

Тайм-менеджмент в клинической инженерии

А.В. Гуцин, С.А. Безбородов, А.Н. Салихов

Волгоградский государственный медицинский университет

Аннотация: В статье показана важность роли подразделений клинической инженерии для обеспечения качественного комплексного контроля состояния медицинского оборудования на всех этапах его жизненного цикла. Основным ресурсом таких подразделений является ресурс рабочего времени клинических инженеров. С целью рационализации использования этого ресурса нами были проанализированы данные о бюджете времени на техническое обслуживание 2459 единиц медицинского оборудования в медицинских учреждениях г. Волгограда. Результаты анализа позволили выделить в общем массиве данных 3 подгруппы медицинского оборудования, имеющих статистически достоверные различия во временных характеристиках их обслуживания и требующих различного подхода к управлению временем обслуживающих их клинических инженеров. На завершающем этапе данного исследования был применен ABC-XYZ-анализ. Его результаты позволили сформулировать рекомендации по рационализации использования рабочего времени клинических инженеров для работы с выделенными в настоящем исследовании подгруппами медицинского оборудования в практических условиях.

Ключевые слова: клиническая инженерия, клинический инженер, бюджет времени, обслуживание медицинского оборудования

Актуальность. Уровень технической оснащённости в настоящее время является одним из определяющих факторов совокупной эффективности медицинских услуг [1]. Наблюдаемое в наши дни быстрое совершенствование и интеллектуализация медицинского оборудования значительно увеличило эту эффективность и тем самым улучшило здоровье общества [2, 3]. Это связано с тем, что практически все лечебно-диагностические и реабилитационные процедуры, производимые в современных медицинских учреждениях, зависят от степени ситуативной эффективности медицинского оборудования [4]. Повышение такой эффективности способствует оказанию более качественных медицинских услуг и тем самым способствует повышению связанного со здоровьем качества жизни населения [5].

Согласно Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), финансовые ресурсы, необходимые для применения медицинского оборудования, можно

разделить на две категории: ресурсы на первоначальные и эксплуатационные расходы [6]. Данные литературы показывают, что до 60% всех расходов системы здравоохранения на медицинское оборудование составляли расходы на его обслуживание, т.е. эксплуатационные расходы [7]. Было отмечено, что непрофессиональное выполнение обслуживания повлияло на общую эффективность здравоохранения, безопасность и расходы учреждений здравоохранения [8]. Например, по данным литературы, повышение эффективности управления техническим обслуживанием медицинского оборудования только в одном медицинском учреждении позволило не только сократить эксплуатационные расходы этого учреждения более чем на один миллион долларов, но и, главное, повысить доступность такого оборудования [9].

Известные исследования стоимости обслуживания медицинского оборудования охватывали профилактические, корректирующие и эксплуатационные типы обслуживания для нескольких важнейших видов оборудования с привлечением ведущих производителей и поставщиков услуг. Так, стоимость обслуживания медицинского оборудования для мирового рынка оценивалась в 29 млрд долларов США в 2018 году. К 2023 году эта стоимость вырастет до 48 млрд долларов США. В течение этого периода предполагаемая стоимость годового темпа роста с течением времени инвестиций или среднегодового темпа роста составит 10,4% [10]. По другим данным, эта стоимость превысит 62 млрд долларов США с темпом роста более 10% в 2020–2027 годах [11]. Данные литературы также указывают, что темп роста увеличится на 9,4% с 2020 по 2030 год [12].

Таким образом, степень упомянутой выше ситуативной эффективности биомедицинского оборудования напрямую зависит от надлежащего обслуживания такого оборудования [13]. Комплексы такого оборудования необходимо контролировать для поддержания их производительности на

таких этапах их жизненного цикла, как ввод в эксплуатацию (пусконаладочные работы), калибровка, обучение эксплуатирующего персонала, обслуживание, восстановление и вывод из эксплуатации, которыми обычно управляют клинические инженеры [14]. Клинические инженеры в медицинском учреждении отвечают за регулирование и внедрение эффективной программы управления технико-технологическим обеспечением деятельности медицинских учреждений для обеспечения надежности и безопасности функционирования медицинского оборудования [15]. Согласно имеющимся систематическим обзорам литературы, такие функции управления жизненным циклом медицинского оборудования, как ресурс-менеджмент, информатизация управления медицинским оборудованием, регламентация образования эксплуатирующего персонала, обслуживания оборудования и контроль его качества являются важнейшими факторами, влияющих на ситуативную эффективность медицинского оборудования [16].

