

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дискретной математики и информационных технологий

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК
КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА ПРЕДПРИЯТИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 421 группы
направления 09.03.01 — Информатика и вычислительная техника
факультета КНиИТ
Проскурина Ильи Павловича

Научный руководитель
старший преподаватель

А. А. Трунов

Заведующий кафедрой
доцент, к. ф.-м. н.

Л. Б. Тяпаев

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Современные грузоперевозки являются важнейшим звеном глобальной и национальной экономики, обеспечивая бесперебойное движение товаров между производителями, дистрибьюторами и конечными потребителями. В условиях глобализации и роста международной торговли эффективная логистика становится ключевым фактором конкурентоспособности предприятий [1]. Объем мирового рынка грузоперевозок устойчиво растет, чему способствуют расширение электронной коммерции, развитие производственных цепочек и увеличение спроса на быструю доставку. Однако эксплуатация транспорта усложняется: перевозчики сталкиваются с необходимостью адаптации к новым потокам, автопробками, жесткими сроками доставки, ростом цен на топливо и обслуживание, а также с аварийностью.

В таких условиях традиционные методы управления, основанные на ручном планировании и фиксированных маршрутах, становятся неэффективными, приводя к простоям транспорта, перепробегам, срыву сроков доставки и финансовым потерям. Отсутствие актуальной информации в реальном времени снижает прозрачность процессов и затрудняет принятие решений.

Решение этих проблем видится во внедрении автоматизированных систем оперативного управления, позволяющих отслеживать местоположение и состояние транспорта онлайн, динамически оптимизировать маршруты и автоматизировать диспетчеризацию. Несмотря на наличие решений для управления карьерными перевозками, сохраняется потребность в более адаптивных и доступных системах, способных работать в нестабильной производственной среде карьеров, что определяет актуальность разработки новых подходов.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка функционального модуля оперативного управления для контроля задач, связанных с перевозками карьерного транспорта. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- рассмотреть существующие приложения в области управления промышленными перевозками;
- сформировать требования к модулю с учётом специфики задач карьерного транспорта;
- рассмотреть технологии и инструменты для разработки веб-интерфейса и организации клиент-серверного взаимодействия;

- разработать модуль оперативного управления для клиентской части приложения, отвечающего за диспетчеризацию карьерного транспорта;
- обеспечить получение и отображение информации, получаемой от серверной части, о задачах и статусах перевозок в реальном времени.

Выпускная квалификационная работа состоит из 3 глав: «Анализ существующих решений для управления грузооперевозками карьерного транспорта», «Разработка архитектуры модуля оперативного управления для веб-приложения», «Отладка модуля оперативного управления после внедрения в общую систему».

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассматривается современный рынок разнообразных решения для автоматизации управления грузоперевозками, включая специализированные системы для карьерного транспорта. Приведены примеры как универсальных транспортных систем (TMS), обеспечивающие комплексный функционал для планирования маршрутов, управления тарифами и контроля перевозок, так и более специализированных решений, которые разработаны специально для горнодобывающей отрасли.

TMS-системы (Transportation Management Systems) — это программное обеспечение, которое предлагает инструментарий для планирования, оптимизации маршрутов, управления тарифами и контроля выполнения перевозок.

Однако, ключевой проблемой всех рассмотренных систем, например, таких как SAP TM, Oracle Transportation Management, Modular Mining, Wenco (Hitachi), является их недостаточная гибкость в условиях динамично меняющейся рабочей среды. Многие системы не могут оперативно перестроить маршруты и перераспределить технику при возникновении аварий или изменении планов добычи без вмешательства диспетчера. Кроме того, зарубежные решения часто плохо интегрируются с российским программным обеспечением, что создает дополнительные сложности при внедрении и эксплуатации.

В данной главе, так же рассматриваются современные инструменты для веб-разработки. Рассмотрены популярные фреймворки, например, React, Vue, Angular, и дополнительные технологии, такие как Redux и Redux-Saga, которые представляют основу разрабатываемого модуля оперативного управления [2, 3].

При разработке модуля оперативного управления был выбран следующий набор программного обеспечения:

1. React
2. JavaScript
3. Redux, Redux-Saga
4. MUI (Material UI)
5. REST API + WebSocket

Вторая глава посвящена разработке модуля оперативного управления и его последующего внедрения в общую систему диспетчеризации карьерного

транспорта.

Взаимодействие клиентской и серверной частей было решено реализовать согласно схеме продемонстрированной на рисунке 1.

