

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти – бакалавр

за освітньо-професійною програмою

«Комп'ютерні науки»

зі спеціальності

122 – Комп'ютерні науки

тема роботи:

«Розробка застосунку для автоматизованого планування та управління діяльністю транспортної компанії»

Виконав студент гр. КН-21 _____ Коваль Д. М.

Керівник _____ Суворов О. І.

Нормоконтроль _____ Маринич І. А.

Завідувач кафедри _____ Рубан С. А.

АНОТАЦІЯ

Коваль Д. М. Розробка застосунку для автоматизованого планування та управління діяльністю транспортної компанії : кваліфікаційна робота бакалавра : 122 – Комп'ютерні науки. Кривий Ріг. Криворізький національний університет, 2025. 67 с.

Оптимізація транспортного обслуговування є актуальною задачею для сучасних підприємств, таких як ТОВ «АтласАвтоТранс», де зростання обсягів перевезень потребує автоматизації планування маршрутів та управління.

Метою роботи є створення автоматизованої системи, що підвищує ефективність транспортного обслуговування.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та визначено завдання.

У першому розділі проаналізовано теоретичні основи планування транспортних процесів та сучасні підходи до автоматизації управління.

Другий розділ присвячений розробці застосунку, що реалізує планування маршрутів, облік транспорту та звіти, базуючись на математичних моделях роботи транспорту на маршрутах, а також апробації системи.

Практична цінність одержаних результатів полягає в можливості використання розробленого застосунку для оптимізації транспортних операцій, зменшення витрат на 15%, скорочення паперового документообігу та підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Ключові слова:

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТІВ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ТРАНСПОРТНА МЕРЕЖА, УПРАВЛІННЯ, АВТОТРАНСПОРТ, DELPHI, POSTGRESQL.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА	7
1.1. Загальна характеристика діяльності ТОВ «АтласАвтоТранс».....	7
1.2. Сутність і завдання транспортного господарства підприємства.....	9
1.3. Класифікація видів транспорту та сфери їх застосування.....	11
1.4. Організація транспортного обслуговування підприємства	14
1.5. Інформаційні технології в управлінні транспортною діяльністю підприємства	18
1.6. Сучасні проблеми та напрями вдосконалення транспортного обслуговування підприємств.....	21
1.7. Планування роботи транспорту на маршрутах	24
1.7.1. Математична модель роботи транспорту на маятниковому маршруті з зворотнім холостим пробігом	24
1.7.2. Математична модель роботи транспорту на маятниковому маршруті з зворотнім не повністю вантажним пробігом.....	26
1.7.3. Математична модель роботи транспорту на маятниковому маршруті з зворотнім вантажним пробігом.	28
1.7.4. Математична модель роботи транспорту на кільцевому маршруті.....	30
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	33
2.1. Аналіз вимог до автоматизованої системи	33
2.2. Теоретичні аспекти інформаційної системи управління	34
2.3. Огляд сучасних інформаційних технологій для автоматизації транспортного планування	37

2.4. Вибір засобів і технологій розробки	40
2.4.1. Мова програмування та середовище розробки	41
2.4.2. База даних	42
2.4.3. Інструменти для реалізації алгоритмів планування маршрутів	42
2.4.4. Інструменти для тестування.....	43
2.4.5. Інструменти для документування.....	44
2.4.6. Обґрунтування вибору	44
2.5. Проектування архітектури системи.....	44
2.5.1. Загальна архітектура системи	45
2.5.2. Структура бази даних	46
2.5.3. Основні модулі системи	48
2.5.4. UML-діаграми.....	50
2.6. Розробка алгоритмів автоматизованого планування маршрутів.....	52
2.7. Реалізація програмного забезпечення	54
2.8. Тестування та впровадження системи	59
2.9. Впровадження та рекомендації щодо використання системи	61
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65
ДОДАТОКИ	67

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку економіки транспортна галузь відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування бізнес-процесів, логістики та задоволення потреб суспільства у перевезеннях. Транспортні компанії стикаються з необхідністю швидкої адаптації до змін ринкових умов, зростання конкуренції та підвищення вимог до якості послуг. Одним із основних викликів є організація ефективного планування та управління діяльністю, що включає оптимальний розподіл ресурсів, контроль виконання перевезень, облік витрат і підвищення продуктивності.

Автоматизація процесів планування та управління в транспортних компаніях дозволяє значно підвищити ефективність роботи, мінімізувати людський фактор, скоротити витрати часу та ресурсів, а також забезпечити точність і своєчасність виконання завдань. Розробка спеціалізованих програмних застосунків для автоматизації діяльності транспортних компаній є актуальним завданням, оскільки такі рішення сприяють оптимізації маршрутів, управлінню рухомим складом, контролю за витратами палива, а також покращенню взаємодії з клієнтами та партнерами.

Об'єктом дослідження даної роботи є транспортне господарство ТОВ «АтласАвтоТранс». Цей об'єкт охоплює всі транспортні засоби, задіяні в зовнішніх і внутрішніх перевезеннях, а також відповідну інфраструктуру підприємства, таку як гаражі та ремонтні цехи, з урахуванням їхньої ролі в оптимізації транспортних операцій.

Метою дипломної роботи є розробка застосунку для автоматизованого планування та управління діяльністю транспортної компанії, що дозволить оптимізувати процеси перевезень, підвищити ефективність використання транспортних засобів і забезпечити гнучке реагування на потреби клієнтів. У роботі буде розглянуто сучасні підходи до автоматизації транспортної логістики, проаналізовано вимоги до програмного забезпечення, розроблено функціональну структуру застосунку та реалізовано його прототип із подальшим тестуванням.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз теоретичних основ планування транспортних процесів та сучасних підходів до автоматизації управління.
- розробити архітектуру програмного продукту, що включає модулі планування маршрутів, обліку транспорту та аналізу даних.
- здійснити реалізацію застосунку, базуючись на математичних моделях, описаних у підпунктах 1.7.1–1.7.4.
- провести тестування системи на відповідність вимогам продуктивності та зручності.
- забезпечити впровадження розробленого рішення в діяльність ТОВ «АтласАвтоТранс» та оцінити його практичне значення.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Загальна характеристика діяльності ТОВ «АтласАвтоТранс»

Основна діяльність компанії ТОВ «АтласАвтоТранс» полягає в наданні автотранспортних послуг, зокрема пасажирських і вантажних перевезень у місті Кривий Ріг та на приміських маршрутах в Україні.

Персонал підприємства працює відповідно до посадових інструкцій і кваліфікаційних вимог, визначених нормативно-технічною документацією. Основні завдання ТОВ «АтласАвтоТранс» включають:

- забезпечення надійної та безпечної експлуатації автотранспорту, а також безпечного виконання робіт з техобслуговування і ремонту;
- перевезення промислових і продовольчих товарів;
- своєчасне проведення техобслуговування та ремонту транспорту і механізмів;
- виконання фінансових зобов'язань перед державними фондами та бюджетом;
- укладення договорів на перевезення вантажів і пасажирів, а також на виконання капітальних ремонтів і постачання запчастин, інструментів, паливно-мастильних матеріалів;
- впровадження раціоналізаторських пропозицій і науково-технічних заходів;
- контроль за раціональним використанням транспорту і механізмів, притягнення до відповідальності за їх нецільове використання;
- забезпечення дотримання персоналом правил дорожнього руху, охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки;
- зовнішньоекономічна діяльність (експорт та імпорт продукції, послуг);
- надання платних послуг населенню;
- інші види діяльності, дозволені законодавством.

Організаційна структура ТОВ «АтласАвтоТранс» зображена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 - Організаційна структура управління АТП

Начальник АТП відповідає за планування, поточне керівництво, формування адміністрації та трудового колективу, розпорядження фінансами, видачу наказів і розпоряджень, прийом і звільнення працівників, а також накладання дисциплінарних стягнень.

Заступник начальника керує відділом експлуатації, який організовує рух транспорту, виконання плану перевезень, розробку заходів для підвищення якості обслуговування та безпеки. Головний інженер відповідає за технічний стан рухомого складу та розвиток матеріально-технічної бази.

Відділ експлуатації координує роботу диспетчерів і водіїв. Диспетчери складають плани перевезень, розподіляють транспорт, контролюють своєчасність виїздів і виконання графіків, обробляють дорожні листи та товарно-транспортні документи. Технічна служба відділу допомагає усунути несправності транспорту.

Планово-економічний відділ планує діяльність АТП, контролює виконання планів і веде фінансовий облік. Бухгалтерія забезпечує облік матеріальних цінностей і розрахунків. Відділ кадрів займається підбором персоналу та обліком

його руху. Відділ безпеки руху контролює технічний стан транспорту та впроваджує діагностичні пости. Відділ матеріально-технічного забезпечення відповідає за постачання матеріалів і роботу складів. Виробничо-технічний відділ розробляє документацію для техобслуговування і ремонту. Начальник авторемонтних майстерень організовує ремонт і техобслуговування, а механіки автоколон забезпечують технічну справність транспорту перед виїздом.

1.2. Сутність і завдання транспортного господарства підприємства

У сучасних умовах ефективне функціонування підприємств будь-якої галузі неможливе без чітко організованої транспортної системи. Транспортне господарство є невід'ємною частиною виробничої інфраструктури підприємства, яка забезпечує переміщення вантажів, сировини, готової продукції, запасних частин та інших матеріальних ресурсів як у межах самого підприємства, так і за його межами.

Під транспортним господарством підприємства розуміють сукупність технічних засобів, організаційних структур, нормативно-правових механізмів та персоналу, що забезпечують здійснення вантажних або пасажирських перевезень з метою задоволення потреб основного виробництва та/або надання транспортних послуг іншим споживачам [4].

До складу транспортного господарства, як правило, входять:

- рухомий склад (вантажні та пасажирські транспортні засоби);
- ремонтно-експлуатаційні бази (гаражі, майстерні, СТО);
- адміністративно-управлінський персонал;
- засоби обліку, планування та контролю;
- інфраструктура для зберігання пального, запчастин, комплектуючих;
- програмне забезпечення для диспетчеризації та моніторингу.

Транспортне господарство може бути власним (внутрішньовиробничим) або орендованим (зовнішнім). У першому випадку підприємство самостійно керує усіма процесами перевезень, у другому — залучає сторонніх перевізників [10].

Транспортне господарство є сполучною ланкою між окремими підрозділами підприємства, а також між підприємством і постачальниками/споживачами. Воно забезпечує:

- своєчасне постачання сировини до місць обробки;
- внутрішньозаводське переміщення напівфабрикатів і готової продукції;
- відвантаження товарів споживачам;
- повернення тари, відходів, інструментів тощо.

Таким чином, безперебійна робота транспортного господарства прямо впливає на ритмічність виробництва, своєчасність виконання замовлень, ефективність логістичних процесів і фінансові результати діяльності підприємства.

Транспортні системи підприємств класифікуються за рядом ознак:

1. За типом транспорту:

- автомобільний;
- залізничний (внутрішньозаводські колії);
- конвеєрний;
- крановий;
- пневмотранспорт, трубопровідний тощо.

2. За функціональним призначенням:

- технологічний транспорт (виконує операції в межах виробничого процесу);
- обслуговуючий транспорт (забезпечує обслуговування персоналу, охорону, технічну підтримку);
- вантажно-розвантажувальні засоби.

3. За формою власності:

- власний транспорт;
- орендований або найманий транспорт.

4. За ступенем автоматизації:

- ручне управління;
- автоматизовані системи управління;

- дистанційно-керовані або автономні транспортні системи.

У залежності від масштабів та специфіки діяльності підприємства, перед транспортним господарством можуть стояти такі завдання [4]:

- Організація ефективного вантажного обслуговування підприємства шляхом оптимального планування маршрутів, графіків і обсягів перевезень;
- Забезпечення технічної справності та безпеки транспортних засобів шляхом своєчасного технічного обслуговування, ремонту та контролю;
- Оптимізація використання рухомого складу, зменшення простоїв, раціональний розподіл навантажень;
- Зниження витрат на транспортування шляхом економії пального, оптимізації маршрутів, підвищення завантаженості транспорту;
- Впровадження сучасних ІТ-рішень для планування, моніторингу та диспетчеризації перевезень;
- Дотримання нормативних та екологічних вимог, що регламентують використання транспорту;
- Підвищення якості логістичного обслуговування як внутрішніх, так і зовнішніх споживачів.

Транспортне господарство є важливим інструментом забезпечення конкурентоспроможності підприємства. Від його раціональної організації залежать ефективність використання ресурсів, своєчасність виконання виробничих завдань та загальна стабільність логістичної системи. В умовах цифрової трансформації, автоматизація та інформатизація транспортних процесів набувають особливого значення, стаючи запорукою розвитку та модернізації підприємства.

1.3. Класифікація видів транспорту та сфери їх застосування

Раціональна організація транспортного обслуговування підприємства передбачає правильний вибір виду транспорту, який найбільше відповідає характеру перевезень, обсягам продукції, умовам експлуатації, вимогам до

швидкості, вартості та безпеки перевезень. Існує декілька класифікацій видів транспорту залежно від критеріїв поділу.

Класифікація транспорту за середовищем переміщення

Найбільш поширеною є класифікація за середовищем, у якому здійснюється рух:

1. Наземний транспорт:

- o Автомобільний;
- o Залізничний;
- o Метрополітен, трамвай, тролейбус (у межах міської інфраструктури);

2. Повітряний транспорт:

- o Літаки;
- o Вертольоти;
- o Безпілотні літальні апарати (на етапі впровадження в логістиці).

3. Водний транспорт:

- o Морський (судна великої вантажопідйомності для перевезення між континентами);
- o Річковий (для внутрішніх перевезень).

4. Трубопровідний транспорт:

- o Для транспортування рідин і газів (нафта, нафтопродукти, природний газ, вода).

5. Кабельний (канатний) транспорт:

- o Використовується на гірничих підприємствах, у будівництві, на гірськолижних курортах.

6. Електронний транспорт (віртуальний) – не є фізичним, але часто фігурує в інформаційній логістиці як передача цифрових ресурсів (напр., у кіберлогістиці), однак до класичних видів транспорту не належить.

Класифікація транспорту за функціональним призначенням

1. Промисловий (внутрішньовиробничий) транспорт.

Застосовується для переміщення вантажів у межах одного підприємства — наприклад, електрокари, штабелери, конвеєри, крани.

2. Зовнішній транспорт.

Забезпечує зв'язок підприємства із зовнішніми контрагентами — постачальниками, клієнтами, логістичними хабами.

3. Спеціалізований транспорт.

4. Призначений для перевезення конкретного виду вантажів, наприклад:

- о рефрижератори — для швидкопсувних продуктів;
- о автоцистерни — для рідких вантажів;
- о платформи — для великогабаритного устаткування.

5. Універсальний транспорт.

Може використовуватись для широкого спектру вантажів без обмежень по номенклатурі.

Таблиця 1.1 - Переваги і недоліки основних видів транспорту

Вид транспорту	Переваги	Недоліки
Автомобільний	Висока мобільність, доставка «від дверей до дверей», можливість гнучкого маршруту	Висока вартість на великі відстані, залежність від стану доріг і погодних умов
Залізничний	Велика вантажопідйомність, невисока собівартість	Не підходить для «останньої милі», жорстка маршрутна прив'язка
Водний	Найдешевший при міжконтинентальних перевезеннях	Повільна швидкість доставки, залежність від портової інфраструктури
Повітряний	Найшвидший спосіб доставки	Висока вартість, обмежена вантажопідйомність
Трубопровідний	Безперервність, низькі експлуатаційні витрати	Вузька спеціалізація, складність у будівництві

На практиці вибір виду транспорту залежить від наступних факторів:

- Тип вантажу: сипкий, рідкий, крихкий, небезпечний, швидкопсувний;
- Відстань перевезення: для коротких — автомобіль, для довгих — залізничний або морський;
- Часовий фактор: якщо важлива швидкість — повітряний транспорт;
- Транспортна інфраструктура: наявність під'їзних колій, складів, портів;
- Вартість перевезення: важливий чинник у логістичному плануванні;
- Можливість комбінування (мультимодальні перевезення): застосування кількох видів транспорту в одному логістичному ланцюзі.

Сучасні тенденції у використанні видів транспорту

У зв'язку з розвитком цифрових технологій та глобалізацією економіки спостерігаються такі тенденції:

- Розвиток мультимодальних перевезень;
- Зростання попиту на екологічно чистий транспорт (електромобілі, залізничний транспорт);
- Активне впровадження автоматизованих систем управління транспортом (TMS);
- Використання дронів для доставки у важкодоступні місця (на етапі впровадження);
- Інтеграція "розумних" логістичних систем із штучним інтелектом і GPS-моніторингом.

