

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ХРАНЕНИЯ РЕАКТИВОВ

Истратова Е. Е.

*Новосибирский государственный технический университет,  
Новосибирск, Россия, istratova@mail.ru*

**Аннотация.** В статье представлены результаты разработки программно-аппаратного комплекса для учета хранения реактивов в лаборатории. Отличительной особенностью программного решения является наличие возможности подключения датчиков сканирования штрих-кодов и весов для взвешивания реактивов. Готовый программный продукт может применяться для контроля работы лаборантов и учета реактивов, находящихся в холодильнике лаборатории, обеспечения разграничения ролей пользователей программно-аппаратного комплекса.

**Ключевые слова:** программно-аппаратный комплекс, реактивы, база данных, фреймворк.

**Abstract.** The article presents the results of the development of a hardware and software complex for accounting for the storage of reagents in the laboratory. A distinctive feature of the software solution is the ability to connect barcode scanning sensors and scales for weighing reagents. The finished software product can be used to monitor the work of laboratory assistants and account for reagents located in the laboratory refrigerator, ensuring differentiation of roles for users of the hardware and software complex.

**Key words:** hardware and software complex, reagent, database, framework.

Работа была выполнена на базе научно-производственного объединения «Вектор-Бест», которое является крупнейшим российским производителем наборов реагентов для лабораторной диагностики. Для лаборатории данного предприятия было необходимо разработать программно-аппаратный комплекс, позволяющий собирать информацию о реактивах и их характеристиках, поступающих на хранение, с возможностью ведения их учета и составления отчетов в режиме реального времени. Таким образом, в рамках выполняемой работы в качестве объекта исследования были рассмотрены реактивы, размещаемые в холодильнике лаборатории для хранения.

Закупка реактивов в НПО «Вектор-Бест» осуществляется централизованно. Далее все реактивы распределяются по структурным подразделениям. Отчеты о расходовании реактивов формируются ежемесячно руководителями подразделений. Однако внутри лаборатории также необходим контроль за расходованием реактивов сотрудниками подразделения. В настоящее время контроль осуществляется ведением журнала лаборантами. В результате, помимо

временных затрат на изъятие или закладку реактива, сотрудники лаборатории тратят время на заполнение однообразных полей. Заведующим лабораторией было установлено, что в среднем за один 8-ми часовой рабочий день каждый лаборант пользуется холодильником около 21–23 раз. При этом время заполнения журнала для каждой операции составляет не менее 4 минут, то есть примерно 1,5 часа рабочего времени на каждого сотрудника. Для сокращения времени было предложено разработать программно-аппаратный комплекс, в котором будет автоматизировано ведение журнала.

Для исследования предметной области были рассмотрены различные литературные источники, посвященные как процессу учета реактивов, так и разработке лабораторных информационных систем. Анализ данных источников позволил разделить все публикации на три группы. К первой группе были отнесены статьи, в которых приведены примеры разработанных лабораторных информационных систем. Например, с целью ресурсосбережения и автоматизации процессов учета и инвентаризации результатов научно-технической и интеллектуальной деятельности, процессов технического обслуживания и ремонта основных фондов, оперативной эксплуатации оборудования в статье [1] была разработана информационная система, состоящая из базы данных, текстовых документов, документов в формате .pdf, архива фото, видеоматериалов; позволяющая вести учет лабораторного оборудования, программного обеспечения, учебно-методических материалов, а также оборудования, находящегося в ремонте, расхода реактивов, включающая сведения по научно-исследовательской и учебно-методической работе, справочную информацию по существующим и предполагаемым организациям-поставщикам химического и биотехнологического оборудования. Примеры подобных систем также указаны в других литературных источниках [2–4].

Вторую группу составили статьи о применении процесса автоматизации деятельности лабораторий для стандартизации и автоматизации технологических процессов, а также для внедрения системы менеджмента качества [5].

В ряде статей и литературных источников, относящихся к третьей группе, внимание уделяется выбору оборудования и его применению в лабораториях [6; 7].