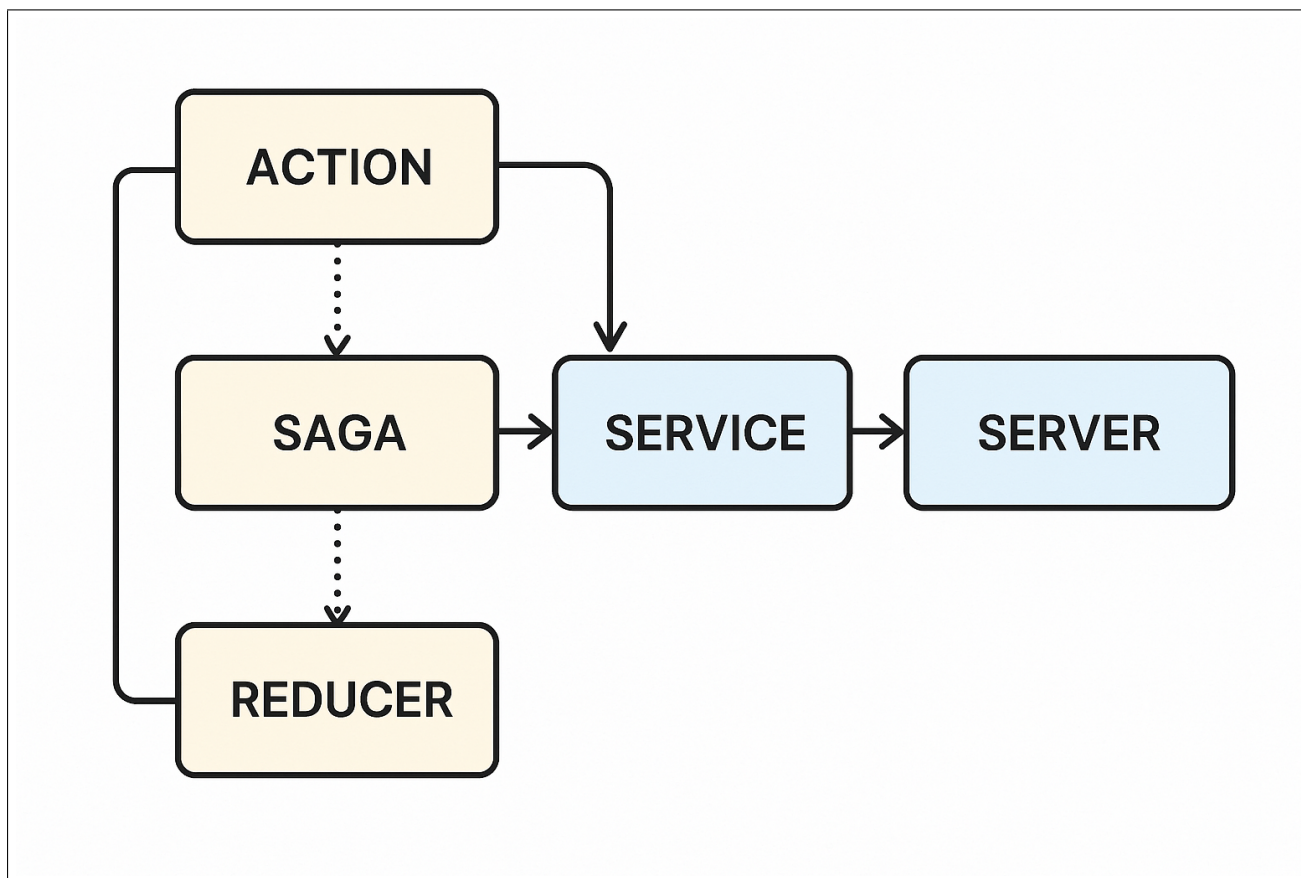


Рисунок 1 – Архитектурная схема взаимодействия разных уровней приложения

На схеме показано взаимодействие между компонентами клиентской и серверной частей в архитектуре приложения с использованием Redux и Redux-Saga [4, 5]. Всё начинается с того, что пользователь инициирует какое-либо действие на клиенте — например, нажимает кнопку или переходит на страницу. Это действие инициирует отправку Action — объекта, описывающего, что произошло и какую информацию требуется обработать. Action перехватывается механизмом посредника, в данном случае — Saga.

Saga, как часть middleware, отвечает за обработку побочных эффектов, в первую очередь — за асинхронные операции. Она получает Action и на его основе вызывает соответствующую функцию из слоя Service. В сервисе содержится код, отвечающий за сетевые запросы, например, с использованием fetch или axios. Эта функция отправляет HTTP-запрос на сервер [6].

