

УДК 614.2:001.891.53
<https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2025.v.6i4-1;7-15>

Потребность современного лабораторного центра в автоматизации: объемы исследований, перспективные методы

И.А. Кюркчу*, Е.В. Коломиец, В.Д. Повадырь, О.Г. Шпакова, А.Г. Комаров

Московский научно-практический центр лабораторных исследований Департамента здравоохранения города Москвы, 115580, Россия, г. Москва, Ореховый б-р, д. 49, к. 1

*Автор, ответственный за переписку, email: KruckuIA@dcli.ru

Аннотация

Введение. В настоящий момент здравоохранение сталкивается с увеличением нагрузки на производственные процессы, осуществляемые клиническими лабораториями. Количество пациентов, сдающих анализы, неуклонно растет, вызывая соразмерный рост количества рутинных операций, выполняемых персоналом лаборатории для реализации полного цикла анализа. Для оптимизации процессов клинических лабораторий и разгрузки персонала важно внедрять принципиально новые модульные устройства, которые смогли бы в силу своей универсальности и мобильности эффективно встроиться в уже существующие бизнес-процессы. **Цель** – рассмотреть и численно оценить существующую динамику роста производственной нагрузки на клинические лаборатории, выявить рутинные неавтоматизированные процессы, которые необходимы к выполнению полного цикла анализа, рассчитать затрачиваемое на них время, а также рассмотреть возможные решения по их автоматизации. **Материалы и методы.** В исследовании использованы статистические данные Московского научно-практического центра лабораторных исследований Департамента здравоохранения города Москвы за 2021–2025 гг. Проведен качественный и количественный анализ числа обращений пациентов, поступающих в производство проб, а также производимых анализов. Для оценки трудоемкости рутинных операций использовались нормативные правовые документы и внутренние расчеты, основанные на хронометражных данных. Среднесуточные временные затраты для выполнения анализируемых процессов были рассчитаны для актуального усредненного ежедневного объема поступающих в обработку образцов (95 тыс.). **Результаты.** С 2021 по 2025 г. в крупнейшем лабораторном комплексе России среднемесячное количество пациентов возросло на 96%, число обработанных проб – на 187%, количество выполняемых исследований – на 380%. Среднее ежедневное время, необходимое для выполнения всех ручных операций, возросло с 280 до 820 ч. Показана высокая перспективность автоматизации приведенных манипуляций с использованием модульных решений на основе шестиосевых коллаборативных роботов.

Ключевые слова: клиническая лаборатория; количество обрабатываемых проб; количество исследований; количество пациентов; рутинные процессы; автоматизация; коллаборативные роботы

Для цитирования: Кюркчу И.А., Коломиец Е.В., Повадырь В.Д., Шпакова О.Г., Комаров А.Г. Потребность современного лабораторного центра в автоматизации: объемы исследований, перспективные методы. *Здоровье мегаполиса*. 2025;6(4-1);7-15. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2025.v.6i4-1;7-15>

УДК 614.2:001.891.53
<https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2025.v.6i4-1;7-15>

The Need for Automation in a Modern Laboratory Center: Testing Workload, Promising Methods

Igor A. Kyurkchu*, Evgeniy V. Kolomiets, Vladimir D. Povadyr, Olga G. Shpakova, Andrey G. Komarov

Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research of Moscow Healthcare Department, 49 bldg. 1, Orekhoviy bulvar, 115580, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author, email: KruckuIA@dcli.ru