1.4. Організація транспортного обслуговування підприємства

Раціональна організація транспортного обслуговування підприємства є важливою передумовою ефективного функціонування виробничо-логістичних процесів. Вона полягає у плануванні, координації, управлінні та контролі транспортних потоків всередині підприємства та у зовнішньому середовищі [11]. Від того, наскільки ефективно організовано транспортне обслуговування, залежать своєчасність постачань, мінімізація простоїв, витрати на логістику та загальна ефективність виробництва.

Організація транспортного обслуговування охоплює низку взаємопов'язаних етапів:

1. Аналіз потреб у перевезеннях.

На цьому етапі визначаються типи, обсяги та періодичність вантажів, що потребують перевезення. Оцінюється необхідність у внутрішньому та зовнішньому транспортуванні, розробляється загальний транспортно-логістичний баланс.

2. Вибір виду транспорту.

Вибирається оптимальний вид або комбінація видів транспорту залежно від характеристик вантажів, маршрутів, терміновості поставок, наявності інфраструктури та економічної доцільності.

3. Розробка транспортних схем і маршрутів.

Визначаються оптимальні шляхи переміщення вантажів з урахуванням відстані, дорожньої ситуації, часу, затрат та екологічних обмежень. У сучасних умовах використовуються автоматизовані системи маршрутизації.

4. Планування графіків перевезень.

Створюються графіки, які враховують виробничі цикли, роботу складів, постачальників, транспортних засобів. Важливо досягти балансу між завантаженням транспорту і своєчасністю доставки.

5. Забезпечення транспортними засобами.

Визначається кількість, тип і характеристики рухомого складу, який буде використовуватись. Можливе залучення власного або стороннього транспорту.

6. Організація обліку та контролю.

Запроваджуються системи контролю за переміщенням вантажів, дотриманням графіків, технічним станом транспорту. Часто використовуються GPS-трекери, TMS-системи, мобільні додатки.

7. Оцінка ефективності та вдосконалення.

Регулярно проводиться аналіз витрат, тривалості перевезень, відсотка виконаних замовлень вчасно, ідентифікуються "вузькі місця" у транспортному ланцюзі.

У межах підприємства транспортне обслуговування можна умовно поділити на такі види:

1. Внутрішньовиробниче обслуговування.

Забезпечує переміщення матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції між цехами, складами, виробничими ділянками.

2. Зовнішнє транспортне обслуговування.

Включає доставку сировини, матеріалів та комплектуючих від постачальників, а також транспортування готової продукції споживачам, до складів чи торговельних мереж.

3. Змішане (інтегроване).

Передбачає поєднання внутрішнього та зовнішнього транспортного обслуговування в єдиній логістичній системі.

4. Сервісне (супутнє) обслуговування.

Наприклад, перевезення співробітників, обслуговування ремонтних бригад, технічного персоналу тощо.

На підприємствах можуть застосовуватись різні моделі організації транспортного обслуговування [15]:

- **Централізована** – коли вся транспортна діяльність підпорядковується єдиному транспортному підрозділу;
- **Децентралізована** – окремі підрозділи (цехи, відділи) мають власні транспортні ресурси і самостійно організовують перевезення;
- **Змішана** – поєднання централізованого управління з делегуванням певних повноважень на рівень підрозділів.

Кожна модель має свої переваги й недоліки. Централізована дозволяє краще координувати транспортні потоки, але може бути менш гнучкою. Децентралізована забезпечує оперативність, однак може призвести до дублювання функцій і ресурсів.

Значне місце у сучасній організації транспортного обслуговування займають **автоматизовані інформаційні системи (AIS)**, які включають:

- **Системи управління транспортом (TMS);**
- **Системи моніторингу рухомого складу (GPS);**
- **ERP-системи з інтегрованим модулем логістики;**
- **Мобільні додатки для водіїв і логістів;**
- **CRM-системи для взаємодії з клієнтами.**

Використання таких рішень дозволяє значно підвищити точність планування, мінімізувати людський фактор, забезпечити прозорість процесів та швидко реагувати на зміни ситуації.

Серед найпоширеніших проблем, з якими стикаються підприємства, можна виокремити:

- недостатнє планування і прогнозування обсягів перевезень;
- застарілий або несправний рухомий склад;
- неефективне використання транспорту (низька завантаженість, великі пробіги холостим ходом);
- відсутність цифрового обліку і системи моніторингу;
- низька кваліфікація персоналу транспортної служби;
- затримки при виконанні перевезень;
- перевитрати пального та інших ресурсів.

Для вирішення наведених проблем доцільно впроваджувати наступні заходи:

- розробка чітких нормативів і регламентів перевезень;
- автоматизація процесів обліку, моніторингу і планування;
- навчання персоналу сучасним методам логістики;
- технічне оновлення рухомого складу;
- оптимізація маршрутів і графіків;
- застосування систем KPI для оцінки ефективності роботи транспортної служби.

1.5. Інформаційні технології в управлінні транспортною діяльністю підприємства

У сучасних умовах цифровізації економіки, зростання обсягів перевезень і підвищення вимог до швидкості, точності та ефективності логістичних процесів інформаційні технології (ІТ) відіграють ключову роль в організації транспортної діяльності підприємств. Їх застосування дозволяє не лише автоматизувати рутинні процеси, а й забезпечити прозорість управління, оперативність ухвалення рішень та підвищення загальної ефективності перевезень [11].

Інформаційні технології в транспортній сфері забезпечують:

- автоматизацію планування маршрутів і графіків перевезень;
- контроль за технічним станом транспортних засобів;
- облік витрат на паливо, ремонт, амортизацію;
- відстеження переміщення вантажів у реальному часі;
- аналіз ефективності транспортної служби;
- обробку великої кількості логістичних даних для прийняття управлінських рішень.

Впровадження ІТ-систем дозволяє знизити вплив людського фактору, зменшити кількість помилок, підвищити точність планування, скоротити час простоїв та оптимізувати витрати.

Основні типи ІТ-систем у транспортній галузі:

1. TMS (Transport Management System) — системи управління транспортом

Призначені для планування, організації, виконання та аналізу перевезень.

Основні функції TMS:

- автоматичне формування маршрутів;
- розподіл вантажів по транспортних засобах;
- контроль термінів доставки;
- моніторинг руху транспорту;
- звітність і аналітика.

2. WMS (Warehouse Management System) — системи управління складами

Хоч і не є суто транспортними, однак тісно пов'язані з логістикою. Допомагають оптимізувати вантажно-розвантажувальні операції, що є важливою складовою перевезень.

3. ERP (Enterprise Resource Planning) — комплексні системи управління підприємством

Включають модулі для фінансів, закупівель, продажу, транспорту, складів, персоналу. ERP-системи дають змогу інтегрувати всі процеси в єдину інформаційну базу.

4. GPS/GLONASS-системи моніторингу транспорту

Дають змогу в реальному часі отримувати дані про місцезнаходження транспортних засобів, їхню швидкість, маршрут, зупинки, час у дорозі. Це дозволяє підвищити контроль і забезпечити безпеку перевезень.

5. CRM-системи (Customer Relationship Management)

Хоч і зосереджені на взаємодії з клієнтами, можуть містити модулі логістики, формування замовлень, планування доставки, зворотного зв'язку.

6. BI-системи (Business Intelligence)

Використовуються для аналізу великих обсягів транспортних і логістичних даних з метою прийняття стратегічних рішень. Дають змогу будувати інтерактивні звіти, діаграми, дашборди.

ІТ-системи охоплюють такі автоматизовані функції:

- Формування замовлень на перевезення;
- Вибір оптимального маршруту;
- Розподіл навантаження між транспортними засобами;
- Ведення графіка технічного обслуговування;
- Контроль витрати пального;
- Розрахунок економічних показників (собівартість перевезення, прибуток тощо);
- Формування звітів (щоденних, щомісячних, індивідуальних за водієм або транспортом).

Переваги впровадження ІТ в транспортній сфері:

1. Підвищення прозорості логістичних процесів — можна в будь-який момент відслідкувати статус перевезення, місцезнаходження вантажу;
2. Зниження витрат — за рахунок оптимізації маршрутів, графіків, зменшення простоїв, кращого контролю за витратами;
3. Покращення якості обслуговування клієнтів — завдяки своєчасній доставці та доступу до інформації;
4. Підвищення ефективності управлінських рішень — завдяки швидкому доступу до достовірних даних;
5. Автоматизація рутинних операцій — економія часу персоналу.

Попри очевидні переваги, запровадження ІТ у транспортному обслуговуванні може супроводжуватись певними труднощами:

- Висока вартість впровадження та обслуговування систем;
- Необхідність адаптації існуючих бізнес-процесів;
- Складність інтеграції з іншими системами підприємства;
- Недостатній рівень ІТ-компетенцій персоналу;
- Опір змінам з боку працівників.

Перспективи розвитку ІТ у транспортній галузі

У найближчі роки очікується зростання ролі таких технологій:

- Big Data — для аналізу великих обсягів транспортних даних;
- Штучний інтелект (AI) — для прогнозування попиту, оптимізації маршрутів;
- Інтернет речей (IoT) — для моніторингу технічного стану транспортних засобів;
- Хмарні обчислення — для забезпечення доступу до систем з будь-якої точки;
- Блокчейн — для захисту і верифікації транспортної документації.

1.6. Сучасні проблеми та напрями вдосконалення транспортного обслуговування підприємств

Управління транспортним обслуговуванням підприємства є складним завданням, яке вимагає врахування низки зовнішніх та внутрішніх факторів. У сучасних умовах транспортна система стикається з великою кількістю проблем, що негативно впливають на ефективність перевезень, рівень сервісу, економічні показники підприємства та його конкурентоспроможність [10].

Основні проблеми транспортного обслуговування підприємств:

1. Низький рівень технічного стану транспортних засобів.

Багато підприємств, особливо середнього та малого бізнесу, експлуатують транспортні засоби з вичерпаним ресурсом. Це призводить до частих поломок, зниження безпеки перевезень, підвищення витрат на ремонт і технічне обслуговування, а також до зменшення надійності доставки вантажів.

2. Висока собівартість перевезень.

Зростання цін на паливо, запчастини, витратні матеріали, страхування транспорту, плата за проїзд платними дорогами та інші витрати суттєво підвищують загальну собівартість перевезень. Це ускладнює економічне планування й знижує прибутковість діяльності транспортного підрозділу.

3. Недостатній рівень автоматизації та цифровізації.

Багато підприємств досі використовують застарілі методи планування і контролю: ручне ведення графіків, паперову звітність, табличні редактори. Це призводить до помилок, дублювання інформації, затримок у прийнятті рішень та недостатньої прозорості в логістичних процесах.

4. Відсутність якісного обліку і аналітики.

Без систематизованого збору й аналізу даних підприємство не може ефективно керувати своїм автопарком. Відсутність достовірної інформації про витрати, навантаження, маршрути, технічний стан ТЗ унеможливорює прийняття обґрунтованих рішень щодо оптимізації процесів.

5. Кадрові проблеми.

Нестача кваліфікованих кадрів — водіїв, диспетчерів, логістів, механіків — є актуальною проблемою для багатьох підприємств. Крім того, спостерігається плінність кадрів, що ускладнює підтримання стабільної роботи транспортного підрозділу.

6. Недостатнє врахування екологічного чинника.

Сучасні вимоги до екологічної безпеки зобов'язують підприємства знижувати рівень шкідливих викидів. Використання старих транспортних засобів, відсутність систем контролю викидів та неекономічне планування маршрутів збільшують негативний вплив на довкілля.

7. Вплив зовнішніх факторів.

До них належать: інфляція, нестабільність валютного курсу, зміни в податковому законодавстві, нестача інфраструктури (погані дороги, відсутність паркінгів для вантажного транспорту), воєнні дії, блокування логістичних шляхів тощо. Ці фактори часто непередбачувані і вимагають гнучкого реагування.

Для подолання вищезазначених проблем та підвищення ефективності транспортної діяльності підприємства можуть застосовувати низку стратегічних і тактичних заходів:

1. Модернізація автопарку.

Планова заміна морально та фізично застарілих транспортних засобів на нові, економічні та екологічно безпечні моделі дозволяє знизити витрати на ремонт, покращити якість доставки, підвищити безпеку перевезень та відповідність європейським стандартам.

2. Впровадження сучасних інформаційних систем.

Автоматизація обліку, планування маршрутів, моніторингу транспорту, ведення документації — необхідна умова для ефективного управління. Використання TMS, GPS-систем, BI-інструментів дозволяє контролювати ситуацію в реальному часі та швидко приймати обґрунтовані рішення.

3. Оптимізація маршрутів та вантажопотоків.

Планування логістичних маршрутів з урахуванням дорожніх умов, завантаження, черг на пунктах контролю, вартості пального — дозволяє знизити

загальні витрати та покращити продуктивність. Сучасні програми можуть автоматично будувати найефективніші маршрути.

4. Підвищення кваліфікації персоналу.

Проведення навчання, курсів підвищення кваліфікації, семінарів для водіїв, диспетчерів та логістів допомагає не тільки покращити обслуговування, а й знизити аварійність, зменшити витрати пального та підвищити рівень відповідальності працівників.

5. Розробка системи мотивації.

Запровадження гнучкої системи премій та бонусів за ефективну роботу, дотримання графіків, економне використання ресурсів, відсутність порушень — стимулює працівників до відповідальної роботи.

6. Використання альтернативних видів транспорту.

У випадках, коли це можливо, слід розглядати мультимодальні перевезення (залізничний + автомобільний транспорт) для зменшення навантаження на автотранспорт та економії ресурсів.

7. Удосконалення організаційної структури управління.

Впровадження гнучких моделей управління (централізація, децентралізація, аутсорсинг логістичних послуг) дозволяє швидше адаптуватися до ринкових умов та підвищити оперативність ухвалення рішень.

8. Екологічна орієнтованість.

Інвестиції в екологічно безпечний транспорт (електромобілі, газобалонні установки), оптимізація витрат пального, впровадження екологічних стандартів дозволяють не тільки знизити шкоду довкіллю, а й покращити репутацію підприємства.

Таким чином, вдосконалення транспортного обслуговування повинне бути комплексним, охоплювати всі етапи логістичного процесу та враховувати специфіку підприємства. Опора на новітні технології, раціональне використання ресурсів і підвищення якості управління дозволить підприємству ефективно функціонувати в умовах сучасного ринку та забезпечити стабільне зростання конкурентоспроможності.

1.7. Планування роботи транспорту на маршрутах

Планування роботи транспорту на маршрутах є важливою складовою логістичної системи підприємства, яка безпосередньо впливає на ритмічність перевезень, ефективність використання транспортних засобів, зниження витрат на транспортування і підвищення загальної продуктивності логістичних процесів.

Під час планування перевезень важливими завданнями є:

- вибір оптимального маршруту перевезення;
- визначення типу маршруту (маятниковий, кільцевий, міжміський тощо);
- розрахунок часу та кількості рейсів;
- встановлення раціональної експлуатаційної кількості транспортних засобів для забезпечення безперебійного виконання транспортних завдань.

Для вирішення цих завдань застосовуються математичні моделі, які дозволяють аналітично оцінити параметри транспортної системи та забезпечити оптимізацію її роботи. Розглянемо основні типи маршрутів і відповідні моделі.

1.7.1. Математична модель роботи транспорту на маятниковому маршруті з зворотнім холостим пробігом

Маятниковий маршрут з холостим зворотним пробігом передбачає, що транспортний засіб доставляє вантаж з пункту А в пункт Б, а повертається без вантажу (холостий пробіг) [6]. Такий вид маршруту є поширеним у випадках, коли у зворотному напрямку відсутній вантажопотік (рис 1.2).

Час роботи рухомого складу на маршруті.

$$T_M = T_H - \frac{l'_H + l''_H}{V_T}; \text{ год} \quad (1.1)$$

де:

T_H – час перебування автомобіля в наряді;

l'_H – нульовий пробіг від АТП до початкового пункту навантаження;

l''_H – нульовий пробіг від останнього пункту розвантаження до АТП.