Отмеченное выше усложнение и интеллектуализация медицинского оборудования неоднозначно повлияли на его эксплуатационные параметры: они в значительной мере упростили пользование таким оборудованием для эксплуатирующего персонала, но в конечном итоге увеличили расходы на закупку и обслуживание такого оборудования [13]. Так, было отмечено, что улучшение функциональности медицинского оборудования зависит от степени сложности его электронной системы, которая уязвима, например, для электромагнитных и электростатических помех, могущих вызвать нестабильность в работе и подвергнуть опасности пользователей и пациентов [17].

Очевидно, что именно качественное управление всеми этапами жизненного цикла медицинского оборудования имеет весьма важное значение для обеспечения того, чтобы медицинское оборудование работало в

соответствии со спецификациями производителя и гарантировало безопасность пациентов и медицинского персонала [18]. Только такое управление в современных условиях может предотвратить техногенные сбои в работе медицинских учреждений, которые могут привести к серьезным травмам пациентов. Так, по данным литературы, отказы оборудования обычно происходят из-за неправильной транспортировки и хранения, не обнаруженного своевременно производственного брака, неправильного обращения, отсутствия обслуживания, воздействия окружающей среды, случайной поломки, ошибок при ремонте и восстановлении, а также отказа оборудования по причине износа. Авторы отмечают, что в 50–80% случаев неисправности оборудования вызваны неправильным и/или недостаточным обслуживанием и нехваткой высококвалифицированных специалистов. Кроме того, авторы подчеркивают, что четыремя основными причинами этих отказов являются предотвратимые случаи, нехватка и/или недостаточная квалификация технического персонала, недостаток данных об оборудовании и отсутствие его профилактического обслуживания [19].

На отечественном материале в литературе было показано, что в лечебно-профилактических учреждениях значительная часть медицинской техники простаивает, находясь длительное время на ремонте (56,7%) или вследствие отсутствия расходных материалов (29,9%) и обученных специалистов (13,4%), причем лишь 49,13% медицинской аппаратуры проходят техническое обслуживание, что приводит к ее преждевременному выходу из строя [20].

Показанная выше важность качественного контроля состояния медицинского оборудования на всех этапах его жизненного цикла определяет и важность основного ресурса подразделений клинической инженерии – рабочего времени квалифицированных специалистов-клинических инженеров. Этим определяется **цель исследования**: повышение

эффективности профессиональной деятельности клинических инженеров посредством совершенствования тайм-менеджмента этой деятельности при учете результатов анализа бюджетов времени на обслуживание различных классов медицинского оборудования.

Материал и методы. Для достижения поставленной цели на кафедре клинической инженерии и технологий искусственного интеллекта ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава РФ был выполнен анализ данных о бюджете времени на техническое обслуживание различных видов медицинской техники в медицинских учреждениях г. Волгограда в 2024 г. В базе данных анализа содержалось в общей сложности 2459 записей, относящихся к обслуживанию 20 видов медицинской техники, выделенных согласно номенклатурной классификации медицинских изделий (НКМИ), утв. приказом МЗ РФ N4н от 06.06.2012г., в отношении которых выполнялись в общей сложности 355 видов работ по техническому обслуживанию. В базе данных имелись сведения о марке медицинского оборудования, его классификации согласно НКМИ, нормативном времени обслуживания медицинского оборудования, фактическом времени такого обслуживания с учетом коэффициента сложности обслуживания, периодичности обслуживания и об общем времени обслуживания в год.

