

4  
НОМЕР

БОИЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

<http://www.elmag.uran.ru>



# БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН



«ЗНАМЯ ПОБЕДЫ НАД РЕЙХСТАГОМ». БИТВА ЗА БЕРЛИН  
Халдей Е.А., 02.05.1945

2025

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© И.А. Гришкевич, А.Г. Комаров, 2025

УДК 681.5: 616-074

*И.А. Гришкевич, А.Г. Комаров*

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТОВ ДЛЯ ВЫДАЧИ И ПРИЕМА ПРОБИРОК ДЛЯ АНАЛИЗОВ**

Московский научно-практический центр лабораторных исследований Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

*Цель.* Разработка автоматизированной системы выдачи и приема пробирок для автоматизации рутинных операций, осуществляемых лабораторным персоналом на преаналитическом этапе.

*Материалы и методы.* Для работы были использованы методы инженерного проектирования, 3D-моделирования, программирования и интеграции аппаратных и программных компонентов. Разработка аппаратной части комплекса осуществлялась с применением методов 3D-моделирования в специализированном программном обеспечении (SolidWorks), программирования в среде Python и в среде C++. Методы испытаний включали функциональное тестирование отдельных модулей, проверку механической надежности, интеграционное тестирование совместной работы компонентов и имитацию рабочих сценариев выдачи и приема пробирок.

*Результаты.* Разработан и реализован программно-аппаратный комплекс, состоящий из двух автономных устройств: автомата выдачи и автомата приема пробирок. Изготовлены четыре типа механизмов выдачи пробирок, модуль приема с тремя каналами для разных типов пробирок, подъемная ось для робота-манипулятора, холодильная камера с тремя выдвижными полками вместимостью до 12 штативов для пробирок, а также модифицированный этикетировщик для нанесения штрихкодов на пробирки диаметром до 25 мм. Проведены испытания всех узлов аппарата выдачи и приема, подтвердившие их работоспособность и соответствие техническим требованиям.

*Заключение.* Разработанный комплекс представляет собой готовое решение для автоматизации преаналитического этапа лабораторной диагностики и рекомендуется к внедрению в клиничко-диагностических лабораториях. Применение данного комплекса позволяет снизить долю ручного труда, минимизировать ошибки идентификации и маркировки, сократить время обработки биоматериалов, а также улучшить условия их хранения.

*Ключевые слова:* разработка медицинского оборудования, автоматизация, преаналитический этап, лабораторная диагностика, механизмы выдачи пробирок, робот-манипулятор, система хранения биоматериалов, интеграция с ЛИС.

---

---

*I.A. Grishkevich, A.G. Komarov*

## **DEVELOPMENT OF VENDING MACHINES FOR DISPENSING AND RECEIVING TEST TUBES**

Moscow Scientific and Practical Center for Laboratory Research of the Department of Healthcare of Moscow, Moscow, Russia

*Aim.* Development of an automated system for issuing and receiving test tubes.

*Materials and methods.* The methods of engineering design, 3D modeling, programming and integration of hardware and software components were used for the work. The hardware of the complex was developed using 3D modeling methods in specialized software (SolidWorks), programming in Python and C++ environments. The test methods included functional testing of individual modules, verification of mechanical reliability, integration testing of component col-

laboration, and simulation of operating scenarios for dispensing and receiving vials.

*Results.* A hardware and software complex was developed and implemented, consisting of two autonomous devices: a dispensing machine and a tube receiving machine. Four types of tube dispensing mechanisms have been manufactured, a reception module with three channels for different types of tubes, a lifting axis for a robotic arm, a refrigerator with three pull-out shelves with a capacity of up to 12 test tube stands, and a modified labeling machine for applying barcodes to test tubes up to 25 mm in diameter. Tests of all units of the delivery and reception apparatus have been carried out, confirming their operability and compliance with technical requirements.

*Conclusion.* The developed complex is a ready-made solution for automating the preanalytical stage of laboratory diagnostics and is recommended for implementation in clinical diagnostic laboratories. The use of this complex makes it possible to reduce the proportion of manual labor, minimize identification and labeling errors, reduce the processing time of biomaterials, and improve their storage conditions.

*Keywords:* development of medical equipment, automation, preanalytical stage, laboratory diagnostics, mechanisms for dispensing vials, robotic arm, biomaterial storage system, integration with LIS.