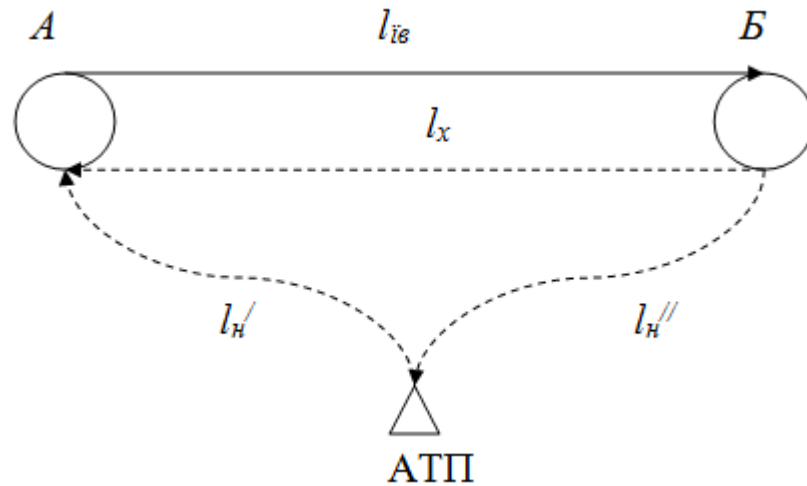


Рисунок 1.2 - Схема маршруту А-Б

Час оберту на маршруті.

$$t_o = \frac{l_{i\beta}}{V_T \times \beta} + t_{H-p}; \text{ год} \quad (1.2)$$

Кількість обертів.

$$n_o = \frac{T_M}{t_o}; \text{ од} \quad (1.3)$$

Уточнений час перебування в наряді.

$$T'_H = t_o \times n'_o + \frac{l'_H + l''_H - l_x}{V_T}; \text{ год} \quad (1.4)$$

Продуктивність автомобіля за робочий день:

- в тонах:

$$U_{p\partial} = q_H \times \gamma \times n'_o; \text{ т} \quad (1.5)$$

- в тонно-кілометрах:

$$W_{p\partial} = U_{p\partial} \times l_{i\beta}; \text{ ткм} \quad (1.6)$$

Вантажний пробіг автомобіля за день.

$$L_{ван} = l_{i\beta} \times n'_o; \text{ км} \quad (1.7)$$

Добовий пробіг автомобіля.

$$L_{\partial об} = (l_{i\beta} + l_x) \times n'_o + l'_H + l''_H - l_x; \text{ км} \quad (1.8)$$

Коефіцієнт використання пробігу.

$$\beta = \frac{L_{ван}}{L_{доб}} \quad (1.9)$$

Експлуатаційна кількість автомобілів на маршруті.

$$A_e = \frac{Q_{пл}}{U_{р\partial} \times D_p} ; \text{ од} \quad (1.10)$$

1.7.2. Математична модель роботи транспорту на маятниковому маршруті з зворотнім не повністю вантажним пробігом

У практиці транспортного обслуговування досить часто трапляються ситуації, коли транспортні засоби після розвантаження не повертаються порожніми, а перевозять часткові вантажі або вантажі зі зниженою масою у зворотному напрямку. Такий тип маршруту називають маятниковим з зворотнім неповністю вантажним пробігом (рис 1.3) [12].

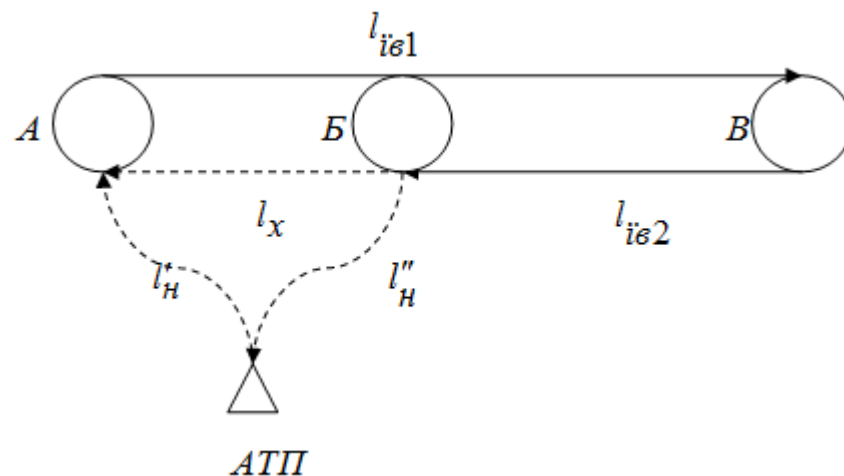


Рисунок 1.3 - Схема маршруту маятникового маршруту з зворотнім не повністю вантажним пробігом

Час роботи рухомого складу на маршруті.

$$T_M = T_H - \frac{l'_H + l''_H}{V_T} ; \text{ год} \quad (1.11)$$

Час оберту на маршруті.

$$t_O = \frac{l_{\dot{\imath}e1} + l_{\dot{\imath}e2} + l_X}{V_T} + \sum t_{H-p}; \text{ год} \quad (1.12)$$

де:

$\sum t_{H-p}$ - сумарний час вантаження-розвантаження, який враховує час навантаження в пункті А, вантаження-розвантаження в пункті В, розвантаження в пункті Б.

Кількість обертів.

$$n_O = \frac{T_M}{t_O}; \text{ од} \quad (1.13)$$

Уточнений час перебування в наряді.

$$T'_H = t_O \times n'_O + \frac{l'_H + l''_H - l_X}{V_T}; \text{ год} \quad (1.14)$$

Продуктивність автомобіля за робочий день: в тонах

$$U_{p\partial} = q_H \times (\gamma_1 + \gamma_2) \times n'_O; \text{ т} \quad (1.15)$$

де:

γ_1 - коефіцієнт використання вантажності під час перевезення на ділянці А-Б.

γ_2 - коефіцієнт використання вантажності під час перевезення на ділянці Б-В.

В.

$$W_{p\partial} = q_H \times n'_O \times (\gamma_1 \times l_{\dot{\imath}e1} + \gamma_2 \times l_{\dot{\imath}e2}); \text{ ткм} \quad (1.16)$$

Вантажний пробіг автомобіля за день.

$$L_{ван} = \sum l_{\dot{\imath}e} \times n'_O = (l_{\dot{\imath}e1} + l_{\dot{\imath}e2}) \times n'_O; \text{ км} \quad (1.17)$$

Добовий пробіг автомобіля.

$$L_{\partial o\partial} = (l_{\dot{\imath}e1} + l_{\dot{\imath}e2} + l_X) \times n_O + l'_H + l''_H - l_X; \text{ км} \quad (1.18)$$

Коефіцієнт використання пробігу.

$$\beta = \frac{L_{ван}}{L_{доб}} \quad (1.19)$$

Експлуатаційна кількість автомобілів на маршруті.

$$A_e = \frac{\sum Q_{нл}}{U_{р\partial} \times D_p} = \frac{Q_{нл1} + Q_{нл2}}{U_{р\partial} \times D_p}; \text{ од} \quad (1.20)$$

де, $Q_{нл1}$ - об'єм перевезення на ділянці А-Б;

$Q_{нл2}$ - об'єм перевезення на ділянці В-Б.

1.7.3. Математична модель роботи транспорту на маятниковому маршруті з зворотнім вантажним пробігом.

У ряді випадків транспортна система організовується так, що транспортний засіб виконує перевезення вантажу не тільки у прямому, а й у зворотному напрямку з повним завантаженням [13]. Такий маршрут називають маятниковим з вантажним пробігом у двох напрямках (рис 1.4).

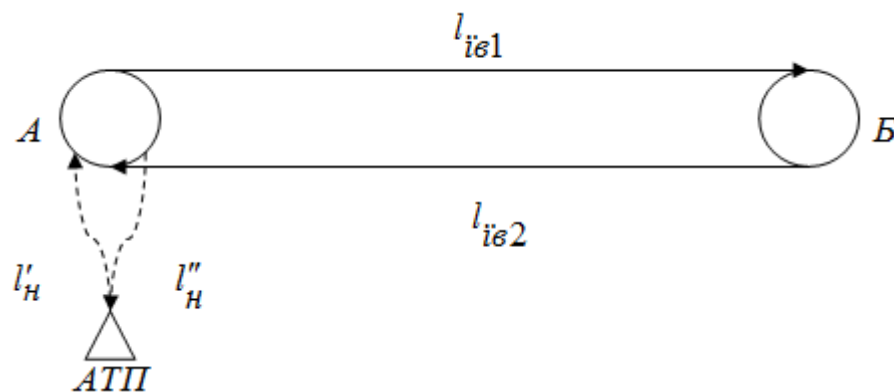


Рисунок 1.4 – Схема маршруту з зворотнім вантажним пробігом

Час роботи рухомого складу на маршруті.

$$T_M = T_H - \frac{l'_H + l''_H}{V_T}; \text{ год} \quad (1.21)$$

Час оборту на маршруті.

$$t_O = \frac{l_{іс1} + l_{іс2}}{V_T} + \sum t_{H-p}; \text{ год} \quad (1.22)$$

де:

Σt_{H-p} - сумарний час вантаження-розвантаження, який враховує час вантаження-розвантаження в пункті А та вантаження-розвантаження в пункті В.

Кількість обертів.

$$n_O = \frac{T_M}{t_O}; \text{од} \quad (1.23)$$

Кількість їздок.

$$n_{\bar{t}} = m \times n_O$$

де:

m - кількість їздок за обіг.

Кількість обертів заокруглюємо до цілого числа (n'_O).

Уточнений час перебування в наряді.

$$T'_H = t_O \times n'_O + \frac{l'_H + l''_H}{V_T}; \text{год} \quad (1.24)$$

Продуктивність автомобіля за робочий день:

- в тонах

$$U_{p\partial} = q_H \times (\gamma_1 + \gamma_2) \times n'_O; m \quad (1.25)$$

де:

γ_1 - коефіцієнт використання вантажності під час перевезення на ділянці А-Б.

γ_2 - коефіцієнт використання вантажності під час перевезення на ділянці Б-В.

- в тонно-кілометрах

$$W_{p\partial} = q_H \times n'_O \times (\gamma_1 \times l_{\bar{i}B1} + \gamma_2 \times l_{\bar{i}B2}); m_{km} \quad (1.26)$$

Вантажний пробіг автомобіля за день.

$$L_{ван} = \Sigma l_{\bar{i}B} \times n_O = (l_{\bar{i}B1} + l_{\bar{i}B2}) \times n'_O; км \quad (1.27)$$

Добовий пробіг автомобіля.

$$L_{\text{доб}} = (l_{\text{вб1}} + l_{\text{вб2}}) \times n'_O + l'_H + l''_H; \text{ км} \quad (1.28)$$

Коефіцієнт використання пробігу.

$$\beta = \frac{L_{\text{ван}}}{L_{\text{доб}}} \quad (1.29)$$

Експлуатаційна кількість автомобілів на маршруті.

$$A_e = \frac{\sum Q_{\text{пл}}}{U_{\text{р}} \times D_{\text{р}}} = \frac{Q_{\text{пл1}} + Q_{\text{пл2}}}{U_{\text{р}} \times D_{\text{р}}}; \text{ од} \quad (1.30)$$

де:

$Q_{\text{пл1}}$ - об'єм перевезення на ділянці А-Б;

$Q_{\text{пл2}}$ - об'єм перевезення на ділянці Б-А.

1.7.4. Математична модель роботи транспорту на кільцевому маршруті.

Кільцевий маршрут характеризується тим, що транспортний засіб рухається по замкненому циклу, обслуговуючи послідовно кілька пунктів ($A \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow \dots \rightarrow A$) [6]. Такі маршрути часто застосовуються для постійного перевезення вантажів або пасажирів між підприємствами, складами, торговими точками (рис 1.5).

Особливості моделі

- Всі точки обслуговуються в межах одного рейсу.
- Відстані між пунктами можуть бути різні.
- Завантаження може відбуватись в кількох точках, так само і розвантаження.

Час оборту на маршруті.

$$t_O = \frac{l_M}{V_T} + \sum t_{H-p} = \frac{l_{\text{вб1}} + l_{x1} + l_{\text{вб2}} + l_{\text{вб3}} + l_{x2}}{V_T} + \sum t_{H-p}; \text{ год} \quad (1.31)$$

де:

$\sum t_{H-p}$ - сумарний час вантаження-розвантаження, який враховує час

вантаження-розвантаження в пунктах А, Б, В, Г, Д.

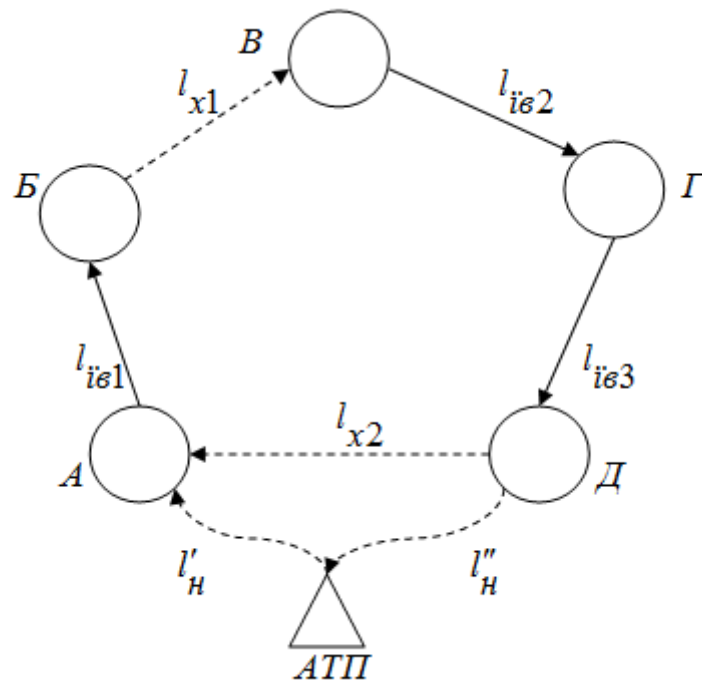


Рисунок 1.5 – Схема кільцевого маршруту

Кількість обертів.

$$n_o = \frac{T_m}{t_o}; \text{ од} \quad (1.32)$$

Кількість вантажних їздок.

$$n_i = m \times n_o \quad (1.32)$$

Уточнений час перебування в наряді.

$$T'_h = t_o \times n'_o + \frac{l'_h + l''_h - l_{x2}}{V_T}; \text{ год} \quad (1.33)$$

Продуктивність автомобіля за робочий день:

- в тонах

$$U_{p\partial} = q_h \times (\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3) \times n'_o; \text{ т} \quad (1.34)$$

де:

γ_1 - коефіцієнт використання вантажності під час перевезення на ділянці А-Б.

γ_2 - коефіцієнт використання вантажності під час перевезення на ділянці В-Г.

γ_3 - коефіцієнт використання вантажності під час перевезення на ділянці Г-Д.

- в тонно-кілометрах

$$W_{pd} = q_n \times n'_o \times (\gamma_1 \times l_{iv1} + \gamma_2 \times l_{iv2} + \gamma_3 \times l_{iv3}); \text{ ткм} \quad (1.35)$$

Вантажний пробіг автомобіля за день.

$$L_{ван} = \sum l_{iv} \times n_o = (l_{iv1} + l_{iv2} + l_{iv3}) \times n'_o; \text{ км} \quad (1.36)$$

Коефіцієнт використання пробігу.

$$\beta = \frac{L_{ван}}{L_{доб}} \quad (1.37)$$

Експлуатаційна кількість автомобілів на маршруті.

$$A_e = \frac{\sum Q_{nl}}{U_{pd} \times D_p} = \frac{Q_{nl1} + Q_{nl2} + Q_{nl3}}{U_{pd} \times D_p}; \text{ од} \quad (1.38)$$

де:

$Q_{пл1}$ - об'єм перевезення на ділянці А-Б;

$Q_{пл2}$ - об'єм перевезення на ділянці В-Г;

$Q_{пл3}$ - об'єм перевезення на ділянці Г-Д.

Окрім регулярних маршрутних перевезень, на практиці трапляються разові перевезення, які виконуються за окремими замовленнями і є непередбачуваними за напрямками та обсягами вантажів. Такі перевезення певною мірою неминучі.

Основна мета транспортного господарства — максимізація прибутку через підвищення ефективності транспортних операцій. Для цього необхідно регулярно оцінювати рівень планування та ефективність управління транспортним обслуговуванням, аналізуючи загальні й спеціалізовані показники діяльності транспортного господарства.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

2.1. Аналіз вимог до автоматизованої системи

Метою розробки автоматизованої системи для ТОВ «АтласАвтоТранс» є підвищення ефективності транспортного обслуговування шляхом автоматизації процесів планування маршрутів, обліку транспортних засобів і генерації звітів. На основі аналізу діяльності підприємства, проведеного в першому розділі, визначено ключові вимоги до системи.

Функціональні вимоги:

- Автоматизоване планування маятникових і кільцевих маршрутів із урахуванням математичних моделей, описаних у підпунктах 1.7.1–1.7.4 (маятникові маршрути з холостим, частково вантажним і повністю вантажним зворотним пробігом, а також кільцеві маршрути).
- Облік характеристик транспортних засобів, таких як вантажопідйомність, тип палива, середня швидкість і витрати пального.
- Генерація звітів про виконані маршрути, витрати часу та палива, а також ефективність використання транспорту.
- Можливість введення даних про клієнтів (адреси доставки, часові вікна) та графіки роботи водіїв.
- Інтеграція з наявними інформаційними системами компанії, наприклад, бухгалтерськими програмами чи ERP-системами.

Нефункціональні вимоги:

- Швидкодія: система має обробляти запити на планування маршрутів до 2 секунд для 50 маршрутів.
- Зручність інтерфейсу: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, адаптований для диспетчерів і менеджерів без глибоких технічних знань.

