

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАФТОПРОДУКТАМИ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ****Н. В. Рилова, С. А. Расторопов, Б. О. Рилов**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: rylovanataly@ Rambler.ru

Запропоновано інформаційну технологію підтримки процесу забезпечення нафтопродуктами автозаправних станцій, яка розроблена з урахуванням структури мереж АЗС, процесів логістики поставок нафтопродуктів на АЗС. Описана схема архітектури розробленої інформаційної системи підтримки рішень, модулі якої можна поділити на чотири класи: модуль алгоритмів; основний модуль, що містить реалізацію взаємодії з базою даних, сервіси, що використовують модуль алгоритмів для формування списку рекомендованих поставок; автоматизоване робоче місце диспетчера; програмний інтерфейс системи. Розроблено математичну модель, метод і алгоритми, що дозволяють виконувати розподіл ресурсів з урахуванням попереднього попиту, мінімізувати транспортні витрати та мати можливість динамічного перепланування в разі виникнення непередбачених обставин. Покращено метод планування поставок палива шляхом використання прогнозної моделі, що дозволяє вибрати найбільш ефективне рішення з альтернативних на даний момент часу, здатної оцінити потребу будь-якого виду палива на будь-якій АЗС на період часу.

Ключові слова: моделі, графік постачання, логістика, автозаправні станції, реалізація програмного забезпечення DSS.

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
НЕФТЕПРОДУКТАМИ АВТОЗАПРАВНЫХ СТАНЦИЙ****Н. В. Рылова, Е. А. Расторопов, Б. А. Рылов**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: rylovanataly@ Rambler.ru

Предложена информационная технология поддержки процесса обеспечения нефтепродуктами автозаправочных станций, разработанная с учётом структуры сетей АЗС, процессов логистики поставок нефтепродуктов на АЗС. Описана схема архитектуры разработанной информационной системы поддержки решений, модули которой можно поделить на четыре класса: модуль алгоритмов; основной модуль, содержащий реализацию взаимодействия с базой данных, сервисы, использующие модуль алгоритмов для формирования списка рекомендованных поставок; автоматизированное рабочее место диспетчера; программный интерфейс системы. Разработана математическая модель, метод и алгоритмы, позволяющие выполнять распределение ресурсов с учётом предыдущего спроса, минимизировать транспортные затраты и иметь возможность динамического перепланирования в случае возникновения непредвиденных обстоятельств. Улучшен метод планирования поставок топлива путем использования прогнозной модели, позволяющей выбрать наиболее эффективное решение из альтернативных на данный момент времени, способной оценить потребность любого вида топлива на любой АЗС на период времени.

Ключевые слова: модели, график поставок, логистика, автозаправочные станции, реализация программного обеспечения DSS.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Високі вимоги до якості кінцевого продукту промислового виробництва, безперервне подорожання паливно-сиро-винних ресурсів, велика частка в собівартості продукції витрачених на етапі виробництва енергоресурсів визначають необхідність впровадження нових технологій, як в безпосередньому виробництві, так і у вирішенні організаційних питань, які зачіпають всю інфраструктуру підприємства. Промислове виробництво характеризується переміщенням великих обсягів важких і специфічних за фізичними та хімічними характеристиками вантажів, різноманітністю операцій і технічних засобів, що використовуються [1].

Управління вантажоперевезеннями є складним трудомістким процесом. Основним завданням є вирішення таких питань як визначення оптимального маршруту, зниження фінансових витрат та прискорення перевезень. Найбільш критичними є помилки при вирішенні завдань: планування завантаження (недовантаження, простої), планування маршрутів, моніторинг місцезнаходження, стан транспортних засобів та планування маршрутів [2].

Для діагностики нерівномірних завантажень процесів, обладнання та персоналу може бути використано імітаційне моделювання, операційний аналіз імовірнісних мереж [3] і метод аналізу вузьких місць мультиагентної моделі, застосований для технологічних, логістичних та бізнес-процесів. При проектуванні систем планування ланцюгів поставок важливо вести контроль термінів виконання поставок і виконання окремих замовлень, діагностувати вузькі місця, що виникають у транспортній мережі та логістичних центрах [4].

Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень (СППР) характеризуються здібністю до накопичення досвіду та адаптації до змін в особливостях задачі, що вирішується. Вони не тільки дозволяють менш кваліфікованому персоналу проводити діагностування з прийнятною надійністю, але й допомагають досвідченим спеціалістам детально аналізувати ситуацію та підвищувати ефективність рішень, що приймаються [5].

Аналіз, планування та моделювання процесів логістики займає значну частину процесу роботи ме-

реж автозаправних станцій. Організація поставок і системи перевезень є значною за розміром задачею, яка складається з довгострокового і короткострокового планування перевезень, а також оперативного управління транспортними засобами і вирішення задачі диспетчеризації. Для рішення задач диспетчеризації застосовуються чисельні методи та евристичні підходи [6].

Одним із способів вирішення таких задач є використання інформаційної системи підтримки прийняття на основі ефективної моделі, яка буде враховувати значний набір даних (попит, об'єми перевезень, стан та розміщення транспортних засобів, наявність решти палива в транспортних засобах, розміщення АЗС, темпи споживання в залежності від часу та дня тижня) та мати можливість динамічного перепланування при виникненні непередбачених обставин.

