УДК 656.073

ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ У МІСТАХ

Кузнецов О.П.

THEORETICAL MODELS OF RATIONAL ARRANGEMENT OF AUTOMOBILE GAS FILLING STATIONS IN CITIES

Kuznetsov O.P.

У роботі обґрунтовано критерій оптимальності місць розташування АГНКС у містах та використання теоретичних моделей розподілу автомобілепотоків на вулично-дорожній мережі, які дозволяють підвищити точність вибору місць розташування АГНКС за рахунок підвищення точності моделювання автомобілепотоків.

Ключові слова: *критерій оптимальності, місця розташування, АГНКС, розподіл автомобілепотоків, моделювання, автомобілепоток.*

Вступ. У теорії і практиці формування інфраструктури автомобільного транспорту у містах значне місце відводиться питанням визначення раціональної кількості і вибору місць розташування пунктів автомобільного сервісу – станцій технічного обслуговування, автозаправних станцій, автомобільних газонаповнювальних станцій (АГНКС). При цьому – спостерігається розбіжність думок дослідників щодо параметрів оцінки варіантів та шляхів вирішення вказаної проблеми. Оптимізація архітектурно-планувальних рішень і розміщення транспортної інфраструктури на території міста глибоко вивчалась на Україні і за її межами. Відносно автомобільного транспорту основними напрямками в цій сфері можна виділити: створення вулично-дорожньої мережі і створення елементів транспортної інфраструктури (автозаправні станції всіх типів, станції технічного обслуговування, гаражі і т. ін.).

Стан питання. В останньому напрямку наукові роботи можна розподілити на дві великі групи: одна частка робіт присвячена оптимізації пропускної спроможності елементів транспортної інфраструктури, а інша – їх оптимальному розміщенню.

Обидва напрямки охоплюють всі аспекти організації транспортної інфраструктури, але головним їх недоліком є той факт, що вони концентрують увагу на поточну ситуацію і стан транспортної системи, але не враховують перспектив її розвитку і можливості комплексного вирішення проблеми. Так, в роботах [1, 2] пропонуються математичні моделі і підходи на основі теорії масового обслуговування для однієї станції технічного обслуговування або автозаправної станції. При цьому метою такої оптимізації є мінімізація сумарних витрат від простою обладнання і простою транспортних засобів в ізольованому елементі транспортної інфраструктури. Такий підхід не може бути застосований до оптимізації транспортної системи в цілому.

При вирішенні питань оптимального розміщення елементів транспортної інфраструктури пропонуються моделі засновані на припущенні про рівномірний розподіл транспортних засобів по території регіону[3, 4, 5]. Хоча ці моделі враховують достатньо широкий перелік факторів, згадане припущення значно зменшує точність прогнозних моделей тому, що не відповідає реальним обставинам і цей факт визнають багато дослідників [6, 7, 8].

В роботах [3, 10, 11, 9, 12] автори, визнаючи необхідність врахування нерівномірності транспортних потоків в часі і просторі, пропонують різні прогнозні моделі розподілу транспортних потоків по вулично-дорожній мережі – ентропійні [3, 9] та кінематичні [10, 11, 12].

Однак, ці моделі описують процес руху транспортних засобів в потоку без урахування мети самого процесу руху, тобто потреби або завдання оператора, що керує транспортним засобом. Тому запропоновані моделі характеризуються великими помилками і не знайшли практичного застосування.

Мета роботи. У роботі розглядається обґрунтування критерію оптимальності місць розташування АГНКС у містах та математичної моделі розподілу автомобілепотоків на вулично-дорожній мережі міст.

Матеріали досліджень. При виборі місць розташування АГНКС виникає трудомістка багатокритеріальна задача оптимізації їхнього місцеположення. При вирішенні цієї задачі треба по-перше, забезпечити максимальну привабливість АГНКС для потенційних користувачів; по-друге, забезпечити мінімальне додаткове екологічне навантаження на місто внаслідок додаткового пробігу автомобілів до пунктів заправки; по-третє, мінімізувати негативний вплив наявності АГНКС на архітектурно-планувальне оформлення території міста; по-четверте, забезпечити максимальну економічну ефективність функціонування самої АГНКС. Дві перші вимоги суперечать двом останнім тому, що вимагають розташування на території міста якомога більшої кількості АГНКС, тоді коли третя вимагає мінімізувати їхню кількість, а остання вимога – знаходження якогось проміжного рішення.