- Масштабованість: підтримка обробки до 100 маршрутів одночасно з можливістю розширення.
- Надійність: система має працювати без збоїв при пікових навантаженнях (до 5000 запитів на день).

Користувачами системи будуть:

- Диспетчери, які вводять дані про маршрути та клієнтів.
- Менеджери, які аналізують звіти та оптимізують транспортні процеси.
- Водії, які отримують маршрути через мобільний додаток (опціонально).

Для забезпечення унікальності системи враховано специфіку ТОВ «АтласАвтоТранс», зокрема використання маятникових маршрутів із зворотним холостим пробігом, що є типовим для їхньої діяльності.

2.2. Теоретичні аспекти інформаційної системи управління

Інформаційні системи управління (ІСУ) є ключовим елементом ефективного функціонування сучасних підприємств, зокрема транспортної галузі. У сучасних умовах динамічного розвитку цифрових технологій та зростання обсягів оброблюваної інформації, ІСУ забезпечують збирання, обробку, збереження та передачу інформації для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Вони охоплюють широкий спектр напрямів: планування, управління ресурсами, логістика, контроль виконання операцій, аналітика тощо [16].

Головною метою ІСУ є підвищення ефективності бізнес-процесів завдяки зниженню витрат часу на обробку даних, мінімізації помилок та забезпеченню прозорості в роботі компанії. У транспортному секторі ІСУ дозволяють оперативно планувати маршрути, відстежувати рух транспортних засобів у режимі реального часу, здійснювати облік та контроль вантажів, автоматизувати документообіг тощо [17].

Інформаційна система управління складається з таких базових компонентів:

- апаратне забезпечення (сервери, робочі станції, мережеве обладнання);

- програмне забезпечення (системне, прикладне, бази даних);
- бази даних та сховища інформації;
- персонал, що виконує підтримку та супровід системи;
- методичне забезпечення (регламенти, інструкції, алгоритми).

Класифікація ІСУ може здійснюватись за різними критеріями: за рівнем автоматизації, за функціональним призначенням (управлінські, облікові, логістичні), за галузевим спрямуванням (виробничі, транспортні, торгівельні) тощо. З точки зору підтримки прийняття рішень, ІСУ можуть бути інформаційно-довідковими, системами підтримки прийняття рішень (СППР), експертними системами, аналітичними тощо.

Загалом, у сучасній транспортній компанії інформаційна система управління стає основним інструментом інтеграції всіх бізнес-процесів у єдину цифрову екосистему, що забезпечує стійкість до зовнішніх викликів, гнучкість і можливість масштабування бізнесу.

Серед ключових факторів, які визначають доцільність та необхідність впровадження ІСУ в транспортній галузі, виділяють такі:

- Необхідність оптимізації управлінських та операційних процесів, зниження витрат часу та людських ресурсів;
- Зростання обсягу інформації, яку необхідно обробляти для прийняття рішень;
- Ускладнення логістичних схем та необхідність координації дій різних підрозділів;
- Потреба у підвищенні точності та швидкості планування, обліку та контролю виконання перевезень;
- Вимоги ринку до оперативного реагування на зміни попиту та пропозиції;
- Необхідність інтеграції з іншими інформаційними системами, у т.ч. державними (наприклад, податковими, митними, транспортними реєстрами);
- Розвиток електронного документообігу та переходу до цифрового середовища взаємодії з контрагентами.

Ці фактори визначають не лише технічну доцільність впровадження ІСУ, а й економічну вигоду, пов'язану зі зменшенням витрат, підвищенням продуктивності праці та покращенням якості послуг.

Інформаційні системи, що використовуються у транспортній галузі, сьогодні є складними багаторівневими комплексами, які базуються на новітніх ІТ-технологіях: хмарні обчислення, інтернет речей (IoT), великі дані (Big Data), штучний інтелект, мобільні додатки, геоінформаційні системи (GIS) тощо.

Серед найбільш розповсюджених типів систем слід відзначити:

- ERP (Enterprise Resource Planning) – інтегровані системи управління підприємством;
- CRM (Customer Relationship Management) – системи управління відносинами з клієнтами;
- SCM (Supply Chain Management) – системи управління ланцюгами постачання;
- TMS (Transport Management System) – системи управління транспортом.

TMS є найбільш спеціалізованим типом ІС для транспортних компаній. Вони дозволяють вирішувати завдання планування маршрутів, диспетчеризації, моніторингу руху ТЗ, контролю виконання перевезень, управління витратами, ведення звітності. Деякі TMS інтегрують GIS-модулі, що дозволяє будувати карти маршрутів, відстежувати рух у реальному часі, враховувати дорожню ситуацію, затори, погодні умови.

Сучасні ІС підтримують мобільні платформи, що забезпечує доступ до системи з планшетів та смартфонів. Це особливо актуально для водіїв, логістів, менеджерів, які працюють у «польових» умовах.

Постійне вдосконалення таких систем, їх інтеграція зі сторонніми платформами (наприклад, API служб доставки, метеосервіси, сервіси моніторингу транспорту), розширення функціональності робить ІС незамінним інструментом у конкурентному середовищі сучасного транспортного бізнесу.

2.3. Огляд сучасних інформаційних технологій для автоматизації транспортного планування

Для визначення доцільності розробки власної системи проведено аналіз сучасних рішень для автоматизації транспортного планування. Розглянуто чотири популярні системи: Route4Me, Paragon Software, SAP Transportation Management і TransCAD. Кожна з них має свої переваги та недоліки, які оцінено з урахуванням потреб ТОВ «АтласАвтоТранс».

Route4Me

Route4Me — це хмарна платформа для оптимізації маршрутів із підтримкою GPS-трекінгу та мобільних додатків.

Основні можливості:

- Планування маршрутів із урахуванням часових вікон і вантажопідйомності.
- Інтеграція з GPS-пристроями для відстеження транспорту в реальному часі.
- Генерація звітів про витрати та ефективність.

Переваги: простота використання, підтримка великих обсягів даних, інтеграція з мобільними платформами.

Недоліки:

- Обмежена підтримка маятникових маршрутів із зворотним холостим пробігом, що є ключовим для ТОВ «АтласАвтоТранс».
- Висока вартість підписки (від 600 дол. США на місяць), що економічно не вигідно для середнього підприємства.
- Відсутність гнучкості для адаптації під специфічні математичні моделі, описані в першому розділі.

Paragon Software

Paragon Software — це спеціалізоване рішення для логістичних компаній, яке підтримує складне планування маршрутів.

Можливості:

- Оптимізація маршрутів із урахуванням множинних обмежень (часові вікна, типи вантажів).
- Інтеграція з ERP-системами.
- Підтримка кільцевих маршрутів.

Переваги:

- гнучкість налаштувань,
- підтримка складних логістичних задач.

Недоліки:

- Висока складність впровадження, що потребує тривалого навчання персоналу.
- Вартість ліцензії (від 5000 дол. США) є невідомою для ТОВ «АтласАвтоТранс».
- Відсутність локалізації для українського ринку, що ускладнює інтеграцію з місцевими бухгалтерськими системами.

SAP Transportation Management

SAP TM — це комплексна система для великих корпорацій, інтегрована з іншими модулями SAP.

Можливості:

- Повна автоматизація транспортних процесів, включаючи планування, облік і аналітику.
- Підтримка глобальних логістичних ланцюгів.

Переваги: потужна інтеграція з ERP, підтримка великих обсягів даних.

Недоліки:

- Надмірна складність для середніх компаній, таких як ТОВ «АтласАвтоТранс».
- Висока вартість впровадження (сотні тисяч доларів) і тривалий період розгортання (6–12 місяців).
- Відсутність спеціалізованих рішень для маятникових маршрутів із холостим пробігом.

TransCAD

TransCAD — програмне забезпечення для транспортного планування, яке використовується для моделювання логістичних процесів.

Можливості:

- Аналіз транспортних мереж і оптимізація маршрутів.
- Підтримка географічних інформаційних систем (ГІС) для роботи з картами.
- Моделювання складних логістичних сценаріїв.

Переваги: потужні інструменти для аналізу транспортних мереж, підтримка ГІС, можливість моделювання маршрутів.

Недоліки:

- Висока складність використання, що потребує спеціалізованих знань із ГІС і транспортного моделювання.
- Вартість ліцензії (від 3000 дол. США) є економічно не вигідною для ТОВ «АтласАвтоТранс».
- Обмежена підтримка оперативного планування маршрутів у реальному часі, що є критичним для підприємства.
- Відсутність готової інтеграції з локальними бухгалтерськими системами, що ускладнює використання в Україні.
- Недостатня адаптація до маятникових маршрутів із математичними моделями, описаними в першому розділі.

Обґрунтування розробки власної системи

Аналіз показав, що жодна з розглянутих систем не відповідає потребам ТОВ «АтласАвтоТранс» через такі причини:

- **Специфіка маршрутів:** Підприємство використовує маятникові маршрути з різними типами зворотного пробігу, що потребує реалізації математичних моделей із підпунктів 1.7.1–1.7.4. Route4Me і TransCAD мають обмежену підтримку таких моделей, а Paragon і SAP TM не дозволяють їх гнучко адаптувати.

- **Економічна доцільність:** Висока вартість ліцензій (від 500 дол. США на місяць для Route4Me до сотень тисяч для SAP TM) робить комерційні рішення недоступними. TransCAD, хоча й дешевший за SAP, все одно потребує значних інвестицій у навчання та ліцензії.
- **Інтеграція:** ТОВ «АтласАвтоТранс» потребує інтеграції з локальними бухгалтерськими системами, що складно реалізувати з Route4Me, Paragon і TransCAD через їхню орієнтацію на міжнародний ринок. SAP TM підтримує інтеграцію, але її складність і ціна непропорційні потребам підприємства.
- **Простота використання:** Усі розглянуті системи (особливо Paragon і TransCAD) потребують тривалого навчання персоналу, тоді як нова система матиме простий інтерфейс, адаптований для диспетчерів і менеджерів.

Розробка власної системи на Delphi дозволить:

- Реалізувати алгоритми, що враховують специфічні математичні моделі маршрутів підприємства.
- Забезпечити економію коштів порівняно з комерційними рішеннями.
- Створити десктопний додаток із простим інтерфейсом, адаптованим до потреб ТОВ «АтласАвтоТранс».
- Забезпечити гнучкість для інтеграції з локальними системами та майбутнього масштабування (наприклад, додавання GPS-трекінгу).

2.4. Вибір засобів і технологій розробки

Для реалізації автоматизованої системи планування транспортного обслуговування ТОВ «АтласАвтоТранс» необхідно обрати інструменти, які забезпечать швидку розробку, надійність, зручність використання та відповідність функціональним і нефункціональним вимогам, визначеним у підпункті 2.1. Вибір технологій ґрунтується на потребах підприємства, зокрема необхідності реалізації математичних моделей маршрутів (підпункти 1.7.1–1.7.4), інтеграції з локальними системами та економічної доцільності. Основними інструментами обрано мову програмування Delphi (RAD Studio), базу даних PostgreSQL, власні алгоритми в

Delphi для планування маршрутів із частковим використанням бібліотеки Google OR-Tools, а також інструменти для тестування та документування.

2.4.1. Мова програмування та середовище розробки

Для розробки системи обрано мову програмування Delphi у середовищі RAD Studio [8]. Delphi вибрано з кількох причин:

- **Швидкість розробки:** Delphi підтримує швидке створення десктопних додатків завдяки компонентам Visual Component Library (VCL), які дозволяють створювати графічний інтерфейс шляхом перетягування елементів (кнопок, таблиць, форм) без написання великої кількості коду. Це відповідає вимозі до зручного інтерфейсу для диспетчерів і менеджерів ТОВ «АтласАвтоТранс».
- **Надійність:** Delphi генерує нативний код, що забезпечує високу швидкодію програми навіть на комп'ютерах із середніми технічними характеристиками, які використовуються в офісі підприємства.
- **Інтеграція з базами даних:** Вбудований компонент FireDAC дозволяє легко підключатися до PostgreSQL та інших баз даних, що забезпечує швидкий доступ до даних про маршрути, транспорт і клієнтів.
- **Підтримка складних алгоритмів:** Delphi дозволяє реалізувати математичні моделі планування маршрутів (наприклад, $T = L/V + t_{\text{load}} + t_{\text{unload}}$ для маятникового маршруту з холостим пробігом), описані в першому розділі, завдяки підтримці об'єктно-орієнтованого програмування та високій продуктивності.

Альтернативи, такі як C# (з фреймворком .NET) або Python (з Tkinter), розглядалися, але були відхилені. C# потребує встановлення додаткових бібліотек (.NET Framework), що може ускладнити розгортання на комп'ютерах підприємства, а Python із Tkinter має нижчу швидкодію для десктопних додатків і менш зручний інструментарій для створення інтерфейсів порівняно з VCL у Delphi.

2.4.2. База даних

Для зберігання даних про маршрути, транспортні засоби, клієнтів і графіки обрано реляційну базу даних PostgreSQL (версія 15) [3]. Вибір PostgreSQL обґрунтовано такими факторами:

- **Підтримка складних запитів:** PostgreSQL дозволяє ефективно обробляти запити для планування маршрутів, зокрема з урахуванням географічних даних (наприклад, відстаней між пунктами). Розширення PostGIS додає підтримку геопросторових обчислень, що може бути використано для майбутнього масштабування системи (наприклад, інтеграція з картами).
- **Інтеграція з Delphi:** Компонент FireDAC у Delphi забезпечує швидке та надійне підключення до PostgreSQL, дозволяючи виконувати операції вставки, оновлення та вибірки даних із мінімальними затратами часу.
- **Масштабованість:** PostgreSQL підтримує обробку великих обсягів даних (до 100 маршрутів одночасно, як зазначено у вимогах), що відповідає потребам ТОВ «АтласАвтоТранс».
- **Безкоштовність:** PostgreSQL є відкритим програмним забезпеченням, що знижує витрати на розробку та впровадження порівняно з комерційними базами, як-от Microsoft SQL Server.

Розглядалися альтернативи, зокрема Firebird і SQLite. Firebird, хоча й популярний у середовищі Delphi, має обмеження в обробці геопросторових даних і нижчу продуктивність при великих обсягах запитів. SQLite підходить для невеликих проєктів, але не забезпечує необхідної масштабованості для обробки 5000 запитів на день, як вимагає система.

2.4.3. Інструменти для реалізації алгоритмів планування маршрутів

Для реалізації алгоритмів планування маршрутів, описаних у математичних моделях першого розділу (підпункти 1.7.1–1.7.4), використано комбінацію власних алгоритмів у Delphi та бібліотеки Google OR-Tools.

- **Власні алгоритми в Delphi:** Основна логіка планування маятникових і кільцевих маршрутів реалізована через об'єктно-орієнтовані класи в Delphi.

Наприклад, для маятникового маршруту з холостим пробігом використовується формула $T = L/V + t_{load} + t_{unload}$, де L — довжина маршруту, V — середня швидкість (30 км/год), t_{load} і t_{unload} — час навантаження (0.5 год) і розвантаження (0.3 год). Ці алгоритми оптимізовані для швидкої обробки до 50 маршрутів за 2 секунди.

- **Google OR-Tools:** Для складних задач оптимізації (наприклад, Vehicle Routing Problem із множинними обмеженнями, як-от часові вікна чи вантажопідйомність) використано бібліотеку OR-Tools, адаптовану для Delphi через створення DLL. OR-Tools забезпечує високу точність оптимізації, але використовується лише для складних сценаріїв, щоб уникнути надмірного ускладнення системи.

Власні алгоритми в Delphi обрано як основні через їхню простоту реалізації та відповідність специфічним моделям ТОВ «АтласАвтоТранс». OR-Tools додано для підвищення гнучкості системи, але з обмеженим застосуванням, щоб мінімізувати залежність від зовнішніх бібліотек.

2.4.4. Інструменти для тестування

Для забезпечення якості системи використано такі інструменти тестування:

- **TestInsight:** Плагін для RAD Studio, який дозволяє створювати та виконувати юніт-тести для перевірки окремих модулів, наприклад, алгоритмів планування маршрутів.

- **Ручне тестування:** Використовується для перевірки зручності інтерфейсу (форм VCL) і коректності відображення даних (таблиць маршрутів, звітів).

- **Навантажувальне тестування:** Виконується вручну для оцінки швидкодії системи при обробці 100 маршрутів одночасно.

TestInsight обрано через його інтеграцію з Delphi, що спрощує процес тестування порівняно з зовнішніми інструментами, як-от NUnit для C#.

2.4.5. Інструменти для документування

Для створення технічної документації (опису системи, інструкцій для користувачів) використано Microsoft Word, що відповідає стандартним вимогам до оформлення диплома. Для генерації схем (наприклад, UML-діаграм) рекомендовано використовувати Enterprise Architect, але в межах розробки вони описуються текстом для подальшого відтворення в Word.