В результате анализа программ-аналогов было установлено, что ни один из них не подходит для решения поставленной задачи, так как они слишком крупные и предоставляют ненужный функционал, а также в них отсутствует возможность подключения датчиков и других программно-аппаратных инструментов.

Таким образом, цель работы заключалась в проектировании программно-аппаратного комплекса для автоматизации процесса хранения реактивов, то есть суть разработки сводится к определению того, когда и какой сотрудник разместил или забрал из холодильной камеры определенный реактив с конкретными характеристиками, такими, как: масса, номер, вещество и прочее.

Разрабатываемое программное обеспечение предназначено для регистрации и контроля за расходом реактивов в одном из структурных подразделений научно-производственного объединения «Вектор-Бест». Данное подразделение представляет собой лабораторию, возглавляемую заведующим, в подчинении которого находятся лаборанты и техники. Лаборанты отвечают за проведение научных исследований и являются основными «потребителями» реактивов. Техники ответственны за калибровку и ремонт лабораторного оборудования. В процессе автоматизации процессов регистрации и контроля реактивов принимают участие только лаборанты и заведующий лабораторией. Именно эти сотрудники будут иметь соответствующие функции и роли пользователей в готовом программном продукте. В настоящее время контроль осуществляется ведением журнала, в который все лаборанты должны вносить следующую информацию: фамилия, имя, отчество лаборанта; дата изъятия или закладки реактива в холодильник; время забора или добавления реактива в холодильник; наименование реактива; масса реактива до и после забора или добавления.

В результате, помимо временных затрат на изъятие или закладку реактива, сотрудники лаборатории тратят время на заполнение однообразных полей. Для сокращения времени было предложено разработать программно-аппаратный комплекс, в котором будет автоматизировано ведение журнала за счет автоматизации таких процессов, как: идентификация сотрудника; идентификация реактива; заполнение даты и времени; взвешивание реактивов.

Для реализации процесса автоматизации регистрации и контроля за реактивами предварительно были детально разобраны ключевые бизнес-процессы, непосредственно связанные с их использованием и составлением отчетности по их применению. Таким образом, с точки зрения автоматизации процессов сбора и хранения информации о реактивах и сотрудниках в режиме реального времени можно выделить два основных бизнес-процесса: размещение реактивов в холодильнике; формирование отчетов о расходе реактивов. Схемы бизнес-процессов приведены на рис. 1 и 2.

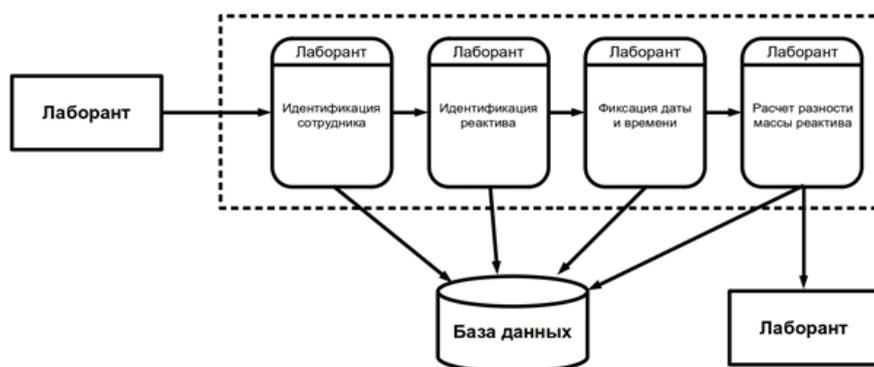


Рисунок 1 – Бизнес-процесс «Размещение реактивов в холодильнике»

Первый бизнес-процесс «Размещение реактивов в холодильнике» инициируется лаборантами и включает следующие стадии: идентификация сотрудника по его личному номеру на бейдже, причем электромагнитный замок не сработает на другого сотрудника, например, на лаборанта из другого подразделения; идентификация реактива по штрих-коду, наклеенному на емкости с веществом; фиксация даты и времени доступа в холодильник; определение массы реактива до и после размещения за счет расчета разности масс. Все указанные информационные потоки автоматически заносятся в базу данных в соответствующие таблицы.



