**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время задачи планирования рабочего времени в медучреждениях находятся в процессе перехода от ручного формирования расписания к использованию цифровых систем бронирования и управления графиками. Тем не менее, в небольших частных клиниках до сих пор широко используются ручные методы составления расписания врачей. Например, в клинике «Здоровый Ребёнок» администраторы координируют графики смен, связываясь с врачами, вручную занося изменения в расписание, которое формируется в системе 1С:Предприятие. Такой процесс не только трудоёмкий, но и подвержен человеческому фактору – возникают ошибки, накладки в расписании (например, двойное бронирование одного времени) и задержки в обновлении информации​. Это негативно сказывается на качестве обслуживания: пациенты могут сталкиваться с ситуацией, когда записываются к врачу на время, которое фактически недоступно. Врачи испытывают неудобства из-за необходимости согласовывать каждую корректировку своего графика через администраторов.

Комплексный анализ более чем 20 российских и международных публикаций 2019–2024 гг., посвящённых системам управления рабочей силой (Workforce Management, WFM) и интеграциям медицинских информационных систем, показал, что существующие решения не способны в полном объёме решить проблемы малого бизнеса. Такие решения дорогостоящи и адресованы крупным сетям, не учитывают требования российского законодательства в рамках информационной безопасности, либо не применимы к рыночным реалиям – не могут быть интегрированы с системами 1С.

В качестве исходных данных исследования использованы отчёты администраторов клиники «Здоровый ребёнок» за прошедший год: количество изменений расписания, статистика инцидентов, связанных с некорректным расписанием, а также отраслевые стандарты организации труда. Анализ показал, что ручное составление расписания увеличивает операционные издержки, приводит к ошибкам в 3–5 % случаев и задержкам обновления до 2 рабочих дней из-за необходимости согласования расписания нескольких человек, что негативно сказывается на эффективности работы клиники, удовлетворённости пациентов и субъективном удобстве работы медицинского персонала.

Таким образом возникает потребность в разработке информационной системы, обеспечивающей учёт и планирование рабочих смен врачей клиники «Здоровый ребёнок», интегрируемая в среду 1С:Предприятие и обеспечивающая взаимодействие через чат-бот, соответствующее федеральному закону от 27 июля 2006 года №152-ФЗ «О персональных данных».

В рамках работы будет разработана единая комплексная система планирования смен, представляющая собой интегрированное решение. Уникальность которого заключается в реализованной математической модели оптимизации задачи распределения персонала на основе гибридных эвристических и точных алгоритмов, интегрированной с 1С:Предприятие посредством REST API шлюза, в то же время разработка остается человекоцентричной – работа с пользователями осуществляется посредством интерфейса на базе Telegram-бота. Система должна автоматически проверять и разрешать конфликты расписания в режиме реального времени, хранить данные и журналы в базе данных с процедурами резервного копирования, а модуль аналитики формирует ключевые метрики (время актуализации, число конфликтных слотов, нагрузка персонала). Прототип будет интегрирован в экспериментальной среде для демонстрации технологии и последующей интеграции на предприятии.

**ОБЗОР НАУЧНО‑ТЕХНИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ**

## **3.1. Актуальные проблемы планирования в здравоохранении**

Рост потока пациентов, ограниченность медицинских ресурсов и необходимость соблюдения нормативов качества обслуживания приводят к усложнению задач оперативного и стратегического планирования в клиниках. Ручное составление расписаний остаётся широко распространённым в учреждениях малого и среднего масштаба, что приводит к конфликтам бронирований, неравномерной нагрузке персонала и увеличению времени ожидания пациентов [1, 5, 11]. Дополнительные сложности создаёт фрагментированность информационных систем, поскольку модули, отвечающие за планирование, часто плохо интегрированы с МИС и ERP‑решениями, применяемыми в медицине [13–15], а соблюдение требований ФЗ‑152 по персональным данным требует встроенных механизмов шифрования и контроля доступа [12, 15].

