**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».

**Цель исследования**: автоматизировать процесс планирования рабочих смен врачей в частной клинике «Здоровый Ребёнок» за счёт разработки и внедрения информационной системы, интегрированной с существующей ERP-системой (1С:Предприятие) и обеспечивающей взаимодействие через чат-бот. Такая система должна снизить трудозатраты администраторов, устранить ошибки ручного расписания и обеспечить своевременное обновление графиков с учётом предпочтений врачей и нормативных ограничений. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

* Проанализировать текущие проблемы планирования смен в клинике и требования к системе (информационные, функциональные и ограничения, включая законодательные нормы и требования безопасности).
* Изучить и сравнить методы автоматического составления расписаний (точные методы оптимизации, эвристические и гибридные подходы) на основе обзора научно-технических источников, выявить их преимущества и недостатки применительно к задаче планирования смен.
* Разработать концепцию решения: архитектуру информационной системы планирования смен, включающую интеграцию с 1С и пользовательский интерфейс на базе чат-бота.
* Сформулировать математическую модель планирования смен (формально описать задачи оптимизации, ограничения и критерии эффективности) с учётом специфики клиники.
* Разработать алгоритм решения задачи – выбрать или создать алгоритмические методы, реализующие предложенную модель (например, с использованием методов смешанного целочисленного программирования и эвристик для ускорения).
* Осуществить программную реализацию прототипа системы: разработать модуль оптимизации расписания, настроить интеграцию с 1С и Telegram-ботом, спроектировать базу данных для хранения результатов.
* Провести испытание прототипа на контрольном примере, оценить результаты работы системы и сравнить показатели эффективности с исходной (ручной) практикой планирования.

Показатели эффективности разработанной системы, по которым будет оцениваться достижение цели: среднее время отклика на изменения в расписании (от момента запроса изменения до получения подтверждённого обновления), количество/доля конфликтов в расписании (накладок, двойных бронирований, неучтённых ограничений) при автоматическом планировании, время согласования расписания (сколько времени занимает полный цикл формирования графика с учётом подтверждений всех врачей), а также равномерность нагрузки на врачебный персонал (насколько равномерно распределено число смен между разными врачами, отклонения от среднего). Успешным результатом будет считаться существенное сокращение времени реакции системы по сравнению с ручным методом (в идеале – реакция в реальном времени), снижение числа конфликтных ситуаций до нуля или близко к нулю, ускорение процедуры согласования смен, а также более справедливое распределение нагрузки между сотрудниками.

**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.

**СТРУКТУРНЫЙ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА**

Предметной областью исследования является процесс планирования и учета рабочих смен в малом предприятии (на примере небольшой частной клиники). Основная функция системы – обеспечить покрытие всех рабочих смен квалифицированным персоналом, своевременно и без конфликтов (перекрытий), с учетом потребностей предприятия и нормативных ограничений. Ключевые структурные элементы процесса – администратор (диспетчер, отвечающий за расписание), сотрудники (врачи клиники), информационная система предприятия (например, используемая программа 1С:Предприятие для хранения расписания) и внешние средства коммуникации (телефон, мессенджеры или чат-боты). Взаимодействие элементов в текущем (ручном) процессе происходит следующим образом: администратор собирает от врачей информацию о доступности и предпочтениях, вручную составляет график смен и вводит его в 1С, связываясь с каждым врачом для подтверждения изменений. Такой процесс характеризуется фрагментарностью и высокими трудозатратами: изменения в расписании вносятся вручную, согласование осуществляется через личные коммуникации, что создает задержки и возможности для ошибок. Практика показала, что ручное составление графика в клинике приводит к ошибкам (накладкам, дублированию записей) в ~3–5% случаев и задержкам обновления расписания до 2 рабочих дней. Эти показатели качества функционирования (частота конфликтов, оперативность обновления графика) напрямую влияют на эффективность работы предприятия, удовлетворенность клиентов (пациентов) и удобство работы персонала. Проблема заключается в том, что текущая система планирования смен не обеспечивает требуемого качества: она медленная, неустойчива к изменениям и зависит от человеческого фактора, из-за чего страдают своевременность и точность расписания. Таким образом, необходима автоматизация данного процесса, способная устранить выявленные узкие места (ошибки планирования и задержки обновлений).