Рисунок 2 – Бизнес-процесс «Формирование отчетов о расходовании реактивов»

Второй бизнес-процесс «Формирование отчетов о расходовании реактивов» инициируется заведующим лабораторией и включает следующие операции: выбор критериев, которые будут отражены в отчете, например, информация только о сотрудниках, использующих определенный реактив; запрос информации в соответствии с выбранными критериями из базы данных; формирование отчета. Исходящими документами при работе с программой будут отчеты как формы документов, необходимые для учета и контроля за расходованием реактивов в лаборатории. На основании рассмотренных бизнес-процессов был определен принцип работы программно-аппаратного комплекса, необходимый для дальнейшей разработки алгоритма, а также выбора аппаратного и программного обеспечения.

Работа программы начинается с ввода информации о сотруднике путем считывания штрих-кода с его бейджа и открывания электромагнитного замка. На передней поверхности холодильника установлен считыватель штрих-кодов, который определяет идентификационный номер реактива при его заборе из емкости или добавлении в нее. После активации штрих-кода реактива одновременно в базе данных фиксируются значения даты и времени, а также регистрируется значение массы при помощи весов, прикрепленных к полке с реактивами. Данное значение записывается в базу данных в качестве исходной массы для создаваемой операции. При повторной активации штрих-кода реактива снова фиксируются значения его массы и времени возврата или забора

емкости с веществом. На основе собранных данных в отчете могут быть рассчитаны время нахождения реактива вне холодильника и масса взятого или добавленного вещества.

При выборе аппаратного обеспечения для лаборатории были рассмотрены три вида устройств: сканер штрих-кодов, весы и электромагнитный замок. Для определения наиболее оптимальной модели считывателя штрих-кодов были изучены следующие: Motorola Symbol LS2208, Honeywell Voyager 1202g, Zebra DS2208. На основе результатов сравнения решение было принято в пользу сканера штрих-кодов Zebra DS2208. Этот сканер стоит в два раза дешевле Honeywell Voyager 1202g, но обладает практически таким же функционалом, включая считывание двухмерных штрих-кодов. Кроме того, по соотношению цены и качества Zebra DS2208 является более практичным вариантом.

Выбор весов для взвешивания реактивов напрямую зависит от необходимых характеристик. Оптимальными вариантами являются модели, позволяющие выполнить взвешивание с точностью до 0,1 грамма, а также обеспечивающие быстрое и точное взвешивание. В работе были рассмотрены следующие модели весов: OHAUS Navigator NV2101, AUS Scout SPX2201, M-ER 122 ACF(JR) «ACCURATE» LCD. На основе полученных результатов были сделаны выводы о том, что оптимальным вариантом для взвешивания реактивов в холодильнике будут лабораторные весы OHAUS Navigator NV2101, поскольку при одинаковых характеристиках, они существенно выигрывают по стоимости.

При выборе электромагнитного замка, устанавливаемого на холодильник с реактивами, были учтены такие характеристики замков, как: вид замка, сила удержания запорной планки, типы датчиков. По способу взаимодействия якоря замка с электромагнитом все современные варианты запирающих устройств можно разделить на удерживающие и сдвиговые. По характеру открывания двери холодильника наиболее рациональным выбором станет первый вид, работающий на отрыв. Кроме того, такие модели замков выпускают накладными, что облегчает их монтаж, а также в процессе эксплуатации функции замка не зависят от рабочего состояния двери. Для подключения к программно-аппаратному комплексу необходим электромагнитный замок с интегрированными в него датчиками, которые решают две дополнительные задачи, связанные с контролем не только положения (открытие/закрытие) двери, но и срабатывания замочной системы в целом. Так как холодильник с реактивами установлен внутри помещения и имеет легкую дверь, то для ее удержания будет достаточно накладного электромагнитного замка с силой удержания до 200 кг и интегрированными датчиками Холла. Всеми вышеперечисленными характеристиками обладает электромагнитный замок ST-EL180ML с силой удержания до 180 кг, датчиками состояния двери и светодиодной индикации. Схема подключения всех выбранных компонентов программно-аппаратного комплекса приведена на рис. 3.