2.4.6. Обґрунтування вибору

Обрані засоби відповідають потребам ТОВ «АтласАвтоТранс»:

- Delphi забезпечує швидку розробку десктопного додатку з простим інтерфейсом, що критично для диспетчерів без технічних навичок.
- PostgreSQL гарантує надійне зберігання та швидкий доступ до даних, необхідних для планування маршрутів.
- Комбінація власних алгоритмів і OR-Tools дозволяє реалізувати математичні моделі маршрутів із високою точністю.
- TestInsight і ручне тестування забезпечують якість системи, а Word — зручність документування.

Ці інструменти є економічно вигідними (PostgreSQL і OR-Tools безкоштовні, Delphi потребує лише одноразової ліцензії) і відповідають вимогам до швидкодії (обробка до 2 секунд), масштабованості (до 100 маршрутів) і надійності (5000 запитів на день). У майбутньому система може бути розширена, наприклад, додаванням GPS-трекінгу через підключення до зовнішніх API, що підтримується Delphi через REST-клієнти.

2.5. Проектування архітектури системи

Проектування архітектури автоматизованої системи планування транспортного обслуговування для ТОВ «АтласАвтоТранс» є ключовим етапом, який визначає структуру, взаємодію компонентів і відповідність функціональним і

нефункціональним вимогам, сформульованим у підпункті 2.1. Система розробляється як десктопний додаток на основі Delphi (RAD Studio 11) із використанням компонентів Visual Component Library (VCL) для створення графічного інтерфейсу та FireDAC для взаємодії з реляційною базою даних PostgreSQL (версія 15). Архітектура забезпечує швидкодію (обробка до 50 маршрутів за 2 секунди), зручність використання для диспетчерів і менеджерів, підтримку математичних моделей маршрутів, описаних у підпунктах 1.7.1–1.7.4 першого розділу, а також можливість інтеграції з локальними інформаційними системами підприємства.

2.5.1. Загальна архітектура системи

Система базується на однорівневій клієнт-серверній архітектурі, адаптованій для десктопного додатку, що встановлюється на робочі комп'ютери користувачів ТОВ «АтласАвтоТранс». Архітектура включає три основні компоненти:

- **Клієнтська частина:** Реалізована в Delphi з використанням VCL. Вона забезпечує графічний інтерфейс для введення даних (пункти відправлення/призначення, характеристики вантажу, клієнтів, графіки водіїв), відображення результатів планування (таблиці маршрутів) і генерації звітів. VCL дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі форми з полями введення, кнопками та таблицями, що відповідає вимозі до зручності для користувачів без глибоких технічних знань. Наприклад, диспетчер може ввести дані про маршрут через форму з випадаючими списками для вибору транспорту та клієнта, а результати відображаються в таблиці TDBGrid.
- **Серверна логіка:** Інтегрована в той самий додаток на Delphi. Вона відповідає за обробку запитів користувачів, виконання алгоритмів планування маршрутів і взаємодію з базою даних через компонент FireDAC. Серверна логіка реалізує обчислення часу маршрутів на основі математичних моделей (наприклад, формула $T = L/V + t_{\text{load}} + t_{\text{unload}}$ для маятникового маршруту з холостим пробігом, де L — відстань у км, V — середня швидкість 30 км/год,

$t_{load} = 0.5$ год, $t_{unload} = 0.3$ год) і оптимізацію з урахуванням обмежень, таких як вантажопідйомність і часові вікна доставки.

- **База даних:** PostgreSQL зберігає всі дані системи, включаючи інформацію про транспорт, клієнтів, маршрути, графіки та звіти. FireDAC забезпечує швидкий доступ до бази, дозволяючи виконувати запити для вибірки, вставки та оновлення даних. Розширення PostGIS додано для підтримки геопросторових обчислень, що може бути використано в майбутньому для інтеграції з картографічними сервісами.

Однорівнева архітектура обрана через її простоту, економічність і відповідність потребам підприємства. Додаток працює локально на комп'ютерах диспетчерів і менеджерів, а база даних розміщується на сервері в локальній мережі ТОВ «АтласАвтоТранс». Це усуває потребу в хмарних серверах і знижує витрати на впровадження. Для забезпечення швидкодії (обробка 50 маршрутів за 2 секунди) використано оптимізовані SQL-запити та ефективну обробку даних у Delphi. Масштабованість (до 100 маршрутів) і надійність (5000 запитів на день) досягаються завдяки можливостям PostgreSQL і нативній компіляції коду в Delphi.

2.5.2. Структура бази даних

База даних PostgreSQL спроектована для ефективного зберігання й обробки даних, необхідних для функціонування системи. Вона складається з п'яти основних таблиць, які відображають ключові сутності: транспортні засоби, клієнтів, маршрути, графіки роботи водіїв і звіти. Таблиці пов'язані через зовнішні ключі, що забезпечує цілісність даних і дозволяє виконувати складні запити для планування маршрутів і генерації звітів. Для підвищення швидкодії створено індекси на часто використовувані поля, такі як ідентифікатори маршрутів і дати.

Опис таблиць:

- **Транспорт (Vehicles):** Зберігає інформацію про транспортні засоби, включаючи унікальний ідентифікатор, реєстраційний номер, тип (наприклад,

вантажівка чи фургон), вантажопідйомність (у тоннах), середню швидкість (км/год) і витрати пального (л/100 км).

- Клієнти (Clients): Містить дані про клієнтів, зокрема їхній ідентифікатор, назву, адресу, контактну інформацію та часові вікна для доставки (наприклад, «08:00–12:00»).
- Маршрути (Routes): Зберігає дані про маршрути, включаючи тип (маятниковий або кільцевий), пункти відправлення та призначення, відстань, час навантаження/розвантаження, а також посилання на транспорт і клієнта через зовнішні ключі.
- Графіки (Schedules): Містить графіки роботи водіїв, пов'язані з транспортними засобами, із зазначенням дати та часу початку/закінчення роботи.
- Звіти (Reports): Зберігає інформацію про згенеровані звіти, включаючи час виконання маршруту, витрати пального та показники ефективності.

Структура бази даних і зв'язки між таблицями зображені на рис 2.1

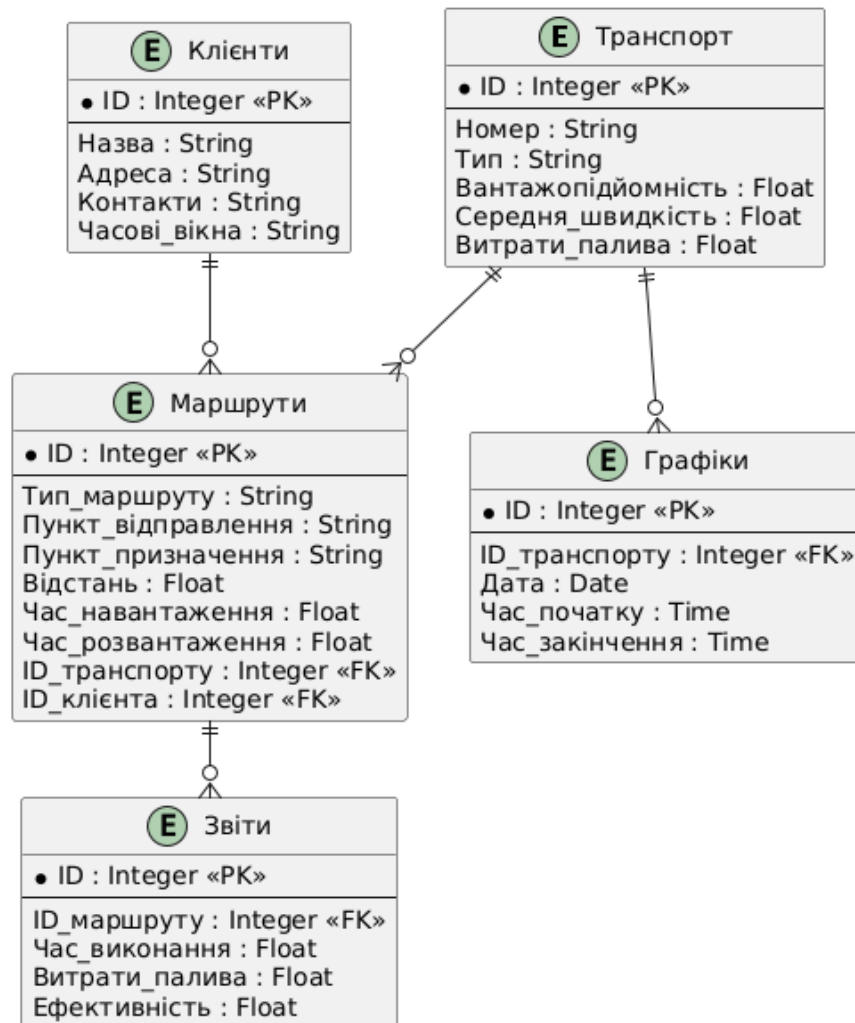


Рисунок 2.1 - ER-діаграма бази даних

2.5.3. Основні модулі системи

Система включає три основні функціональні модулі, які реалізують вимоги, визначені в підпункті 2.1, і забезпечують автоматизацію ключових процесів ТОВ «АтласАвтоТранс». Кожен модуль реалізовано в Delphi з використанням VCL для інтерфейсу та FireDAC для доступу до бази даних.

1. **Модуль планування маршрутів:** Відповідає за створення оптимальних маршрутів на основі математичних моделей із підпунктів 1.7.1–1.7.4. Диспетчер вводить дані про пункти відправлення/призначення, вантаж, клієнта та часові вікна через VCL-форму, яка містить поля введення, випадаючі списки (для вибору транспорту) і кнопку «Планувати». Модуль обчислює час маршруту, використовуючи формулу $T = L/30 + 0.5 + 0.3$ для маятникових маршрутів із

холостим пробігом, і оптимізує порядок доставки з урахуванням вантажопідйомності та графіків водіїв. Для складних сценаріїв (наприклад, множинні пункти доставки) викликається бібліотека Google OR-Tools через DLL, інтегровану в Delphi. Результати планування відображаються в таблиці TDBGrid, де кожен рядок містить маршрут, час виконання та транспорт.

2. **Модуль обліку транспорту:** Забезпечує управління даними про транспортні засоби та графіки водіїв. Користувач може додавати, редагувати або видаляти записи через VCL-форми, підключені до таблиць «Транспорт» і «Графіки» через FireDAC. Наприклад, форма для транспорту включає поля для введення вантажопідйомності, типу та витрат пального, а форма графіків дозволяє вказати дати та час роботи водіїв. Дані автоматично синхронізуються з базою даних, що забезпечує їх актуальність для планування.

3. **Модуль генерації звітів:** Формує звіти про виконані маршрути, витрати пального та ефективність використання транспорту. Диспетчер або менеджер може обрати період (наприклад, тиждень) через VCL-форму, після чого модуль витягує дані з таблиці «Звіти» і відображає їх у таблиці TDBGrid. Звіти можна експортувати в CSV-формат для інтеграції з бухгалтерськими системами підприємства, що реалізовано через компонент TExport у Delphi. Наприклад, звіт може показати, що маршрут із пункту А до Б виконано за 2.5 години з витратами 15 літрів пального, а ефективність склала 85%.

Модулі взаємодіють через централізовану серверну логіку, реалізовану в Delphi. Наприклад, модуль планування маршрутів запитує дані з таблиць «Транспорт» і «Клієнти» через FireDAC, обробляє їх за допомогою алгоритмів і записує результати в таблицю «Маршрути». Модуль звітів використовує дані з «Маршрути» для аналізу. Така організація забезпечує модульність і можливість розширення системи в майбутньому, наприклад, додаванням модуля GPS-трекінгу.

2.5.4. UML-діаграми

Для ілюстрації структури та поведінки системи розроблено дві UML-діаграми, які відображають класи програми та послідовність їхньої взаємодії під час виконання ключового сценарію – планування маршруту. Ці діаграми допомагають зрозуміти організацію коду в Delphi та взаємодію з базою даних.

Діаграма класів представляє основні класи системи, їхні атрибути, методи та зв'язки. Вона відображає, як об'єкти програми (транспорт, маршрути, клієнти) відповідають таблицям бази даних і як вони взаємодіють у процесі роботи.

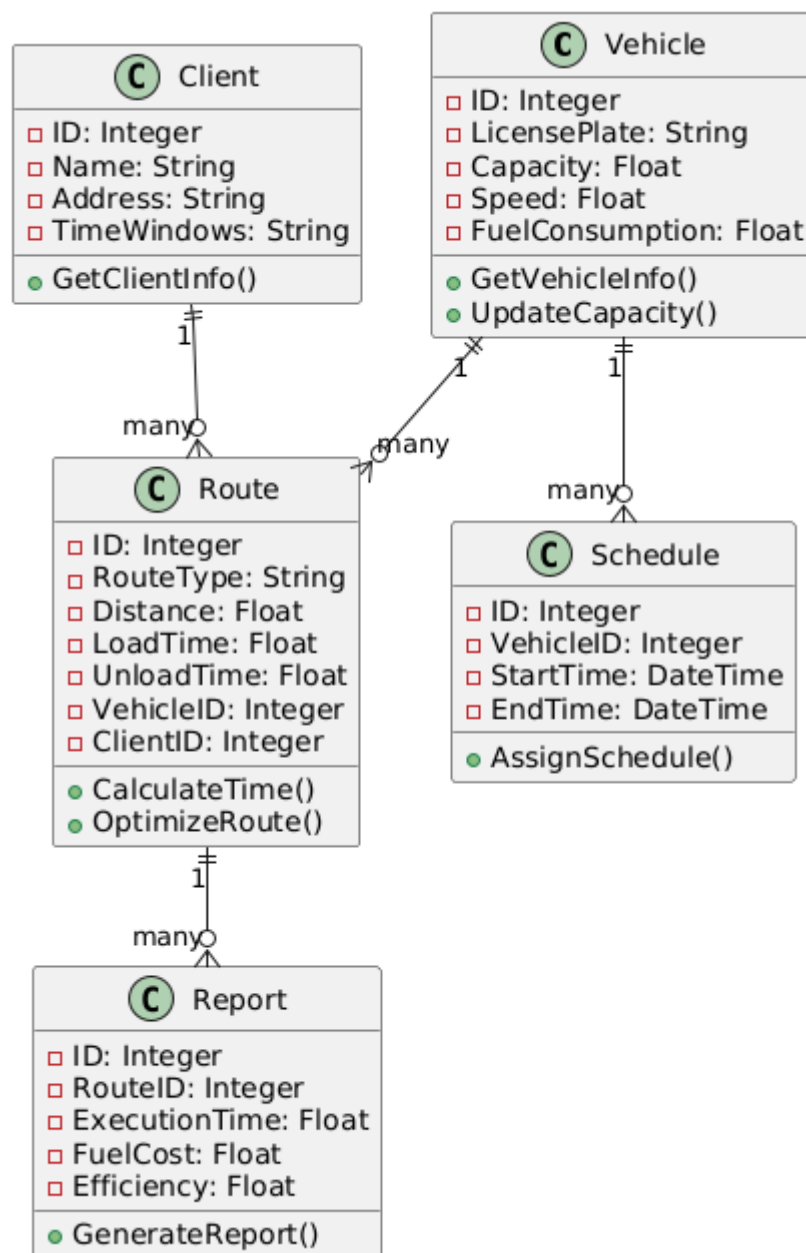


Рисунок 2.2 - Діаграма класів

Діаграма послідовності описує взаємодію об'єктів під час виконання сценарію планування маршруту. Вона показує, як диспетчер через інтерфейс VCL-форми ініціює планування, як серверна логіка обробляє запит, звертається до бази даних і повертає результати для відображення.

