

УДК 004.896:621.865

РОБОТИЗАЦИЯ АПТЕЧНОГО РИТЕЙЛА: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

¹Хамуков Ю.Х., ²Шауцукова Л.З., ³Шереузов М.А., ⁴Кулиев Э.В.

¹Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Институт информатики и проблем
регионального управления, Нальчик, e-mail: iipru@rambler.ru;

²Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
Нальчик, e-mail: bsk@kbsu.ru;

³Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Москва, e-mail: madin01@mail.ru;

⁴Южный федеральный университет, Таганрог, e-mail: elmar_2005@mail.ru

В работе представлен анализ достижений в области роботизации аптечного ритейла. Определены ключевые проблемы развития данной сферы обслуживания населения на основе применения современной робототехники. Рассматривается возможность разделения процедуры обслуживания клиентов на независимые когнитивно-коммуникативный и физико-механический виды действий. Констатируется неэффективность применения универсальных промышленных роботов-манипуляторов и высокая стоимость переоборудования объектов при роботизации посредством стационарных пространственно-распределенных логистических систем. Оценены преимущества применения в аптечном ритейле мультиагентных робототехнических комплексов из стационарных и динамически устойчивых мобильных автономных модулей на инновационных компактных высокопроходимых и высокоманевренных шасси. Приведены оценочные расчеты эффективности роботизации с позиций снижения энергопотребления и экономии времени.

Ключевые слова: стационарный, мобильный, мультиагентный, многозвенный, плоскопараллельный, глобальный, региональный, локальный

ROBOTIZATION PHARMACY RETAIL: TRENDS AND PERSPECTIVES

¹Khamukov Yu.Kh., ²Shautsukova L.Z., ³Shereuzhev M.A., ⁴Kuliev E.V.

¹Kabardino-Balkaria Scientific Centre of RAS, Institute of Computer Science
and Problems of Regional Management, Nalchik, e-mail: iipru@rambler.ru;

²Kabardino-Balkarian State University n.a. H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: bsk@kbsu.ru;

³Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: madin01@mail.ru;

⁴Southern Federal University, Taganrog, e-mail: elmar_2005@mail.ru

This paper presents an analysis of achievements in the field of pharmacy robotics retail. The key problems of development of this field of public services through the use of modern robotics were identified. The possibility of dividing customer service procedures into independent cognitive-communicative and physical-mechanical types of actions was reviewed. We established inefficiency of application of universal industrial robots and high cost of reequipment of facilities with robotics through a stationary space-distributed logistics systems. We highly recognize the benefits of using multi-agent robotic systems with stationary and dynamic stability of autonomous mobile modules on innovative compact off-road and highly mobile chassis for pharmacy retail. Estimated results of calculations of efficiency of robotics from the standpoint of reducing energy consumption and time savings are presented in the paper.

Keywords: stationary, mobile, multi-agent, multiaxial, plane parallel, global, regional, local

Анализируя труд работников аптек, разработчики робототехники видят все предпосылки широкого внедрения относительно простых и легко тиражируемых робототехнических систем. Аптеки – готовое, хорошо организованное рабочее пространство-склад. В этом пространстве выполняется большое количество однообразных двигательных действий по перемещению относительно легких объектов в виде высокостандартизованных упаковок с защитными свойствами. Добавим сюда еще одну особенность рабочего пространства аптечного объекта – в него допускается только квалифицированный персонал в минимальном количестве.

Конъюнктура на аптечном рынке вынуждает как владельцев, так и сотрудников аптек искать способы оптимизации процесса обслуживания клиентов, уменьшения времени поиска лекарственных средств, снижения арендной платы за площади аптек. Особое место в заботах аптечного бизнеса занимает поиск квалифицированного персонала. Кардинальное решение этих задач дает роботизация аптек.