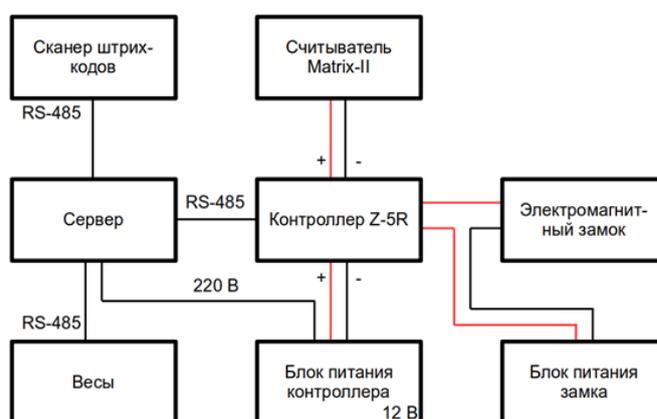


Рисунок 3 – Схема подключения технических средств к серверу

Для подключения электромагнитного замка к компьютеру были выбраны: контроллер Z-5R, бесконтактный считыватель Matrix-II, а также блоки питания для контроллера и для самого замка. Для связи компьютера со сканером штрих-кодов и весами применяется интерфейс RS-485.

Алгоритм работы программного обеспечения начинается с ввода информации о сотруднике путем считывания штрих-кода с его бейджа. Это позволяет открыть электромагнитный замок на холодильнике и получить доступ к емкостям с реактивами. При заборе или добавлении реактива считыватель штрих-кодов определяет его идентификационный номер, а в базе данных фиксируются дата, время и значения массы реактива до операции. Для фиксации массы реактива используются весы, которые прикреплены к полке с реактивами.

При повторной активации штрих-кода реактива фиксируются его масса и время возврата емкости с веществом. Эти данные записываются в базу данных, и на основе них можно рассчитать время нахождения реактива вне холодильника и массу взятого или добавленного вещества. Все данные сохраняются в базе данных и могут быть использованы для формирования отчетов о расходовании реактивов.

Таким образом, разработка программного обеспечения для учета расходования реактивов в лаборатории позволяет не только автоматизировать процессы контроля и учета за их использованием, но и повысить эффективность работы лаборатории за счет сокращения времени на ведение документации.

Для выполнения основной цели работы необходимо выбрать соответствующие инструментальные средства, позволяющие в полной мере реализовать заданный функционал и отвечающие всем предъявляемым требованиям. В связи с этим, в качестве архитектуры разрабатываемого программного обеспечения была выбрана клиент-серверная структура, состоящая из соответствующих частей. Для реализации программы на стороне сервера необходимо выбрать систему управления базой данных, а для проектирования и управления интерфейсом на стороне клиента – фреймворк, способный взаимодействовать с выбранной системой управления базой данных.

Оптимальным вариантом для реализации программного обеспечения для учета хранения реактивов является система управления базами данных MySQL, так как она отличается высокой скоростью работы, надежностью и простотой в настройке. Кроме того, MySQL является достаточно распространенным программным продуктом с поддержкой сообщества разработчиков и удобными инструментами управления базами данных.

Следующим этапом после определения системы управления базами данных является выбор фреймворка, который будет использоваться для разработки пользовательского интерфейса системы. В рамках работы были рассмотрены наиболее распространенные PHP-фреймворки, среди которых можно выделить следующие: Laravel, Symfony и Yii.