## **Введение**

Клиническая лабораторная диагностика занимает центральное место в современной системе здравоохранения; медицинские работники получают до 70-80% объективной информации о пациенте, необходимой для точной формулировки диагноза, мониторинга эффективности терапии и прогнозирования исхода заболеваний. Лабораторное исследование состоит из 3 ключевых этапов: преаналитического, аналитического и постаналитического [1].

В сравнении с высокими достижениями в области автоматизации аналитического этапа лабораторной диагностики, преаналитическая стадия в большинстве медицинских учреждений по-прежнему остается основным источником погрешностей в системе обеспечения качества лабораторной службы [2, 6]. На сегодняшний день комплекс процедур преаналитики в значительной степени осуществляется с использованием ручных операций: клиническое назначение исследований, идентификация пациента, забор биологического материала, его маркировка, транспортировка, подготовка к анализу и хранение. Согласно данным исследований, именно на преаналитический этап приходится порядка 46-70% всех ошибок, совершаемых в процессе лабораторной диагностики [2, 3, 5, 6].

Проблемы ручного документооборота и учета на преаналитической стадии носят системный характер и проявляются в различных формах: ошибки идентификации пациентов, некорректная маркировка проб, утрата образцов, несоблюдение требований к преаналитическим условиям. Данные риски

влекут за собой значительные временные затраты лабораторного персонала (например, необходимость повторных заборов биоматериала) и существенные экономические потери, связанные с перерасходом дорогостоящих реагентов и расходных материалов.

Актуальность внедрения автоматизированных систем на преаналитическом этапе определяется острой необходимостью минимизации процедурных ошибок, которые потенциально могут привести к серьезным диагностическим упущениям и, как следствие, к развитию клинических осложнений у пациентов. Автоматизация долабораторного этапа позволяет снизить количество ошибок и итоговую стоимость анализа за счет уменьшения расходов на фонд оплаты труда [7, 8].

Таким образом, реализация комплексной автоматизации управления преаналитическим этапом представляет собой не просто техническое усовершенствование отдельных процессов, а стратегически важную инициативу, направленную на кардинальное повышение качества, безопасности и экономической эффективности всей системы лабораторной диагностики.

Целью настоящего исследования явилась разработка автоматизированной системы выдачи и приема пробирок для автоматизации рутинных операций, осуществляемых лабораторным персоналом на преаналитическом этапе.

### **Материалы и методы**

Для реализации настоящего исследования, прежде всего, проведен литературный обзор существующих в международной практике аналоговых проектных решений по созданию автоматизированного комплекса выдачи и приема пробирок. Поиск зарубежных публикаций осуществлялся за период 2008-2025 гг. с использованием следующих ключевых слов: «pre-analytical automation», «sample tube dispenser», «laboratory automation». Были отобраны и проанализированы 7 источников литературы на предмет выявления современных тенденций, типовых архитектурных решений и метрик эффективности автоматизированных преаналитических систем [2-8].

Разработка программно-аппаратного комплекса для автоматизации выдачи и приема пробирок проводилась с применением методов инженерного проектирования, 3D-моделирования, программирования и интеграции аппаратных и программных компонентов.

Аппаратная часть разрабатывалась с использованием средств автоматизированного проектирования. Были спроектированы и изготовлены следующие

щие узлы: механизмы выдачи пробирок четырех типов на основе барабанной системы с шаговыми двигателями, редукторами и датчиками позиционирования; робот-манипулятор с подъемной осью и захватом для перемещения пробирок; холодильная камера с выдвижными полками на основе зубчатых реек и шаговых двигателей; модуль приема пробирок с тремя отверстиями, заслонками и направляющими; этикетировщик (Godex gtl100) с доработкой для работы с пробирками диаметром до 25 мм для наклейки этикетки со штрих-кодом.

Программная часть реализована на языках C++ и Python и включает в себя систему управления механизмами и технологическими процессами (СУМЭЧ) для низкоуровневого управления приводами и обработки сигналов датчиков, а также модуль интеграции с Лабораторной Информационной Системой (ЛИС) для обмена данными по стандартным протоколам.

Методы испытаний включили функциональное тестирование отдельных модулей, проверку механической надежности, интеграционное тестирование совместной работы компонентов и имитацию рабочих сценариев выдачи и приема пробирок.

### **Результаты и обсуждение**

По результатам литературного поиска в открытых источниках было найдено аналоговое проектное решение российской компании Helix [9] – автоматизированный комплекс для анализов под названием «Лабомат Helix Express». Он представляет собой 2 системы: а) автомат для приема анализов и б) устройство для выдачи пробирок (Лейблер). Автомат для приема анализов представляет собой устройство с сенсорным экраном, сканером QR-кода, принтером талонов и окошком для сдачи пробирок для анализов (рис. 1).