Задачи роботизации аптечного ритейла

Человек в аптечном рабочем пространстве выполняет пять функций:

1) принимает товар, идентифицирует и распределяет по ячейкам рабочего пространства по строго заданной схеме;

2) вступает в устный и/или письменный диалог с клиентом, идентифицирует его запрос на лекарственный препарат или иной товар аптечного ассортимента;

3) сопоставляет запрос с наличным ассортиментом товаров по памяти, каталогу или задавая поисковую задачу кассовому компьютеру;

4) перемещает товар из ячейки склада в рабочем пространстве на рабочее место фармацевта-кассира;

5) продолжая диалог с покупателем, упаковывает товары и осуществляет расчет с применением кассового аппарата. Из перечисленных функций роботизации поддаются первая, третья, четвертая и частично пятая (в части упаковки проданного товара).

Рабочее место работника аптеки должно позволять ему совмещать рабочие операции в положении стоя во время обслуживания клиента и сидя во время выполнения действий на кассовом терминале или выполнения записей. Значительную часть рабочего пространства аптеки занимает пространство для перемещения работника. В целом, рабочее пространство аптеки организовывается, исходя, главным образом, из ограничений, обусловленных статическими и динамическими эргономическими антропометрическими признаками человека и расчета установочной и экспозиционной площади [4].

Торговые площади типичных аптек и аптечных пунктов составляют 35–85 кв. м [3]. Важным фактором оценки эффективности роботизации аптеки является учет доступности товара, поскольку один лишь этот параметр способен вдвое изменить торговый оборот [4]. Эффективность использования рабочего пространства аптеки в значительной степени зависит и от возможности свободного перемещения работника или покупателя с товаром без опасений задеть друг друга или стеллаж с товаром. Моторное пространство для обеспечения необходимой амплитуды рабочих движений характеризуется параметрами: 0,875 м для свободного прохода с корзиной в одной руке; 1 м свободного пространства для того, чтобы человек мог нагнуться к нижней полке стеллажа; 2,05 м для расхождения двух человек с корзинами. Освещение и вентиляция помещений регламентируются нормативами. Диапазон различий массо-габаритных характеристик, геометрических параметров и механических свойств отдельных упаковок аптечной товарной продукции жестко ограничен. Рабочее место «первостольника» организовывается согласно эргономической антропометрии с учетом линей-

ных, угловых и периметровых размеров. Таким образом, конфигурация рабочего пространства манипуляционного робота, замещающего человека при перемещении аптечных товаров, известна.

Человеческий фактор, проявляющийся в виде ограничений интенсивности взаимодействия с товаром, обуславливает необходимость оборудования так называемых «материальных», служащих для распаковки, идентификации и хранения фармпродукции. При высокоэффективной организации логистики и ритмичном подвозе товаров надобность в «материальных» комнатах снижается вплоть до полного исключения их необходимости. Для этого требуется непрерывная работа с ассортиментом и дефектурой и анализ динамики коэффициента оборачиваемости запасов. Отметим, что выполнение этих пунктов обеспечивается грамотной настройкой программного обеспечения кассового компьютера, использованием автозаказа и другими безлюдными технологиями.

В целом, все меры должны приводить к минимизации площади вспомогательных помещений и максимизации торговых площадей исходя из объемов прогнозируемого трафика. Этот параметр является главным при принятии решения о роботизации аптеки, поскольку определяет стоимость и ресурсопотребление робототехнической системы.

Мировой опыт роботизации аптек

Первый в мире робот-фармацевт был представлен на выставке в Германии в 1996 г. Сейчас в Германии роботизировано 24% аптек, во Франции – 17% аптек, в Испании – 13% аптек, в Италии – 12% аптек.

Показательным является опыт итальянской компании Label Pharma, специализирующейся на производстве аптечных роботов [6]. Роботизируется приемка товара, его идентификация, первичный контроль состояния и/или качества, складирование, поиск товара и доставка его к кассовому аппарату. Эта частичная роботизация обеспечивает сокращение затрат времени на логистические действия с товарами до 4–5 ч. в день на одного фармацевта или до 30 чел.-ч. на аптеку с 5–6 работниками, способствует увеличению пропускной способности аптеки, решает проблему просрочки товаров, предоставляет фармацевтам возможность повышения качества консультативной помощи покупателям. Торговые площади и выставочное пространство увеличиваются за счет переноса предпродажной подготовки товаров в удаленный автоматизированный склад.

