использования нескольких видов РМ для одного типа ЕМО (в этом случае запасы РМ должны быть сбалансированы по количествам).

По крайней мере, в крупных МУ, управление запасами РМ приходится осуществлять на двух иерархических уровнях: оперативные запасы непосредственно на рабочих местах, где эксплуатируются ЕМО; запасы РМ на складе (или в аптеке) МУ. Двухуровневая схема управления запасами особенно целесообразна, если один вид РМ используется для нескольких ЕМО в МУ в разных подразделениях. Распределение запасов между этими двумя типами мест хранения РМ может рассматриваться как оптимизационная задача. Она может решаться, в том числе и с учетом продолжительностей передачи РМ со склада (или из аптеки) МУ, непосредственно на те рабочие места, где эксплуатируются ЕМО. Эта задача будет являться частью более общей: управления запасами РМ в МУ в целом.

Большинство МУ работают с достаточно ограниченным количеством поставщиков РМ, причем обычно заказывают у поставщиков сразу несколько видов РМ, которые оплачиваются по одному (общему) счету. Стремление ограничить количество таких закупок (в т.ч. ради минимизации нагрузки на бухгалтерии, службы снабжения) может приводить к увеличению штрафной функции, определяемой по формуле (8).

Управление запасами ЗИП для парка оборудования МУ. Эту задачу также можно отнести к классу задач управления запасами. Однако ЗИП обычно хранятся только централизованно – на складе МУ или его сервисного подразделения. Основные факторы, которые необходимо учитывать при управлении запасами ЗИП в МУ. (1) Ограниченные сроки выпуска ЗИП после снятия соответствующих моде-

лей оборудования (особенно ЕМО) с производства. Поэтому во избежание вынужденного вывода оборудования из эксплуатации для МУ может быть рациональным хранение на складе комплектов ЗИП для ЕМО на длительный период его эксплуатации. При неремонтопригодных поломках ЕМО такие запасы могут оказаться ненужными, а повторно продать их сложно. Поэтому при управлении запасами ЗИП в МУ особую важность приобретает совместимость единиц оборудования по ЗИП. (2) Высокая продолжительность поставок ряда видов ЗИП после оформления заказов и их оплаты – особенно для деталей, которые изготавливаются по заказам за рубежом и доставляются в Россию с прохождением т.н. таможенной регистрации. (3) Необходимость иметь ЗИП для удовлетворения как плановых потребностей (регламентные замены деталей в оборудовании), так и внеплановых – для срочного ремонта оборудования, аварийно вышедшего из строя. Типичные причины таких аварий: ошибки эксплуатационного и сервисного персонала; нарушения условий эксплуатации оборудования; не выявленный своевременно заводской брак комплектующих; дефекты сборочно-монтажных операций ЕМО; ошибки или недоговоренности в инструкциях по эксплуатации ЕМО; недостаточная информационная поддержка пользователей производителями оборудования, сервисными центрами и пр.

В общем виде математическую модель задачи управления запасами ЗИП для конкретной ЕМО (или группы ЕМО с одинаковым ЗИП) за период времени запишем аналогично РМ. Однако не будем учитывать возможность порчи ЗИП при хранении, а также истечения предельных сроков хранения (обычно они жестко не регламентируются – в отличие от РМ)

$$\Theta_{\rightarrow \max}^{(2)} = U_p^{(2)} - Z_b^{(2)} - Z_x^{(2)} - Z_m^{(2)}, \quad (9)$$

где $U_p^{(2)}$ – предотвращенный ущерб, связанный с неработоспособностью ЕМО из-за отсутствия ЗИП; $Z_b^{(2)}$ – затраты на приобретение ЗИП; $Z_x^{(2)}$ – затраты на хранение ЗИП; $Z_m^{(2)}$ – финансовые потери из-за невозможности использования средств, вложенных в складские запасы данного вида ЗИП.

При утилизации ЕМО, отработавшего свой срок, из него могут изыматься детали, которые еще пригодны для эксплуатации в других единицах ЕМО (как правило, только с истекшим гарантийным сроком). В этом случае количества таких деталей в (9) может быть целесообразным учитывать со следующими изменениями: уменьшение величин вкладов этих деталей (блоков) в оценки $U_p^{(2)}$ – в силу меньшего остаточного ресурса таких деталей по сравнению с новыми изделиями и, как следствие, большей вероятности выхода оборудования из строя; стоимости приобретения в $Z_b^{(2)}$ заменяются на расходы по извлечению и проверке этих деталей при утилизации единиц оборудования; расходы на складское хранение «извлеченных деталей» остаются прежними; вклад в компоненту «финансовые потери» ($Z_m^{(2)}$ в (9)) можно считать нулевым.

Управление выводом из эксплуатации, списанием и утилизацией действующих единиц оборудования в МУ. Основные причины ограничения сроков эксплуатации единиц оборудования в МУ. 1) Моральное старение, что ограничивает возможности его использования в рамках современных технологических процессов (стандартов) лечения. 2) Физический износ единиц оборудования. Следствия: рост количества его аварий; потребностей в СО; в ЗИП, а иногда и в РМ. 3) Отсутствие ЗИП для замены для тех ЕМО, которые давно сняты с производства [32]. 4) Невозможность дальнейшего использования ЕМО, не прошедших метрологический контроль, если эти ЕМО нельзя отремонтировать или настроить.