Сервер получает запрос, обрабатывает его, взаимодействует с базой данных или выполняет другую необходимую бизнес-логику и возвращает ответ клиенту. После получения ответа сервис возвращает данные обратно в Saga. В зависимости от результата (успешного или с ошибкой), Saga создает и отправляет в систему новый Action, содержащий полученные данные или сообщение об ошибке [7].

Reducer получает этот Action и на его основе обновляет состояние в Redux-хранилище. Компоненты интерфейса, подписанные на это состояние, автоматически получают новые данные и перерисовываются, отражая результат взаимодействия пользователя с системой.

Таким образом, обеспечивается полный цикл одностороннего потока данных от пользователя до сервера и обратно, с чётко разграниченными зонами ответственности между Action, Saga, Service, Reducer и UI-компонентами.

В третьей главе описывается процесс отладки разработанного модуля после его программной реализации и внедрения в корпоративную систему грузоперевозок. Тестирование проводилось в промышленных условиях с акцентом на корректность взаимодействия клиент-серверных компонентов, обработку данных в реальном времени и адаптацию к динамичным производственным сценариям.

Процесс отладки начался с валидации загрузки и отображения данных на ключевых страницах интерфейса. На странице «ShiftTransportationPlan Widget», конечный вид которой представлен на рисунке 2, успешно отображались сменные планы объектов перевозок, включая номера месячных планов, участки работ и статусы.

Сменные планы объемов перевозки (251)							
		Поиск	Применить	Сброс			
☐ Показать текущие							
Номер	Наименование	Участок работ	Месячный план	Календарная смена	Дата обновления		
331	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-01 - Д	01.05.2025 13:21...	...	
330	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-31 - Д	01.05.2025 13:18...	...	
329	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-30 - Д	01.05.2025 13:18...	...	
328	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-29 - Д	01.05.2025 13:18...	...	
327	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-28 - Д	01.05.2025 13:18...	...	
326	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-27 - Д	01.05.2025 13:18...	...	
325	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-26 - Д	01.05.2025 13:18...	...	
324	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-25 - Д	01.05.2025 13:18...	...	
323	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-24 - Д	01.05.2025 13:18...	...	
322	Сменный план пере...	УРК	УРК Май 2025	2025-05-23 - Д	01.05.2025 13:18...	...	

Рисунок 2 – Заполненная таблица на странице «ShiftTransportationPlanWidget»

Данные, полученные от сервера в формате JSON, корректно преобразовывались для отображения в компонентах таблиц. При переходе на страницу детализации СПП («ShiftPlansWidget»), конечный вид которой представлен на рисунке 3, визуализировались параметры перевозок: грузоотправители, маршруты, объемы и привязка к календарным сменам.

Сменный план перевозки 331									
Участок: УРК		Месячный план объема перевозок: УРК Май 2025		Сменный план перевозок: Смена 301 УРК 2025-05-01 - Д 07:30 01.05.2025 - 19:30 01		Сменный план движения: Сменный план движения 353			
Перейти в СПД Утвердить задания									
Номер	Грузополучатель	Грузоотправитель	Объем	Маршрут	Календарная смена	Статус	Участок работ	Дата обновления	Автор
3016	Промклад АМСОМ 3	430 тупик	0	430 тупик - Пром...	Смена 301 УРК 202...	Ожидает утверждения	УРК		
3015	К.Западный	АМСОМ 1	3333	АМСОМ 1 - К.Запад...	Смена 301 УРК 202...	Ожидает утверждения	УРК		
3014	АМСОМ 3 (Бункер)	Промклад АМСОМ 3	833	Промклад АМСОМ 3...	Смена 301 УРК 202...	Ожидает утверждения	УРК		
3013	К.Восточный	АМСОМ 3	333	АМСОМ 3 - К.Восто...	Смена 301 УРК 202...	Ожидает утверждения	УРК		

Рисунок 3 – Заполненная таблица на странице «ShiftPlanWidget»

Далее тестировалась навигация между разделами системы. Кнопки «Перейти в СПД» (сменный план движения) и «Утвердить задания» обеспечивали бесшовный переход на страницы «ShiftPlanMovementWidget», конечный вид которой представлен на рисунке 4, и «ApprovingTasksWidget», конечный вид которой представлен на рисунке 5. На этапе работы с СПД особое внимание уделялось функционалу динамического управления маршрутами: автоматическое заполнение параметров (время погрузки/разгрузки, нулевой

пробег) через кнопки и Формирование оптимизационных групп маршрутов и обработка внеплановых событий, например, поломок ТС, через таблицу рекомендаций.