Abstract

Introduction. Currently, healthcare is facing an increasing burden on the operational processes in clinical laboratories. The number of patients undergoing tests is steadily increasing, which leads to a proportional increase in the routine workflow of laboratory staff to perform the total testing process. To optimize the processes of clinical laboratories and ensure staff offload, it is crucial to consider the introduction of fundamentally new modular devices that, due to their versatility and mobility, could effectively integrate into existing business processes. **The purpose** of this work was to review and measure the existing dynamics of the operational load in clinical laboratories, identify routine non-automated processes that are necessary to perform a full testing cycle, calculate the actual time spent, and consider possible solutions for process automation. **Materials and methods.** In this study, statistical data from the Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research of the Moscow Healthcare Department for the period 2021–2025 was used. A qualitative and quantitative analysis of the number of sample referrals for laboratory testing, as well as the tests performed, was carried out. Regulatory documents and internal time calculations to assess the time-consuming routine operations were used. The average daily time required to perform the analyzed processes was calculated for the current average daily volume of samples received for processing (95 thousand). **Results.** For the period from 2021 to 2025, the largest laboratory complex in Russia saw an average monthly increase of patients by 96%, the number of samples processed by 187%, and the number of tests performed by 380%. The average daily time required to perform all manual operations has increased from 280 to 820 hours. High potential of process automation using modular solutions based on 6-axis collaborative robots has been revealed.

Keywords: clinical laboratory; number of processed samples; number of tests; number of patients; routine processes; automation; collaborative robots

For citation: Kyurkchu I.A., Kolomiets E.V., Povadyr V.D., Shpakova O.G., Komarov A.G. The Need for Automation in a Modern Laboratory Center: Testing Workload, Promising Methods. *City Healthcare*. 2025;6(4-1);7-15.. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2025.v.6i4-1;7-15>

Введение

На данный момент в мире наблюдается глобальная цифровизация всех сфер жизнедеятельности общества, в частности здравоохранения, что является предпосылкой к повсеместной автоматизации медицинских рутинных операций, вплоть до полного замещения ручного труда машинным¹ [1, 2]. В условиях стремительного инновационно-технологического развития медицины особенно остро стоит проблема оптимизации производственных процессов в клинических лабораториях, в которых неуклонно растет объем обрабатываемых проб и проводимых исследований² [3].

Наблюдаемая тенденция стабильного роста поступающего биоматериала всех типов – начиная от цельной крови и заканчивая генетическими образцами – вызвана воздействием множества социально-экономических и социально-демографических факторов. Увеличение нагрузки на ресурсы здравоохранения фиксируется прежде всего вследствие стремительного роста численности населения в мире и вместе с тем увеличения доли лиц пожилого возраста, более склонного к потреблению медицинских услуг в сравнении с другими категориями населения [4, 5]. Помимо этого, высокий спрос на лабораторные исследования прослеживается в городах с развитой культурой здоровья, где наблюдается более высокий уровень осведомленности населения о важности проведения ежегодных диспансеризаций и регулярных исследований организма [6]. Как правило, высокий уровень культуры здоровья среди населения характерен для крупных городов с обширной социальной и инновационной инфраструктурой: строительством и запуском большого количества районных поликлиник и точечных учреждений ускоренной проверки общего состояния здоровья, а также упрощением работы с электронными медицинскими картами и ресурсами для создания записей на прием к специалистам.

Как следствие воздействия перечисленных факторов, существенно увеличиваются трудозатраты на выполнение повторяющихся и отнимающих много времени задач, характеризующихся «небольшой нагрузкой полезности» (например, сортировка биоматериала), в то время как силы лабораторного персонала могут быть перераспределены на выполнение более трудоемких и сложных задач [4].

В условиях необходимости сокращения расходов на здравоохранение при одновременном повышении качества обслуживания пациентов лабораторные диагностические центры не только модернизируют старые способы автоматизации рутинных процессов, но и внедряют инновационные технологии с целью более ускоренного проведения полного цикла анализа биоматериала. Проблема автоматизации повторяющихся манипуляций в трудовом процессе требует оперативного решения, которое должно не столько заменить существующие современные лаборатории, сколько, наоборот, встроиться в их бизнес-процессы. Автоматизация должна значительно повысить эффективность, точность и безопасность проводимых исследований и, как следствие, пропорционально увеличить качество и количество предоставляемых медицинских услуг. В связи с этим возникает цель исследования, которая заключается в количественной оценке текущей динамики роста производственной нагрузки на клинические лаборатории, выявлении выполняемых вручную неавтоматизированных процессов в рамках выполнения полного цикла анализа, расчете затрачиваемого на них времени, а также в анализе потенциальных решений по их автоматизации.