Результаты и обсуждение. Имеющиеся данные о временных характеристиках технического обслуживания различных видов медицинской техники были предварительно обработаны с выполнением их нормализации и с удалением строк, имевших дефекты заполнения. В результате массив данных стал пригоден для комплексного статистического анализа. Такой анализ показал целесообразность выделения 3 укрупненных подгрупп видов такого обслуживания на основании годового бюджета времени на их

обслуживание. Принцип разделения на подгруппы графически проиллюстрирован на рис. 1.

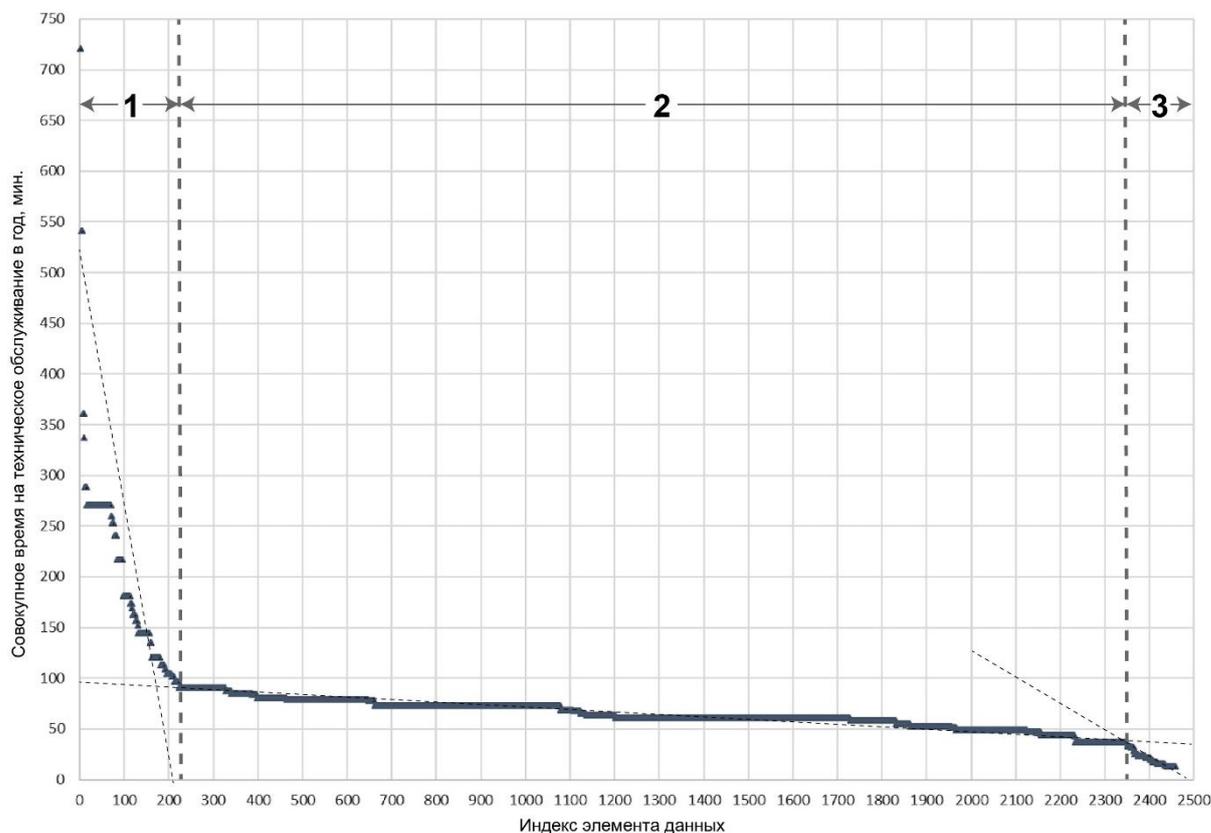


Рис. 1. Структура упорядоченных по убыванию годовых бюджетов времени на обслуживание различных видов медицинской техники.