Принцип работы автоматизированного комплекса: автомат для выдачи пробирок с помощью приложения Helix печатает штриход на пробирке для выбранного анализа, затем пациент может сдать в окошко промаркированные Лейблером пробирки с самовзятыми биоматериалами. В случае если для взятия анализа требуется проведение манипуляций медицинским работником, например, для забора крови, пациент берет талон на взятие биоматериала и после забора биоматериала отправляет пробирку в окошко приема. Преимуществами выступают компактные размеры комплекса, а также удобство в его использовании.

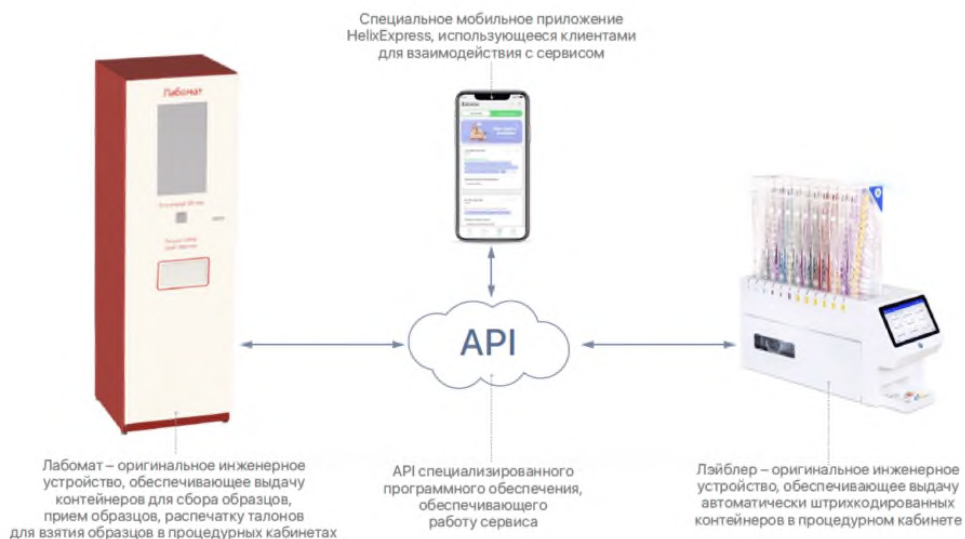


Рис. 1. Устройство программно-аппаратного комплекса Лабомат Helix Express от компании Helix.

Среди недостатков необходимо отметить следующее: а) маркировка происходит до этапа взятия анализа, что ведет к рискам повреждения маркировки; б) Лейблер имеет малую емкость пробирок и не может выдавать большие контейнеры для анализов диаметром больше 16 мм (не предусмотрена выдача пробирок для мокроты и кала диаметром 25 мм); в) не является вандалоустойчивым; г) кассеты для пробирок можно вытащить. Более того, отсек автомата для приема пробирок – один для всех видов анализов, поэтому требуется ручная сортировка перед загрузкой на линию анализатора. Наконец, из отсека приема пробирки попадают в термосумку, вследствие чего необходим частый забор анализов из-за неподходящих климатических условий для хранения анализов.

В рамках настоящего исследования был разработан и реализован программно-аппаратный комплекс, состоящий из двух отдельных автоматов: а) для выдачи четырех типов контейнера для самовзятого биоматериала (КСБМ) и б) для приема трех видов КСБМ. Автомат выдачи вмещает в себя следующее количество КСБМ для выдачи: П32 – 116 шт, П16 – 140 шт, П13 – 50 шт, К62 — 64 шт. Автомат приема: П32 – 80 шт. в штативах Ш32, П16 – 150 шт. в штативах Ш16, П13 – 50 шт. в штативах Ш13 (табл. 1).

Разница в количестве выдаваемых и принимаемых КСБМ объясняется особенностями сбора анализа мочи: пациенту предоставляют специальную банку с иглой для вакуумной пробирки и саму вакуумную пробирку для мочи, однако в лабораторию на анализ сдаётся только вакуумная пробирка.