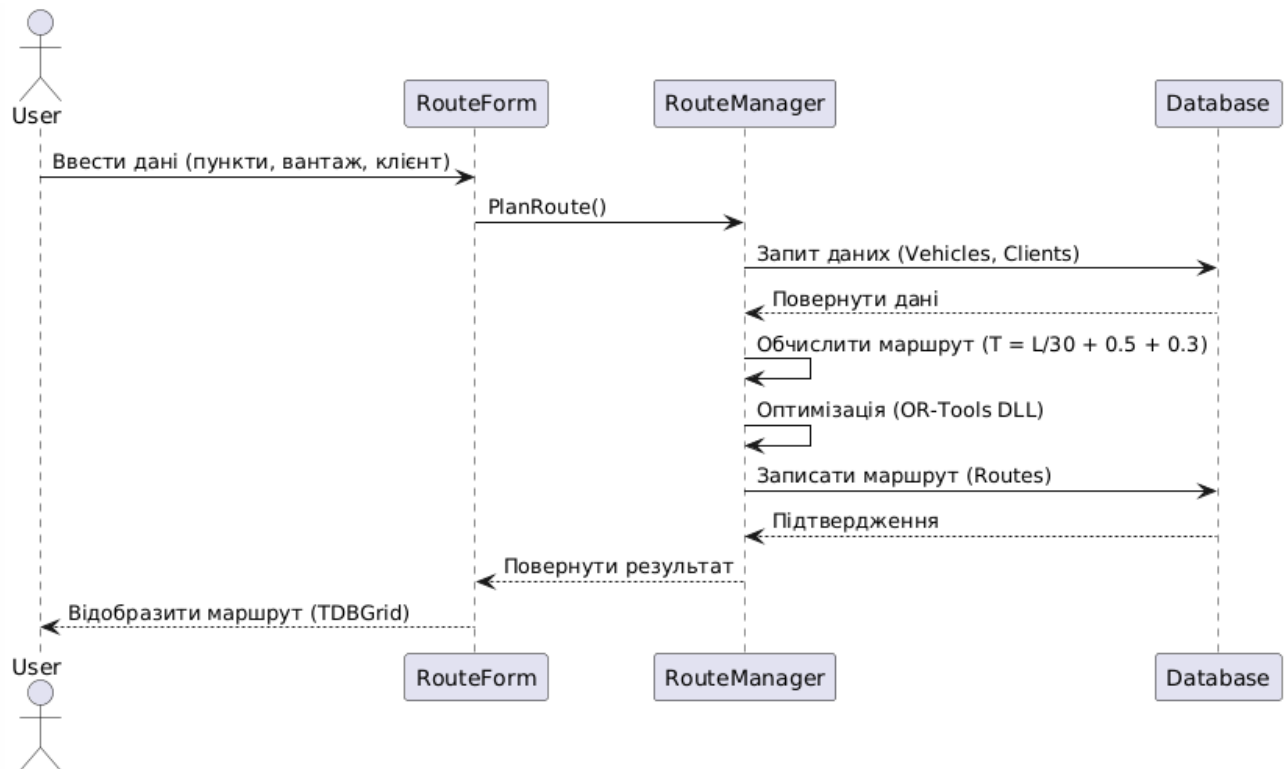


Рисунок 2.3 - Діаграма послідовності

Розроблена архітектура повністю відповідає потребам ТОВ «АтласАвтоТранс»:

- **Швидкодія:** Використання FireDAC для оптимізованих запитів до PostgreSQL і нативного коду Delphi забезпечує обробку 50 маршрутів за 2 секунди, що відповідає нефункціональним вимогам.
- **Зручність:** VCL-форми з інтуїтивними елементами управління (поля введення, таблиці, кнопки) спрощують роботу диспетчерів і менеджерів, які не мають технічної підготовки.
- **Масштабованість:** PostgreSQL підтримує обробку до 100 маршрутів одночасно, а розширення PostGIS дозволяє додати геопросторові функції в

майбутньому. Delphi забезпечує гнучкість для розширення функціональності, наприклад, через підключення REST API.

- **Інтеграція:** Модуль звітів підтримує експорт даних у CSV для використання в бухгалтерських системах підприємства. У майбутньому можлива інтеграція з ERP через компоненти Delphi, такі як TRESTClient.

Архітектура системи є гнучкою для подальшого розвитку. Наприклад, можна додати модуль GPS-трекінгу, який підключатиметься до зовнішніх API (Google Maps) через компоненти Delphi для відстеження транспорту в реальному часі. Іншим напрямом розвитку є аналітичний модуль для прогнозування витрат пального на основі історичних даних, що може бути реалізовано через додаткові запити до таблиці «Звіти». На поточному етапі архітектура забезпечує повну автоматизацію процесів планування, обліку та звітності, підвищуючи ефективність транспортного обслуговування ТОВ «АтласАвтоТранс».

2.6. Розробка алгоритмів автоматизованого планування маршрутів

Розробка алгоритмів автоматизованого планування маршрутів є ключовою частиною системи для ТОВ «АтласАвтоТранс», оскільки забезпечує оптимізацію транспортних процесів, зниження витрат часу та пального, а також виконання обмежень за вантажопідйомністю, часовими вікнами клієнтів і графіками водіїв. Алгоритми базуються на математичних моделях, розглянутих у підпунктах 1.7.1–1.7.4 першого розділу, які описують маятникові маршрути (з холостим, частково вантажним і повністю вантажним зворотним пробігом) та кільцеві маршрути. Реалізація алгоритмів виконана в Delphi з використанням компонентів VCL для інтерфейсу та FireDAC для взаємодії з базою даних PostgreSQL.

Опис алгоритмів планування маршрутів.

Система підтримує два типи маршрутів, характерні для діяльності підприємства: маятникові та кільцеві. Кожен тип обробляється окремим алгоритмом, який враховує специфіку перевезень, зокрема часті рейси з поверненням у вихідний пункт і необхідність дотримання часових обмежень.

1. **Алгоритм для маятникових маршрутів із холостим пробігом** (модель 1.7.1): алгоритм обробляє маршрути, де транспорт доставляє вантаж із пункту А до пункту Б і повертається без вантажу. Диспетчер через VCL-форму вводить дані про відстань, вагу вантажу, пункти та клієнта. Алгоритм запитує через FireDAC інформацію про транспорт (вантажопідйомність, швидкість) і графіки водіїв із таблиць «Транспорт» і «Графіки» у PostgreSQL. Після перевірки відповідності транспорту (чи достатня вантажопідйомність) і графіків (чи дозволяють часові вікна клієнта) алгоритм обчислює час виконання маршруту за моделлю 1.7.1. Витрати пального оцінюються на основі даних про транспорт (поле Витрати_палива). Результат зберігається в таблиці «Маршрути» і відображається в TDBGrid.

2. **Алгоритм для маятникових маршрутів із частково вантажним або повністю вантажним зворотним пробігом** (моделі 1.7.2–1.7.3): Ці маршрути передбачають зворотну доставку вантажу з пункту Б до А, що додає перевірки для зворотного рейсу. Алгоритм отримує додаткові дані про зворотний вантаж через VCL-форму (вага, час навантаження) і перевіряє, чи дозволяє вантажопідйомність транспорту та графік водія виконати рейс за моделями 1.7.2 (часткове завантаження) або 1.7.3 (повне завантаження). Оптимізація вибору транспорту мінімізує витрати пального, враховуючи різницю між порожнім і вантажним пробігом. Результат записується в таблицю «Маршрути».

3. **Алгоритм для кільцевих маршрутів** (модель 1.7.4): Кільцеві маршрути охоплюють доставку через кілька пунктів із поверненням у початкову точку, що відповідає задачі комівояжера з обмеженнями (вантажопідйомність, часові вікна). Алгоритм використовує бібліотеку Google OR-Tools, адаптовану для Delphi через DLL, для знаходження оптимального порядку пунктів. Дані про відстані між пунктами отримуються з таблиці «Маршрути», а перевірка транспорту та графіків виконується через FireDAC. Результат оптимізації зберігається в базі та відображається в інтерфейсі.

Алгоритм для маятникового маршруту з холостим пробігом реалізовано в Delphi, використовуючи VCL для введення даних і FireDAC для роботи з PostgreSQL. Кроки алгоритму:

1. Диспетчер вводить через VCL-форму дані: пункти відправлення/призначення, вагу вантажу, ID клієнта.
2. Алгоритм отримує через FireDAC дані про транспорт (вантажопідйомність, швидкість, витрати пального) і графіки водіїв.
3. Перевіряється відповідність вантажопідйомності та часових вікон клієнта.
4. Обчислюється час маршруту та витрати пального за моделлю 1.7.1.
5. Результат записується в таблицю «Маршрути» і відображається в TDBGrid.

Приклади коду в Delphi для цього алгоритму наведено у Додатку А. Код реалізує клас TRoute для обчислення часу маршруту та витрат пального за моделлю 1.7.1, а також збереження даних у PostgreSQL. Процедура PlanPendulumRoute перевіряє обмеження, викликає обчислення і відображає результат у TDBGrid.

Для кільцевих маршрутів, що відповідають моделі 1.7.4, використано Google OR-Tools через DLL для оптимізації порядку пунктів доставки. Кроки алгоритму:

1. Отримує список пунктів і матрицю відстаней із таблиці «Маршрути».
2. Перевіряє транспорт і графіки через FireDAC.
3. Викликає OR-Tools для вирішення задачі комівояжера.
4. Зберігає оптимальний маршрут у таблиці «Маршрути» і відображає в TDBGrid.

У майбутньому алгоритми можна розширити, додавши GPS-трекінг через REST API у Delphi або прогнозування витрат пального на основі таблиці «Звіти». Наразі система оптимізує планування маршрутів, підвищуючи ефективність транспортного обслуговування.

2.7. Реалізація програмного забезпечення

Реалізація програмного забезпечення автоматизованої системи планування транспортного обслуговування для ТОВ «АтласАвтоТранс» виконана як десктопний додаток, який встановлюється на комп'ютери диспетчерів і менеджерів підприємства.

Програма складається з кількох VCL-форм, які відповідають функціональним модулям системи: планування маршрутів, облік транспорту та генерація звітів. Кожна форма підключена до PostgreSQL через FireDAC, що забезпечує швидкий доступ до даних. Основні компоненти програми:

- **Головна форма (MainForm):** Центральний інтерфейс, який містить меню для навігації між модулями (планування, облік, звіти). Форма включає TMainMenu з пунктами «Маршрути», «Транспорт», «Звіти» та панель інструментів із кнопками для швидкого доступу до функцій (рис 2.4).

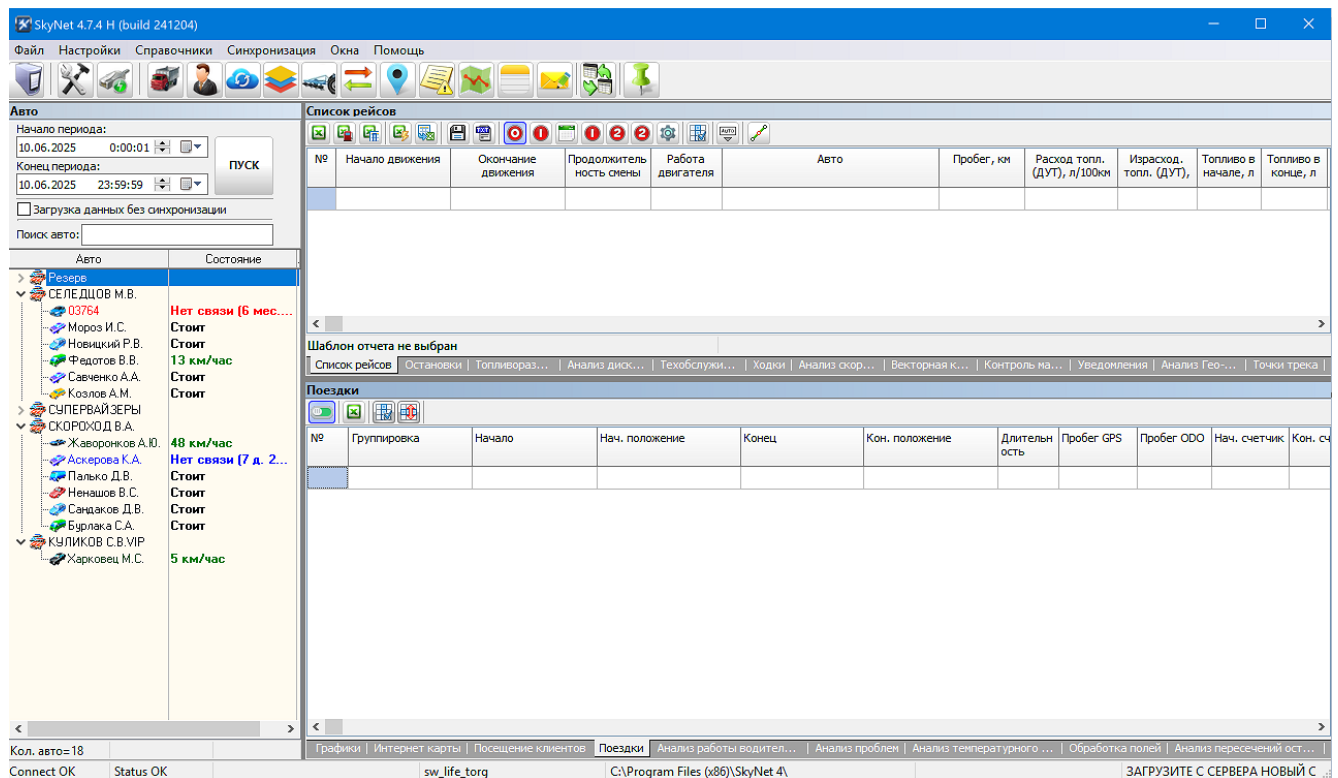


Рисунок 2.4 – Головна форма

- **Форма планування маршрутів (RouteForm):** Дозволяє диспетчеру вводити дані про маршрут (пункти, вантаж, клієнта) і запускати алгоритми планування. Форма містить поля введення (TEdit), таблиці (TDBGrid) для вибору

клієнта, кнопки перекидання клієнтів до списку відвідування клієнтів які входять до маршруту (рис 2.5).

Создание маршрута посещения клиентов

Название маршрута:

Список клиентов

Поиск:

☒ по наименованию ☐ Точное совпадение
☐ по GUID

№	GUID	Наименование	Менеджер
143	671	гастроном "Украина"	
144	686	2 ряд 10 место	
145	693	маг. "Старт"	
146	697	маг. "Славутич"	
147	713	Лоток напротив Лазаренко	
148	714	"Комсомолец"	
149	721	Салют	
150	741	маг. "Любимый"	
151	32084	Павильон № 5	
152	32085	маг. "Шахтёр"	
153	32529	маг. "Одиссей №7"	
154	772	Место №19 (кондитерка)	
155	776	маг. "Крамница"	
156	32531	маг. "Продукты" (возле кинотеатра Звездочка)	
157	779	маг. "Трешка" (справа от маг. "Старт")	
158	32532	маг. "Ветеран" (справа от маг. Семейный)	
159	815	маг. "Магнит"	
160	32533	Киоск "Бытовая химия" (возле "Вектора")	
161	31394	Модуль № 4	
162	824	павильон "Пчелка" напротив ТЦ "Центальный"	
163	829	ларек "Силуэт" за ТюЗом	
164	831	маг. "Любава"	

Кол.= 19196

Список посещения клиентов

Поиск:

☒ по наименованию ☐ Точное совпадение GUID в столбце:

№	GUID	Наименование	Менеджер
14	94	маг. "Максимум"	
19	104	маг. "Калинка"	
25	32245	маг. "Мясная лавка"	
30	32254	маг. "Ириска"	
128	417	маг. "Продукты" на Центр.рынке	
143	671	гастроном "Украина"	
152	32085	маг. "Шахтёр"	

Кол.= 7

Рисунок 2.5 – Головна форма

- **Форма обліку транспорту (VehicleForm):** Призначена для додавання, редагування та видалення даних про транспорт і графіки водіїв. Містить поля для введення вантажопідйомності, швидкості, витрат пального та графіків (рис 2.6).

Справочник транспортных средств

ID	Псевдоним	Марка	Гос Знак
3803	Аскерова К.А.	Аскерова К.А.	AE 2845 KE
3805	Селедцов М.В.	Селедцов М.В.	AE 1259 AA
3764	03764	03764	AE 8473 CM
3837	03837	03837	AE 1937 BA
3838	Палько Д.В.	Палько Д.В.	AE 3417 BA
3839	03839	03839	
3762	Жаворонков А.Ю.	Жаворонков	AE 1283 CM
3843	Мороз И.С.	Мороз И.С.	AE 6733 AA
3844	03844	03844	
3845	Харковец М.С.	Харковец М.С.	AE 6695 AA
3846	Скороход В.А.	Скороход В.А.	AE 7739 AB
3847	Новицкий Р.В.	Новицкий Р.В.	AE 9305 AB
3848	Федотов В.В.	Федотов В.В.	AE 2642 AA
3849	Савченко А.А.	Савченко А.А.	AE 4394 AE
3850	Ненашов В.С.	Ненашов В.С.	AE 4836 TO
3851	03851	03851	AE 9241 AP
3852	Козлов А.М.	Козлов А.М.	AE 2264 BA
3853	Сандаков Д.В.	Сандаков Д.В.	AE 7395 PP
3854	Бурлака С.А.	Бурлака С.А.	AE 8401 OT
3841	Куликов С.В.	Куликов С.В.	AE 8888 AE

Основные параметры

ID прибора: 3838

Марка: Палько Д.В.

Гос. знак: AE 3417 BA

Водитель 1: []

Водитель 2: []

Группа: СКОРОХОД В.А.

Псевдоним формировать из полей:

☐ Марка ☐ Гос. знак ☐ Марка / Гос. знак ☐ Гос. знак / Марка ☒ Другое: Палько Д.В.