На рис. 1 видно, что кривая совокупного, упорядоченного по убыванию бюджета времени, массива данных об обслуживании различных видов медицинского оборудования имеет 3 достаточно выраженных зоны со значительно (более 20°) различающимися углами наклонов локальных линий трендов. В связи с этим целесообразно разделить ее на 3 участка, соответствующих 3 подгруппам медицинского оборудования в зависимости от существенно меняющихся трендовых характеристик годовых бюджетов времени на обслуживание этого оборудования в различных локусах представленной на графике кривой.

Общий объем подгруппы 1 составил 211 элементов данных об обслуживании различных видов медицинского оборудования (8,5% от генеральной совокупности); подгруппы 2 – 2137 элементов данных (87%); подгруппы 3 – 109 элементов данных (4,5%). При этом, бюджет времени в подгруппе 1 составил 23,8% бюджета времени генеральной совокупности; в подгруппе 2 – 75,0%; в подгруппе 3 – 1,2%. Таким образом, необходимо отметить, что на 8,5% валового годового объема технического обслуживания, приходящегося на 1 подгруппу, приходится 23,8% общего годового бюджета времени технического обслуживания. Это отражается и в годовом удельном бюджете времени на единицу процедур технического обслуживания в выделенных подгруппах. Так, в 1 подгруппе это значение составило 204 мин.; во 2 подгруппе – 64 мин.; в 3 подгруппе – 20 мин.

Общие результаты описательного анализа имеющихся данных об обслуживании различных видов медицинского оборудования с разделением на подгруппы представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Общие результаты анализа имеющихся данных об обслуживании различных видов медицинского оборудования с разделением на подгруппы.

Характеристика	Норма времени на обслуживание (мин.)	Коэффициент сложности	Фактическое время обслуживания (мин.)	Периодичность обслуживания (х/год)	Годовой бюджет времени на обслуживание (мин.)
1	2	3	4	5	6
Генеральная совокупность					
Минимум	3,0	1,0	3,0	1,0	12,0
Максимум	40,0	1,5	60,0	12,0	720,0
Среднее (M±σ)	14,13±3,77	1,17±0,18	16,55±5,21	4,36±1,9	73,85±51,4

1	2	3	4	5	6
Подгруппа 1					
Минимум	6,0	1,0	9,0	4,0	100,8
Максимум	40,0	1,5	60,0	12,0	720,0
Среднее ($M \pm \sigma$)	19,01 \pm 7,18*	1,32 \pm 0,2*	24,75 \pm 9,16*	9,12 \pm 3,8*	204,4 \pm 96,6*
Подгруппа 2					
Минимум	6,0	1,0	9,0	1,0	36,0
Максимум	30,0	1,5	45,0	4,0	96,0
Среднее ($M \pm \sigma$)	13,862 \pm 2,57	1,156 \pm 0,17	15,962 \pm 3,51	3,997 \pm 0,09	63,73 \pm 13,7*
Подгруппа 3					
Минимум	3,0	1,0	3,0	1,0	12,0
Максимум	20,0	1,5	28,0	4,0	33,6
Среднее ($M \pm \sigma$)	9,982 \pm 5,21*	1,188 \pm 0,2	12,31 \pm 7,36*	2,404 \pm 1,5*	19,63 \pm 6,44*

* отличия от средних значений генеральной совокупности по t-критерию статистически достоверны ($p < 0,05$).

В табл. 1 особенно обращает на себя внимание наличие статистически достоверных различий годового бюджета времени на обслуживание и между всеми выделенными подгруппами и генеральной совокупностью данных. Также можно отметить наличие достоверно более высокой сложности обслуживания оборудования из подгруппы 1 и его достоверно большую частоту. Используя представленные в табл. 1 данные, можно рассчитать коэффициенты вариации для каждой из выделенных подгрупп. Для 1 подгруппы этот коэффициент составил 0,47; для 2 подгруппы – 0,21; для 3 подгруппы – 0,33.