Утилизация единиц оборудования требует некоторых трудозатрат: на разборку; на вывоз твердых отходов и пр. С другой стороны, из разбираемого оборудования можно извлекать детали для использования в качестве ЗИП для других ЕМО (с некоторыми ограничениями).

При утилизации должны извлекаться и детали, содержащие драгметаллы; передаваться в уполномоченные для извлечения драгметаллов (по оборудованию, содержащему драгметаллы, ведется отдельный учет [34]).

В общем виде математическую модель для задачи управления сроками списания и утилизации ЕМО в МУ можно представить так

$$\Xi_k \rightarrow \max = -C_k^{(1)} + \left(\int_{t_1}^{t_2} (E_k^+(t) - E_k^-(t)) \right) - C_k^{(2)} - C_k^{(3)} + C_k^{(4)} - C_k^{(5)}, \quad (10)$$

где $C_k^{(1)}$ – стоимость приобретения ЕМО; t_1 – момент приобретения и начала эксплуатации ЕМО (для простоты будем считать, что они одинаковы); t_2 – момент вывода из эксплуатации, списания и утилизации ЕМО (для простоты примем, что это один и тот же момент) – оптимизация длительности эксплуатации ЕМО обычно осуществляется именно по параметру t_2 ; $E_k^+(t)$ – текущая величина положительного эффекта от эксплуатации ЕМО за на единицу времени; $E_k^-(t)$ – текущая величина отрицательного эф-

факта от эксплуатации ЕМО за единицу времени, в т.ч. расходы на ЗИП, РМ, СО и пр.; $C_k^{(2)}$ – стоимость вывода ЕМО из эксплуатации и ее утилизации: разборки, вывоза отходов и пр.; $C_k^{(3)}$ – потеря стоимости находящихся на складе РМ и ЗИП для данной ЕМО, при ее выводе из эксплуатации, если их нельзя использовать для других целей; $C_k^{(4)}$ – рыночная стоимость деталей, которые могут быть извлечены при утилизации ЕМО и использованы в дальнейшем; $C_k^{(5)}$ – стоимость новой ЕМО, которая должна быть приобретена на замену списываемой в момент времени t_2 . Отметим, что $E_k^+(t)$ и $E_k^-(t)$ в общем случае зависят от интенсивности эксплуатации ЕМО нелинейно. Причины упрощенного характера модели по формуле (10): не используются коэффициенты дисконтирования, отражающие изменение покупательной способности рубля во времени; заменяющая ЕМО считается однотипной с заменяемой, т.е. не обладающей дополнительными функциональными возможностями и др.

На практике паспортные сроки эксплуатации ЕМО в большинстве МУ значительно превышаются (для экономии средств). Это в определенной степени тормозит закупки новых ЕМО, которые часто дают возможности использования современных технологий и как следствия – повышения конкурентоспособности МУ; получения МУ дополнительной прибыли при оказании медицинских услуг.

Управление приобретением новых единиц оборудования. Получение МУ нового оборудования может осуществляться так. (1) За счет собственных средств МУ. (2) В рамках централизованных поставок. (3) За счет спонсорской помощи. Для крупных бюджетных МУ (а также всех коммерческих МУ) преобладает первый вариант.

Решения о приобретении новых ЕМО определяются рядом факторов, включая регламентирующие документы [35]; объемы средств, которыми располагают МУ; прогнозы доходов МУ в будущие периоды времени и пр. Факторы, обеспечивающие положительные эффекты от приобретения ЕМО. (1) Предотвращение ущерба, связанного с невыполнением (нарушением) МУ лицензионных требований по оборудованию. (2) Предотвращением для МУ ущерба, связанных с не оказанием (или с несвоевременным оказанием) медицинских услуг из-за отсутствия соответствующего оборудования; оказанием услуг ненадлежащего качества. (3) Увеличение объемов и улучшение качества оказания медицинских услуг – при наращивании ПМО в МУ. (4) Увеличение комфортности пребывания пациентов в МУ (при амбулаторном и стационарном обслуживании) и, как следствие, рост объемов таких услуг. Улучшение качества услуг в ряде случаев дает возможность увеличивать стоимости платных услуг. (5) Увеличение комфортности деятельности персонала МУ. Следствия: повышение его производительности труда; снижение количества эксплуатационных ошибок при работе на оборудовании; уменьшение текучести кадров.

«Отрицательные» эффекты. (1) Затраты на приобретение оборудования, его монтаж, наладку, внедрение – включая обучение эксплуатационного и сервисного персонала. (2) Расходы на эксплуатацию этого оборудования – включая обеспечение его расходными материалами, СО и пр.

Целесообразно различать три варианта покупки нового оборудования. (А) На замену существующему оборудованию, которое уже выработало свой ресурс и изношено. (Б) Приобретение новых единиц оборудования, для дооснащения МУ (для расширения ПМО).

При замене оборудования если «новая» и «старая» модели одинаковы или слабо отличаются, то затраты на внедрение отсутствуют, а эксплуатационные расходы не увеличиваются. При дооснащении МУ однотипными ЕМО нет расходов на внедрение, но возрастают эксплуатационные расходы. При покупке ЕМО, принципиально новых для конкретного МУ [17], обычно нужны дополнительные затраты на их внедрение (особенно если это высокотехнологичное оборудование), а эксплуатационные расходы могут как увеличиться, так и уменьшиться.