Метою роботи є підвищення ефективності планування поставок нафтопродуктів на АЗС, шляхом розробки математичних моделей та методів, які дозволять виконати розподілення ресурсів з врахуванням попереднього попиту, мінімізувати транспортні витрати, та мати можливість динамічного перепланування у разі виникнення непередбачених обставин.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.
Специфіка ланцюгів поставок мереж автозаправних станцій. Транспортна система компанії, що займається забезпеченням нафтопродуктів, містить наступні компоненти:

1) автозаправні станції (АЗС, автоматичні АЗС (ААЗС));

2) парк бензовозів (власні та орендовані бензовози);

3) нафтобази, з якими укладені договори щодо забезпечення ПММ;

4) список маршрутів переміщення бензовозів від нафтобаз до АЗС;

5) список видів палива що реалізуються.

Компанії, які займаються забезпеченням нафтопродуктів, можуть мати у власності свої нафтобази або користуватися послугами інших. Вартість закупівлі нафтопродуктів на сторонніх нафтобазах вище, ніж на власній нафтобазі компанії, але залучення сторонніх нафтобаз потрібно в наступних випадках:

– ряд АЗС компанії знаходиться на значній віддаленій відстані від своїх нафтобаз, так що компанії вигідніше закуповувати паливо на ближчих до АЗС паливних складах;

– деякі види палива, які реалізуються на АЗС компанії, відсутні на своїх нафтобазах, тому компанії потрібні додаткові джерела палива для забезпечення мережі;

– в силу складності процесу забезпечення нафтобаз (перебої в поставках з нафтопереробних заводів (НПЗ) і непередбачуваності графіка транспортування на залізниці), а також неузгодженості в динаміці споживання палива на мережі АЗС й обсягів поставок на нафтобази з НПЗ життєво необхідно малим і середнім мережам АЗС взаємодіяти з нафтобазами більших гравців (найчастіше це вертикально-інтегровані нафтові компанії (ВІНК)). Комплекси програм, що використовуються, мають ряд недолі-

ків, які обмежують або виключають можливість їх застосування при вирішенні задачі проектування системи управління вантажоперевезеннями:

1) не вирішується завдання перепланування завантаження транспортного засобу (в разі приходу нового замовлення);

2) при плануванні маршруту не застосовуються знання фахівців;

3) не вирішується завдання перепланування маршруту транспортного засобу в разі появи нового замовлення.

В результаті проведеного порівняння засобів і методів планування, аналізу і моделювання процесів логістики показано, що існуючі програмні засоби та методи не орієнтовані на вирішення завдання планування забезпечення нафтопродуктами мережі АЗС з урахуванням їх активного розвитку. За останнє десятиліття активно йде автоматизація мереж АЗС, яка дає можливість доступу до даних у реальному масштабі часу, що дозволяє інакше і з новими підходами подивитись на рішення задачі планування забезпечення нафтопродуктами мережі АЗС.

За основу такого підходу пропонується використовувати імітаційне моделювання. Перевагами методів імітаційного моделювання є: комплексність вирішення, можливість обліку різноманітних стохастичних і випадкових факторів, облік знань предметних фахівців, складання бази рішень, облік динаміки процесів, можливість інтеграції з евристичними і чисельними методами оптимізації. Перевагами методів імітаційного моделювання є висока ресурсомісткість постановки експериментів. Використання імітаційного моделювання дозволяє визначити вплив різних чинників на результати вирішення завдань, в тому числі тих, які складно врахувати з використанням окремих методів вирішення кожної підзадачі або етапу виконання завдання.

Огляд існуючих методів для планування перевезень і розподілу ресурсів. Транспортна задача є близьким методом для вирішення задачі планування забезпечення нафтопродуктами АЗС. Завдання планування розвезення палива у такому разі зводиться до класичної транспортної задачі. Транспортна задача – це математична задача лінійного програмування спеціального вигляду про пошук оптимально розподілених однорідних об'єктів з акумулятора до приймачів з мінімізацією витрат на переміщення [7, 8].

Мета транспортної задачі – скласти такий план перевезень, при якому:

1) сумарні витрати на перевезення вантажу будуть мінімальні;

2) за можливістю будуть задіяні всі потужності постачальників;

3) за можливістю буде задоволений весь попит споживачів.

Закрита модель транспортної задачі – це модель, в якій сумарна потужність постачальників дорівнює сумарному попиту споживачів. В іншому випадку модель називається відкритою [9]. В силу того, що в більшості випадків обсяг палива на нафтобазах перевищує обсяг потреб на АЗС, а в окремих випадках спостерігається нестача палива, то дана задача з правильним балансом.

У процесі вирішення відкрита модель зводиться до закритої. До чинників, що обмежують застосування транспортної задачі, для вирішення задачі планування розвезення палива відносяться:

- 1) кратність обсягу перевезення вантажу повинна бути кратна об'єму секції;
- 2) вантажі не є однорідними і кожен вантаж (в залежності від виду палива) може транспортуватися в одній секції бензовозу;
- 3) не враховується послідовність вивантаження палива бензовозом (в залежності від конструктивних особливостей зливних пристроїв черговість зливу секцій може відрізнятися);
- 4) відсутня складова часу початку і завершення рейсів, часу завантаження/розвантаження;
- 5) відсутній поділ на види вантажів або їх маркування (види палива (наприклад, 92, 95, 98, ДП, 80));
- 6) не враховується наявність у бензовоза декількох секцій;
- 7) не враховуються фізичні обмеження бензовозів за обслуговуванням АЗС;
- 8) відсутня можливість врахувати побажання бензовозів за обслуговуванням АЗС;
- 9) не враховується можливість обслуговування близьких АЗС одним бензовозом за рейс.