Материалы и методы

Анализ роста объемов обрабатываемого биоматериала был проведен с использованием статистических данных крупнейшей в России государственной медицинской организации в области клинико-лабораторной диагностики – Московском научно-практическом центре лабораторных исследований Департамента здравоохранения города Москвы (далее – учреждение, ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ»). Учреждение является флагманом в области лабораторной диагностики и уже более двух лет активно занимается разработкой и внедрением модульных автоматизированных систем, основанных на коллаборативных роботах³.

Согласно данным ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ»⁴, в период с 2021 г. по настоящее время наблюдается ежегодный прирост количества обрабатываемых проб, проводимых исследований и обращающихся за медицинской помощью пациентов (табл. 1).

¹ Пушкарь Д.Ю., Колонтарев К.Б., Говоров А.В. История развития роботических технологий в медицине. URL: <https://robot-davinci.ru/nauchnye-publikacii/istoriya-razvitiya-roboticheskikh-tehnologiy-v-medicine/> (дата обращения: 06.10.2025).

² С начала года на 200 позиций выросло число лабораторных исследований по ОМС в Пермском крае. URL: https://minzdrav.gov.ru/regional_news/24387-s-nachala-goda-na-200-pozitsiy-vyroslo-chislo-laboratornyh-issledovaniy-po-oms-v-permskom-krae (дата обращения: 06.10.2025).

³ Робот в лаборатории: старт эксперимента. URL: <https://niioz.ru/moskovskaya-meditsina/gazeta-moskovskaya-meditsina-cito/tema-nomera/robot-v-laboratorii-start-eksperimenta/> (дата обращения: 06.10.2025). Московский научно-практический центр лабораторных исследований (бывший ДЦЛИ) внедряет инновации с использованием робототехники. URL: <https://dcli.ru/news/moskovskiy-nauchno-prakticheskiy-tsentr-laboratornykh-issledovaniy-byvshiy-dtsli-vnedryaet-innovatsi/> (дата обращения: 06.10.2025).

⁴ Основные показатели работы ДЦЛИ. URL: <https://dcli.ru/about/factors/> (дата обращения: 22.08.2025).

Таблица 1 – Количественные показатели работы МНПЦЛИ за 2021–2025 гг.
Table 1 – Quantitative workload indicators of Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research

Показатель	2021	2022	2023	2024	2025*
Количество проб, поступивших в производство, шт./мес.	1 008 026	978 467	1 225 794	2 072 479	2 893 646
Количество выполненных исследований, шт./мес.	8 010 128	9 219 397	13 618 963	25 524 572	38 460 611
Количество пациентов, для которых выполнены лабораторные исследования, чел./мес.	578 415	572 352	617 582	921 699	1 133 313

*Данные за 2025 г. взяты за 6 первых календарных месяцев.
 Составлено авторами по данным исследования.
 Compiled by the authors based on research data.

С 2023 по 2024 г. фиксируется рост всех рассматриваемых показателей: количество пациентов – на 49%, количество поступивших в производство проб – на 69%, количество выполненных исследований – на 88%. С 2024 г. по настоящее время также наблюдается рост количественных показателей: численность ежемесячно обращающихся в лабораторию пациентов выросла на 23%, количество обрабатываемых проб – на 40%, количество выполненных исследований – на 51%. Суммарный рост по средним показателям за 5 лет составил +187% для количества поступающих в производство проб, +380% для количества выполненных исследований, +96% для количества пациентов.

Таким образом, из статистических данных видно, что медицинские услуги становятся более комплексными: в среднем на каждого пациента теперь приходится больше анализов, что и является драйвером общего роста нагрузки на лабораторию.