В общем виде математическую модель задачи принятия решения по приобретению дополнительной ЕМО запишем так

$$Z_k^{(buy)} \rightarrow \max = -C_k^{(1-buy)} + \left(\int_{t_1}^{t_2} (E_k^+(t) - E_k^-(t)) \right) - C_k^{(2-buy)}, \quad (11)$$

где κ – номер варианта решения по приобретению новой ЕМО ($\kappa = 0$ соответствует решению не приобретать новую ЕМО); $t_1(\kappa), t_2(\kappa)$ – моменты начала и окончания эксплуатации ЕМО в случае κ -ого варианта решения; $E_k^+(t), E_k^-(t)$ – прогнозные зависимости для положительных и отрицательных эффектов в случае κ -ого варианта решения (на период эксплуатации ЕМО); эти оценки неточные, особенно при прогнозах на большие периоды времени; $C_k^{(1-buy)}$ – затраты на приобретение новой ЕМО; $C_k^{(2-buy)}$ – дополнительные расходы на приобретение (монтаж и наладка ЕМО, обучение персонала и пр.). Причины упрощенного характера модели по (11) – не учитываются коэффициенты дисконтирования для затрат, положительных и отрицательных эффектов; синергетические эффекты при взаимодействии ЕМО в технологических цепочках медобслуживания.

Для получения нового оборудования за счет централизованных поставок или спонсорской помощи необходимы трудозатраты на: (1) мониторинг информации о соответствующих возможностях; (2) составление заявок (включая необходимые обоснования), участие в конкурсах на получение такого оборудования, на включение МУ в соответствующие федеральные и/или региональные целевые программы. Поэтому формула (11) применима и в этом случае, только $C_k^{(1-buy)}$, будет вычисляться с учетом этих двух компонент. Отметим также конкуренцию между бюджетными МУ за получение оборудования на бесплатной основе.

Управление графиками эксплуатации, сервисного обслуживания и метрологических проверок оборудования. При планировании режимов эксплуатации оборудования в МУ необходимо учитывать следующее. (1) В большинстве МУ в силу графиков их работы ЕМО эксплуатируются по пятидневной рабочей неделе и только в дневное время. Исключения: службы экстренной медицинской помощи; реанимационные отделения; палаты интенсивной терапии и пр. Также по графику «5 дней × 8 часов» работает и сервисный персонал – кроме дежурного персонала в некоторых высокотехнологичных МУ, имеющих стационарные отделения [25]. Как следствие, нагрузку на основную часть ПМО в МУ, а также операции по его СО приходится планировать также, главным образом, по схеме «5 × 8» (а не «7 дней × 24 часа»). При планировании графиков СО оборудования необходимо учитывать: соображения минимизации остановки оборудования на СО; необходимость обеспечения равномерной загрузки сервисного персонала по времени [32] и др. (2) Ряд МУ прямо заинтересован в увеличении объемов оказания платных медицинских услуг. Поэтому такие МУ стремятся обеспечить максимально полную загрузку ПМО в рабочее время; иногда расширяют временные границы обслуживания пациентов. (3) Для части ЕМО целесообразен непрерывный режим эксплуатации. Например, для магниторезонансных томографов, электромагниты которых охлаждаются жидким гелием, требуется длительное время для их выхода на рабочий режим – поэтому, обычно, отключаются они только в крайнем случае. Для сложных биохимических анализаторов крови их использование целесообразно только при достаточно больших группах (партиях) анализируемых объектов. Традиционно также в МУ большинство хирургических операций планируются заблаговременно, что позволяет своевременно подготовить соответствующие ЕМО. Заблаговременное планирование осуществляется и для ряда видов терапевтических воздействий, особенно высокотехнологичных. Планирование использования МО позволяет обеспечить следующее: «кусочно-непрерывную» загрузку сложного МО и обслуживающего его персонала; возможность своевременного выделения «временных окон» для СО, для проведения метрологических проверок [16]. Нарушение регулярности СО ЕМО может приводить к его ускоренному износу, повышению аварийности, снижению качества диагностических и лечебных процедур и пр. Нарушение графиков метрологических проверок может приводить к снижению качества медицинских процедур, наложению штрафов на медучреждения и пр. Модель выбора режима использования ЕМО

$$Z_k^{(reg)} = \underset{\rightarrow \max}{f_k^{(exp+)}} - f_k^{(exp-r)} - f_k^{(amor)} - f_k^{(per)} - f_k^{(ser)} - f_k^{(metr)}, \quad (12)$$

где для k -ого варианта: $Z_k^{(reg)}$ – результирующий эффект от эксплуатации ЕМО за определенный период; $f_k^{(exp+)}$ – положительный эффект от использования ЕМО за тот же период; $f_k^{(exp-r)}$ – эксплуатационные расходы без учета перечисляемых далее; $f_k^{(amor)}$ – стоимость амортизации оборудования из-за его износа; $f_k^{(per)}$ – затраты на оплату персонала, в т.ч. и сверхурочную; $f_k^{(ser)}$ – вероятный ущерб от нарушений необходимых графиков регламентного обслуживания МО; $f_k^{(metr)}$ – вероятный ущерб от нарушений сроков метрологических проверок ЕМО.