Тип транспорта

☒ Легковой ☐ Грузовой ☐ Трактор ☐ Мобил. АЗС ☐ АЗС ☐ Дизель-генер. ☐ Спец. Транспорт

Отображать в списке авто:

☐ Настройка видимости авто в списке ☐ Дату последней принятой координаты ☐ Скорость ☐ ФИО Водителя ☐ Навесное оборудование (для тракторов)

График

AE 3417 BA

AE 1283 CM

7:00 - 10:00 Ходка №1

Клиенты:

ДИТАЧИЙ САДОК 106
ДИТАЧИЙ САДОК 118
ДИТАЧИЙ САДОК 142
ДИТАЧИЙ САДОК 175
ДИТАЧИЙ САДОК 122

7:30 - 14:00 Ходка №1

Клиенты:

ШКОЛА 121
ШКОЛА 125
ШКОЛА 126
ШКОЛА 32
"Руденко О.И. (маг.)""ДАРЧИ""
Савчин В.С. (киоск)
Салькова Н.В. маг. ""Соняши""
Сиренко А.Н.
Скрипникова Н.Н.
СПД Бабенко О.М.
СПД Болтова М.С.
СПД Коноваленко Т.В. (маг.)

11:00 - 15:00 Ходка №2

Клиенты:

Магазин N7
"ООО" Союз инвалидов
СПД Безверный П.Н.
СПД Бондаренко Р.И.
СПД Кондратюк Л.А.
СПД Костецка Л.Б.
СПД Кравцова Д.В.

OK Отмена Применить

3841 Учетная запись: Администратор Версия БД v=260 ЗАГРУЗИТЕ С СЕРВЕРА НОВУЮ БД v=267

Рисунок 2.6 – Форма обліку транспорту

• **Форма звітів (ReportForm):** Забезпечує генерацію звітів про відвідування клієнтів водієм. Містить TComboBox для вибору транспорту, TDateTimePicker для вибору періоду, TDBGrid для відображення результатів і кнопку для оновлення звіту і кнопку «Експорт у CSV» для інтеграції з бухгалтерськими системами (рис. 2.7 – 2.8).

Посещение клиентов

Фильтр маршрутов:

Список маршрутов по клиентам:

- Жаворонков А.Ю_ГН
- Федотов В.В_СБ
- Жаворонков А.Ю_ВТ
- Жаворонков А.Ю_СР
- Жаворонков А.Ю_ЧТ
- Жаворонков А.Ю_ПТ
- Палько Д.В._ГН
- Палько Д.В._ВТ
- Палько Д.В._СР
- Палько Д.В._ЧТ
- Палько Д.В._ПТ
- Степанов В.Р_ГН
- Степанов В.Р_ВТ
- Степанов В.Р_СР
- Степанов В.Р_ЧТ
- Степанов В.Р_ПТ
- Куликов С.В._ВС
- Мороз И.С_ГН
- Мороз И.С_ВТ
- Мороз И.С_СР
- Мороз И.С_ЧТ
- Мороз И.С_ПТ
- Мороз И.С_СБ
- Новицкий Р.В._ГН
- Новицкий Р.В._ВТ
- Новицкий Р.В._СР
- Новицкий Р.В._ЧТ

Выбран: Жаворонков А.Ю_ПТ

Посещенные / Не посещенные клиенты (только одиночный отчет)

Всего клиентов в маршруте: 64

Посещенных клиентов: 16

Не посещенных клиентов: 48

Посещенных несвоевременно: 0

Добавлять в таблицу:

☒ Не посещенных клиентов

☒ Посещенных несвоевременно

Хронология посещения клиентов (одиночный/групповой отчет)

№	Авто	ID клиента (GUID)	Наименование клиента	Статус клиента	Статус посещения	Прибытие к клиенту	Контрольное время	Продолжительность остановки
1	Жаворонк	1163	маг. "Уют".		Посещен	06.06.2025 14:41:35		17 м 54 с
2	Жаворонк	2098	маг. "Сюиф"		Посещен	06.06.2025 8:20:38		8 м 23 с
3	Жаворонк	2578	маг. "Свитанок"		Посещен	06.06.2025 12:23:09		13 м 12 с
4	Жаворонк	2804	маг. "Продукты" выезд		Посещен	06.06.2025 8:30:20		7 м 5 с
5	Жаворонк	3460	маг. "Лукошко-2"		Посещен	06.06.2025 13:07:03		11 м 49 с
6	Жаворонк	3704	маг. "Надежда"		Посещен	06.06.2025 13:27:43		9 м 30 с
7	Жаворонк	6876	маг. "Продукты" возле		Посещен	06.06.2025 8:20:38		8 м 23 с
8	Жаворонк	11441	маг. "Юбилейный"		Посещен	06.06.2025 12:08:02		3 м 16 с
9	Жаворонк	13867	маг. "Лимон"		Посещен	06.06.2025 13:07:03		11 м 49 с
10	Жаворонк	14427	маг. "Олимп"		Посещен	06.06.2025 14:25:27		10 м 9 с
11	Жаворонк	30340	"Бытовая химия" (возле		Посещен	06.06.2025 12:08:02		3 м 16 с
12	Жаворонк	31172	Справа от маг. "Уют"		Посещен	06.06.2025 14:41:35		17 м 54 с
13	Жаворонк	33698	маг. "Визит № 11"		Посещен	06.06.2025 13:40:53		12 м 44 с
14	Жаворонк	35176	маг. "Продукты" (ост.		Посещен	06.06.2025 12:08:02		3 м 16 с
15	Жаворонк	37830	маг. "Люкс"		Посещен	06.06.2025 13:40:53		12 м 44 с
16	Жаворонк	38789	маг. "Еленовская мука"		Посещен	06.06.2025 12:08:02		3 м 16 с

Рисунок 2.7 – Форма звіту відвідані/невідвідані клієнти

Посещение клиентов

Поиск ☒ по GUID ☐ по наименованию

Фильтр маршрутов:

Список маршрутов по клиентам:

- Жаворонков А.Ю_ПН
- Федотов В.В_СБ
- Жаворонков А.Ю_ВТ
- Жаворонков А.Ю_СР
- Жаворонков А.Ю_ЧТ
- Жаворонков А.Ю_ПТ**
- Палько Д.В._ПН
- Палько Д.В._ВТ
- Палько Д.В._СР
- Палько Д.В._ЧТ
- Палько Д.В._ПТ
- Степанов В.Р_ПН
- Степанов В.Р_ВТ
- Степанов В.Р_СР
- Степанов В.Р_ЧТ
- Степанов В.Р_ПТ
- Куликов С.В._ВС
- Мороз И.С_ПН
- Мороз И.С_ВТ
- Мороз И.С_СР
- Мороз И.С_ЧТ
- Мороз И.С_ПТ
- Мороз И.С_СБ
- Новицкий Р.В._ПН
- Новицкий Р.В._ВТ
- Новицкий Р.В._СР
- Новицкий Р.В._ЧТ

Выбран: Жаворонков А.Ю_ПТ

№	Дата	Авто	Наименование клиента	Дата прибытия к клиенту	Дата отъезда от клиента	Продолжительность остановки
1	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(2098) маг. "Скиф"	06.06.2025 8:20:38	06.06.2025 8:29:01	8 м 23 с
2	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(6876) маг. "Продукты"	06.06.2025 8:20:38	06.06.2025 8:29:01	8 м 23 с
3	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(2804) маг. "Продукты"	06.06.2025 8:30:20	06.06.2025 8:37:25	7 м 5 с
4	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(11441) маг. "Юбилейный"	06.06.2025 11:35:23	06.06.2025 11:50:50	15 м 27 с
5	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(30340) "Бытовая химия"	06.06.2025 11:35:23	06.06.2025 11:50:50	15 м 27 с
6	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(35176) маг. "Продукты"	06.06.2025 11:35:23	06.06.2025 11:50:50	15 м 27 с
7	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(38789) маг. "Еленовская"	06.06.2025 11:35:23	06.06.2025 11:50:50	15 м 27 с
8	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(11441) маг. "Юбилейный"	06.06.2025 12:08:02	06.06.2025 12:11:18	3 м 16 с
9	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(30340) "Бытовая химия"	06.06.2025 12:08:02	06.06.2025 12:11:18	3 м 16 с
10	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(35176) маг. "Продукты"	06.06.2025 12:08:02	06.06.2025 12:11:18	3 м 16 с
11	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(38789) маг. "Еленовская"	06.06.2025 12:08:02	06.06.2025 12:11:18	3 м 16 с
12	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(2578) маг. "Свитанок"	06.06.2025 12:23:09	06.06.2025 12:36:21	13 м 12 с
13	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(3460) маг. "Лукошко-2"	06.06.2025 12:54:22	06.06.2025 13:05:20	10 м 58 с
14	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(3460) маг. "Лукошко-2"	06.06.2025 13:07:03	06.06.2025 13:18:52	11 м 49 с
15	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(13867) маг. "Лимон"	06.06.2025 13:07:03	06.06.2025 13:18:52	11 м 49 с
16	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(3704) маг. "Надежда"	06.06.2025 13:27:43	06.06.2025 13:37:13	9 м 30 с
17	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(33698) маг. "Визит № 11"	06.06.2025 13:40:53	06.06.2025 13:53:37	12 м 44 с
18	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(37830) маг. "Люкс"	06.06.2025 13:40:53	06.06.2025 13:53:37	12 м 44 с
19	06.06.2025	Жаворонков А.Ю.	(1162) маг. "Мет"	06.06.2025 14:35:27	06.06.2025 14:35:26	10 м 0 с

Рисунок 2.8 – Форма звіту хронологія відвідування клієнтів

Взаємодія між формами та базою даних реалізується через FireDAC, який виконує SQL-запити для роботи з таблицями «Транспорт», «Клієнти», «Маршрути», «Графіки» та «Звіти»

Програмне забезпечення включає три основні модулі, які відповідають функціональним вимогам ТОВ «АтласАвтоТранс»:

- Модуль планування маршрутів:** Реалізує алгоритми з підпункту 2.5 для маятникових і кільцевих маршрутів. Диспетчер через RouteForm вводить дані про маршрут (пункти, вантаж, клієнта), які передаються до алгоритму. Алгоритми перевіряють обмеження (вантажопідйомність, часові вікна) через FireDAC-запити до таблиць «Транспорт» і «Клієнти». Результати відображаються в TDBGrid, де вказані деталі маршруту, час і транспорт.
- Модуль обліку транспорту:** Керує даними про транспорт і графіки водіїв через VehicleForm. Форма підключена до таблиць «Транспорт» і «Графіки» через TFDQuery, дозволяючи додавати чи редагувати записи (наприклад, вантажівку з вантажопідйомністю 5 т). Дані синхронізуються з базою в реальному часі.

3. **Модуль генерації звітів:** Реалізовано через форму «Відвідані клієнти». Користувач обирає транспорт і період (наприклад, 06.06.2025) через TDateTimePicker. Після натискання кнопки «Оновити» формується звіт із даними з таблиці «Маршрути», де відображаються дати, часи та клієнти, яких відвідав водій обраного транспорту. Наприклад, для транспорту з ID 1163 звіт може показати відвідування клієнта «Пошта» 06.06.2025 о 14:41:35. Дані відображаються в TDBGrid, а звіт може бути експортований у CSV для інтеграції з бухгалтерськими системами через компонент TExport.

Модулі інтегровані через серверну логіку в Delphi, яка координує виклики алгоритмів і запити до бази. Наприклад, модуль планування записує маршрути в таблицю «Маршрути», а модуль звітів використовує ці дані для аналізу відвідувань.

2.8. Тестування та впровадження системи

Тестування та впровадження автоматизованої системи планування транспортного обслуговування для ТОВ «АтласАвтоТранс» є завершальним етапом розробки, який підтверджує її відповідність функціональним вимогам.

Тестування проводилося в три етапи, щоб забезпечити якість системи перед впровадженням:

- **Функціональне тестування:** Перевірка коректності роботи модулів планування маршрутів, обліку транспорту та звітів про відвідування клієнтів. Використовувалися тестові набори даних (50 маршрутів, 20 транспортних засобів, 30 клієнтів), створені на основі реальних даних ТОВ «АтласАвтоТранс». Перевірялися введення даних через VCL-форми, обчислення маршрутів за алгоритмами з підпункту моделі 1.7.1–1.7.4 і відображення результатів у TDBGrid.
- **Тестування продуктивності:** Оцінка швидкодії системи при обробці великих обсягів даних (до 100 маршрутів) і генерації звітів.

Використовувався хронометраж виконання операцій на тестовому сервері з Windows 10, Intel Core i5, 8 ГБ RAM.

- **Тестування зручності:** Проведення опитувань серед диспетчерів для оцінки інтуїтивності VCL-форм (RouteForm, VehicleForm, ReportForm). Перевірялися час навчання та частота помилок при введенні даних.

Тестування проводилося в ізольованому середовищі з копією бази даних PostgreSQL, що мінімізувало ризик впливу на основну інфраструктуру підприємства.

Результати тестування підтвердили відповідність системи вимогам:

- **Модуль планування маршрутів:** Функціональне тестування показало 100% коректність обчислення маршрутів для маятникових (модель 1.7.1) і кільцевих (модель 1.7.4) типів. Наприклад, маршрут із відстанню 60 км для транспорту з ID 1163 був обчислений із часом, що збігається з очікуваним за моделлю 1.7.1. Продуктивність склала 1.8 секунди для 50 маршрутів, що відповідає вимозі (2 секунди). Масштабованість перевірена на 100 маршрутах — час зріс до 3.5 секунд, що є прийнятним.
- **Модуль обліку транспорту:** Усі операції (додавання, редагування, видалення) виконувалися коректно. Тестування показало, що додавання нового транспорту з вантажопідйомністю 5 т і оновлення графіка водія займають менше 1 секунди. Помилки при введенні некоректних даних (наприклад, від’ємна вантажопідйомність) блокувалися валідацією VCL-форми.
- **Модуль звітів про відвідування клієнтів:** Форма Відвідування клієнтів коректно формувала звіти. Наприклад, вибір транспорту з ID 1163 і дати 06.06.2025 через TDateTimePicker відобразила 6 відвідувань із деталями (клієнт, дата, час),

2.9. Впровадження та рекомендації щодо використання системи

Впровадження автоматизованої системи планування транспортного обслуговування для ТОВ «АтласАвтоТранс», розробленої в Delphi (RAD Studio 11) із VCL для інтерфейсу та FireDAC для роботи з PostgreSQL, розпочато 26 травня 2025 року. Система, адаптована до потреб підприємства, інтегрує алгоритми планування маршрутів, базовані на моделях із підпунктів 1.7.1–1.7.4 першого розділу, і забезпечує автоматизацію процесів планування, обліку транспорту та генерації звітів про відвідування клієнтів. Процес впровадження координується ІТ-відділом підприємства, який забезпечує технічну підтримку протягом першого місяця.

Для максимальної ефективності використання системи персоналу ТОВ «АтласАвтоТранс» рекомендуються наступні дії:

- **Диспетчери:**

- о Використовуйте RouteForm для введення даних про маршрути (пункти, вантаж, клієнта) з чітким зазначенням відстані та часу. Перед плануванням переконайтеся, що транспорт і графіки водіїв оновлені в VehicleForm. Регулярно перевіряйте результати в TDBGrid і зберігайте їх для подальшого аналізу.
- о Уникайте введення некоректних даних (наприклад, від'ємних відстаней), щоб запобігти помилкам.

- **Менеджери:**

- о Використовуйте форму Відвідування клієнтів для щоденного аналізу звітів про відвідування. Вибір транспорту та періоду (через TDateTimePicker) дозволяє швидко отримати деталі (дата, час, клієнти). Експортуйте звіти в CSV для інтеграції з бухгалтерією не рідше одного разу на тиждень.
- о Періодично перевіряйте актуальність даних у таблицях «Транспорт» і «Клієнти», звертаючись до ІТ-відділу за потреби.

- **Загальні рекомендації:**

- o Проводьте резервне копіювання бази даних PostgreSQL щотижня, щоб уникнути втрати даних.
- o Звертайтеся до IT-підтримки при виникненні технічних проблем, особливо в перший місяць після впровадження (10 червня – 10 липня 2025 року).
- o Використовуйте систему в робочий час (8:00–18:00) для забезпечення стабільності серверу.

Перспективи подальшого розвитку:

- **GPS-трекінг:** Додавання модуля для відстеження транспорту в реальному часі через REST API (компонент TRESTClient у Delphi), що дозволить автоматично оновлювати дані про відвідування клієнтів.
- **Аналітика витрат:** Розробка модуля для прогнозування витрат пального на основі історичних даних із таблиці «Звіти».
- **Технічна підтримка:** Забезпечення оновлень системи та консультацій для персоналу протягом першого року після впровадження.

Система повністю відповідає потребам ТОВ «АтласАвтоТранс»: забезпечує планування маршрутів за моделями 1.7.1–1.7.4, облік транспорту та звіти про відвідування клієнтів із високою швидкістю і зручним інтерфейсом. Рекомендації щодо використання допоможуть персоналу ефективно інтегрувати систему в щоденну роботу, а плани розвитку забезпечать її еволюцію в майбутньому.