Обсуждение

Столь значительный рост поступающего биоматериала за короткий промежуток времени неизбежно приводит к резкому повышению нагрузки на лабораторный персонал и медицинскую анализирующую и пробоподготавливающую технику. Количество операций и процедур, которые должен выполнять персонал для осуществления полного цикла анализа биоматериала, многократно возрастает, что побуждает лабораторные центры применять различные современные автоматизированные технологии.

Автоматизация клинических лабораторий подразумевает под собой перестройку рутинных процессов производства посредством замещения

утомительного и повторяющегося ручного труда роботизированными производственными операциями [5]. Рутинными процессами в рамках клинической практики принято считать многократно повторяющиеся манипуляции, связанные с пробоподготовкой, транспортировкой и утилизацией биоматериала.

Для совершения полного цикла анализа проба должна пройти через минимальный обязательный набор повторяемых операций внутри клинической лаборатории⁵:

- 1) первичную сортировку: при поступлении в лабораторию образцы должны быть отсортированы для дальнейшего их перемещения по ее отделам;
- 2) первичный чекин: процесс сканирования опознавательных штриховых или QR-кодов для внесения их в собственную базу данных и назначения порядка анализа;
- 3) транспортировку по месту анализа: перевозку проб в необходимый аналитический отдел;
- 4) предобработку для возможности проведения дальнейшей обработки: открытие пробирок (декаппинг), пипетирование, центрифугирование, маркировку, ориентирование и пр.;
- 5) транспортировку к анализаторам: перемещение непосредственно к необходимым для проведения исследований анализаторам;
- 6) загрузку в анализаторы и выгрузку из них после полного прохождения цикла обработки;
- 7) транспортировку к архиваторам: процесс перемещения к архивирующим устройствам;
- 8) загрузку в архивирующие устройства и выгрузку их из них;
- 9) транспортировку к утилизирующим устройствам после прохождения полного цикла анализа;
- 10) загрузку отработанных проб в утилизирующие устройства.

⁵ Приказ Минздрава России от 18.05.2021 № 464н «Об утверждении Правил проведения лабораторных исследований».

Согласно нормативной правовой документации в сфере обеспечения лабораторной диагностики⁶, выполняемые персоналом типовые операции анализа и пробоподготовки строго ограничены по времени. Например, ручная регистрация поступившего материала, паспортных данных пациентов или результатов исследований должна занимать 3,5 мин., получение сыворотки венозной крови – 3 мин., получение плазмы венозной крови – 3 мин., процедура пипетирования одного образца – 17 сек.

Между тем в данных нормативных правовых документах отсутствует нормирование по времени для рассмотренных ранее неавтоматизированных процессов: время транспортировки образцов между различными этапами предобработки индивидуально для каждого лабораторного центра; процедуры предобработки напрямую зависят от типа биоматериала, времени его загрузки в анализирующие, архивирующие и утилизирующие устройства и от его последующей выгрузки и т.д.

Среднее время для выполняемых вручную неавтоматизированных операций с пробами (по результатам проведенной оценки количественных показателей учреждения)

1. Транспортировка осуществляется партиями, что снижает среднее время на одну пробирку. В расчетах используется норматив: партия из 1000 пробирок перемещается между этапами за 60 сек., что эквивалентно 0,06 сек. на пробирку.
2. Загрузка в анализатор, архиватор или выгрузку из них – 6 сек. на пробирку.
3. Процессы предобработки занимают от 5 до 17 сек. на пробирку в зависимости от типа операции. В расчетах принимают усредненно 6 сек. на пробирку.

Согласно ранее приведенным статистическим данным, актуальное ежемесячное количество поступающих проб в производство составляет порядка 2,9 млн в месяц или около 95 тыс. в сутки, распределенных между всеми клиническими лабораториями ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ». Согласно приведенным значениям, среднее необходимое время на выполнение всех рутинных процессов для суточного объема образцов ориентировочно составляет не менее: а) 6 ч для транспортировки; б) 650 ч для загрузки биоматериала в анализаторы и архиваторы и его выгрузки; в) 160 ч для пробоподготовки.