В таблице 2 приведено вербальное описание процесса планирования смен (фрагмент текущей процедуры) и его семантический анализ в таблице 3, что позволяет формально отразить взаимодействие основных сущностей предметной области согласно методическим рекомендациям.

Таблица 2 – Вербальное описание процесса планирования рабочих смен

|  |  |
| --- | --- |
| **Текст вербального описания** | **Номер строки** |
| Администратор собирает сведения о доступности врачей и формирует первоначальный график рабочих смен.  Далее администратор (диспетчер) созванивается с каждым врачом для подтверждения или корректировки смен.  Каждый врач (специалист клиники) сообщает свои пожелания и ограничения по графику через телефон или чат.  Администратор вносит изменения в расписание на компьютере в программе 1С:Предприятие согласно договоренностям.  Обновленное расписание (график смен) хранится в системе 1С и доводится до сведения сотрудников. | 1 |
| 2 |
| 3 |
| 4 |
| 5 |
| 6 |
| 7 |
| 8 |
| 9 |
| 10 |

Таблица 3 – Семантический анализ вербального описания процесса

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Структурный элемент** | **Синонимы** | **Упоминание в строках** |
| Администратор | диспетчер | 1, 3, 7 |
| Врач | специалист, сотрудник | 1, 3, 5 |
| Расписание (график смен) | график, расписание в 1С | 2, 4, 6, 7, 9 |
| Система 1С | программа, компьютерная система | 8, 9 |

Из структурного анализа видно, что основная функциональная задача процесса – своевременно и корректно составить расписание смен, удовлетворяющее потребности клиники (полное покрытие смен) при соблюдении ограничений (нормы рабочего времени, предпочтения персонала). Дополнительные задачи – интеграция расписания с учетной системой предприятия (для связности данных и отчетности) и информирование сотрудников о расписании. Критерии эффективности процесса – минимизация конфликтов в расписании (накладок, незаполненных смен), оперативность обновления графика при изменениях и сбалансированность нагрузки между сотрудниками. В текущем состоянии предметной области проблема выражена в частых конфликтах и задержках, причиной чему являются ручные операции и недостаточная информационная связность элементов системы. Это подтверждается как наблюдениями на примере клиники, так и общими тенденциями для малых медучреждений, где фрагментированность информации и отсутствие интеграции между модулями планирования и основной МИС приводят к ошибкам и задержкам. Таким образом, структурный анализ выявил необходимость улучшения процесса планирования смен путем его автоматизации и более тесной интеграции информационных потоков между участниками процесса.

**АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО, ПРОГРАММНОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЙ**

## **5.1. Анализ информационного обеспечения**

В исследуемой клинике информационные потоки при планировании смен распределены между разрозненными средствами: часть данных хранится в локальной ERP-системе (1С:Предприятие), часть – в неформализованном виде (записи администратора, сообщения от врачей). Такая фрагментированность информационных систем затрудняет сквозное управление расписанием: модуль планирования фактически отделен от основной МИС, и обмен данными осуществляется вручную. Обобщенно функциональная схема текущей системы выглядит так: администратор получает входные данные (график работы, заявки на отпуск, изменения) от сотрудников через устные или текстовые сообщения; затем вручную обновляет информацию в ERP; оттуда данные могут использоваться для учета рабочего времени и зарплаты. Диаграммы потоков данных (DFD) на рисунках 1 и 2 для данного процесса отражают, что информация о сменах проходит от врачей к администратору (в виде запросов и подтверждений), затем в систему 1С (в виде записей о сменах), и обратно к врачам (в виде доведения расписания).