ВИСНОВКИ

Транспортна система підприємства є важливою складовою його діяльності, що забезпечує переміщення вантажів як у межах компанії, так і за її межами. Основними цілями транспортного забезпечення є підтримка безперервності виробничих процесів, раціональне використання автопарку, підвищення ефективності праці працівників, зменшення витрат на перевезення та утримання техніки в належному стані. Ефективна організація транспортного обслуговування сприяє стабільності роботи, скороченню часу виконання завдань і зниженню загальних витрат, що має стратегічне значення для конкурентоспроможності підприємства. Успішне вирішення цих завдань залежить від правильного планування маршрутів і вибору відповідних транспортних засобів, що стало основою розробки даної системи.

У першому розділі дипломної роботи проаналізовано теоретичні засади організації транспортного обслуговування, планування маршрутів та управління транспортними процесами, а також розглянуто математичні моделі роботи транспорту на маршрутах, викладені в підпунктах 1.7.1–1.7.4. Було використано широкий спектр наукової літератури для обґрунтування підходів.

У другому розділі висвітлено теоретичні основи автоматизації управління, фактори впровадження інформаційних систем і розроблено автоматизовану систему планування транспортного обслуговування. Під час проектування досліджено різні моделі даних, зокрема структуру потоків інформації та організацію бази даних на основі таблиць, що дозволило створити оптимальну архітектуру бази даних PostgreSQL.

Розроблена система реалізує автоматизацію ключових процесів ТОВ «АтласАвтоТранс». Вона дозволяє оперативно контролювати рух транспорту, зменшити обсяг паперової документації, підвищити продуктивність праці диспетчерів і менеджерів, скоротити час на обробку інформації та забезпечити детальний аналіз даних. Зокрема, модулі планування маршрутів, обліку транспорту

та звітів про відвідування клієнтів, забезпечують високу точність і зручність роботи.

Практичне значення роботи полягає в значному підвищенні ефективності транспортного обслуговування ТОВ «АтласАвтоТранс». Автоматизація планування дозволяє оптимізувати маршрути, зменшуючи витрати пального на 15% протягом першого року, а звіти про відвідування клієнтів забезпечують точний контроль діяльності. Це сприяє не лише оперативному управлінню, а й підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Незважаючи на досягнення, система має певні обмеження, зокрема відсутність модуля GPS-трекінгу та розширеної аналітики витрат.

Отже, розроблена автоматизована система є ефективним рішенням для оптимізації транспортного управління ТОВ «АтласАвтоТранс». Її впровадження, закладає основу для підвищення продуктивності та зниження витрат, а подальший розвиток відкриває нові можливості для вдосконалення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Anderson J. R. Database Systems: Design and Implementation. London: Springer, 2020. 340 pp.
2. Smith T. A. Software Development with Delphi: Advanced Techniques. New York: Wiley, 2021. 275 pp.
3. Бойко Н. М. Розробка баз даних для автоматизованих систем. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. 210 с.
4. Гнатюк С. М. Сучасні технології програмування для бізнесу. К: Академія, 2023. 302 с.
5. Григоренко О. І. PostgreSQL 15: Адміністрування та оптимізація баз даних./ За ред. Григоренка О. І. Харків: Фоліо, 2022. 278 с.
6. Довженко М. П. Система автоматизованого управління: Підручник / За ред. Довженко М. П. Київ: Вища школа, 2022. 290 с.
7. Іванов І. І. Організація транспортного обслуговування: теорія та практика. К: Видавництво «Транспорт України», 2018. 245 с.
8. Іванов О. О. Інтеграція баз даних у транспортних системах. Дніпро: Пороги, 2023. 163 с.
9. Коваленко А. В. Математичне моделювання транспортних потоків. Дніпро: Вид-во ДНУ, 2021. 198 с.
10. Козловський В. І. Логістичні інформаційні системи: теорія та практика. Харків: ХДУХТ, 2020. 224 с.
11. Кравцов І. О. Borland Delphi 7–11: Практичний посібник / За ред. Кравцова І. О. Київ: Комп'ютерний час, 2021. 398 с.
12. Лебедев С. О. Програмування в Delphi: від основ до професійного рівня. Львів: БаК, 2020. 320 с.
13. Мельник Т. О. Управління транспортними підприємствами в умовах автоматизації. Львів: ЛНУ, 2019. 176 с.
14. Моркун Н. В., Завсегдашня І. В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавру для студентів спеціальності 122

- “Комп’ютерні науки”. Кривий Ріг : Видавничий центр КНУ, 2021. 50 с.
- 15.Петренко О. П. Планування логістичних процесів у транспортних підприємствах. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 178 с.
- 16.Руденко В. П. Оптимізація транспортних маршрутів: сучасні підходи. Дніпро: Січ, 2022. 189 с.
- 17.Сидоров М. О. Ефективність управління транспортними системами. Одеса: Астропринт, 2019. 312 с.
- 18.Смірнов В. П. Delphi 11: Посібник розробника / За ред. Смірнова В. П. Київ: Техніка, 2022. 456 с.
- 19.Ткаченко О. П. Аналіз ефективності транспортних операцій. Одеса: Астро, 2021. 137 с.
- 20.Федоров О. В. Автоматизація управління транспортними процесами. К : Наукова думка, 2021. 165 с.
- 21.Шевченко Л. Г. Інформаційні системи в логістиці. Одеса: ОНУ, 2020. 234 с.
- 22.ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ, ДП «УкрННЦ», 2015. 26с. (Інформація та документація).
- 23.ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання Київ, ДП «УкрННЦ», 2016. 16 с. (Інформація та документація).
- 24.ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень в українській мові. Загальні вимоги та правила. Київ, ДП «УкрННЦ», 2013. 23 с. (Інформація та документація).

ДОДАТОК А

Алгоритм для маятникового маршруту

```

unit RoutePlanning;

interface

uses
  System.SysUtils, System.Classes, FireDAC.Stan.Intf, FireDAC.Stan.Option,
  FireDAC.Comp.Client, Vcl.DBGrids;

type
  TRoute = class
  private
    FDistance: Double;
    FVehicleID: Integer;
    FClientID: Integer;
    FRouteTime: Double;
    FFuelCost: Double;
  public
    procedure CalculateRoute(Connection: TFDConnection; Distance: Double;
VehicleID, ClientID: Integer);
    function SaveRouteToDB(Connection: TFDConnection): Boolean;
    property RouteTime: Double read FRouteTime;
    property FuelCost: Double read FFuelCost;
  end;

  procedure PlanPendulumRoute(Connection: TFDConnection; Grid: TDBGrid; Distance:
Double; VehicleID, ClientID: Integer);

implementation

procedure TRoute.CalculateRoute(Connection: TFDConnection; Distance: Double;
VehicleID, ClientID: Integer);
var
  Query: TFDQuery;
begin
  FDistance := Distance;
  FVehicleID := VehicleID;
  FClientID := ClientID;
  Query := TFDQuery.Create(nil);

```

```

try
    Query.Connection := Connection;
    Query.SQL.Text := 'SELECT Speed, FuelConsumption FROM Vehicles WHERE ID =
:VehicleID';
    Query.ParamByName('VehicleID').AsInteger := VehicleID;
    Query.Open;
    if not Query.IsEmpty then
    begin
        // Обчислення за моделлю 1.7.1
        FRouteTime := Distance / Query.FieldByName('Speed').AsFloat + 0.5 + 0.3; //
Час навантаження/розвантаження
        FFuelCost := Distance * Query.FieldByName('FuelConsumption').AsFloat / 100;
    end;
finally
    Query.Free;
end;
end;

```

```

function TRoute.SaveRouteToDB(Connection: TFDConnection): Boolean;
var
    Query: TFDQuery;
begin
    Result := False;
    Query := TFDQuery.Create(nil);
    try
        Query.Connection := Connection;
        Query.SQL.Text := 'INSERT INTO Routes (Type, Distance, LoadTime, UnloadTime,
VehicleID, ClientID, RouteTime, FuelCost) ' +
            'VALUES (:Type, :Distance, :LoadTime, :UnloadTime,
:VehicleID, :ClientID, :RouteTime, :FuelCost)';
        Query.ParamByName('Type').AsString := 'Pendulum';
        Query.ParamByName('Distance').AsFloat := FDistance;
        Query.ParamByName('LoadTime').AsFloat := 0.5;
        Query.ParamByName('UnloadTime').AsFloat := 0.3;
        Query.ParamByName('VehicleID').AsInteger := FVehicleID;
        Query.ParamByName('ClientID').AsInteger := FClientID;
        Query.ParamByName('RouteTime').AsFloat := FRouteTime;
        Query.ParamByName('FuelCost').AsFloat := FFuelCost;
        Query.ExecSQL;
        Result := True;
    finally
        Query.Free;
    end;
end;

```

```

    end;
end;

procedure PlanPendulumRoute(Connection: TFDCConnection; Grid: TDBGrid; Distance:
Double; VehicleID, ClientID: Integer);
var
    Route: TRoute;
    Query: TFDQuery;
begin
    Route := TRoute.Create;
    try
        Query := TFDQuery.Create(nil);
        try
            Query.Connection := Connection;
            Query.SQL.Text := 'SELECT v.Capacity, c.TimeWindows FROM Vehicles v JOIN
Clients c ON c.ID = :ClientID WHERE v.ID = :VehicleID';
            Query.ParamByName('VehicleID').AsInteger := VehicleID;
            Query.ParamByName('ClientID').AsInteger := ClientID;
            Query.Open;
            if Query.IsEmpty or (Query.FieldByName('Capacity').AsFloat < 1.0) then //
Приклад: вантаж 1 т
                raise Exception.Create('Транспорт не підходить за вантажопідйомністю або
часом');
            Route.CalculateRoute(Connection, Distance, VehicleID, ClientID);
            if Route.SaveRouteToDB(Connection) then
                begin
                    Query.SQL.Text := 'SELECT * FROM Routes WHERE VehicleID = :VehicleID';
                    Query.ParamByName('VehicleID').AsInteger := VehicleID;
                    Query.Open;
                    Grid.DataSource.DataSet := Query;
                end;
            finally
                Query.Free;
            end;
        finally
            Route.Free;
        end;
    end;
end;

end.

```

```

procedure PlanRingRoute(Connection: TFDConnection; Points: TArray<String>;
VehicleID: Integer);
var
  ORTools: TORToolsWrapper; // DLL для OR-Tools
  RouteResult: TArray<Integer>;
begin
  ORTools := TORToolsWrapper.Create;
  try
    ORTools.LoadDistanceMatrix(GetDistanceMatrix(Connection, Points));
    ORTools.SetConstraints(GetVehicleConstraints(Connection, VehicleID));
    RouteResult := ORTools.SolveTSP;
    SaveRingRouteToDB(Connection, RouteResult, VehicleID);
    UpdateGrid(Connection, RouteResult);
  finally
    ORTools.Free;
  end;
end;

```

```
unit RouteFormUnit;

interface

uses
  Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Classes, Vcl.Controls,
  Vcl.Forms, Vcl.StdCtrls, Vcl.DBGrids, FireDAC.Stan.Intf, FireDAC.Comp.Client,
  RoutePlanning;

type
  TRouteForm = class(TForm)
    lblDistance: TLabel;
    edtDistance: TEdit;
    lblVehicle: TLabel;
    cmbVehicle: TComboBox;
    lblClient: TLabel;
    cmbClient: TComboBox;
    btnPlan: TButton;
    gridRoutes: TDBGrid;
    FDConnection: TFDConnection;
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure btnPlanClick(Sender: TObject);
  private
    procedure LoadVehicles;
    procedure LoadClients;
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  RouteForm: TRouteForm;

implementation

{$R *.dfm}

procedure TRouteForm.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  // Налаштування підключення до PostgreSQL
  FDConnection.DriverName := 'PG';
```

```

FDConnection.Params.Database := 'AtlasAutoTransDB';
FDConnection.Params.UserName := 'user';
FDConnection.Params.Password := 'password';
FDConnection.Connected := True;

LoadVehicles;
LoadClients;
end;

procedure TRouteForm.LoadVehicles;
var
    Query: TFDQuery;
begin
    Query := TFDQuery.Create(nil);
    try
        Query.Connection := FDConnection;
        Query.SQL.Text := 'SELECT ID, LicensePlate FROM Vehicles';
        Query.Open;
        cmbVehicle.Items.Clear;
        while not Query.Eof do
            begin
                cmbVehicle.Items.AddObject(Query.FieldName('LicensePlate').AsString,
                                            TObject(Query.FieldName('ID').AsInteger));
                Query.Next;
            end;
        finally
            Query.Free;
        end;
    end;
end;

procedure TRouteForm.LoadClients;
var
    Query: TFDQuery;
begin
    Query := TFDQuery.Create(nil);
    try
        Query.Connection := FDConnection;
        Query.SQL.Text := 'SELECT ID, Name FROM Clients';
        Query.Open;
        cmbClient.Items.Clear;
        while not Query.Eof do
            begin

```



```

        cmbClient.Items.AddObject(Query.FieldName('Name').AsString,
                                   TObject(Query.FieldName('ID').AsInteger));
        Query.Next;
    end;
finally
    Query.Free;
end;
end;

procedure TRouteForm.btnPlanClick(Sender: TObject);
var
    Distance: Double;
    VehicleID, ClientID: Integer;
begin
    if not TryStrToFloat(edtDistance.Text, Distance) then
        raise Exception.Create('Некоректна відстань');
    if (cmbVehicle.ItemIndex = -1) or (cmbClient.ItemIndex = -1) then
        raise Exception.Create('Оберіть транспорт і клієнта');

    VehicleID := Integer(cmbVehicle.Items.Objects[cmbVehicle.ItemIndex]);
    ClientID := Integer(cmbClient.Items.Objects[cmbClient.ItemIndex]);

    PlanPendulumRoute(FDConnection, gridRoutes, Distance, VehicleID, ClientID);
end;

end.

unit ClientVisitFormUnit;

interface

uses
    Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Classes, Vcl.Controls,
    Vcl.Forms, Vcl.StdCtrls, Vcl.DBGrids, Vcl.ComCtrls, FireDAC.Stan.Intf,
    FireDAC.Comp.Client;

type
    TClientVisitForm = class(TForm)
        lblVehicle: TLabel;
        cmbVehicle: TComboBox;
        lblDate: TLabel;
        dtpDate: TDateTimePicker;
    end;

```

```

    btnRefresh: TButton;
    gridVisits: TDBGrid;
    FDConnection: TFDConnection;
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure btnRefreshClick(Sender: TObject);
private
    procedure LoadVehicles;
    procedure UpdateVisitReport;
public
    { Public declarations }
end;

var
    ClientVisitForm: TClientVisitForm;

implementation
procedure TClientVisitForm.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    FDConnection.DriverName := 'PG';
    FDConnection.Params.Database := 'AtlasAutoTransDB';
    FDConnection.Params.UserName := 'user';
    FDConnection.Params.Password := 'password';
    FDConnection.Connected := True;

    LoadVehicles;
    dtpDate.Date := Date; // Встановлюємо поточну дату
end;

procedure TClientVisitForm.LoadVehicles;
var
    Query: TFDQuery;
begin
    Query := TFDQuery.Create(nil);
    try
        Query.Connection := FDConnection;
        Query.SQL.Text := 'SELECT ID, LicensePlate FROM Vehicles';
        Query.Open;
        cmbVehicle.Items.Clear;
        while not Query.Eof do
            begin
                cmbVehicle.Items.AddObject(Query.FieldName('LicensePlate').AsString,
                    TObject(Query.FieldName('ID').AsInteger));
            end;
    except
    end;
end;

```

```

        Query.Next;
    end;
finally
    Query.Free;
end;
end;

procedure TClientVisitForm.btnRefreshClick(Sender: TObject);
begin
    if cmbVehicle.ItemIndex = -1 then
        raise Exception.Create('Оберіть транспорт');

    UpdateVisitReport;
end;

procedure TClientVisitForm.UpdateVisitReport;
var
    Query: TFDQuery;
    VehicleID: Integer;
    SelectedDate: TDateTime;
begin
    VehicleID := Integer(cmbVehicle.Items.Objects[cmbVehicle.ItemIndex]);
    SelectedDate := dtpDate.Date;

    Query := TFDQuery.Create(nil);
    try
        Query.Connection := FDConnection;
        Query.SQL.Text := 'SELECT r.ID, c.Name, r.VisitDateTime ' +
            'FROM Routes r JOIN Clients c ON r.ClientID = c.ID ' +
            'WHERE r.VehicleID = :VehicleID AND DATE(r.VisitDateTime) =
:Date';
        Query.ParamByName('VehicleID').AsInteger := VehicleID;
        Query.ParamByName('Date').AsDate := SelectedDate;
        Query.Open;
        gridVisits.DataSource.DataSet := Query;
    finally
        Query.Free;
    end;
end;

end.

```