Сменный план движения для СПП №329 Статус: Создан

Параметры маршрутов Расчет потребности в ТС

Участок: УРК Месячный план объема перевозок: УРК Май 2025 Сменный план перевозок: Сменный план перевозок 329 Календарная смена: 2025-05-30 - Д

Заполнить данные из прошлого СПД Заполнить статистическими данными за предыдущую смену Заполнить статистическими данными за период Заполнить тестовыми данными

Номер	Начальная точка	Конечная точка	Объем, т	Плечо с грузом, км	Погрузка, мин	Разгрузка, мин	Базовое время на выпуск, мин	Типоразмер	Нулевой пробег, км	Ср. скорость с грузом, км/ч
3058	430 тулик	Промоклад АМСОМ 3	0	2.2	4	1.5	15		8	18
2968	АМСОМ 3	К. Восточный	333	1.6	4	1.5	15		8	15
2998	Промоклад АМСОМ 3	АМСОМ 3 (Бункер)	833	0.2	2.5	1	15		8	8
3028	АМСОМ 1	К. Западный	3333	1	4	1.5	15		8	17

Рисунок 4 – Заполненная таблица на странице «ShiftMovementPlanWidget»

Утвердить задания для всех пар Отклонить задания для всех пар Перейти в СПД

Всего пар: 4 Всего маршрутов: 4 % выполнения сменного плана: Нет данных Всего моточасов: Нет данных Всего пробег: 201 км

ФИО водителя	Табельный номер	Время выхода	Пара доступна до	Плановое время завершения	Маршруты	Число циклов	Средний оборотный рейс, мин	Плановый пробег, км	План. Время в пути груз, ч	План. Время в пути пуст, ч
Батенев Иван Геня...	194239	07:51	19:30	15:51	АМСОМ 1 - К. Запад...	42	483	83	2.5	2.1
Смолянин Алексей ...	126683	07:45	19:30	09:59	АМСОМ 3 - К. Восто...	9	138	27.2	1.0	0.6
Смолянин Алексей ...	126683	07:45	19:30	15:45	АМСОМ 1 - К. Запад...	42	483	83	2.5	2.1
Чухонцев Игорь Ев...	139333	07:45	19:30	09:39	Промоклад АМСОМ 3...	21	115	8.2	0.5	0.3

Строк на странице 10 1-4 из 4

Рисунок 5 – Заполненная таблица на странице «ApprovingTasksWidget»

Критическим сценарием стало тестирование жизненного цикла заданий. При нажатии «Сформировать плановые разнарядки», происходил переход на страницу разнарядок. Полный вид страницы формирования заявок представлен на рисунке 6.

← Разнарядка на ТС с ГРЗ 194

На 06.05.2025

Подрядчик перевозки: АТУ ММК

Общее число ТС: 4

Статус разнарядки: Ожидает утверждения

Перевозчик

Комментарий к разнарядке

Календарная смена

Смена 330 УРК 2025-05-30 - Д 07:30 30.05.2025 - 19:30 30.05.2025

Состав разнарядки на календарную смену по подразделению/цеху (4)

+

⌵

⚙

←	Номер элемента	Маршрут / О.Г.	Типоразмер ТС	Цех перевозки ТС	Наименование ТС	Цех перевозки водителя	Водитель	Начало работы	Завершение работы	
←	1032	Промклад АМСОМ 3 - АМСОМ 3 (Бунер)	Самосвал 40 т 40т	01 Цех перевозок №1	P 743 EA 774 Самосвал SX331863366	01 Цех перевозок №1	Чуковцев Игорь Евгеньевич 139333	30.05.2025 07:30:00	30.05.2025 19:30:00	...
←	1034	АМСОМ 1 - К.Западный	Самосвал 40 т 40т	47 Цех перевозок №2	P 856 EA 774 Самосвал SX331863366	01 Цех перевозок №1	Смолин Алексей Викторович 126683	30.05.2025 07:30:00	30.05.2025 19:30:00	...
←	1033	АМСОМ 3 - К.Восточный	Самосвал 40 т 40т	47 Цех перевозок №2	P 860 EA 774 Самосвал SX331863366	01 Цех перевозок №1	Смолин Алексей Викторович 126683	30.05.2025 07:30:00	30.05.2025 19:30:00	...
←	1035	АМСОМ 1 - К.Западный	Самосвал 40 т 40т	47 Цех перевозок №2	YC 5895 T4 (10787) Погрузчик LO876N	01 Цех перевозок №1	Батенев Иван Геннадьевич 194239	30.05.2025 07:30:00	30.05.2025 19:30:00	...