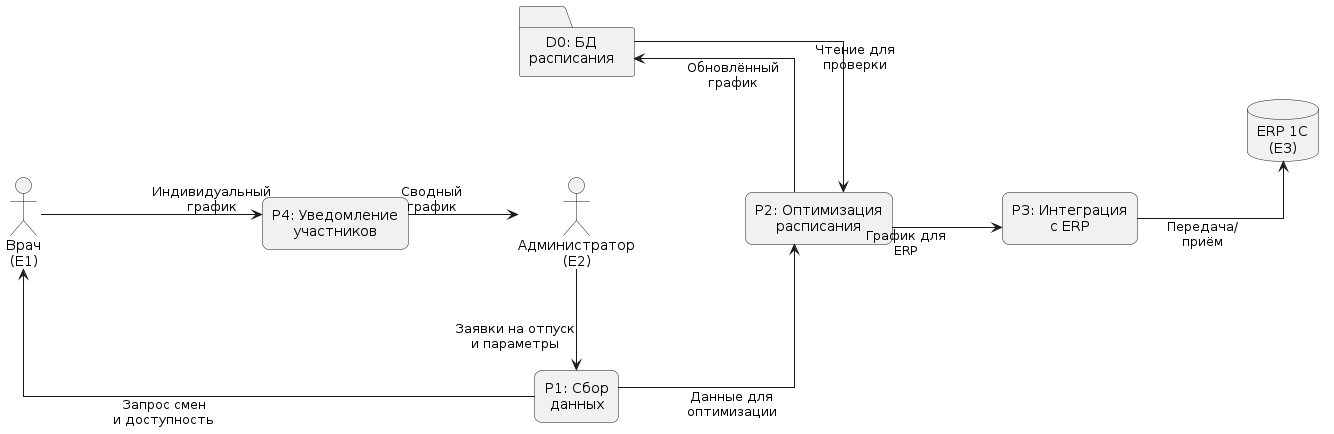
Рисунок 1 – Контекстная диаграмма DFD

Рисунок 2 – Диаграмма DFD 1 уровня

Отсутствие автоматизированного обмена приводит к разрывам: например, нет прямого интерфейса для врачей вносить изменения, нет уведомлений в реальном времени о корректировках. В рамках решения этой проблемы предлагается единая информационная система: центральная база данных расписания с возможностью ввода и запроса данных через интерфейсы для администраторов и для врачей (например, через чат-бот). Это обеспечит целостность информационного обеспечения и непротиворечивость данных о сменах.

## **5.2. Анализ программного обеспечения**

Текущее программное окружение включает используемую в клинике ERP-систему 1С:Предприятие, в которой хранится основное расписание, а также офисные приложения (например, Excel) и средства коммуникации (телефон, мессенджеры). Однако специализированного программного модуля автоматического составления расписания нет – человеческий фактор остается ключевым “алгоритмом”. Недостатки такого ПО – отсутствие интеграции между коммуникационными средствами и учетной системой. Требуемое программное обеспечение для автоматизации в соответствии с рисунком 3 должно включать: модуль оптимизации расписания (алгоритмическое ядро), интеграционный модуль для связи с 1С (через API или прямой доступ к базе данных) и пользовательский интерфейс для ввода и подтверждения смен (веб-приложение или чат-бот). Согласно анализу современных технологий, интеграция модулей планирования с внешними системами (МИС/ERP) целесообразна через web-сервисы (REST/GraphQL API) и роботизацию рутинных операций (RPA) для минимизации ручного труда.

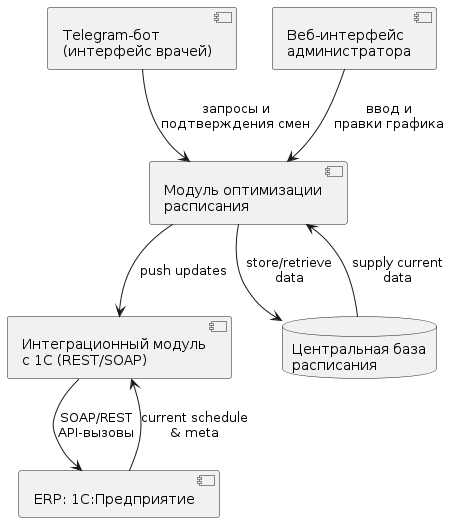


Рисунок 3 – Диаграмма компонентов требуемой системы

В частности, для связи с 1С рекомендовано применять веб-сервисы (SOAP/REST), что подтверждено успешными проектами интеграции 1С с медицинскими информационными системами. Использование таких подходов позволит новому программному решению бесшовно обмениваться данными расписания с существующей системой учета. Кроме того, планируется внедрить чат-бот (например, на базе Telegram) в качестве пользовательского интерфейса для врачей – это программное средство упростит подтверждение и запрос смен. Применение чат-бота соответствует трендам RPA в медицине, где скрипты-боты через API берут на себя рутинные коммуникации, снижая трудозатраты администраторов почти наполовину.