Розробка Моделі Задачі Планування Забезпечення Нафтопродуктами Мережі Автозаправних Станцій. Загальна задача планування процесу постачання логістичної мережі полягає у визначенні плану постачання до початку робочої зміни [6]. План постачання має вигляд:

$$P_x = \langle AZS_n^s(O_s), NB_n^d, M_h, B_w^z, T_{x0}, T_{x1} \rangle, \quad (1)$$

де n -а АЗС, s – індекс ємності; O_s – об'єм поставки палива в ємність на АЗС; NB – нафтобаза (u – індекс нафтобази, d – індекс ємності на нафтобазі); M_h – маршрут h -го перевезення; B_w^z – бензовоз (w – індекс бензовоза, z – індекс ємності бензовоза), що виконує x -те перевезення; T_{x0} – час початку і T_{x1} – час завершення виконання x -го перевезення.

План повинен бути ефективним за критерієм сумарних витрат на x -те перевезення:

$$V_x = \sum V_{xi}, \quad (2)$$

де V_{x1} – вартість перевезення за маршрутом M_x ; V_{x2} – величина упущеного прибутку під час черг на логістичних центрах; V_{x3} – витрати на завантаження та розвантаження логістичних складів V_{x4} та інші витрати при виконанні x -го перевезення.

$$V_n^{\text{витрати-продаж}} = \begin{cases} \sum_{t=t_{\text{поч. простою}}}^{t_{\text{зак. простою}}} \sum_{r=1}^{\text{вид палива } k_n} v_n^{\text{одиниці палива}} o_n^{\text{сер. об'єм продаж}}(t) \\ \sum_{t=t_{\text{поч. розв.}}}^{t_{\text{зак. розв.}}} \sum_{r=1}^{\text{вид палива } k_n} v_n^{\text{одиниці палива}} o_n^{\text{сер. об'єм продаж}}(t) \end{cases}, \quad (4)$$

Розробка Методу Планування Поставок Нафтопродуктів На Автозаправні Станції. Виділено наступні вимоги до методу розвезення палива:

- 1) динамічне моделювання процесів логістичного ланцюга:
 - різні типи ресурсів, заявки, черги заявок, конфлікти на ресурсах;
 - облік часу, відстаней;
 - аналіз вузьких місць.
- 2) складання плану перевезень:
 - розподіл замовлень за транспортними засобами;
 - врахування переваг (евристик) диспетчерів і фахівців з логістики.
- 3) підтримка повного циклу управління:
 - реакція на зовнішню подію;
 - планування/диспетчеризація.

Аналіз методів вирішення транспортної задачі дозволяє зробити висновок про те, що найбільш підходящим для подальшої розробки є метод мінімальної вартості. Даний підхід взятий в основу методу планування розвезення палива для системи підтримки прийняття рішень.

Після розподілення кожного виду палива між АЗС, можна почати розподілення автомобілів з урахуванням об'ємів їх ємностей та наявності секцій для мінімізації транспортних витрат.

За основу математичної постановки задачі взята транспортна задача. Паливо зосереджено в у постачальників (нафтобаз) у обсягах k_1, k_2, \dots, k_z . Дане паливо необхідно доставити d споживачам (АЗС) в обсягах c_1, c_2, \dots, c_d . Відомі $v_{xn}, x = 1, 2, \dots, z; n = 1, 2, \dots, d$ – вартості перевезення одиниць палива від кожного x -го постачальника кожному n -му споживачеві.

Цільова функція задачі розвезення палива має наступний вигляд:

$$\sum_{x=1}^z \sum_{n=1}^d (v_{xn} q_{xn} + V_n^{\text{витрати продаж}}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

де $q_{xn} \geq 0, x = 1, 2, \dots, z; n = 1, 2, \dots, d$.

Додатковою змінною, яка істотно позначається на вирішенні задачі є витрати, пов'язані з простоями АЗС (коли паливо закінчилося) і з втраченим прибутком при зливі палива бензовозом на АЗС. Дана змінна ($V_n^{\text{витрати-продаж}}$) залежить від попиту (середнього обсягу продаж) на паливо в даному проміжку часу:

де $t_{\text{поч.простою}}$ – час початку простою АЗС; $t_{\text{зак.простою}}$ – час закінчення простою АЗС; $\text{вид палива } k_n$ – види палива на n -й АЗС (в залежності від ситуацій та регламенту роботи АЗС втрати продаж можуть бути за всіма паливними колонками та всіма видами палива АЗС); $v_n^{\text{одиниці палива}}$ – вартість одиниці палива на АЗС; $\sigma_n^{\text{сер.об'єм продаж}}(t)$ – середній об'єм продаж на АЗС; $t_{\text{поч.розв.}}$ – час початку розвантаження палива бензовозом на АЗС; $t_{\text{зак.розв.}}$ – час закінчення розвантаження палива на АЗС.