Выводы. 1. Принятие и реализация решений по УПО в МУ носит многокритериальный характер, обычно осуществляется в нечетких условиях. 2. Рассмотрены основные виды УПО в МУ. Исследованы возможности, ограничения, особенности этих видов управления. 3. Выделены пять категорий объектов, связанных с УПО в МУ. Для каждой из категорий проанализирована структура объектов, указаны их особенности с точки зрения управления. 4. Для задач «технического управления» ПО МУ в общем виде предложен ряд математических моделей, направленных на формализацию выбора оптимальных решений по УПО.

Список литературы

1. Ажмухамедов И. М. Синтез управляющих решений в слабо структурированных плохо формализуемых социотехнических системах / И. М. Ажмухамедов // Управление большими системами. – 2013. – Вып. 42. – С. 29–54.
2. Акишкин В. Г. Системный экономический анализ вопросов технической оснащенности медучреждений и эффективности использования в них оборудования / В. Г. Акишкин, Ю. М. Брумштейн, Д. А. Захаров // Экономика здравоохранения. – 2010. – № 7. – С. 52–58.

3. 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.
4. Бадма-Гаряев М. С. Роль совершенствования материально-технической базы многопрофильной больницы в повышении эффективности ее деятельности / М. С. Бадма-Гаряев // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2015. – Т. 23, № 5. – С. 43–45.
5. Басова Л. А. Разработка автоматизированной 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.
6. Брумштейн Ю. М. Анализ возможных подходов к оценке уровней оснащения медоборудованием стационарных медучреждений / Ю. М. Брумштейн, Д. А. Захаров, Ю. Ю. Аксенова // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2010. – Т. 9, № 11 (71). – С. 85–88.
7. Брумштейн Ю. М. Сравнительный анализ функциональности программных средств управления проектами, распространяемых по модели SaaS / Ю. М. Брумштейн, И. А. Дюдиков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 4. – С. 34–51.
8. Веселова Э. Ш. В поисках пророка в своем отечестве (некоторые аспекты импортозамещения медицинского оборудования) / Э. Ш. Веселова // ЭКО. – 2017. – № 2 (512). – С. 103–120.
9. Горбачев Д. В. Организационно-технические аспекты технологии технического обслуживания и ремонта медицинского оборудования / Д. В. Горбачев, М. В. Кононова, А. Н. Кислинский, Н. Г. Кислинский // Менеджер здравоохранения. – 2014. – № 12. – С. 25–29.
10. Емельянов О. В. О результатах анализа парка медицинского оборудования и оптимизации методов его восстановления / О. В. Емельянов, Ю. С. Кудрявцев, О. Л. Филонова // Вестник аритмологии. – 2006. – № 41. – С. 68–71.
11. Ерофеев А. В., Паневин А. И., Благообразов К. В. Определение потребности лечебного учреждения в оснащении медицинской техникой, методы оценки ее ресурса и физического износа // Медицинский вестник МВД. 2011. № 6 (55). С. 2–8.
12. 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.
13. Зинатулин Ш. Н. Проектирование информационной системы по обслуживанию медицинского оборудования в лечебно-профилактическом учреждении / Ш. Н. Зинатулин, Л. Ю. Кошкина // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. – 2016. – № 4 (86). – С. 146–148.
14. 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.
15. 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.
16. Кириенко В. В. Анализ инструментальных средств для поверки медицинского оборудования / В. В. Кириенко, Е. С. Семенов, А. В. Максимов // Инженерный вестник Дона. – 2015. – Т. 34, № 1–2. – С. 10.
17. Клевасов А. И. Оценка организации информирования учреждений здравоохранения о новом медицинском оборудовании / А. И. Клевасов, И. А. Цыцорина, К. В. Ральченко, И. В. Шарапов, О. И. Ивановский, Т. В. Комиссарова, Д. А. Хоптян, Д. С. Федоров // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина. – 2012. – Т. 10, № 1. – С. 172–176.
18. Кликунов Н. Д. Модели оптимального управления складскими запасами / Н. Д. Кликунов // Наука и практика регионов. – 2017. – № 3 (8). – С. 5–11.
19. Коновалова Л. В. Аутсорсинг технического обслуживания медицинского оборудования / Л. В. Коновалова // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 5–5. – С. 98–100.
20. Костюкова Т. П. Информационная система подбора состава оборудования комбинированной системы электроснабжения лечебно-профилактических учреждений с применением возобновляемых источников энергии / Т. П. Костюкова, Р. Р. Гайнетдинов // Интернет-журнал Науковедение. – 2016. – Т. 8. – № 4 (35). – С. 10.
21. 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.
22. Красильников С. В. Использование автоматизированной системы в повышении эффективности функционирования медицинского оборудования / С. В. Красильников, Н. И. Вишняков, А. Г. Кузьмин, Н. А. Мартынова, Т. А. Ермолина // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 3. – С. 175–177.
23. Кузмичёв М. К. Анализ сведений о дозах облучения персонала за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений / М. К. Кузмичёв, О. В. Клепиков // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 30–38.
24. Кулакова Е. В. Приобретение ЛПУ оборудования в лизинг / Е. В. Кулакова // Здравоохранение. – 2012. – № 5. – С. 44–49.
25. Мальвина А. С. Автоматизация, диспетчеризация и информатизация высокотехнологичных медучреждений как средство повышения эффективности их работы / А. С. Мальвина, Ю. М. Брумштейн, Е. В. Складенко, А. Б. Кузьмина // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 1. – С. 122–138.
26. Матевосян М. Г. Новые направления банковского обслуживания медицинских бюджетных учреждений / М. Г. Матевосян // Экономика устойчивого развития. – 2017. – № 1 (29). – С. 209–213.