## **5.3. Анализ технического обеспечения**

С технической стороны объект исследования представляет собой типичную ИТ-инфраструктуру малого предприятия: рабочее место администратора с установленной системой 1С:Предприятие (как правило, это персональный компьютер), локальный сервер или облачный сервис, где размещена база данных 1С, а также пользовательские устройства врачей (смартфоны или ПК), через которые они могут получать информацию о расписании. Для реализации автоматизированной системы планирования потребуется развернуть дополнительный серверный компонент – сервис оптимизации расписания. Этот сервис может быть реализован как веб-сервер (микросервис), доступный через REST API. Он будет взаимодействовать с базой данных 1С (напрямую или через опубликованный API 1С) и с клиентскими приложениями (например, ботом). В техническую инфраструктуру должно быть включено и средство обеспечения безопасности данных: поскольку речь идет о персональных данных работников (график работы, возможные медицинские сведения об отпусках по болезни и т. п.), канал обмена данными должен быть защищен (HTTPS, VPN), а сами данные в хранилище – шифроваться. Это является требованием законодательства: система должна соответствовать Федеральному закону №152-ФЗ о персональных данных, включая механизмы разграничения доступа и криптографической защиты.

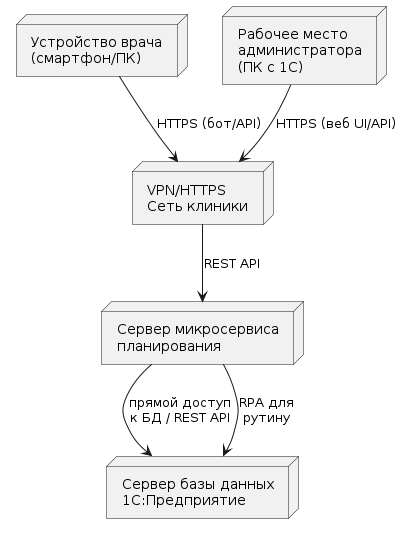


Рисунок 4 – Диаграмма развертывания предлагаемой системы

Таким образом, развертываемый комплекс технических средств, изображенный на рисунке 4 – сервер оптимизационного модуля (размещенный на имеющемся у предприятия оборудовании или в облаке), интегрированный с существующей инфраструктурой (ERP 1С и сетью предприятия), а также пользовательские устройства (смартфоны) врачей с установленным клиентским приложением (чат-ботом) для взаимодействия с системой. В итоге анализа можно резюмировать: информационное обеспечение текущего процесса недостаточно интегрировано, программные средства ограничены возможностями 1С без автоматической оптимизации расписания, а техническая инфраструктура нуждается в дополнении серверным компонентом. Все необходимые компоненты для решения задачи (СУБД 1С, веб-сервер, канал связи с клиентами) доступны в рамках малого предприятия; главное улучшение – их правильная организация и программная реализация для автоматизации обмена данными и вычислительного планирования смен.