Итоговое суточное количество времени, необходимое всем лабораторным центрам на выполнение ручных неавтоматизированных процессов, составляет порядка 820 ч, что превышает показатель 2021 г., рассчитанный по той же метрике, почти в 3 раза (280 против 820 ч).

Все вышеперечисленные процессы на современном этапе технологического прогресса должны быть эффективно автоматизированы с целью поддержания процессов исследований в круглосуточном режиме, значительного снижения нагрузки на персонал, оптимизации кадровых и производственных ресурсов, а также внедрения и распространения новых технологических решений в сфере здравоохранения.

На настоящий момент времени для выполнения рутинных операций в клинических лабораториях используются различные подходы – традиционные и роботизированные. В рамках традиционного подхода для транспортировки биоматериалов используются лабораторные тележки, системы пневмопочты и монорельсовые системы.

Лабораторные тележки являются самым распространенным инструментом ручной транспортировки биоматериала в клинических лабораториях. Внутрикорпусные тележки предназначены для перевозки различных грузов, включая контейнеры с медикаментами, биоматериалами, реактивами и медицинским оборудованием⁷.

Системы пневмопочты используют специальные капсулы, в которых по трубопроводам транспортируются различные образцы, лекарственные препараты и пр. Благодаря герметичности, мягким амортизирующим вставкам и изолированным капсулам обеспечивается высокая степень защищенности содержимого от внешних воздействий⁸.

Несмотря на продуманность архитектуры систем пневмопочты, в ходе перемещения по трубопроводам содержимое контейнеров подвергается перемешиванию, что значительно ухудшает качество производимого в дальнейшем анализа [7]. Установка систем пневмопочты требует значительных конструктивных вмешательств в архитектуру здания, в том числе выделения отдельных помещений под обслуживающее оборудование.

Монорельсовые системы (МС) логистики – это транспортные системы, использующие специально проложенный рельс для перемещения

⁶ ГОСТ Р 53022.4-2008 «Технологии лабораторные клинические. Требования к качеству клинических лабораторных исследований. Часть 4. Правила разработки требований к своевременности предоставления лабораторной информации»; Приказ Минздрава России от 25.12.1997 № 380 «О состоянии и мерах по совершенствованию лабораторного обеспечения диагностики и лечения пациентов в учреждениях здравоохранения Российской Федерации».

⁷ КРОНТ главная страница. Каталог. Тележки. URL: <https://kront.com/?ysclid=mbnod4qx7h110044043> (дата обращения: 25.08.2025).

⁸ Massar главный экран. Пневмопочта для медицинских учреждений. URL: <https://massar.ru/pnevmapochta-dlya-meditsinskih-uchrezhdeniy> (дата обращения: 25.08.2025).