Таблица 1. Виды КСБМ и их описание

№ п/п	Наименование контейнеров и вспомогательных изделий	Назначение	Описание
1	Пробирка 13мм, далее – П13	Сбор волос ногтей/эпителия	Вакуумная Пробирка, объем 4,5 мл, Ø крышки 16мм, Ø пробирки 13 мм, длиной 81 мм
2	Пробирка 32мм с ложечкой, далее - П32	Сбор кала или мокроты Температура хранения от +5°C до +6°C	Пробирка, конусная с ложечкой, объем 30мл, Ø крышки 32 мм, Ø пробирки 25 мм, длиной 92 мм.
3	Пробирка 16мм, далее - П 16	Сбор мочи Температура хранения от +5°C до +6°C	Вакуумная пробирка, объем 9мл, Ø крышки 18, Ø пробирки 15 мм, длиной 106 мм
4	Контейнер для биоматериала 62 мм, далее - К62	Сбор мочи Температура хранения от +5°C до +6°C	Контейнер для мочи К62, размеры: Диаметр крышки 62мм, диаметр горловины по резьбе 59мм, диаметр основания 49мм, высота 72мм
5	Штатив для пробирок, далее Ш16	Хранение пробирок П16 и П13	Штатив для пробирок П16 и П13; размеры: Длина - 210 мм, Ширина - 110 мм, Высота - 45 мм. Вместимость 50 пробирок, карта гнезд 5x10
6	Штатив для пробирок, Ш13	Хранение пробирок П13	Штатив для пробирок П13, размеры: Длина - 210 мм, Ширина - 110 мм, Высота - 45 мм; Вместимость 50 пробирок, карта гнезд 5x10
5	Штатив для пробирок, Ш32	Хранение пробирок П32Л, П32	Штатив для пробирок П32Л и П32, размеры Длина – 210 мм, Ширина - 110 мм, Высота - 45 мм, Вместимость 10 пробирок, карта гнезд 2x5

Автомат выдачи пробирок состоит из механизмов выдачи четырех видов для КСБМ четырех типов, шторки отсека выдачи пробирок, контроллера, главного компьютера, сканера QR-кода, сенсорного экрана, принтера памяток и каркаса (рис. 2).

Автомат выдачи работает по следующему алгоритму: пациент сканирует штрих-код с направлением (талон с QR-кодом или полис ОМС), далее автомат связывается с базой данных ЛПУ (Лечебно-профилактическое учреждение) для определения вида и количества КСБМ, необходимых для выдачи пациенту, и выдает их. После выдачи КСБМ автомат выдачи печатает и

предоставляет пациенту памятку по самостоятельному сбору биоматериала для текущего типа исследования, согласно его направлению.



Рис. 2. Схема устройства автомата выдачи.

Для достижения целевого количества хранимых КСБМ, механизмы выдачи для КСБМ типа К62, П32 и П16, П13 были сделаны в количестве 4, 4, 2 и 1 шт. соответственно. Из механизмов выдачи выпадают пробирки и скатываются по наклонным плоскостям из оргстекла к окну выдачи. Окно выдачи закрывается свободно двигающейся шторкой, принцип устройства которой аналогичен механизму работы шторок в билетных автоматах метрополитена.

Автомат приема пробирок состоит из робота манипулятора с контроллером и захватом для КСБМ, отсека для приема КСБМ, холодильника с выдвижными полками для хранения пробирок в штативах, принтера этикеток, контроллера, главного компьютера, сканера QR-кода, сенсорного экрана, принтера памяток и каркаса (рис. 3).

Модуль приема пробирок устроен следующим образом: в пластике находятся 3 отверстия, размер которых составляет чуть больше диаметра крышек одной из трех пробирок. С задней стороны отверстия расположены крышки с электромагнитами, снизу под отверстиями – направляющие, по которым скатываются пробирки. С целью недопущения «вылета» пробирок из

автомата установлены ограничивающие заслонки.