Довольно специфичен и качественный состав выделенных подгрупп медицинского оборудования. Так, в подгруппе 1, характеризующейся наибольшими годовыми бюджетами времени на обслуживание медицинского

оборудования, существенно преобладало технически сложное оборудование для клинической визуализации, хотя и относящееся к разным группам НКМИ: рентгеновские аппараты, оборудование и программное обеспечение для обработки рентгеновских фотоматериалов, оптические хирургические и лабораторные микроскопы и аксессуары к ним, эндоскопы. В общей сложности, оборудование для клинической визуализации в этой подгруппе составило ок. 86%. Кроме того, в данной группе заметное место занимает оборудование анестезиологии и реанимации и медицинские изделия для манипуляций/восстановления тканей/органов человека.

В подгруппе 2 картина качественного состава медицинского оборудования менее однородной. В данной подгруппе преобладали вспомогательные и общебольничные медицинские изделия среднего уровня технической сложности (26,4%). Затем следовали анестезиологические и респираторные медицинские изделия (12,3%), эндоскопические медицинские изделия (8,3%), медицинские изделия для диагностики *in vitro* (7,6%), реабилитационные и адаптированные для инвалидов медицинские изделия (7,6%), хирургические инструменты/системы и сопутствующие медицинские изделия (6,7%), сердечно-сосудистые медицинские изделия (5,2%), радиологические медицинские изделия (оборудование для УЗ-диагностики) (4,8%), медицинские изделия для манипуляций/восстановления тканей/органов человека (3,6%) и урологические медицинские изделия (2,9%). На остальные классы медицинского оборудования по НКМИ в данной подгруппе в сумме пришлось 14,6%.

В подгруппе 3 на вспомогательные и общебольничные медицинские изделия малой сложности пришлось 34,9%, на медицинские изделия для манипуляций/восстановления тканей/органов человека малой сложности 29,3%, на эндоскопические медицинские изделия 11,0% и на сердечно-

сосудистые медицинские изделия 6,4%. На остальные классы медицинского оборудования по НКМИ в данной подгруппе в сумме пришлось 18,3%.

Для обобщения и интерпретации представленных выше результатов анализа целесообразно использовать методологию ABC- и XYZ-анализа. Эти виды анализа изначально разработаны для прогнозирования рыночных продаж, однако нашли применение и в тайм-менеджменте [21]. Результаты такого анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Результаты ABC- и XYZ-анализа бюджета времени на обслуживание выделенных подгрупп медицинского оборудования.

Подгруппа	Значимость (удельный вес в бюджете времени), мин	Категория значимости	Вариативность (коэффициент вариативности), %	Категория вариативности	Результат
1	204	A	47	Z	AZ – высокая значимость при высокой вариативности
2	64	B	21	X	BX – средняя значимость при низкой вариативности
3	20	C	33	Y	CY – низкая значимость при средней вариативности

Данные, представленные в табл. 2, позволяют сделать вывод о целесообразности следующего распределения кадров клинических инженеров для обслуживания выделенных подгрупп медицинской техники:

- подгруппу 1 (A) целесообразно обслуживать клиническим инженерам высшей квалификации/руководителям подразделений клинической инженерии, имеющим специальную подготовку в области точной механики, оптики (в т.ч. рентгеновской) и в области работы со специальным ПО для клинической визуализации, которые имеют гибкий график работы и возможность адаптироваться к высокой вариативности временных нагрузок в данной подгруппе (Z);

- подгруппу 2 (В) целесообразно обслуживать линейным клиническим инженерам, имеющим общую подготовку и возможность точно распределять свой бюджет времени в связи с низкой вариативностью временных нагрузок в данной подгруппе (Х);
- подгруппу 3 (С) целесообразно обслуживать клиническим инженерам минимальной квалификации/стажерам под руководством более опытного руководителя ввиду наименьшего удельного бюджета времени работ в данной подгруппе и их средней вариативности (У).

В целом, предложенное функциональное разделение процедур технического обслуживания между клиническими инженерами разной специализации позволит снизить коэффициент потерь рабочего времени за счет учета показателей удельного бюджета времени на единицу обслуживания медицинского оборудования и степени вариативности этого показателя.