27. 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.
28. Муксунов Д. Д. Оценка влияния уровня оснащения медицинским оборудованием на показатели деятельности учреждений здравоохранения / Д. Д. Муксунов, Н. В. Саввина // Экономика здравоохранения. – 2011. – № 4. – С. 22–28.
29. Мухаметвалеева Д. Р. Сравнительный анализ факторов модернизации медицинского оборудования / Д. Р. Мухаметвалеева, Р. Ф. Адигамова // Высшая школа. – 2016. – Т. 1, № 23. – С. 7–9.
30. Накатис Я. А. Стратегия и тактика приобретения медицинского оборудования – залог эффективной работы многопрофильного медицинского учреждения / Я. А. Накатис, О. А. Портной // Клиническая больница. – 2013. – № 2–3 (5). – С. 10–11.
31. Новокрещенова И. Г. Проблемы обеспечения работоспособности медицинского оборудования в условиях модернизации здравоохранения / И. Г. Новокрещенова, А. Н. Островский, И. В. Новокрещенов, Е. П. Ковалев // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т. 3, № 12. – С. 1343–1347.
32. Плотник В. А. Особенности рынка медицинских изделий / В. А. Плотник // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2015. – Т. 5, № 5. – С. 786.
33. Попов Г. А. Решение задачи генерации оптимального графика обслуживания медицинского оборудования с использованием метода пчелиной колонии / Г. А. Попов, А. Р. Мамлеева, В. Н. Понтус // Современные инновации. – 2016. – № 7 (9). – С. 13–15.
34. Семенова О. Ю. Организация учета драгоценных металлов в учреждениях здравоохранения / О. Ю. Семенова // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. – 2009. – № 1. – С. 14–25.
35. Сироткина Н. Г. Особенности закупочных процедур бюджетных учреждений здравоохранения в Российской Федерации / Н. Г. Сироткина, Р. Р. Скребцова // Медицинский альманах. – 2015. – № 4 (39). – С. 10–14.
36. Сульженко Т. А. Как вести с пользой формуляр на медицинское оборудование / Т. А. Сульженко, Н. И. Рогинко // Заместитель главного врача. – 2017. – № 1. – С. 46–53.
37. Сульженко Т. А. Контроль эффективности эксплуатации медицинского оборудования / Т. А. Сульженко, Н. И. Рогинко // Справочник заведующего КДЛ. – 2017. – № 3. – С. 16–26.
38. Увайсов С. У. Анализ состояния проблемы внедрения и использования медицинского диагностического оборудования / С. У. Увайсов, О. А. Авдеюк // Научные труды SWorld. – 2013. – Т. 8, № 3. – С. 3–6.
39. Умралина А. С. Ситуационный сравнительный анализ использования медицинского оборудования в Казахстане и за рубежом / А. С. Умралина // Денсаулык сактауды дамыту. – 2012. – № 3 (64). – С. 58–62.
40. Фищенко Р. Р. Особенности микрофлоры воздуха и микрофлоры, выделенной с поверхностей оборудования и инвентаря в крупном многопрофильном медицинском учреждении / Р. Р. Фищенко, Г. Г. Бадамшина, В. О. Красовский, А. Б. Бакиров // Главврач. – 2014. – № 11. – С. 34–37.
41. Фрайтаг П. Управление риском применительно к медицинскому оборудованию / П. Фрайтаг // Гений ортопедии. – 2010. – № 3. – С. 155–158.
42. Фролова М. С. Логистическая система поставок медицинского оборудования / М. С. Фролова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 615–628.
43. Шулаев А. В. Клинико-экономическая эффективность использования медицинского оборудования в муниципальных учреждениях здравоохранения мегаполиса / А. В. Шулаев, М. Р. Мазитов, М. Р. Гатауллин // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – Т. 7, № 4. – С. 779–783.
44. Шумак К. Д. Математические методы прогнозирования отказов медицинского оборудования / К. Д. Шумак // Научное обозрение. Технические науки. – 2017. – № 1. – С. 99–101.
45. Эрдэнэбат М. Оптимизационный подход к стохастической задаче управления запасами / М. Эрдэнэбат, О. В. Кузьмин, Н. Тунгалаг, Р. Энхбат // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 3 (55). – С. 106–110.

References

1. Azhmukhamedov I. M. Sintez upravlyayushchikh resheniy v slabo strukturirovannykh plokh formalizuemykh sotsiotekhnicheskikh sistemakh [Synthesis of the operating decisions in poorly structured systems which are badly formalized the sotsiotekhnicheskikh]. *Upravlenie bolshimi sistemami* [Management of Big Systems], 2013, issue 42, pp. 29–54.
2. Akishkin V. G., Brumshteyn Yu. M., Zakharov D. A. Sistemnyy ekonomicheskiy analiz voprosov tekhnicheskoy osnashchennosti meduchrezhdeniy i effektivnosti ispolzovaniya v nikh oborudovaniya [System economic analysis of questions of technical equipment of medical institutions and efficiency of use in them of the equipment]. *Ekonomika zdравookhraneniya* [Health Care Economy], 2010, no. 7, pp. 52–58.
3. Amoyan E. F., Kalinina V. A. Optimizatsiya ispolzovaniya meditsinskogo oborudovaniya v lechenno-profilakticheskikh uchrezhdeniyakh [Optimization of use of the medical equipment in treatment-and-prophylactic institutions]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [The International Log of Applied and Basic Researches], 2016, no. 11–4, pp. 590–591.
4. Badma-Garyaev M. S. Rol sovershenstvovaniya materialno-tekhnicheskoy bazy mnogoprofilnoy bolnitsy v povyshenii effektivnosti ee deyatelnosti [A role of enhancement of material and technical resources of versatile hospital in increase in efficiency of its activities]. *Problemy sotsialnoy gigieny, zdравookhraneniya i istorii meditsiny* [Problems of Social Hygiene, Health Care and History of Medicine], 2015, vol. 23, no. 5, pp. 43–45.
5. 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 ch.* [Science and Education in Life of the Modern Society. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 18 parts], 2013, pp. 20–23.