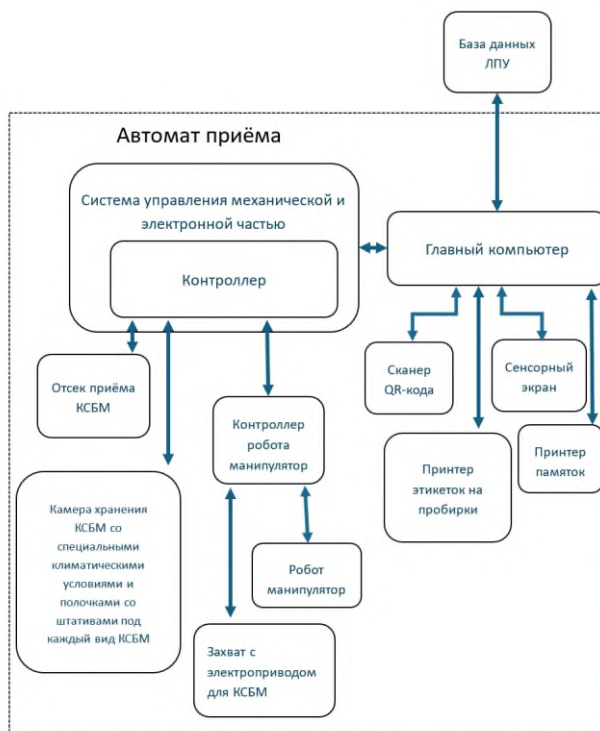


Рис. 3. Схема устройства автомата приема.

Принцип работы автомата приема: после выбора пациентом КСБМ, которую он будет впоследствии загружать, выключается соответствующий электромагнит. Далее пациент загружает пробирку в нужное отверстие, которая скатывается по направляющим вниз, откуда ее забирает робот-манипулятор.

Робот-манипулятор установлен на подъемной оси для доступа к устройству приема пробирок, этикетировщику и полочкам. При загрузке штатива на выдвижную полку подъемная ось перемещает робота-манипулятора на необходимую высоту. Следует подчеркнуть, что модуль приёма пробирок и этикетировщик расположены на одной высоте для сокращения времени перемещения робота-манипулятора. Примечательным является то, что робот-манипулятор может как захватывать пробирки разного размера за счёт регулируемого усилия сжатия, так и вращаться вокруг оси.

Максимальный диаметр пробирки, на которую этикетировщик может наклеить этикетку, составляет 16 мм. Диаметр пробирки П32 составляет 25 мм. Для того, чтобы этикетировщик смог наносить этикетку со штрихкодом на П32, предусмотрена планка с двумя подшипниками вместо детали аппарата, удаление которой не влияет на работоспособность.

Камера хранения представляет собой холодильник с тремя выдвижны-

ми полками внутри, в одну из которых помещается 4 штатива для пробирок. Суммарно холодильник вмещает в себя 12 штативов, тем самым обеспечивая компактное хранение пробирок с анализами.

Программная часть состоит из двух модулей: Система управления механизмами и технологическими процессами и модуль интеграции с Лабораторной Информационной Системой (ЛИС). Первый модуль представляет собой специализированное программное обеспечение, разработанное на языке C++ для низкоуровневого управления приводами, обработки сигналов с датчиков, а также мониторинга статуса аппаратных модулей в реальном времени. Второй модуль осуществляет двусторонний обмен данными с ЛИС: получает из ЛИС задания на выдачу определенного типа пробирки для конкретного пациента и передает обратно данные о факте выдачи/приема.

Проведены испытания всех узлов аппарата выдачи и приема, подтвердившие их работоспособность и соответствие техническим требованиям.

### **Заключение**

Таким образом, разработан и реализован программно-аппаратный комплекс для автоматизации выдачи и приёма пробирок на преаналитическом этапе лабораторной диагностики, состоящий из двух автономных устройств: автомата выдачи и автомата приема пробирок.

Разработаны и изготовлены следующие узлы: 4 типа механизмов выдачи пробирок, обеспечивающих хранение и поштучную выдачу; модуль приема для разных типов пробирок, оснащенный электромагнитными заслонками и направляющими; подъемная ось для робота-манипулятора, обеспечивающая доступ к зонам приема, этикетирования и хранения; холодильная камера с тремя выдвижными полками, вмещающая до 12 штативов для пробирок; настройка и программирование этикетировщика для печати и последующего наклеивания штрих-кодов на пробирки в автоматическом режиме по команде из ЛИС, а также выполнена модификация этикетировщика для нанесения штрихкодов на пробирки диаметром до 25 мм вместо изначальных 16 мм.

Данный комплекс представляет собой готовое решение для автоматизации долабораторного этапа и рекомендован к внедрению в клинико-диагностические лаборатории. Разработка позволяет снизить долю ручного труда, минимизировать ошибки идентификации и маркировки, сократить время обработки биоматериалов, а также улучшить условия их хранения.

Перспективы дальнейших исследований включают: а) проведение ис-

пытаний опытного образца в условиях реального лабораторного процесса и б) адаптацию системы для работы с новыми типами расходных материалов и биологических образцов.