Заключение. Представленные в настоящей работе критерии позволяют достаточно эффективно обосновать и произвести разделение всего массива работ по техническому обслуживанию медицинской техники на отдельные подгруппы. Эти подгруппы, имеющие статистически значимые различия характеристик временных бюджетов технического обслуживания, требуют дифференцированного подхода со стороны подразделений клинической инженерии. Такая дифференцировка подходов позволяет рационализировать работу клинических инженеров – специалистов по техническому обслуживанию медицинской техники за счет повышения эффективности использования их рабочего времени и, как следствие, повысить общую эффективность профессиональной роли клинических инженеров в системе здравоохранения.

Литература

1. Морозова Ю.А. Цифровая трансформация российского здравоохранения как фактор развития отрасли // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2020. №2. С. 36-47.
 2. Chaudhary P., Kaul P. Factors affecting utilization of medical diagnostic equipment: a study at a tertiary healthcare setup of Chandigarh // CHRISMED Journal of Health Research. 2015. N.2. p. 316–323.
 3. Eliash C., Lazar I., Nissim N. SEC-C-U: the security of intensive care unit medical devices and their ecosystems // IEEE Access. 2020. N.8. p. 64193–64224.
 4. Khalil A., Ng S.C., Liew Y.M., Lai K.W. An overview on image registration techniques for cardiac diagnosis and treatment // Cardiology Research and Practice. 2018. 15 p.
 5. Yong C.W., Teo K., Murphy B.P., Hum Y.C., Tee Y.K., Xia K., et al. Knee osteoarthritis severity classification with ordinal regression module // Multimedia Tools Applications. 2021. N. 81. p. 131-142.
 6. World Health Organization. Medical Equipment Maintenance Programme Overview: WHO Medical Device Technical Series. Geneva: Department of Essential Health Technologies: World Health Organization. 2011. 32 p.
 7. Corciova C., Andritoi D., Luca C. A Modern Approach for Maintenance Prioritization of Medical Equipment. Maintenance Management. London: IntechOpen. 2020. 17 p.
 8. Bahreini R., Doshmangir L., Imani A. Influential factors on medical equipment maintenance management: in search of a framework. // Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2019. N. 25. p. 128–143.
 9. Wu H., Liu G. Building the quality control system for medical equipment's in hospital. // 2010 International Conference on Management Service Science. Wuhan: IEEE. 2010. p. 24–26.
-

10. Medical Equipment Maintenance Market - Forecast to 2023. Medical Equipment Maintenance Market. United States. 2018. URL: marketsandmarkets.com (дата обращения: 18. 05. 2023).
 11. Medical Equipment Maintenance Market: Global Industry Analysis, Market Share, Revenue Opportunity, Competition, and Forecast 2020-2027. 2020. URL: futurewiseresearch.com/ (дата обращения: 18. 05. 2023).
 12. Prescient & Strategic Intelligence. Medical Equipment Maintenance Market Research Report - Global Industry Analysis and Demand Forecast to 2030. Medical Equipment Maintenance Market Research Report. 2020. URL: psmarketresearch.com (дата обращения: 18. 05. 2023).
 13. Wang B. Medical equipment maintenance: management and oversight. // Synthesis Lectures on Biomedical Engineering. 2012. N. 7(2). p. 313-322.
 14. Гуцин А.В. Комбинированный офтальмопневмогониометр // Инженерный вестник Дона. -2022. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7756. (дата обращения 18.10.2023)
 15. Гуцин А.В. Структура и метрологические особенности комбинированной патоспецифической измерительной установки для диагностики глаукомы // Инженерный вестник Дона. -2023. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2023/8592 (дата обращения 18.10.2023)
 16. Bahreini R., Doshmangir L., Imani A. Factors affecting medical equipment maintenance management: a systematic review. // Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2018. N.12. p. IC1-IC7.
 17. Kohani M., Pecht M. Malfunctions of medical devices due to electrostatic occurrences big data analysis of 10 years of the FDA's reports. // IEEE Access. 2018. N.6. p. 5805–5811.
 18. Salim S., Mazlan S., Salim S. A conceptual framework to determine medical equipment maintenance in hospital using RCM method. // MATEC Web Conferences. 2019. N.266 5 p.
-