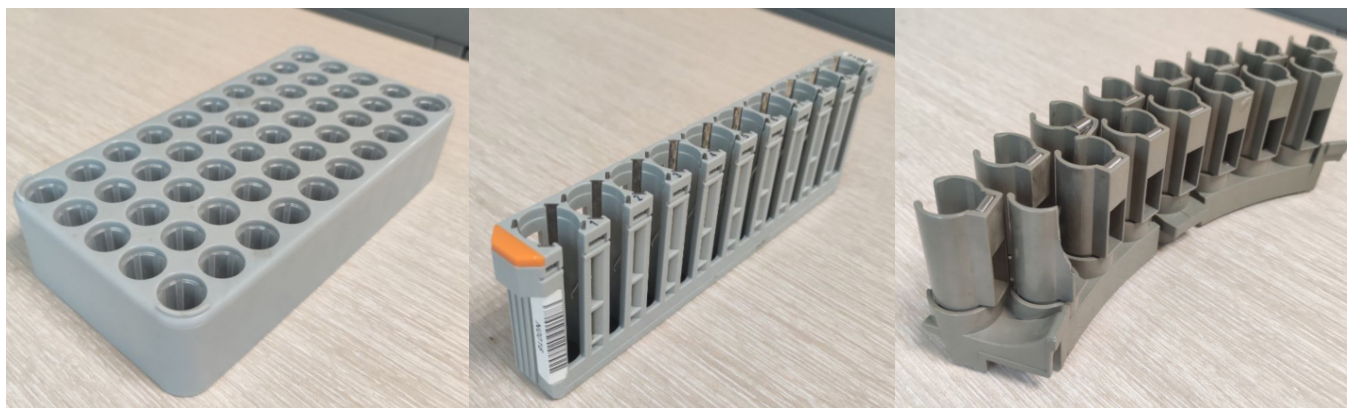


Рис. 1 – Стандартные штативы анализаторов различных производителей (фото авторов)
Fig. 1 – Standard test tube holders from various manufacturers (photo provided by the authors)

различных грузов. МС лишь недавно нашли применение в клинических лабораториях⁹, но уже сейчас способны обеспечить быстрое перемещение при минимальном использовании площади.

Для всех этапов пробоподготовки (декаппинг, ориентирование, пипетирование и пр.) не существует отдельных готовых модульных решений, отдельно выполняющих необходимые операции. Большая часть автоматизированных блоков пробоподготовки установлена внутри анализирующих комплексов, которые выполняют целый ряд различных анализов в процессе работы.

К лабораторным комплексам относятся зарубежные решения, приобретение и содержание которых в настоящее время связано с рядом трудностей.

Отечественные производители предлагают решения, которые являются отдельными устройствами, не имеющими систем и модулей предобработки, они требуют ручной подготовки образцов перед проведением анализа.

Процедура помещения проб в анализаторы и их выгрузка не может быть полностью автоматизирована с помощью привычных методов по причине значительных конструктивных отличий между анализаторами различных производителей. Штативы с биоматериалом значительно отличаются в зависимости от типа исследования, особенностей конкретной серии анализаторов (рис. 1), потребностей лабораторного центра и пр.

Таким образом, в настоящий момент не существует решений, которые смогли бы оптимизировать рутинные процессы в клинических лабораториях без значительного изменения бизнес-процессов, а также без осуществления перепланировок и длительных процедур внедрения.

Сложность разработки систем автоматизации рутинных процессов для медицинских лабораторных центров заключается в необходимости реали-

зации ряда типичных (привычных) для человека действий: взятия, открытия, нажатия, ориентирования в пространстве и т.п. При всей простоте выполнения данных действий их воспроизведение на машинном уровне требует применения сложных механизмов. Наиболее оптимальным решением выступают коллаборативные роботы-манипуляторы (коботы) – устройства, созданные специально для совместной работы с человеком и безопасно функционирующие в открытых рабочих зонах без ограждений [8].

Данный вид роботов обладает достаточным функционалом для выполнения всех необходимых типовых операций. Более того, согласно данным зарубежных исследователей, скорость обработки коботом 7–8 пробирок в минуту позволяет увеличить количество образцов на 20% без привлечения дополнительного персонала [6].

Стоит особенно отметить, что коботы не являются готовым решением под ключ: для конкретной задачи его необходимо интегрировать в заданное пространство и оснастить набором периферийного оборудования, разработать захватное устройство, вспомогательные механизмы и логическую архитектуру проекта, а также написать программный код.

Кобот может быть частью роботизированного технологического комплекса, состоящего из модульных функциональных ячеек, каждая из которых выполняет одну конкретную задачу (декаппинг, пипетирование, чекин, сортировка и пр.). При использовании модульных систем возможно формирование индивидуальных комплексов, рассчитанных исключительно под нужды конкретной лаборатории. Подобный подход позволяет экономично и эффективно оптимизировать рутинные процессы в любом учреждении и является принципиально новым для современного рынка решений здравоохранения.

⁹ Telelift. Брошюра Medical Logistics Partner. URL: http://www.telelift.ru/img/broshuri/Telelift_Medical.pdf (дата обращения: 25.08.2025).