Другой способ роботизации аптечной деятельности реализован на оборудовании OnDemand AccuFlex, представленном в 2013 г. компанией MTS Medication Technologies [8]. Робот был установлен в аптеке для оказания фармацевтических услуг исправительным учреждениям штата Арканзас и долговременного обслуживания большой группы постоянных клиентов в 85 домах престарелых с 5 000 проживающих. Нагрузка на аптеку составляла порядка 35 000 рецептов в месяц. Перед руководством аптеки стояла задача развития деятельности без увеличения численности персонала и значительного изменения применявшегося программного обеспечения. Новое оборудование должно было быть гибким и компактным, чтобы его можно было встроить в помещения аптеки площадью 460 кв. м. без их реконструкции. Выбор в пользу оборудования OnDemand MTC определило то, что его применение не требовало изменения процесса подготовки препаратов и их упаковки, стоимость укладывалась в бюджет и были предпосылки хорошего ROI. Робот OnDemand Accuflex состоит из стационарного промышленного пятизвеного манипулятора FANUC, периферийного комплекса-склада в виде стеллажей с ячейками для хранения фармпрепаратов, раскрепленной на стеллажах пространственной транспортно-логистической системы и полуавтоматической линии для упаковки собранных роботом индивидуальных комплектов лекарств. Программное обеспечение позволяет легко встраивать робота в производственный процесс.

Российский опыт роботизации аптек

В 2006 году в России было установлено первое аптечное робототехническое оборудование. С тех пор рынок аптечных роботов не сформировался и остался фрагментарным [7]. Из западных производителей на нем представлены лишь немецкие компании Willach и CareFusion Rowa и испанская компания Pyssa. О низкой активности на этом сегменте свидетельствует отсутствие специального раздела в программах ежегодной выставки «Аптека» на площадке «Международный деловой медико-фармацевтический форум», при том, что производители предлагают большой комплект роботов для маленьких и больших аптек с различными потребностями автоматизации процессов обработки товаров и со стоимостью переоборудования аптеки от двух-трех миллионов до десятков миллионов рублей.

Успешным примером роботизации аптеки может служить переоборудование сети

«Фармакон» в Раменском (Московская область) на основе складского модуля компании Repharm в виде автоматизированной системы хранения и выдачи фармпрепаратов «Робосклад» с использованием программного обеспечения «М-Аптека+» [5]. Вместимость модуля, обслуживающего три кассы, 33 000 упаковок препаратов при занимаемой площади 20 кв. м. С установкой «Робосклада» пропускная способность аптеки выросла на 20%.

Другой успешный пример – робототехнический комплекс аптечной сети «Ригла» в Екатеринбурге [7], включающий автоматизированный склад, манипулятор для распределения упаковок препаратов по ячейкам склада, конвейер, на который вручную укладываются упаковки со штрихкодами, и манипулятор для подачи идентифицированных информационной системой аптеки препаратов из ячейки склада на элеватор подачи к кассовым аппаратам. Время сбора заказа составляет 10–15 секунд, что в десятки раз меньше времени ручного сбора. Применение комплекса привело к сокращению персонала аптеки с 10 до 5 человек. Значительно увеличилась плотность хранения препаратов на складе за счет оптимизации расположения упаковок в ячейках. Стоимость переоборудования составила 200 000 евро. По расчетам руководства «Риглы» подобные комплексы в России целесообразно применять при нагрузке аптеки не менее 8 000 покупок в месяц.

В целом, по мнению специалистов, несмотря на неоспоримые конкурентные преимущества, роботизация аптек в России происходит крайне медленно из-за несложившейся аптечной информационной сети и недостатка долгосрочных инвестиций.