19. Kutor J., Agede P., Ali R. Maintenance practice, causes of failure and risk assessment of diagnostic medical equipment // Journal of Biomedical Engineering and Medical Devices. 2017. N.2. p. 123.
20. Шулаев А.В., Мазитов М.Р., Гатауллин М.Р. Клинико-экономическая эффективность использования медицинского оборудования в муниципальных учреждениях здравоохранения мегаполиса // Саратовский научно-медицинский журнал. 2011. Т. 7, № 4. С. 779–783.
21. Ляндау Д.М. Инструменты тайм-менеджмента. // Управление в России: проблемы и перспективы. 2018. №1. С. 41-45.

References

1. Morozova Yu. A. Intellect. Innovacii. Investicii. 2020. №2. С. 36-47
 2. Chaudhary P., Kaul P. CHRISMED Journal of Health Research. 2015. N.2. pp. 316–323
 3. Eliash C., Lazar I., Nissim N. IEEE Access. 2020. N.8. pp. 64193–64224.
 4. Khalil A., Ng S.C., Liew Y.M., Lai K.W. Cardiology Research and Practice. 2018. 15 p.
 5. Yong C.W., Teo K., Murphy B.P., Hum Y.C., Tee Y.K., Xia K., et al. Multimedia Tools Applications. 2021. N. 81. pp. 131-142.
 6. World Health Organization. Medical Equipment Maintenance Programme Overview: WHO Medical Device Technical Series. Geneva: Department of Essential Health Technologies: World Health Organization. 2011. 32 p.
 7. Corciovă C., Andritoi D., Luca C. A Modern Approach for Maintenance Prioritization of Medical Equipment. Maintenance Management. London: IntechOpen. 2020. 17 p.
 8. Bahreini R., Doshmangir L., Imani A. Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2019. N. 25. p. 128–143.
-

9. Wu H., Liu G. 2010 International Conference on Management Service Science. Wuhan: IEEE. 2010. p. 24–26.
10. Medical Equipment Maintenance Market - Forecast to 2023. Medical Equipment Maintenance Market. United States. 2018. URL: marketsandmarkets.com (date accessed 18.05.2023).
11. Medical Equipment Maintenance Market: Global Industry Analysis, Market Share, Revenue Opportunity, Competition, and Forecast 2020-2027. 2020. URL: futurewiseresearch.com/ (date accessed 18.05.2023).
12. Prescient & Strategic Intelligence. Medical Equipment Maintenance Market Research Report - Global Industry Analysis and Demand Forecast to 2030. Medical Equipment Maintenance Market Research Report. 2020. URL: psmarketresearch.com (date accessed 18.05.2023)
13. Wang B. Synthesis Lectures on Biomedical Engineering. 2012. №7 (2). p. 313-322.
14. Guschin A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7756. (date accessed 18.10.2023).
15. Guschin A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2023/8592 (date accessed 18.10.2023).
16. Bahreini R., Doshmangir L., Imani A. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2018. №12. pp. IC1-IC7.
17. Kohani M., Pecht M. IEEE Access. 2018. №6. pp. 5805–5811.
18. Salim S., Mazlan S., Salim S. MATEC Web Conferences. 2019. N.266. 5 p.
19. Kutor J., Agede P., Ali R. Journal of Biomedical Engineering and Medical Devices. 2017. №2. p. 123.
20. Shulaev A.V., Mazitov M.R., Gataullin M.R. Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal. 2011. V. 7, № 4. pp. 779–783.
22. Lyandau D.M. Upravlenie v Rossii: problemy i perspektivy. 2018. №1. pp. 41-45.

Дата поступления: 29.07.2024

Дата публикации: 3.09.2024