Система обмежень задачі складається з основних груп рівнянь, що направлені на розподілення палива між АЗС та нафтобазами:

$$\sum_{n=1}^d q_{xn} = k_n, \quad x = 1, 2, \dots, z, \quad (5)$$

де k_n – запаси на нафтобазах які планується розвинути:

$$\sum_{x=1}^z q_{xn} = c_n, \quad n = 1, 2, \dots, d, \quad (6)$$

де c_n – обсяг замовлень на АЗС.

Метод складається з наступних етапів:

1. Визначення початкових умов задачі планування (актуалізація залишків палива на АЗС і НБ, діючого парку бензовозів, стратегій розвезення палива з НБ).

2. Генерація інформаційних структур, відповідних замовлень від мережі споживачів продукції, на підставі інформації про поточний стан запасів ресурсів на складах (нафтобазах, АЗС).

3. Побудова матриці і рішення транспортної задачі в частині визначення обсягу поставок з нафтобаз до АЗС (без прив'язки до бензовозів). Визначення для кожного замовлення (потреби на поставку палива) постачальника (складу/логістичного центру – нафтобази).

4. Обробка рішення з транспортної задачі 1: ранжування всіх потреб (визначення найбільш термінових потреб – що веземо раніше, а що пізніше) – згідно пріоритетності.

5. Обробка рішення з транспортної задачі 2: формування рейсів (плану розвезення). На даному етапі використовується алгоритм, що працює з базою знань, яка враховує фізичні обмеження АЗС і бензовозів (за їх сумісництвом і можливості обслуговування), а також переваги щодо застосування.

а. Закріплення за кожним замовленням транспортного засобу і визначення часу виконання (часів початку і закінчення рейсу).

б. Перевірка завантаження всіх секцій бензовоза. У разі недовантаження секції(й) бензовоза замовленнями з однієї АЗС, виконується дозавантаження замовленнями з близьких АЗС.

6. Перевірка плану фахівцем з логістики диспетчером.

7. Ручне, автоматизоване або автоматичне коректування плану розвезення експертом (диспетчером,

ОПР). Коригування може застосовуватися в позаштатних ситуаціях, пов'язаних з завданнями диспетчеризації.

Ефективність роботи методу безпосередньо залежить від адекватності моделі і вихідних даних. Для вирішення завдання, підвищення ефективності методу, пропонується інтегрувати/завантажувати вихідні дані з корпоративної інформаційної системи підприємства. До таких даних належать наступні: парк транспортних засобів, поточний стан ресурсів на складах і логістичних пунктах, дані про маршрути [10]. Вихідні дані можна завантажувати з системи планування ресурсів підприємства і з системи моніторингу парку транспортних засобів.

Розробка Алгоритмів Планування Поставок Нафтопродуктів Для Системи Підтримки Прийняття Рішень. В предметній області логістичної системи, яка займається плануванням поставок нафтопродуктів на АЗС виділено такі сутності: транспортні засоби, логістичні пункти (пункти завантаження і розвантаження – нафтобази, АЗС, гаражі). Система підтримки прийняття рішень повинна вирішувати наступні задачі: аналіз потреб в поставках палива, планування роботи бензовозів (розподілення вантажу за транспортними засобами з урахуванням термінів поставок) з урахуванням технічних особливостей та фізичних обмежень як самих бензовозів так і АЗС.

Формування розкладу руху бензовозів для нової зміни здійснюється наступним чином:

Початок.

Крок 1. Вибірка замовлень, що підтвержені диспетчером.

Крок 2. Формування коефіцієнтів для транспортної задачі з урахуванням евристик.

Крок 3. Розподілення палива за допомогою алгоритму транспортної задачі.

Крок 4. Доповнення записів замовлень результатами попереднього кроку: номером ємності на нафтобазі та об'ємом палива для постачання.

Крок 5. Вибірка даних про бензовози, які можуть використовуватися для нових замовлень.

Крок 6. Ранжування замовлень згідно пріоритетів.

Крок 7. Розподілення бензовозів за замовленнями.

Крок 8. Збереження розкладу руху.

Кінець.

Динамічний перерозподіл заявок на паливо та графіку руху бензовозів при виникненні непередбачуваних подій відбувається наступним чином:

Початок.

Крок 1. Оновлення стану бензовозів.

Крок 2. Фіксація виконаних замовлень.

Крок 3. Оновлення стану замовлень, які виконуються в даний момент.

Крок 4. Виклик алгоритму формування розкладу руху бензовозів.

Крок 5. Збереження оновленого розкладу руху бензовозів.

Кінець.

На рис. 1 поданий алгоритм для ситуації «поламався бензовоз, залишились рейси з терміновими замовленнями».