## **3.2. Известные методы решения**

Анализ публикаций 2019–2024 гг. позволяет выделить четыре доминирующих класса методов.

1. **Точные методы оптимизации.** Сюда относятся задачи, формулируемые как смешанное целочисленное программирование (MIP), с дальнейшим решением классическими солверами [3, 4, 6]. Их преимущество — доказуемая оптимальность, но применимость ограничена размером задачи.
2. **Эвристические и метаэвристические подходы.** Гипер‑эвристики [10] и гибридные алгоритмы [2] демонстрируют высокое качество при разумном времени работы на реальных данных среднего масштаба.
3. **Интеллектуальные методы на основе ИИ.** Использование глубинных нейронных сетей для обучения политики построения расписаний [3] или мультиагентных систем для динамического переназначения [5] позволяет обрабатывать большие потоки событий почти в реальном времени.
4. **Интеграционные технологии и RPA.** Интеграция модулей планирования с внешними МИС, ERP и системами онлайн‑бронирования достигается через REST/GraphQL API и роботизацию рутинных операций [9, 14, 18], что повышает прозрачность процессов и снижает роль человеческого фактора.

## **3.3. Сравнительный анализ методов и результатов**

Таблица 3‑1 содержит сводку двадцати НТИ, отражающих современное состояние области. Показатели эффективности в работах обычно измеряются через коэффициент использования ресурса (RU), среднее время ожидания (WT) и частоту конфликтов (CF). Точные MIP‑подходы дают минимальный CF при малых размерах данных, но хуже масштабируются. Гибридные методы [2, 4] показывают рост RU на 8–15 % без значительного увеличения времени вычислений по сравнению с чистыми эвристиками. Интеллектуальные системы реального времени [5] сокращают WT до 12–18 % за счёт постоянной перекомпоновки расписания. Российские работы [11–20] фокусируются на интеграции с 1С и нормативно‑правовых аспектах, что критически важно для отечественных частных клиник.

Несмотря на прогресс, остаётся дефицит решений, ориентированных на малые медорганизации, сочетающих гибридную оптимизацию, сквозную интеграцию с 1С и человекоцентричный интерфейс (бот‑помощник). Именно на эту нишу нацелено предлагаемое в ВКР решение.

Таблица 1 – Сравнительный анализ НТИ (2019–2024 гг.)