*(Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Правительства Москвы №0603-10/23)*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 18.05.2021 № 464н "Об утверждении Правил проведения лабораторных исследований".
2. Шень Н.П., Пышминцева Н.П., Пашаев А.Н., Минин А.С., Цирятьева С.Б., Витик А.А., Калининченко А.П. Пути оптимизации преаналитического этапа лабораторной диагностики в интенсивной терапии и медицине катастроф. Клиническая лабораторная диагностика. 2019. №8: 459-462.
3. Da Rin G. Pre-analytical workstations: a tool for reducing laboratory errors. Clinica chimica acta. 2009. V. 404. №. 1: С. 68-74.
4. Boyd J. C., Hawker C. D. Automation in the clinical laboratory. Tietz textbook of clinical chemistry and molecular diagnostics. 2012. V. 5: 478-83.
5. Da Rin G. Pre-analytical workstations as a tool for reducing laboratory errors. Journal of Medical Biochemistry. 2010. V. 29. №. 4.
6. Ebubekir B., Nurinnisa O., Nurcan K. B. Automation in the clinical laboratory: integration of several analytical and intralaboratory pre-and post-analytical systems. Turkish Journal of Biochemistry. 2017. V. 42. № 1: 1-13.
7. Armbruster D. A., Overcash D. R., Reyes J. Clinical chemistry laboratory automation in the 21st century-Amat Victoria curam (Victory loves careful preparation). The Clinical Biochemist Reviews. 2014. V. 35. № 3: 143.
8. Melanson S. E. F., Lindeman N. I., Jarolim P. How laboratory automation can help laboratories, clinicians, and patients. Laboratory Medicine. 2008. V. 39. №. 3: 137-143.
9. Лабораторная служба Helix. Услуга «Helix Express» [Электр. ресурс]. – URL: <https://helix.ru/helix-express> (дата обращения: 05.11.2025).

*Поступила 6 ноября 2025 г.*

*(Контактная информация: Гришкевич Илья Андреевич – инженер отдела автоматизированных систем управления, ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ»; адрес: Россия, г. Москва, ул. Болотниковская, д. 53, к. 1; e-mail: nauka@dcli.ru;*

*Комаров Андрей Григорьевич – главный внештатный специалист по клинической лабораторной диагностике ДЗМ, директор ГБУЗ «МНПЦЛИ ДЗМ»; адрес: Россия, г. Москва, ул. Болотниковская д. 53, к. 1; e-mail: nauka@dcli.ru)*

---

---

## REFERENCES

1. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated May 18, 2021 No. 464n "On approval of the Rules for conducting laboratory research".
2. Shen N.P., Pyshmintseva N.P., Pashayev A.N., Minin A.S., Tsiryatyeva S.B., Vitik A.A., Kalinichenko A.P. Ways to optimize the preanalytical stage of laboratory diagnostics in intensive care and disaster medicine. Clinical laboratory diagnostics. 2019. №8: 459-462.
3. Da Rin G. Pre-analytical workstations: a tool for reducing laboratory errors. Clinica chimica acta. 2009. V. 404. №. 1: С. 68-74.
4. Boyd J. C., Hawker C. D. Automation in the clinical laboratory. Tietz textbook of clinical chemistry and molecular diagnostics. 2012. V. 5: 478-83.
5. Da Rin G. Pre-analytical workstations as a tool for reducing laboratory errors. Journal of

- Medical Biochemistry. 2010. V. 29. №. 4.
6. Ebubekir B., Nurinnisa O., Nurcan K. B. Automation in the clinical laboratory: integration of several analytical and intralaboratory pre-and post-analytical systems. Turkish Journal of Biochemistry. 2017. V. 42. № 1: 1-13.
  7. Armbruster D. A., Overcash D. R., Reyes J. Clinical chemistry laboratory automation in the 21st century-Amat Victoria curam (Victory loves careful preparation). The Clinical Biochemist Reviews. 2014. V. 35. № 3: 143.
  8. Melanson S. E. F., Lindeman N. I., Jarolim P. How laboratory automation can help laboratories, clinicians, and patients. Laboratory Medicine. 2008. V. 39. №. 3: 137-143.
  9. Helix Laboratory Service. Helix Express Service [Electronic resource]. (URL: <https://helix.ru/helix-express> (дата обращения: 05.11.2025)).

**Образец ссылки на статью:**

Гришкевич И.А., Комаров А.Г. Разработка автоматов для выдачи и приема пробирок для анализов. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2025. 4. 11 с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2025-4/Articles/GIA-2025-4.pdf>). DOI: 10.24411/2304-9081-2025-14003