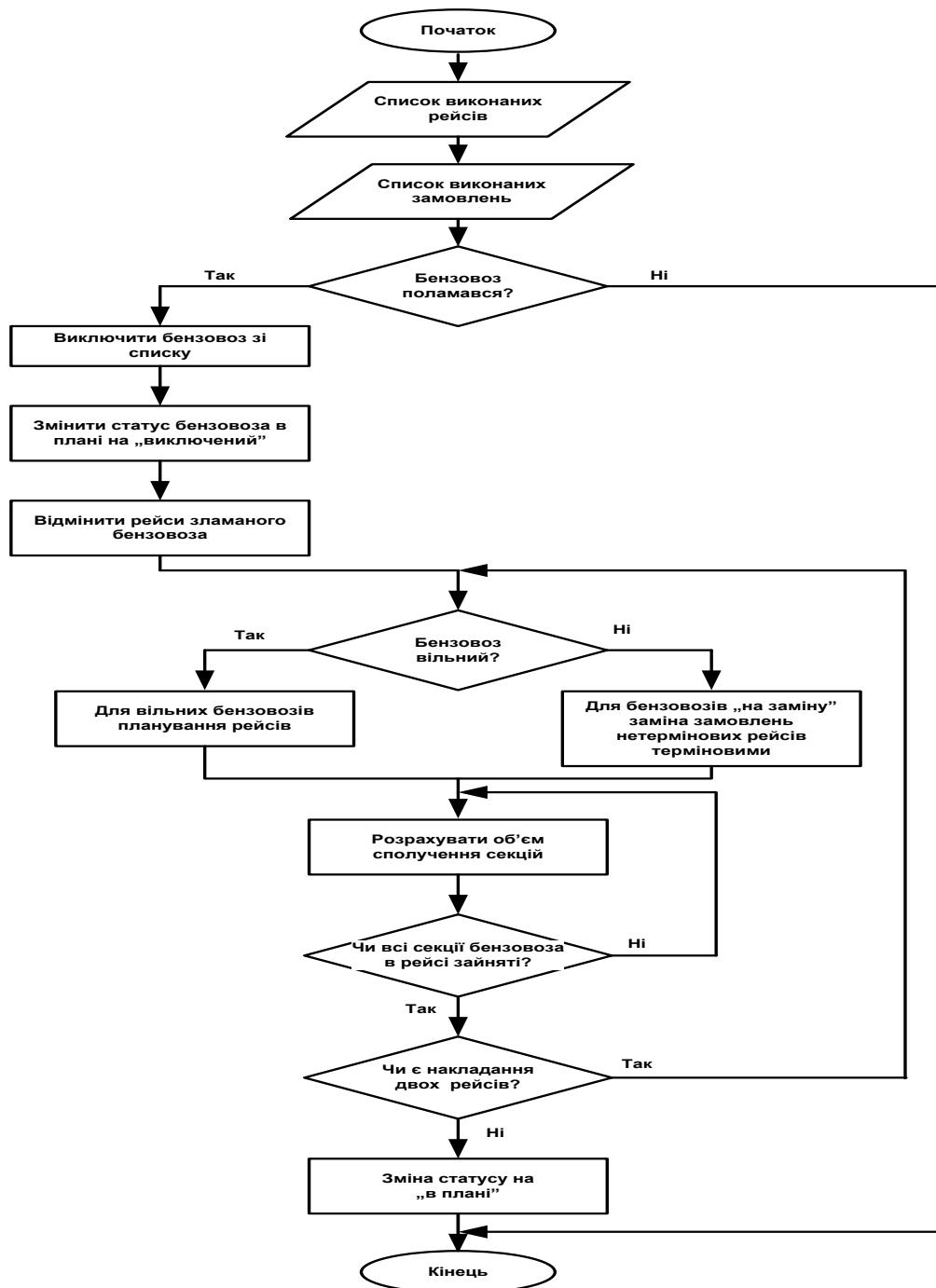


Рисунок 1 – Алгоритм для ситуації «Поламався бензовоз, залишилися рейси з терміновими замовленнями»

Розробка Концептуальної Схеми Інформаційної Технології. В результаті аналізу предметної області забезпечення нафтопродуктами автозаправних станцій виділено основні сутності та їх параметри:

- АЗС – відповідає за збереження інформації про автозаправну станцію, її адресу та розміщення;
- ємність на АЗС – містить інформацію про максимальний об’єм та тип палива;
- таблиця моніторингу АЗС містить запис про поточний залишок палива в ємності на АЗС. Вона необхідна для аналізу потреб з урахуванням споживання і для візуалізації графіку поточного об’єму палива;
- ємність на нафтобазі – інформація про резервуар з паливом на нафтобазі;

- запис моніторингу нафтобази – містить історичну інформацію про об’єми палива кожного виду на нафтобазі. Необхідна для організації автоматичного моніторингу поточного об’єму палива на нафтобазі;

- маршрут – записи про відстань маршруту від АЗС до нафтобази, довідникова таблиця, яка використовується для вирахування вартості доставки палива на ту чи іншу АЗС;

- бензовоз – інформація про автомобіль, який виконує розвезення палива, містить інформацію про марку, об’єм цистерни, та вартість експлуатації автомобіля за одиницю довжини маршруту;

– заявка на постачання палива містить інформацію про ємність на автозаправній станції та необхідний об'єм для постачання.

На рис. 2 зображено схему бізнес-процесів, які

реалізовані в рамках інформаційної технології забезпечення нафтопродуктами АЗС.