Перспективы применения в аптечном ритейле мультиагентной робототехники

Приведенные доводы специалистов, на наш взгляд, не учитывают перспектив применения относительно недорогих мультиагентных робототехнических систем, представляющих собой комплексы из стационарных и мобильных специализированных автономных агрегатов, выполняющих операции с фармпродукцией в режиме коллективных действий. Особенность таких систем – практически неограниченная адаптивность к условиям применения.

В частности, применение комплекса, включающего основной агрегат – мобильный модуль для внутриаптечного перемещения фармпрепаратов, стационарный модуль распаковщик-сортировщик для приемки и распознавания товарной фармпродукции, совмещенный с зарядным устройством для

перезарядки аккумуляторов и замены использованных аккумуляторов на мобильных модулях. Такой мультиагентный комплекс позволяет, например, минимизировать количество автономных модулей, обеспечивающих за счет исключения простоя модулей для зарядки аккумуляторов круглосуточный режим работы аптеки с высокой нагрузкой при незначительной торговой площади. Другим важным обстоятельством является то, что его применение не потребует какой-либо реконструкции оборудования обычной аптеки. При большой протяженности стеллажей для выкладки товаров целесообразно сократить протяженность пробегов мобильных модулей за счет установки системы вибротранспортерных конвейерных лотков, подающих товары к отдельным рабочим местам на «первостоллах».

Имеющийся в Институте информатики и проблем регионального управления при Кабардино-Балкарском научном центре РАН опыт проектирования и изготовления робототехнических систем (мультиагентный робот-разведчик для МЧС, многофункциональная мультиагентная робототехническая платформа, мультиагентный сельскохозяйственный робот для уборки плодовоовощных культур – патент RU № 2492620) позволяет создать подобный аптечный робототехнический комплекс на базе изобретения «Мобильный робот» (заявка на изобретение № 2016125031). Возможный вид мобильного модуля мультиагентного аптечного робота-ритейлера представлен на рис. 1.

Защищаемое заявкой на изобретение новое вездеходное шасси для мобильной робототехники обеспечивает подобному мобильному модулю сопоставимые с антропометрическими признаками человека массогабаритные, статические, динамические и эргономические характеристики. Важнейшая особенность нового шасси – проходимость и маневренность при практически полном отсутствии дополнительных устройств для поддержания остойчивости и связанных с их работой расходов энергии. Расчетные нагрузочные характеристики и производительность разрабатываемого мобильного модуля сопоставимы с соответствующими возможностями человека, а стоимость изготовления и обслуживания существенно ниже, чем у универсальных промышленных многозвенных манипуляторов и пространственных транспортно-логистических систем.

В настоящее время только в аптечном бизнесе, с характерными для него уровнем стандартизации и ограничениями массогабаритных параметров товаров, существует

возможность создания недорогих и высокоадаптивных человеко-машинных ритейлерских комплексов. Причина этого в том, во-первых, что типовая структура рабочего пространства аптеки позволяет применить роботов с небольшим количеством подвижностей манипулятора за счет замещения дополнительной подвижности схвата манипулятора («угла сервиса») предварительной ориентацией товарных упаковок в месте хранения на стеллаже или в шкафах-метабоксах и холодильниках. Во-вторых, передача глобальных и частично региональных перемещений товаров на мобильное шасси в сочетании с предварительной ориентацией расфасованной в отдельные упаковки фармпродукции в рабочем пространстве манипуляционного мобильного модуля позволяет использовать простейший двухзвенный плоскопараллельный манипулятор с одноподвижными кинематическими парами и минимальным количеством сенсоров. Геометро-кинематические характеристики такого манипулятора относительно легко определяются графоаналитическим методом [2]. Соответственно, значительно упрощается и удешевляется вычислительное устройство блока управления манипулятором и его программное обеспечение.