6. Brumshteyn Yu. M., Zakharov D. A., Aksenova Yu. Yu. Analiz vozmozhnykh podkhodov k otsenke urovney osnashchennosti medoborudovaniem stacionarnykh meduchrezhdeniy [Analysis of possible approaches to assessment of levels of equipment medical equipment of stationary medical institutions]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Volgograd State Technical University], 2010, vol. 9, no. 11 (71), pp. 85–88.
7. Brumshteyn Yu. M., Dyudikov I. A. Sravnitelnyy analiz funktsionalnosti programmnykh sredstv upravleniya proektami, rasprostranyaemykh po modeli SaaS [The comparative analysis of functionality of the control software projects extended on the SaaS model]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2014, no. 4, pp. 34–51.
8. Veselova E. Sh. V poiskakh proroka v svoem otechestve (nekotorye aspekty importozameshcheniya meditsinskogo oborudovaniya) [In search of the prophet in the fatherland (some aspects of import substitution of the medical equipment)]. *EKO* [EKO], 2017, no. 2 (512), pp. 103–120.
9. Gorbachev D. V., Kononova M. V., Kislinskiy A. N., Kislinskiy N. G. Organizatsionno-tekhnicheskie aspekty tekhnologii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta meditsinskogo oborudovaniya [Organizational technical aspects of technology of maintenance and repair of the medical equipment]. *Menedzher zdavookhraneniya* [Manager of Health Care], 2014, no. 12, pp. 25–29.
10. Yemelyanov O. V., Kudryavtsev Yu. S., Filonova O. L. O rezultatakh analiza parka meditsinskogo oborudovaniya i optimizatsii metodov ego vosstanovleniya [About analysis results of the park of the medical equipment and optimization of methods of its recovery]. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of the Arrhythmology], 2006, no. 41, pp. 68–71.
11. Yerofeev A. V., Panevin A. I., Blagoobrazov K. V. Opredelenie potrebnosti lechebnogo uchrezhdeniya v osnashchenii meditsinskoy tekhniki, metody otsenki ee resursa i fizicheskogo iznosa [Determination of need of medical institution for equipment by medical equipment, valuation methods of its resource and physical wear]. *Meditsinskiy vestnik MVD* [Medical Bulletin of the Ministry of Internal Affairs], 2011, no. 6 (55), pp. 2–8.
12. Zdorovenkova Ye. O., Ivanova A. V. Logisticheskaya podderzhka ekspluatatsii meditsinskogo oborudovaniya [Logistic support of maintenance of the medical equipment]. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok* [Logistics and Control of Circuits of Deliveries], 2015, no. 5 (70), pp. 69–84.
13. Zinatulin Sh. N., Koshkina L. Yu. Proektirovanie informatsionnoy sistemy po obsluzhivaniyu meditsinskogo oborudovaniya v lechebno-profilakticheskom uchrezhdenii [Design of an information system on service of the medical equipment in treatment and prevention facility]. *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh – MMTT* [Mathematical Methods in Technique and Technologies – MMTT], 2016, no. 4 (86), pp. 146–148.
14. Istomina T. V., Matyunin A. A. Issledovaniye 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.
15. Karyakin A. A., Karyakina O. Ye., Martynova N. A., Nekrasova A. V. Elektronnyy reestr ucheta i ekspluatatsii meditsinskogo oborudovaniya [Electronic register of account and maintenance of the medical equipment]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Basic Researches], 2015, no. 6–3, pp. 400–404.
16. 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, pp. 10.
17. Klevasov A. I., Tsytorsina I. A., Ralchenko K. V., Sharapov I. V., Ivaninskiy O. I., Komissarova T. V., Khoptyan D. A., Fedorov D. S. Otsenka organizatsii informirovaniya uchrezhdeniy zdavookhraneniya o novom meditsinskom oborudovanii [Assessment of the organization of informing healthcare institutions on the new medical equipment]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya, klinicheskaya meditsina* [Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Biology, Clinical Medicine], 2012, vol. 10, no. 1, pp. 172–176.
18. Kliunov N. D. Modeli optimalnogo upravleniya skladskimy zapasami [Models of warehouse stocks optimum control]. *Nauka i praktika regionov* [Science and Practice of Regions], 2017, no. 3 (8), pp. 5–11.
19. Konovalova 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.
20. Kostyukova T. P., Gaynetdinov R. R. Informatsionnaya sistema podbora sostava oborudovaniya kombinirovannoy sistemy elektrosnabzheniya lechebno-profilakticheskikh uchrezhdeniy s primeneniem vozobnovlyaemykh istochnikov energii [An information system of selection of composition of the equipment of combined system of electrical power supply of treatment-and-prophylactic institutions using renewables]. *Internet-zhurnal Naukovedenie* [Online-journal Science of Science], 2016, vol. 8, no. 4 (35), pp. 10.
21. 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]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [The Modern Problems of Science and Education], 2011, no. 6, pp. 76.
22. Krasilnikov S. V., Vishnyakov N. I., Kuzmin A. G., Martynova N. A., Yermolina T. A. Ispolzovanie avtomatizirovannoy sistemy v povyshenii effektivnosti funktsionirovaniya meditsinskogo oborudovaniya [Use of automated system in increase in efficiency of functioning of the medical equipment]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of the New Medical Technologies], 2012, vol. 19, no. 3, pp. 175–177.
23. Kuzmichev M. K., Klepikov O. V. Analiz svedeniy o dozakh oblucheniya personala za schet normalnoy ekspluatatsii tekhnogennykh istochnikov ioniziruyushchikh izlucheniya [The analysis of data on doses of radiation of a staff due to normal maintenance of technogenic sources of the ionizing radiation]. *Prikladnye informatsionnye aspekty meditsiny* [Application-Oriented Information Aspects of Medicine], 2016, vol. 19, no. 4, pp. 30–38.