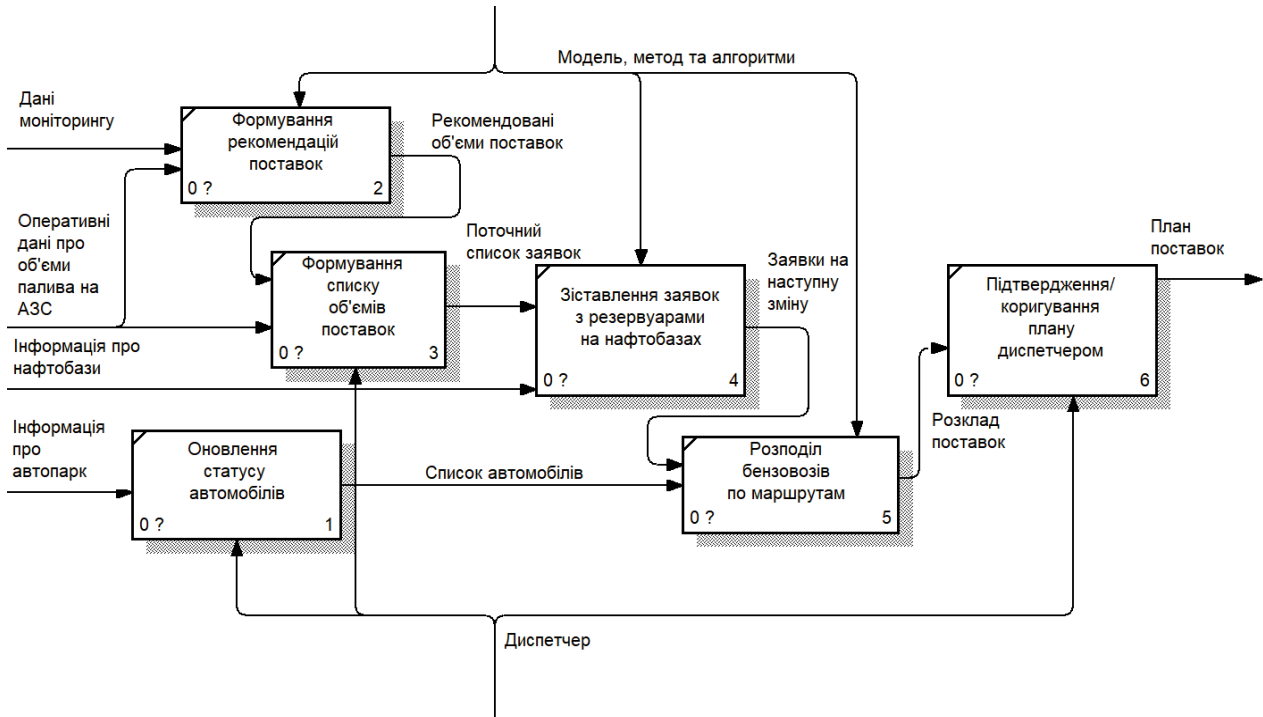


Рисунок 2 – Схема інформаційної технології підтримки процесу забезпечення нафтопродуктами автозаправних станцій

Вхідною інформацією для інформаційної системи являються дані моніторингу, оперативні дані про об'єми палива на автозаправних станціях, інформація про нафтобази та інформація про автопарк.

В процесі роботи інформаційної системи вирішуються такі задачі:

- оновлення диспетчером статусу автомобілів;
- формування рекомендованих поставок на основі даних моніторингу споживання нафтопродуктів;
- формування диспетчером списку поставок на наступну зміну;
- формування розкладу поставок за допомогою алгоритмів інформаційної системи, яке складається з зіставлення резервуару нафтобази з кожною заявкою та розподіл бензовозів за маршрутами;
- ручне підтвердження сформованого плану поставок, за необхідності диспетчер може внести корективи.

Результатом роботи інформаційної системи є готовий план поставок, який складається з розкладу і графіку руху автомобілів для перевезення палива з нафтобаз в резервуар на АЗС.

На рис. 3 зображено схему архітектури розробленої системи підтримки прийняття рішень.

Розроблена система підтримки прийняття рішень містить наступні модулі:

- модуль алгоритмів містить реалізацію запропонованих алгоритмів;
- основний модуль містить реалізацію взаємодії з базою даних, також містить сервіси, які ви-

користують модуль алгоритмів для формування списку рекомендованих поставок та для формування розкладу руху автомобілів для поставок палива на автозаправні станції;

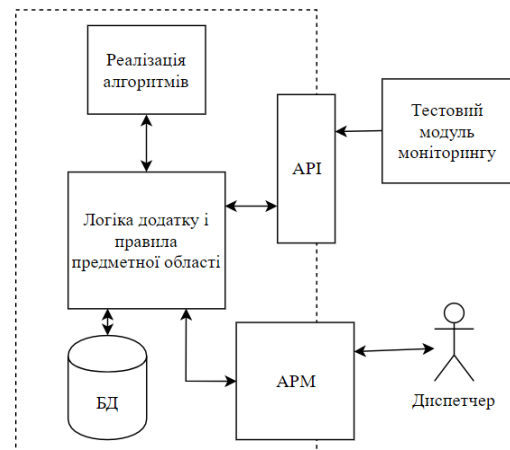


Рисунок 3 – Схема архітектури розробленої інформаційної системи

– автоматизоване робоче місце (АРМ) диспетчера містить сторінки для відображення графічного інтерфейсу. Диспетчер взаємодіє з системою підтримки прийняття рішень за допомогою інтерфейсу АРМ;

– програмний інтерфейс системи – application programming interface (API) реалізовано для взаємодії системи зі сторонніми сервісами моніторингу. Наприклад, інформація про автомобілі,

їх стан, місцезнаходження та поточний об'єм палива в цистернах можуть бути автоматично надіслані відповідним сервісом моніторингу в розроблену систему підтримки прийняття рішень.