Экономическая эффективность применения подобного комплекса складывается из снижения расходов на компенсацию энергетических затрат на внутриаптечное перемещение товаров и увеличения эффективности использования торговой площади аптеки за счет сокращения времени обслуживания покупателей. Снижение энергетических затрат выражается в разнице энергоэффективности перемещения фармпродукции работником и средствами мультиагентного комплекса. Исходя из типичной производительности фармацевта на «первостоле» примерно в 200 рецептов в смену и средней нагруженности рецепта в 8 единиц фармпродуктов, а также учитывая характерное для аптечного ритейла многократное превышение собственной массы работника массы фармпродуктовых единиц, примем среднюю дополнительную мощность, развиваемую мускульной системой работника, равной 200 Вт, а мощность систем, обеспечивающих выполнение когнитивно-коммуникативной и поисковой функций при общении с покупателем и формированием комплекта товаров, равной 50 Вт [1]. На обеспечение «внутренних» потребностей в состоянии покоя человеку требуется около 80 Вт. Таким образом, энергозатраты человека можно оценить исходя из средней мощности затрат порядка 330 Вт.

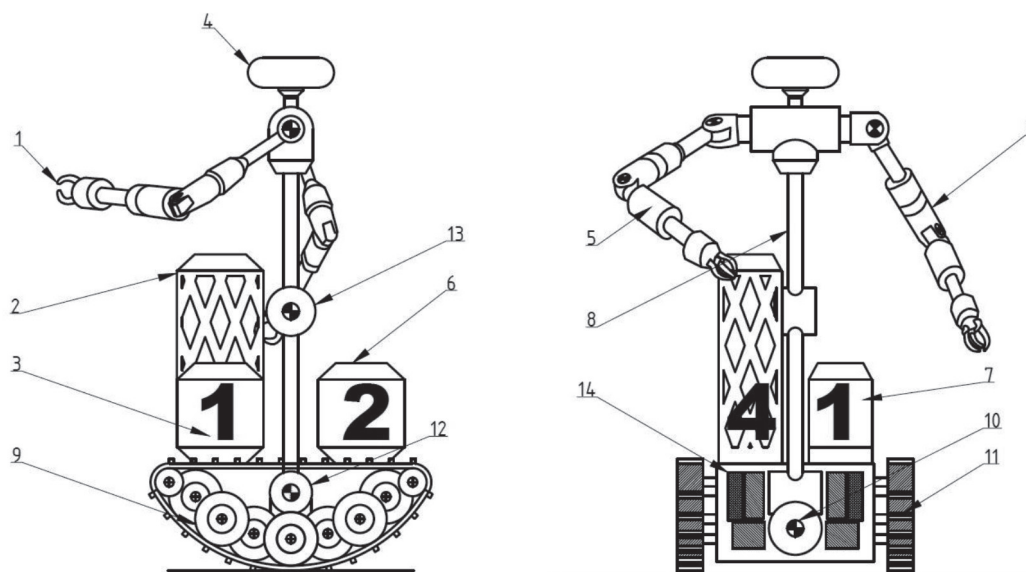


Рис. 1. Схематическое изображение конструкции вездеходного статически устойчивого мобильного модуля мультиагентного робототехнического комплекса. На схеме обозначены: 1 – схват манипулятора; 2, 3, 6, 7 – контейнеры для товарных упаковок; 4 – блок с сенсорно-навигационно-позиционирующей системой; 5, 9, 10, 12, 13 – приведенные от мотор-редукторов шарниры и опорные катки гусеничной тележки; 8 – стойка силовой конструкции модуля