Отклонить

Утвердить

Рисунок 6 – Таблица конечного формирования заданий для СПП и СПД

После утверждения разнарядок, статус СПД менялся на «Разнарядки сформированы», активируя переход к модулю разнарядок. На странице утверждения заданий («ApprovingTasksWidget») проверялась: корректность агрегированных показателей, таких как количество пар «ТС-водитель», моменты, процент выполнения плана, работа групповых операций и синхронизация данных при изменении параметров. Функционал оперативных изменений верифицировался при статусе «Задания выданы». Активация кнопки «Внести оперативные изменения» позволяла конечному пользователю корректировать маршруты и параметры ТС, автоматически пересчитывать разнарядки, повторно утверждать задания с фиксацией изменений в журнале событий, так же, что немаловажно, система сохраняла целостность данных даже при многократном перерасчете.

9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы был реализован модуль оперативного управления транспортными заданиями, интегрируемый в корпоративную информационную систему горнодобывающего предприятия.

На этапе подготовки был проведён обзор современных технологий и библиотек для реализации клиентской части и возможности ее взаимодействия с серверной частью. В результате был сформирован следующий набор технологий: React, Redux и Redux-Saga.

В процессе разработки было реализовано взаимодействие клиентской части с асинхронными запросами, обеспечено управление состоянием приложения, а также выполнено построение удобного и функционального пользовательского интерфейса. Интеграция с сервером осуществляется посредством API, возвращающего актуальные данные о задачах, их статусах и связанных событиях.

После реализации пользовательского интерфейса и написания логики обработки данных на клиентской части, была проведена отладка с серверной частью приложения, что позволило удостовериться в работоспособности созданного модуля и отсутствии возможных ошибок отображения данных и их некорректного получения.

Таким образом, цель и задачи выпускной квалификационной работы достигнуты: клиентская часть модуля оперативного управления успешно взаимодействует с серверной частью приложения, обеспечивая базовый функционал внесения изменений в задачи для водителей карьерного транспорта, что подтверждается актом о внедрении.

Основные источники информации:

- 1 Логистика — секрет улучшения конкурентоспособности и роста доходов вашего предприятия [Электронный ресурс] URL: <https://logistics.by/blog/logistika-sekret-uluchsheniya-konkurentosposobnosti-i-rosta-dohodov-vashego-predpriyatiya> (дата обращения: 24.01.2025) — Загл. с экр. — Яз. рус.
- 2 Гончар, Д. О. Сравнение производительности фронтэнд-фреймворков React, Angular, Vue.js и Svelte / Д. О. Гончар. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 36 (483). — С. 11-15. — URL: <https://moluch.ru/archive/483/105934/> (дата обращения: 07.03.2025)
- 3 Влияние передовых технологий фронтенд-разработки на улучшение пользовательского интерфейса и повышение уровня взаимодействия с веб-приложениями [Электронный ресурс] URL: <https://apni.ru/article/9334-vliyanie-peredovyh-tehnologij-frontend-razrabotki-na-uluchshenie-polzovatelskogo-interfejsa-i-povyshenie-urovnya-vzaimodejstviya-s-veb-prilozheniyami> (дата обращения: 22.02.2025) — Загл. с экр. — Яз. рус.
- 4 Компонентно-ориентированная архитектура React: Пример из практики [Электронный ресурс] URL: <https://appmaster.io/ru/blog/komponentnaia-arkhitektura-na-osnove-reaktivnykh-komponentov> (дата обращения: 11.03.2025) — Загл. с экр. — Яз. рус.
- 5 Material UI — Virtualized Lists and Tables [Электронный ресурс] URL: <https://thewebdev.info/2020/08/01/material-ui%E2%80%8A-%E2%80%8A8Avirtualized-lists-and-tables/> (дата обращения: 17.03.2025) — Загл. с экр. — Яз. англ.
- 6 Оптимизация клиент-серверных взаимодействий в современных веб-приложениях [Электронный ресурс] URL: <https://apni.ru/article/4898-optimizacziya-klient-servernyh-vzaimodejstvij-v-sovremennyh-veb-prilozheniyah> (дата обращения: 11.04.2025) — Загл. с экр. — Яз. рус.
- 7 Обработка асинхронных задач в Redux Saga [Электронный ресурс] URL: <https://peredelka38.ru/c/obrabotka-asinhronnyh-zadach-v-redux-saga> (дата обращения: 17.04.2025) — Загл. с экр. — Яз. рус.