На основе результатов сравнения было принято решение в работе использовать фреймворк Yii, так как он является наиболее оптимальным инструментом для быстрой разработки веб-приложений. Это объясняется тем, что он отличается простотой и удобством использования, а также высокими показателями производительности и надежности. Благодаря своей архитектуре, Yii позволяет разрабатывать сложные веб-приложения с минимальными временными затратами. Таким образом, выбор инструментальных средств для разработки программного обеспечения для учета хранения реактивов был сделан в пользу системы управления базами данных MySQL и фреймворка Yii.

Разработка программного обеспечения для автоматизации процесса хранения реактивов заключалась в выполнении двух ключевых этапов: проектировании базы данных и создании пользовательского интерфейса. На основании анализа исходных данных была спроектирована база данных.

С точки зрения разработанного интерфейса интерес представляет страница «Отчеты», по сути являющаяся журналом учета работы с реактивами. Помимо классического отчета, пользователь может выбрать необходимый вид документа, воспользовавшись формой в начале страницы. В зависимости от выбранной категории пользователь получит отчет по конкретному сотруднику, реактиву, либо точной дате. Помимо этого, можно составить отчет по совокупности категорий, например, по сотруднику и реактиву (рис. 4).

№	Дата	Сотрудники	Реактивы	Продолжительность забора проб, мин	Масса пробы, г
1	06.03.2023	Емельянова Варвара Александровна	ЭДТА трикалиевая соль 2-водн.	2	14.3
2	07.03.2023	Емельянова Варвара Александровна	ЭДТА трикалиевая соль 2-водн.	3	11.7

Рисунок 4 – Пример отчета о работе сотрудника с реактивом

Таким образом, выполнение поставленных задач позволило создать эффективный и надежный инструмент для автоматизации процесса хранения реактивов в лаборатории, что, в свою очередь, улучшило качество проводимых исследований и оптимизировало производственный процесс. Разработанный комплекс позволяет автоматизировать процесс сбора и хранения информации о реактивах и их характеристиках, что существенно упрощает работу лаборантов и исключает ошибки, связанные с «человеческим фактором».

#### **Список использованных источников:**

1. Кошкина, Л. Ю. Разработка информационной системы научно-исследовательской лаборатории «Инженерные проблемы биотехнологии» / Л. Ю. Кошкина, А. С. Понкратов, С. А. Понкратова // Вестник Казанского технологического университета. – 2021. – № 20. – С. 200–204.

2. Трынкина, Л. В. Автоматизированная calcs-система по хроматографическим методам анализа в технологии особо чистых веществ / Л. В. Трынкина, Е. В. Заболотная, В. Е. Трохин // Успехи в химии и химической технологии. – 2019. – № 8 (189). – С. 19–21.

3. Дмитриева, Ю. А. Информационная система для регистрации результатов исследований химика-синтетика / Ю. А. Дмитриева, Н. И. Лиманова // Бюллетень науки и практики. – 2021. – № 1. – С. 223–229.

4. Бахвалова, И. П. Разработка системы стандартизации и автоматизации технологических процессов клиничко-диагностических лабораторий на основе требований ГОСТ р ИСО 15189-2006 / И. П. Бахвалова, А. А. Володин, А. В. Гехман // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2020. – № 6. – С. 100–104.

5. Золотарев, П. Н. Организация системы менеджмента качества в медицинских организациях с помощью лабораторных информационных систем / П. Н. Золотарев // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2021. – № 1 (25). – С. 105–109.

6. Петросянц, В. А. Влияние автоматизированных лабораторных информационных систем на изменение алгоритмов работы экспертного учреждения / В. А. Петросянц, А. В. Козлович // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. – 2022. – № 4. – С. 46–49.

7. Нестерова, Е. С. Опыт применения специализированных программных средств для повышения эффективности химикоаналитических лабораторий / Е. С. Нестерова, О. А. Дымбрылова, В. А. Терещенко // Газовая промышленность. – 2019. – № S2 (786). – С. 122–178.