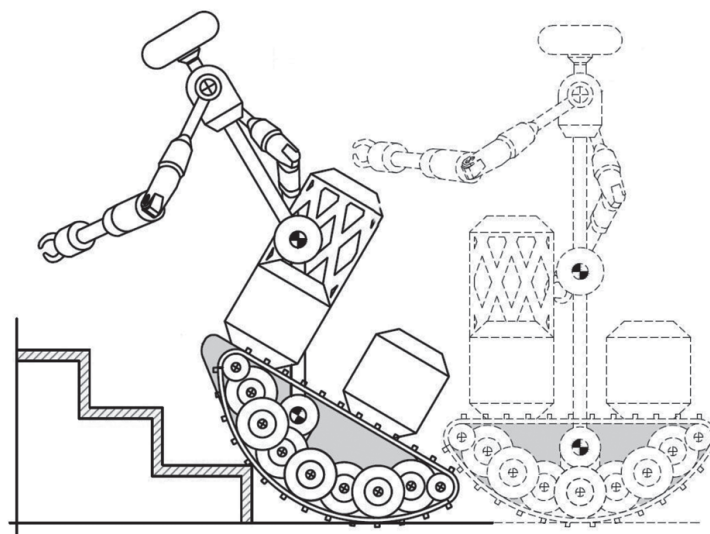


Рис. 2. Схема трансформации конструкции мобильного модуля при преодолении лестницы

Опыт создания мультиагентных комплексов различного назначения свидетельствует, что для обеспечения работоспособности мобильного модуля, замещающего работника в операциях по внутриаптечному перемещению товаров, потребуется энергообеспечение для приводов мощностью порядка 100 Вт, а для питания блока управления – порядка 50–60 Вт.

Учитывая, что среднее энергопотребление модуля распаковщика-сортировщика и зарядного устройства примерно на порядок меньше, чем у мобильного модуля, получаем полное энергопотребление мультиагентного комплекса для частичного замещения двоих работников примерно в 200 Вт. При этом примерно вдвое сокращается время обслуживания одного покупателя из-за ис-

ключения затрат времени работника на комплектацию заказа и доставку его на рабочее место. Таким образом, энергоэффективность роботизации можно оценить как соотношение энергозатрат робота и работников на обслуживание одного покупателя. Или, пересчитывая по средней мощности энергопотребления без учета экономии на освещение и вентиляцию:

$$660 \text{ Вт} \times 2 / 200 \text{ Вт} = 6,6 \text{ (раз)}.$$

Одна батарея типа АКБ LiFePO4 48V 10 АЧ MEGAWATT может обеспечить энергетику мобильного модуля примерно в течение 20 часов непрерывной работы. Эксплуатационный ресурс батареи до 1000 циклов зарядки обеспечит модулю с его удвоенной энергоэффективностью способность «энергетического замещения» 5 000 человеко-дней. Это значительно превышает срок эксплуатационного ресурса подобного комплекса, оцениваемый разработчиками примерно в пять лет, и срок окупаемости комплекса, оцениваемый из расчета повышения эффективности использования торговой площади и сокращения численности работников, примерно в полтора года.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 15-01-05844, 15-07-08309.

Список литературы

1. Золина З.М. Руководство по физиологии труда [Текст] / З.М. Золина. – Москва: Медицина, 1983. – 528 с.
2. Каримов И. Теория машин и механизмов: [Электронный учебный курс]. URL <http://www.teormach.ru/lect3.htm> (дата обращения 10.11.2016).
3. Ким Д. Дизайн аптеки: планировка торгового пространства [Текст] / Д. Ким // Фармацевтические ведомости. – 2005. – № 4. – С. 7–11.
4. Ларкина Е.Ю. Организация пространства аптеки и специфика оборудования // Московские аптеки. Фармацевтическая газета. 01.05.2010. URL <http://mosapteki.ru/material?oid=1361> (дата обращения: 21.10.2016).
5. Программа «М-Аптека плюс» [Электронный ресурс]. URL <http://m-apteka.com/m-apteka-plus/versiya-2-28-1> (дата обращения: 19.9.2016).
6. Роботизация – новая аптечная реальность [Текст] // Фармацевтическое обозрение. – Июль-август 2013 / № 07-08 (137).
7. Роботы обслуживают покупателей в аптеке сети «Ригла» [Электронный ресурс] // Газета Ведомости. URL <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2012/11/02/robotfarmacevt> (дата обращения: 19.9.2016).
8. Harris F. OnDemand Accuflex from MTS Medication Technologies: [Электронный ресурс] // Alternate Care. URL https://www.pppmag.com/documents/ACP&P/ACP&P_07/V1N2/p15.pdf (дата обращения: 19.9.2016).