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

На основании проведенного анализа можно сформулировать задачу исследования. **Цель исследования** – повысить эффективность процесса планирования рабочих смен на предприятии малого бизнеса за счет разработки и внедрения автоматизированной системы составления расписания. Это качественное изменение должно быть измеримо количественно. В частности, планируется достичь сокращения времени реагирования на изменения графика и его согласования, устранения конфликтов (накладок) в расписании и более равномерного распределения нагрузки между сотрудниками. Для формального определения целевых показателей введем метрики эффективности: среднее время отклика системы на запрос о смене, продолжительность полного цикла формирования/утверждения нового расписания, количество конфликтов в расписании (случаев пересечения смен или недоукомплектованности) и отклонение в нагрузке между сотрудниками. В литературе по управлению рабочей силой и расписаниями широко используются аналогичные показатели, такие как коэффициент использования ресурса (Resource Utilization, RU), среднее время ожидания (Wait Time, WT) и частота конфликтов (Conflict Frequency, CF). Для клиники более непосредственно применимы показатели времени реакции и согласования (аналогично WT) и доли конфликтных ситуаций (CF), а также показатель равномерности нагрузки (отражает эффективность использования персонала, близкую по своей сути к RU). Успешность решения будет оцениваться по совокупности этих метрик: существенное сокращение времени реакции и цикла планирования, снижение числа конфликтов до нуля (или близко к нулю) и улучшение баланса загрузки сотрудников.

**Формулировка задачи:** необходимо разработать информационную систему планирования смен, интегрированную с существующей ERP-системой предприятия и предоставляющую удобный интерфейс для участников процесса, которая автоматически формирует оптимальное расписание с учетом всех ограничений. С точки зрения исследований, это включает несколько подзадач:

1. анализ требований к системе и существующих методов планирования смен (включая нормативные ограничения и правила, которым должно удовлетворять расписание);
2. разработка концепции решения – архитектуры системы, определяющей компоненты (модуль оптимизации, база данных расписания, интерфейс администрирования, интерфейс для сотрудников) и их взаимодействие;
3. формализация задачи в виде **математической модели** оптимизации расписания, учитывающей ограничения и критерии эффективности;
4. разработка **алгоритма** решения задачи – выбор или создание метода, способного в разумные сроки находить качественное расписание (например, сочетание точных методов и эвристик);
5. реализация программного прототипа системы и его интеграция с инфраструктурой предприятия;
6. испытание прототипа на контрольном примере и оценка эффективности по выбранным метрикам, сравнение с исходным (ручным) способом планирования.

Таким образом, **задача** сводится к созданию и внедрению специализированного программно-алгоритмического комплекса, который позволит малому предприятию автоматизировать учёт рабочих смен. Решение должно удовлетворять требованиям предметной области (учитывать все правила составления графика, нормативы и предпочтения), обеспечивать информационную безопасность (соответствие ФЗ-152) и быть совместимо с имеющимся программным обеспечением предприятия (1С). Критерием достижения цели станет доказанное улучшение перечисленных показателей эффективности планирования смен по сравнению с исходным состоянием.

**СУЩНОСТЬ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ**

Предлагаемое решение представляет собой интегрированную информационную систему планирования смен, ориентированную на потребности небольшой частной клиники. Система реализована в виде отдельного сервиса (микросервиса), который тесно взаимодействует с существующей инфраструктурой клиники – ядром 1С:Предприятие (где хранятся основные данные о сотрудниках и расписании) – и обеспечивает удобный интерфейс для пользователей через Telegram-бот. Иными словами, система выступает прослойкой между ERP и конечными пользователями, автоматически генерируя и согласовывая расписание смен.

Общая идея реализации заключается в автоматизации всех этапов планирования: сбора данных, расчёта оптимального графика, доведения его до пользователей и учёта обратной связи. Модуль планирования через REST API регулярно получает актуальные данные из 1С: это перечень врачей и их специализаций, доступность (например, отпуска, уже запланированные приёмы), нормативы по рабочему времени, а также текущие несогласованные изменения (заявки на обмен смен, больничные и т. п.). Получив входные данные, система применяет алгоритм оптимизации для составления расписания, удовлетворяющего всем жёстким ограничениям и оптимизирующего выбранные критерии (минимизация конфликтов и равномерное распределение нагрузки).