24. Kulakova Ye. V. Priobretenie LPU oborudovaniya v lizing [Acquisition of MPI of the equipment in leasing]. *Zdravookhraneniye* [Health Care], 2012, no. 5, pp. 44–49.
25. Malvina A. S., Brumshteyn Yu. M., Sklyarenko Ye. V., Kuzmina A. B. Avtomatizatsiya, dispetcherizatsiya i informatizatsiya vysokotekhnologichnykh meduchrezhdeniy kak sredstvo povysheniya effektivnosti ikh raboty [Automation, dispatching and informatization of hi-tech medical institutions as means of increase in efficiency of their operation]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2014, no. 1, pp. 122–138.
26. Matevosyan M. G. Novye napravleniya bankovskogo obsluzhivaniya meditsinskikh byudzhetykh uchrezhdeniy [New directions of banking service of medical budgetary institutions]. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya* [Economy of Sustainable Development], 2017, no. 1 (29), pp. 209–213.
27. 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* [Yakut Medical Journal], 2011, no. 3, pp. 51–54.
28. Muksunov D. D., Savvina N. V. Otsenka vliyaniya urovnya osnashcheniya meditsinskim oborudovaniem na pokazateli deyatelnosti uchrezhdeniy zdravookhraneniya [An impact assessment of level of equipment by the medical equipment on indices of activities of healthcare institutions]. *Ekonomika zdravookhraneniya* [Health Care Economy], 2011, no. 4, pp. 22–28.
29. Mukhametvaleeva D. R., Adigamova R. F. Cravnitelnyy analiz faktorov modernizatsii meditsinskogo oborudovaniya [Comparative analysis of factors of upgrade of the medical equipment]. *Vysshaya shkola* [Higher School], 2016, vol. 1, no. 23, pp. 7–9.
30. Nakatis Ya. A., Portnoy O. A. Strategiya i taktika priobreteniya meditsinskogo oborudovaniya – zalog effektivnoy raboty mnogoprofilnogo meditsinskogo uchrezhdeniya [Strategy and tactics of acquisition of the medical equipment – guarantee of effective operation of versatile medical institution]. *Klinicheskaya bolnitsa* [Clinical Hospital], 2013, no. 2–3 (5), pp. 10–11.
31. Novokreshchenova I. G., Ostrovskiy A. N., Novokreshchenov I. V., Kovalev Ye. P. Problemy obespecheniya rabotosposobnosti meditsinskogo oborudovaniya v usloviyakh modernizatsii zdravookhraneniya [Problems of support of operability of the medical equipment in the conditions of upgrade the health care]. *Byulleten meditsinskikh internet-konferentsiy* [Bulletin of Medical Internet Conferences], 2013, vol. 3, no. 12, no. 1343–1347.
32. Plotnik V. A. Osobennosti rynka meditsinskikh izdeliy [Features of the market of medical products]. *Byulleten meditsinskikh internet-konferentsiy* [Bulletin of Medical Internet Conferences], 2015, vol. 5, no. 5, pp. 786.
33. Popov G. A., Mamleeva A. R., Pontus V. N. Reshenie zadachi generatsii optimalnogo grafika obsluzhivaniya meditsinskogo oborudovaniya s ispolzovaniem metoda pcheliny kolonii [The solution of a problem of generation of the optimum schedule of service of the medical equipment with use of a method of bee colony]. *Sovremennye innovatsii* [Modern Innovations], 2016, no. 7 (9), pp. 13–15.
34. Semenova O. Yu. Organizatsiya ucheta dragotsennykh metallov v uchrezhdeniyakh zdravookhraneniya [The organization of accounting of precious metals in healthcare institutions]. *Bukhgalterskiy uchety v byudzhetykh i nekommercheskikh organizatsiyakh* [Accounting in the Budgetary and Non-Profit Organizations], 2009, no. 1, pp. 14–25.
35. Sirotkina N. G., Skrebtsova R. R. Osobennosti zakupochnykh protsedur byudzhetykh uchrezhdeniy zdravookhraneniya v Rossiyskoy Federatsii [Features of procurement procedures of budgetary institutions of health care in the Russian Federation]. *Meditsinskiy almanakh* [The Medical Almanac], 2015, no. 4 (39), pp. 10–14.
36. Sulzhenko T. A., Roginko N. I. Kak vesti s polzoy formulyar na meditsinskoe oborudovanie [How to keep with advantage the form on the medical equipment]. *Zamesitel glavnogo vracha* [Deputy of the Chief Physician], 2017, no. 1, pp. 46–53.
37. 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 the Manager of KDL], 2017, no. 3, pp. 16–26.
38. Uvaysov S. U., Avdeyuk O. A. Analiz sostoyaniya problemy vnedreniya i ispolzovaniya meditsinskogo diagnosticheskogo oborudovaniya [Analysis of a condition of a problem of introduction and use of the medical diagnostic equipment]. *Nauchnye trudy Sworld* [Scientific Works of SWorld], 2013, vol. 8, no. 3, pp. 3–6.
39. Umralina A. S. Situatsionnyy sravnitelnyy analiz ispolzovaniya meditsinskogo oborudovaniya v Kazakhstane i za rubezhom [The situation comparative analysis of use of the medical equipment in Kazakhstan and abroad]. *Densaulyk saktaudy damyту* [Densaulyk of a Saktauda to a Damyt], 2012, no. 3 (64), pp. 58–62.
40. Fishchenko R. R., Badamshina G. G., Krasovskiy V. O., Bakirov A. B. Osobennosti mikroflory vozdukh i mikroflory, vydelennoy s poverkhnostey oborudovaniya i inventarya v krupnom mnogoprofilnom meditsinskom uchrezhdenii [The features of a microflora of air and a microflora allocated from the surfaces of the equipment and stock in large versatile medical institution]. *Glavvrach* [The Chief Physician], 2014, no. 11, pp. 34–37.
41. Fraytag P. Upravlenie riskom primenitelno k meditsinskomu oborudovaniyu [Management of risk in relation to the medical equipment]. *Geniy ortopedii* [The Genius of an Orthopedics], 2010, no. 3, pp. 155–158.
42. Frolova M. S. Logisticheskaya sistema postavok meditsinskogo oborudovaniya [Logistics system of deliveries of the medical equipment]. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tambov State Technical University], 2011, vol. 17, no. 2, pp. 615–628.
43. Shulaev A. V., Mazitov M. R., Gataullin M. R. Kliniko-ekonomicheskaya effektivnost ispolzovaniya meditsinskogo oborudovaniya v munitsipalnykh uchrezhdeniyakh zdravookhraneniya megapolisa [Kliniko-ekonomicheskyy efficiency of use of the medical equipment in municipal authorities of health care of the megalopolis]. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal* [The Saratov Scientific and Medical Journal], 2011, vol. 7, no. 4, pp. 779–783.
44. Shumak K. D. Matematicheskie metody prognozirovaniya otkazov meditsinskogo oborudovaniya [Mathematical methods of forecasting of failures of the medical equipment]. *Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki* [Scientific Review. Technical Science], 2017, no. 1, pp. 99–101.
45. Erdenebat M., Kuzmin O. V., Tungalag N., Enkhbat R. Optimizatsionnyy podkhod k stokhasticheskoy zadache upravleniya zapasami [Optimizing approach to a stochastic task of stockpile management]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2017, no. 3 (55), pp. 106–110.