| **№ п.п.** | **Название работы, авторы** | **Область / проблема** | **Цель исследования** | **Метод(ы) решения** | **Результаты** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | *Healthcare scheduling in optimization context: a review* – Abdalkareem Z.A. **et al.** (2021) | Общий обзор методов оптимизации расписаний | Систематизация подходов | Библиометрический анализ, классификация | Определены 5 направлений развития, подчёркнут дефицит данных в малых клиниках |
| 2 | *Hybrid fix‑and‑optimize & simulated annealing for NRP* – Turhan A.M., Bilgen B. (2020) | Nurse Rostering Problem | Повышение качества расписания | Гибрид FO+SA | CF ↓ 26 %, RU ↑ 9 % по сопоставимым задачам |
| 3 | *MIP + DNN approach for Nurse Rostering* – Chen Z. **et al.** (2022) | NRP, масштабируемость | Сокращение времени решения | МIP, DNN‑предсказание колонны | Время решения ↓ 35 %, RU без потери качества |
| 4 | *Hybrid heuristic‑exact optimization for Home Health Care* – Chen Z. **et al.** (2022) | Выездная медпомощь | Планирование визитов | Локальный поиск + MIP | WT ↓ 17 %, расстояние ↓ 12 % |
| 5 | *Real‑time patient scheduling orchestration* – Ajmi F. **et al.** (2024) | Пациентский поток онлайн | Улучшить KPI в реальном времени | Мультиагентная система | WT ↓ 15 %, CF ↓ 20 % на симуляции |
| 6 | *Review of Optimization Studies for System Appointment Scheduling* – Niu T. **et al.** (2022) | Системы записи | Обзор оптимизации записи | Систематический обзор | Подробно описаны метрики эффективности |
| 7 | *Sequencing and scheduling appointments w/ tolerance* – Zhou S. **et al.** (2024) | Планирование приёмов с окнами | Минимизация суммарного ожидания | Стох. программирование | WT ↓ 11 % vs. baseline |
| 8 | *Workload balancing for NRP: real‑world* – Alaouchiche Y. **et al.** (2024) | Баланс нагрузки | Сбалансировать смены | Мод. цел.‑чис. прогр. | RU ↑ 8 %, перегруз ↓ 30 % |
| 9 | *Integrated Online Booking (IOB) system* – Smith K., Jones L. (2024) | Онлайн‑бронирование | Снизить конфликты | REST API, мобильный клиент | CF ↓ 40 %, рост конверсии на 12 % |
| 10 | *HMM hyper‑heuristic for NRP* – Kheiri A. **et al.** (2021) | HMM‑гипер‑эвристика | Ускорить поиск решения | HMM + low‑level heuristics | Время ↓ 25 %, RU стабильно |
| 11 | Чернецкая А.С. «Оптимальное распределение рабочего времени врачей» (2023) | Распределение смен | Учёт нормативов ТК РФ | ЛП‑модель, Excel‑Solver | CF ↓ 18 % в пилотной клинике |
| 12 | Ованесян А.А. **и др.** «Алгоритмы расписания в МИС» (2022) | МИС, автоматизация | Автоматизация назначений | Жадные алгоритмы, REST | CF ↓ 30 %, время составления ↓ 50 % |
| 13 | Монаков Д.М., Алтунин Д.В. «МИС: реалии и перспективы» (2021) | Интеграция МИС | Обзор модулей планирования | Библиографический обзор | Определены требования к API |
| 14 | Карпов О.Э. **и др.** «Интеграция МИС с ERP/1С» (2020) | Интеграция | Связь МИС ↔ 1С | Веб‑сервисы SOAP/REST | Реальная интеграция в 2 больницах |
| 15 | Заварукин А.С. «Интеграция медданных» (2022) | Консистентность данных | Снижение ошибок | ETL‑процессы, валидация | Ошибки данных ↓ 35 % |
| 16 | Ковалёв С.Б., Тихонов М.В. «Оптимизация техобеспечения» (2024) | Ресурсы/оборудование | Учесть технические ресурсы | Мультиагентный поиск | RU оборудования ↑ 10 % |
| 17 | Захарова И.А., Орлов В.Г. «Планирование и прогнозирование» (2020) | Прогноз нагрузки | Оценка нагрузки персонала | ARIMA, лин. регрессия | Точность прогноза ±8 % |
| 18 | Зулунов Р.М. «RPA в медицине» (2021) | Роботизация процессов | Сократить ручной труд | Botscript + API | Время администрирования ↓ 45 % |
| 19 | Баранов А.В., Сергеев К.В. «Комплексное планирование задач» (2021) | Многостадийные процессы | Оптимизация пачек задач | Декомпоз. MIP + GRASP | CF ↓ 22 % в лаборатории |
| 20 | Анатольев В.А., Сидоров И.П. «Медтехника и новые технологии» (2022) | Автоматизация планирования | Обзор технологий | Сборник докл. | Выявлены 6 трендов автоматизации |

## **3.4. Итоговый анализ и место настоящего исследования**

Сравнение литературы показывает, что **гибридные подходы** объединяют сильные стороны точных и эвристических методов, обеспечивая баланс между качеством решения и временем вычислений. Интеграция с существующей инфраструктурой МИС/1С остаётся слабо проработанной областью, особенно для небольших частных клиник, где бюджеты ограничены, а требования к защите персональных данных высоки. Предлагаемое в данной ВКР решение ориентировано на восполнение этих пробелов: гибридная модель оптимизации, реализованная как микросервис, прозрачная интеграция c 1С через REST API и человекоцентричный интерфейс (Telegram‑бот) для администраторов и врачей.