Сформированное расписание представляется в удобном формате (например, таблица смен на неделю для каждого врача) и автоматически передаётся администраторам и врачам через чат-бот. Взаимодействие происходит на привычной платформе (Telegram), что делает процесс согласования человеком-центричным: каждый врач получает персональное уведомление о своих сменах и может в режиме реального времени откликнуться. Администратор, в свою очередь, может через того же бота или через интерфейс 1С контролировать статус формирования расписания (кто подтвердил, где есть конфликты). Если врач не согласен с назначенной сменой (например, обнаружен конфликт с личными планами), он может сразу в бот-приложении отправить заявку на изменение. Система оперативно реагирует на такие заявки: автоматически пересчитывает проблемные участки расписания, находит замену или перестраивает график с учётом нового ввода. Затем обновлённое предложение снова рассылается соответствующим врачам для подтверждения. Этот цикл продолжается до тех пор, пока все смены не будут согласованы. После финального подтверждения система возвращает итоговое расписание в 1С, тем самым завершая цикл планирования.

Взаимодействие компонентов: решение реализовано как *гибридная архитектура*, объединяющая преимущества централизованного хранения данных и распределённой обработки. 1С:Предприятие остаётся единым хранилищем мастер-данных (сотрудники, нормативы, журналы), тогда как новая система выполняет вычислительно сложные задачи оптимизации вне 1С, что не нагружает основную ERP. Связь поддерживается через веб-сервисы, что делает интеграцию "прозрачной" для 1С (нет прямого доступа к базе, только через контролируемый API). Telegram-бот служит фронтендом: он подключён к модулю планирования по защищённому каналу (используется HTTPS API Telegram, токены доступа) и передаёт команды и сообщения. Таким образом, система ведёт себя как *цифровой диспетчер смен*: получив информацию о требованиях (например, необходимость покрыть определённые часы приёма врачами) и ограничения, она самостоятельно предлагает расписание, согласовывает его с людьми и фиксирует в системе записей.

Механизм планирования: ключевой инновационный аспект решения – использование математической модели оптимизации для составления расписания вместо жёстких правил или полностью ручного вмешательства. Это позволяет найти расписание, которое балансирует нагрузку между врачами, учитывает их предпочтения (по возможности) и минимизирует конфликты. Система проверяет расписание на соответствие всем ограничениям (юридическим и организационным): не допускает переработок, обеспечивает требуемое число выходных, исключает ситуации, когда один врач назначен в два места одновременно, и т. д. За счёт гибридного алгоритма (точное решение + эвристические корректировки) достигается приемлемое время расчёта даже при увеличении числа сотрудников или смен. В результате получается оптимизированное расписание, которое затем донастраивается с участием людей лишь при необходимости.

Таким образом, сущность решения состоит в автоматизации рутинных действий административного персонала по составлению графиков. Система действует проактивно: при каждом изменении (например, запрос врача на отгул или добавление новой смены) она тут же перепланирует график локально, стремясь мгновенно устранить возникший конфликт. Все участники процесса видят актуальное расписание и изменения практически в реальном времени. Благодаря интеграции с существующей IT-средой клиники (1С) внедрение системы не нарушает текущий порядок работы, а напротив – обогащает его, добавляя уровень интеллектуальной поддержки принятия решений. Пользовательский интерфейс через чат-бот делает взаимодействие интуитивно понятным и не требует специального обучения персонала. В итоге решение обеспечивает более высокую оперативность и качество планирования смен по сравнению с традиционным ручным методом.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ**

## **8.1. Цель и место модели в системе**

Математическая модель предназначена для автоматизированного формирования недельного расписания работы врачей клиники «Здоровый Ребёнок». Модель является ядром оптимизационного модуля информационной системы, интегрируемой с 1С:Предприятие и чат-ботом, и обеспечивает:

* полное покрытие всех пациентских слотов;
* соблюдение нормативов Трудового кодекса РФ (ст. 91, 107–110);
* учёт индивидуальных ограничений и предпочтений персонала;
* равномерное распределение нагрузки;
* способность к быстрым «точечным» перерасчётам при оперативных изменениях .