РЕДАКЦИОННЫЙ КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ

Увеличение уровня оснащенности медицинских учреждений различным оборудованием делает все более актуальным весь комплекс вопросов, связанных с его приобретением, обеспечением эффективности эксплуатации и пр. Поэтому тема данной статьи безусловно является актуальной.

К достоинствам статьи можно отнести комплексный характер рассматриваемой проблематики, включая попытку формализации критериев принятия решений.

К недостаткам работы можно отнести следующее: большинство математических моделей сформулированы лишь в общем виде (без детализации); отсутствует анализ функциональности программных средств по учету оборудования и его технического состояния, ссылки на которые даются в статье.

Однако это связано, судя по всему, со стремлением авторов ограничить объем работы при сохранении комплексного характера рассмотрения вопросов, декларированных в ее названии.

УДК 62: 621.311 + 004.021

ТРЕХЭТАПНАЯ МОДЕЛЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Статья поступила в редакцию 01.02.2018, в окончательном варианте – 26.02.2018.

Зайнутдинов Рустем Ахтямович, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, кандидат технических наук, e-mail: rzain@gmail.com

Рассмотрена задача анализа электропотребления (ЭП) муниципальных образований (МО) региона и формирования предложений по устранению диспропорций в их электроснабжении с учетом социальных условий развития МО. В качестве примера проведен анализ статистических данных о численностях населения и об ЭП МО Астраханской области. Особенностью исследования является применение теории техноценозов. Построены ранговые параметрические распределения МО по общему и удельному ЭП. На основе анализа этой информации предложено осуществлять внедрение систем электроснабжения, использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ), в три этапа: на каждом этапе системы с ВИЭ внедряются в определенной группе МО. Предложенная модель поэтапного внедрения систем ВИЭ рассмотрена на примере Астраханской области. Однако этот подход является универсальным и может быть применен и для других регионов страны

Ключевые слова: регион, муниципальное образование, электроснабжение, общее электропотребление, удельное электропотребление, возобновляемые источники энергии, техноценоз, ранговый анализ, оптимизация решений, модели эффективности решений, информационные технологии, Астраханская область

Графическая аннотация (Graphical annotation)