Було реалізовано тестовий модуль моніторингу, який, використовуючи API, наповнював інформаційну систему тестовими даними моніторингу, зокрема даними про поточні залишки палива в кожному резервуарі АЗС. Це дозволило побудувати графіки споживання і, використовуючи історичні дані попиту, вирахувати потреби палива на короткий термін.

В якості бази даних використано MongoDB – це орієнтована на роботу зі сторінками даних система управління базами даних з відкритим вихідним кодом, яка не потребує опису схеми таблиць. Класифікується як NoSQL, використовує JSON-подібні документи і схему бази даних.

Для реалізації алгоритмів і бізнес-логіки інформаційної системи було використано статично типізовану мову програмування Kotlin [11].

Для реалізації програмних модулів було використано Spring Framework (або коротко Spring) – це універсальний фреймворк з відкритим вихідним кодом для Java-платформи.

Було реалізовано автоматизоване робоче місце диспетчера логістичного центру підприємства, яке займається забезпеченням нафтопродуктами АЗС.

На головній сторінці є таблиця, яка містить список автозаправних станцій. Кожен рядок представляє собою резервуар на нафтобазі.

Також на головній сторінці присутня таблиця зі списком нафтобаз. Використовуючи цю таблицю, можна налаштувати стратегію розподілення палива для кожного виду палива на нафтобазі.

Після вибору пункту меню «Заявки» відкривається сторінка для управління заявками на паливо. В ній можна переглянути список рекомендованих поставок.

Дана таблиця формується на основі аналізу поточного об'єму палива в резервуарах на нафтобазах та інтенсивності споживання. Кожен елемент таблиці з заявками містить графік споживання, прогноз у днях та рекомендований об'єм поставок. Для того щоб додати заявку на поставку в наступній зміні, необхідно натиснути кнопку «+» навпроти заявки.

При додаванні заявки в список для наступної зміни відкривається діалогове вікно, де можна переглянути інформацію про заявку, та за потреби внести зміни.

Є можливість редагувати кожну заявку та додавати нові. Коли закінчено додавання заявок на наступну зміну, необхідно натиснути на кнопку «Сформувати план» для того щоб викликати алгоритм розподілення об'ємів палива з нафтобаз і розподілення транспортних засобів за маршрутами.

Створений план поставок палива на наступну зміну можна переглянути на сторінці «План поставок» головного меню. Сформований план поставок містить таблицю, де за кожним бензовозом закріплено маршрут, вказані нафтобаза та АЗС, тип палива та об'єм палива, який необхідно вивантажити у вказану ємність на автозаправній станції. На основі

маршруту та характеристик автомобіля вирахувана планована тривалість поставки.

На цій сторінці присутня можливість вивантажити план розвезень у вигляді таблиці Excel або документа pdf, або відразу вивести на друк, натиснувши на одну з відповідних кнопок.

ВИСНОВКИ. Виконано аналіз моделей та методів, що використовуються для вирішення задач за плануванням поставок та розподіленням обмеженого набору ресурсів для поставок. Проаналізовано їх переваги та недоліки. Виявлено значущі фактори й особливості, які впливають на вирішення задачі.

Проаналізовано складові частини предметної області логістики поставок та побудовано схему бізнес-процесів. Розглянуто архітектуру розробленого програмного додатку та засоби розробки, реалізовані програмні модулі інформаційної системи та інтерфейс користувача.

Удосконалено метод динамічного формування плану перевезень для наявного парку бензовозів, що дозволило зменшити витрати на транспортування нафтопродуктів від постачальника до мережі АЗС.

Установлено, що використання запропонованого методу динамічного формування плану перевезень у складі системи підтримки прийняття рішень забезпечує своєчасне виконання плану перевезень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рилова Н. В., Расторопов Є. А. Інформаційна технологія підтримки процесу забезпечення нафтопродуктами автозаправних станцій. *IT-Перспектива: матеріали V всеукраїнської науково-практичної конференції* (Кременчук, 21–22 квітня 2018 р.). Кременчук, 2018. С. 20–22.
2. Давелетьяров Ф. А. Система територіально-го моніторингу в контурі управління нафтяною компанією. *Транспорт и хранение нефтепродуктов*. 2006. Вып. 10–11. С. 2–6.
3. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. Москва: Бестселлер, 2003. 416 с.
4. Вардан Г. Эволюция цепочек поставок: PC Week RE, 2005. Вып. 27 (489). С. 24.
5. Шевченко И. В., Шаповал И. С., Стаценко Т. Д. Модель взаимодействия интеллектуального агента и среды как инструмент мониторинга сложного технико-экономического процесса. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2014. Вып. 5/(88). С. 131–135.
6. Рилова Н. В., Расторопов Є. А. Метод планування процесу забезпечення нафтопродуктами автозаправних станцій. *Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції*, НМІТФ – 2018 (Кременчук, 17–19 травня 2018 р.). Кременчук, 2018. С. 129–131.
7. Галяутдинов Р. Р. Транспортная задача – решение методом потенциалов. URL: <http://galyautdinov.ru/post/transportnaya-zadacha> (дата звернення: 06.03.2018).
8. Исследование операций: том 2 / ред. Дж. Модера, С. Элмаграби. Москва: Мир, 2013. 677 с.