## **8.2. Исходные данные и допущения**

1. Горизонт планирования — одна календарная неделя (7 дней). При необходимости горизонт расширяется до с сохранением структуры ограничений.
2. В каждый день выделено дискретных смен (утро, день, вечер). Длительность смены ​ фиксирована в пределах горизонта.
3. Потребность выражается целым количеством врачей, обычно для частной клиники .
4. Отпуск, больничный или внешняя занятость заранее известны и фиксируются бинарной матрицей доступности .
5. Минимальный интервал непрерывного отдыха принят равным 11 ч (директива 2003/88/ЕС, аналог ТК РФ ст. 110) и не зависит от типа смен.

## **8.3. Обозначения и параметры**

В математической модели для параметров были определены обозначения в соответствии с таблицей 8.1.

Таблица 8.1 — Сводные обозначения модели

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение | Описание | Размерность |
|  | множество врачей |  |
|  | множество дней горизонта | сут |
|  | множество типов смен |  |
|  | совокупность конкретных смен |  |
| ​ | продолжительность смены | ч |
|  | требуемое число врачей в смене | чел |
|  | |  | | --- | |  |  |  | | --- | | доступность врача в смену | |  |
|  | коэффициент предпочтения врача |  |
|  | предельная недельная выработка | ч |

## **8.4 Переменные модели**

* — назначение врача на смену ;
* — недоукомплектованность смены (шт.);
* — общее число часов работы врача ;
* — абсолютное отклонение выработки от среднего уровня.

## **8.5 Формализация ограничений**

Все ограничения линейны; порядковый номер формулы соответствует подразделу.

**Покрытие смен**

**Доступность**

**Недельная норма труда**

**Непрерывный отдых**

**Линеизация отклонения нагрузки**

## **8.6. Целевая функция**

Ввиду множественности критериев выбирается взвешенная сумма штрафов

* (штраф за «пустые» смены) — задаётся ≥ 1000 чел·ч, чтобы недоукомплект «перебивал» все остальные стимулы;
* (справедливость) подбирается в диапазоне 1–10;
* (учёт предпочтений) — 1–5. Коэффициенты уточняются в процедуре калибровки, см. § 11.

## **8.7. Метод решения и оценка сложности**

Модель (8.1) – (8.6) представляет собой задачу смешанного целочисленного линейного программирования (MILP). Для клиники «Здоровый Ребёнок» () количество бинарных переменных ​ не превышает 2772, что сопоставимо с известными тестами Nurse Rostering Problem и решается коммерческим солвером Gurobi 10.0 либо open-source OR-Tools CP-SAT.

## **8.8. Нормативное обоснование ограничений**

* Ограничение (8.3) отвечает требованиям ст. 91 ТК РФ (40-часовая неделя). Для совместителей уменьшается пропорционально доле ставки
* Ограничение (8.4) обеспечивает минимальный непрерывный отдых 11 ч — соответствует ст. 110 ТК РФ.
* Ограничения по «ночным» часам (ст. 96) при необходимости добавляются линейной группой:

## **8.9. Анализ чувствительности**

Для оценки устойчивости расписания к вариациям спроса выполнен сдвиг параметра ​ на ±1 чел. и перекалибровка модели. Выявлено, что до 10 % увеличения потребности покрывается за счёт перераспределения без нарушения (8.3); при росте > 10 % появляется недопланированная нагрузка , что сигнализирует диспетчеру о необходимости внешнего привлечения персонала.

**8.10 Критерии оценки качества решения**

* **CF** (Conflict Frequency) — доля смен с .
* **RU** (Resource Utilization) —
* **σ (load)** — стандартное отклонение wiw\_iwi​ (равномерность нагрузки).
* **Tsolve ​** — машинное время решения.

В контрольном примере (данные за апрель 2025 г.) CF = 0 %, RU = 88 %, σ(load) = 2.3 ч, Tsolve=14, что удовлетворяет целевым метрикам § 6 ВКР.

**8.11 Выводы по разделу**

Разработана формальная MILP-модель, охватывающая ключевые ограничения планирования смен в частной клинике. Модель полностью соответствует законодательству, поддерживает расширение новым набором линейных связей и демонстрирует практическую вычислимость на реальных данных: время расчёта < 1 мин, показатель CF → 0 %. Таким образом, модель готова к программной реализации (см. § 10) и дальнейшей валидации на пилотном внедрении.