Заключение

Текущая тенденция в сфере здравоохранения демонстрирует стремительный рост объемов лабораторных исследований, что подтверждается данными ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ». За последние пять лет в учреждении зафиксирован значительный рост ключевых показателей: количество исследований увеличилось на 380%, объем обрабатываемых проб – на 187%, число пациентов – на 96%. При этом среднее время, затрачиваемое персоналом на выполнение типовых операций, возросло с 280 до 820 ч в день. Эти данные свидетельствуют

о необходимости разработки и внедрения новых автоматизированных решений, отвечающих индивидуальным требованиям лабораторий.

В обозримом будущем сохранится рост основных производственных показателей клинических лабораторий, что делает внедрение гибких автоматизированных систем особенно актуальным. Перспективным решением являются модульные установки на основе шестиосевых коллаборативных роботов. Их использование позволит снизить нагрузку на персонал, оптимизировать рутинные процессы и повысить качество и эффективность медицинских услуг.

Список литературы

1. Shuva P., Muhtasim R., Abrar Y. et al. Industry 4.0 Applications for Medical/Healthcare Services. *Journal of Sensor and Actuator Networks*. 2021;10(3):43. <https://doi.org/10.3390/jsan10030043>
2. Лукманов А.А., Агаев В.Н., Цыпкин Д.А. Автоматизация труда в сфере здравоохранения: преимущества, перспективы, барьеры восприятия. *Здоровье мегаполиса*. 2024;5(2):181-188. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i2;181-188>
3. Robinson A.T., Rohde R.E. Workforce in the Shadow of Healthcare-An Update on the Survival Status of Laboratory Medicine and Public Health. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2024;54(5):46311-46317. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2024.54.008604>
4. Устьянцева И.М., Агаджанян В.В. Лабораторная медицина. Трансформация взглядов и новые горизонты в следующем десятилетии XXI века. *Политравма*. 2023;(2):6-15. <https://doi.org/10.24412/1819-1495-2023-2-6-15>
5. Yeo C.P., Ng W.Y. Automation and productivity in the clinical laboratory: experience of a tertiary health-care facility. *Singapore Medical Journal*. 2018;59(11):597-601. <https://doi.org/10.11622/smedj.2018136>
6. Greaves R.F., Bernardini S., Ferrari M. et al. Key Questions about the Future of Laboratory Medicine in the Next Decade of the 21st Century: A Report from the IFCC-Emerging Technologies Division. *Clinica Chimica Acta*. 2019;495:570-589. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2019.05.021>
7. Kumari S., Kumar S., Bharti N., Shekhar R. Impact of pneumatic transport system on preanalytical phase affecting clinical biochemistry results. *Journal of Laboratory Physicians*. 2023;15(1):48-55. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1750077>
8. Cohen Y., Nasereldin H., Chaudhuri A. et al. Assembly systems in industry 4.0 era: A road map to understand Assembly 4.0. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2019;105:4037-4054. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04203-1>

References

1. Shuva P., Muhtasim R., Abrar Y. et al. Industry 4.0 Applications for Medical/Healthcare Services. *Journal of Sensor and Actuator Networks*. 2021;10(3):43. <https://doi.org/10.3390/jsan10030043>
2. Lukmanov A.A., Agaev V.N., Tsyppkin D.A. Automation in Healthcare: Advantages, Prospects, Perceptual Barriers. *City Healthcare*. 2024;5(2):181-188. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2024.v.5i2;181-188> (In Russ.)
3. Robinson A.T., Rohde R.E. Workforce in the Shadow of Healthcare-An Update on the Survival Status of Laboratory Medicine and Public Health. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2024;54(5):46311-46317. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2024.54.008604>