9. Просветов Г. И. Математические методы в логистике: задачи и решения: учебно-практ. пос. Москва: Изд-во «Альфа-Пресс», 2014. 304 с.

10. Аксенов К. А. Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов и системный анализ организационно-технических систем. *Журнал «Вес-*

тник компьютерных и информационных технологий», 2009. Вып. 6. С. 38–45.

11. Language of the Month: Kotlin. URL: <http://www.drdoobs.com/jvm/language-of-the-month-kotlin/232600836?pgno=2> (дата звернення: 08.03.2018).

INFORMATION TECHNOLOGY TO SUPPORT THE PROCESS OF SUPPLYING GAS STATIONS WITH THE PETROLEUM PRODUCTS

N. Rylova, E. Rastoropov, B. Rylov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: rylovanataly@rambler.ru

Purpose. To increase the efficiency of planning the petroleum products supply to gas stations through developing mathematical models and methods that allow to allocate the resources taking into account the previous demand, to minimize transport costs and to make the dynamic re-planning under unforeseen circumstances. **Methodology.** The research methods are based on linear programming theory and random search algorithms. **Findings.** A decision support system model has been developed which allows to optimize a plan for the petroleum products supply to gas stations by considering the vehicles condition, a need for the petroleum products and the gas stations spare resources, the operational situation at tank farms and mutual placement of the transport system objects and consumers. **Originality.** The method of planning for supplying the gas stations network with petroleum products on the basis of transport task has been developed. The algorithms for implementing the method of gas stations network supply in the software application have been developed. The components of the supply logistics subject area have been analyzed and the business processes scheme has been designed. The software application architecture and development tools have been considered, information system software modules and user interface have been implemented. The method of dynamic transportation planning for the existing fuel truck fleet has been improved, that allows reduce the cost of petroleum products transportation from the supplier to the gas station network. **Practical value.** The methodology for efficient gas stations supply with petroleum products and the decision support system for supply planning have been implemented. The fuel delivery planning method has been improved through the predictive model that allows choose the most efficient alternative solution at certain time and evaluate the demand in any type of fuel at any gas station for a period of time. The efficiency of scheduling has been improved by developing the dynamic re-planning method based on evaluation of gas station demand in fuel when the situation in the gas stations network is changed by randomly finding a new optimal solution for fuel trucks allocation on the routes. References 11, figures 3.

Key words: models, supply schedule, logistics, gas stations, DSS software realization.

REFERENCES

1. Rylova, N. V., Rastoropov, E. A. (2018), "Information technology to support the process of supplying gas stations with the petroleum products", *IT-Perspektiva. Zbirnyk naukovykh prats V Vseukrainska naukovo-praktychnoi konferentsii* [IT-Perspective: The scientific works collection in the V all-Ukrainian scientifically-practical conference], Kremenchuk, KrNU, April 21-22, 2018, pp. 20-22.

2. Daveletyrov, F. A. (2006), *Sistema teritorialnogo monitoringa v konture upravleniya neftyanoy kompaniyi* [A territorial monitoring system in the oil company control loop], *Transport i hranenie nefteproductov*, pp. 2–6.

3. Tomashevskiy, V., Zhdanov, E. (2003), *Imitacionnoe modelirovanie v srede GPSS* [Simulation in the GPSS environment], Moscow, Russia.

4. Vardan, G. (2005), *Evolutsiya tsepochek postavoc: PC Week RE* [Supply chains evolution: PC Week RE], 24 p.

5. Shevchenko, I. V., Shapoval, I. S., Statsenko, T. D. (2014), Model vzaimodeystviya intelektualnig agenta I srede kak instrument monitoringa slozhnogo tehniko-ekonomicheskogo protsessa, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National Universit*, no. 88, pp. 131–135 [in Ukrainian].

6. Rylova, N. V., Rastoropov, E. A. (2018), "Semiconductor materials, information technologies and

photovoltaics", *Zbirnyk naukovykh prats V International Scientific and Practical Conference on Semiconductor Materials, Information Technologies and Photovoltaics (SMITP-2018)* [Information Technologies and Photovoltaics: The scientific works collection in the V International Scientific and Practical Conference on Semiconductor Materials], Kremenchuk, KrNU, May 17-19, 2018, pp. 129-131.

7. Galyautdinov, R. R. (2018), The transport problem is a solution by the method of potentials. URL: <http://galyautdinov.ru/post/transportnaya-zadacha> (accessed 06, March 2018).

8. Moudar, Dzh., Elmagrabi, S. (2013), *Issledovanie operatsiy* [Operations research], Mir, Moscow, Russia.

9. Prosvetov, G. I. (2014), "Mathematical methods in logistics: tasks and solutions", *Matematicheskie metody v logistike: zadachi i resheniya*, Alfa-pres, Moscow, Russia.

10. Aksekov, K. A. (2009), "Model of multi-agent process of resource conversion and system analysis of organizational and technical systems", *Transactions of computer and information technologies*. no. 6, pp. 38–45.

11. Language of the Month: Kotlin URL: <http://www.drdoobs.com/jvm/language-of-the-month-kotlin/232600836?pgno=2> (accessed 06, August 2018).

Стаття надійшла 14.05.2018.