4. Ustyantseva I.M., Agadzhanyan V.V. Laboratory Medicine. Transformation of Views, and New Horizons in the Next Decade of the XXI Century. *Polytrauma*. 2023;(2):6-15. <https://doi.org/10.24412/1819-1495-2023-2-6-15> (In Russ.)
5. Yeo C.P., Ng W.Y. Automation and Productivity in the Clinical Laboratory: Experience of a Tertiary Healthcare Facility. *Singapore Medical Journal*. 2018;59(11):597-601. <https://doi.org/10.11622/smedj.2018136>
6. Greaves R.F., Bernardini S., Ferrari M. et al. Key Questions about the Future of Laboratory Medicine in the Next Decade of the 21st Century: A Report from the IFCC-Emerging Technologies Division. *Clinica Chimica Acta*. 2019;495:570-589. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2019.05.021>
7. Kumari S., Kumar S., Bharti N., Shekhar R. Impact of Pneumatic Transport System on Preanalytical Phase Affecting Clinical Biochemistry Results. *Journal of Laboratory Physicians*. 2023;15(1):48-55. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1750077>
8. Cohen Y., Naseraldin H., Chaudhuri A. et al. Assembly Systems in Industry 4.0 Era: A Road Map to Understand Assembly 4.0. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2019;105:4037-4054. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04203-1>

Информация о статье

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: статья подготовлена при поддержке Департамента здравоохранения города Москвы в рамках научно-исследовательской работы (№ ЕГИСУ: 125090310052-0) в соответствии с программой «Научное обеспечение столичного здравоохранения» на 2023–2025 гг.

Сведения об авторах

Кюркчу Игорь Андреевич – ведущий программист лаборатории научно-организационных технологий ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ», Москва, Россия, <https://orcid.org/0009-0000-0467-1010>

Коломиец Евгений Владимирович – заведующий лабораторией научно-организационных технологий ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ», Москва, Россия, <https://orcid.org/0009-0007-0997-9672>

Повадырь Владимир Дмитриевич – лаборант-исследователь лаборатории научно-организационных технологий ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ», Москва, Россия, <https://orcid.org/0009-0001-6753-2816>

Шпакова Ольга Геннадьевна – заведующая клинико-диагностической лабораторией молекулярно-генетических исследований ЛЦ № 1 ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ», Москва, Россия

Комаров Андрей Григорьевич – главный внештатный специалист по клинической лабораторной диагностике ДЗМ, директор ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ», Москва, Россия, <https://orcid.org/0009-0000-8597-7125>

Article info

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Funding: This work was supported by Moscow Healthcare Department within the framework of a research (No. EGISU: 125090310052-0) in accordance with the program “Scientific Support of Moscow Healthcare” for the period 2023-2025.

About the authors

Igor A. Kyurkchu – Research Software Specialist at the Laboratory of Scientific and Organizational Technologies, Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research of Moscow Healthcare Department, <https://orcid.org/0009-0000-0467-1010>

Evgeny V. Kolomiets – Head of the Laboratory of Scientific and Organizational Technologies, Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research of Moscow Healthcare Department, <https://orcid.org/0009-0007-0997-9672>

Vladimir D. Povadyr – Research Laboratory Technician at the Laboratory of Scientific and Organizational Technologies, Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research of Moscow Healthcare Department, <https://orcid.org/0009-0001-6753-2816>

Olga G. Shpakova – Head of the Clinical Diagnostic Laboratory at the Laboratory Center No. 1, Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research of Moscow Healthcare Department

Andrey G. Komarov – Chief Specialist on Clinical Laboratory Diagnostics of Moscow Healthcare Department, Head of Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research of Moscow Healthcare Department, <https://orcid.org/0009-0000-8597-7125>

Вклад авторов

Все авторы внесли равноценный вклад в написание статьи. Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Для корреспонденции

Кюркчу Игорь Андреевич
KruckuIA@dcli.ru

Статья поступила 09.09.2025
Принята к печати 28.11.2025
Опубликована 15.12.2025

Authors' contribution

The authors contributed equally to this article. All co-authors read and approved the final manuscript.

Corresponding author

Igor A. Kyurkchu
KruckuIA@dcli.ru

Received 09.09.2025
Accepted for publication 28.11.2025
Published 15.12.2025