При цьому треба враховувати вплив на зазначені критеріальні показники місць розташування АГНКС відносно існуючих об’єктів міської інфраструктури – гаражів, промислових підприємств, пунктів тяжіння пасажиропотоків, вантажоутворюючих та вантажопоглинаючих пунктів, станцій технічного обслуговування автомобілів, автозаправних станцій. Усі фактори, а також критеріальні відношення, в контексті задачі, що розглядається, можуть бути згруповані в чотири великі групи – екологічні, економічні, технічні, технологічні.

Критерієм ефективності проекту будівництва АГНКС і перспективності того або іншого пункту дислокації АГНКС є питома ефективність реалізації 1м^3 метану, що розраховується за формулою

$$E = \frac{Ц - S_м - Н}{S_м} \tag{1}$$

де $Ц$ – відпускна ціна 1м^3 метану, грн/м^3;
$S_м$ – собівартість 1м^3 метану на виході станції, грн/м^3;
$Н$ – сума податків (на додану вартість, прибуток, землю) у перераховані на 1м^3 метану грн/м^3;

Собівартість заправлення 1м^3 метану розраховується за формулою

$$S_м = S_{енерг} + S_{експл} + З + А + S_в \tag{2}$$

де $S_{енерг}$ – витрати на електроенергію, грн/м^3;
$S_{експл}$ – витрати на поточну експлуатацію устаткування грн/м^3;
$З$ – заробітна плата обслуговуючому персоналу, грн/м^3;
$А$ – амортизація основних фондів, грн/м^3;
$S_в$ – ціна 1м^3 метану на вході в АГНКС, грн/м^3.

Конкретні значення складових собівартості й оцінка проектів може бути виконана після остаточного визначення постачальників устаткування для АГНКС. Щодо другого питання – математичної моделі розподілу автомобілепотоків на вулично-дорожній мережі міст – яке розглядається у роботі, то змістовна постановка задачі розподілу автомобілепотоків у містах полягає в наступному. Є неорієнтована мережа $G(N, P)$ з множиною вузлів N, $n = |N|$ і множиною дуг P, $p = |P|$, на якій задана цілочислена матриця $A = ||a_{ij}||$ nхn одиничних потоків сполучень. Потоки a_{ij} підлягають одноразовій передачі із джерел i у стоки j, $(i,j = 1\ldots n)$ у деяких транспортних пакетах міжвузлових сполучень. Сполучення, що адресовані різним отримувачам, повинні передаватися по мережі в загальних транспортних пакетах із заданою періодичністю. Відомі ємність пакета $w >> a_{ij}$, яка задана кількістю одиниць потоку, що вміщаються в нього, і квант часу відправлення потоків. Потрібно мінімізувати функціонал

$$F = \sum_{i,j \in S} f_{ij}(u_{ij}, d_{ij}) + \sum_{i=1}^{n} f_i(x_i, q_i) + \sum_{i=1}^{n} \phi_i(u_i) \tag{3}$$

при обмеженнях:

$$t_{ij} \le T_{ij}\text{, для всіх } i,j \in S; \tag{4}$$

$$x_i \le h_i,\ i = 1\ldots n, \tag{5}$$

де

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} (x_{ij} + x_{ji}) \tag{6}$$

$$q_i = \sum_{j=1}^{n} \delta i_j; \qquad \begin{matrix} \delta_{ij} = 1, \text{ якщо } u_{ij} \ne 0; & \\ \delta_{ij} = 0, \text{ якщо } u_{ij} = 0; & i = 1..n; \end{matrix} \tag{7}$$

$$u_i = \sum_{j=1}^{n} (u_{ij} + u_{ji}); \qquad i = 1\ldots n, \tag{8}$$

S - множина упорядкованих пар індексів потоків, що визначена на декартовому добутку nхn;

u_{ij} = ceiling $(\frac{x_{ij}}{w})$– потік транспортних блоків з i в j (спочатку всі $x_{ij} = a_{ij}$), ceiling - означає округлення числа до більшого цілого;

d_{ij} – відстань між вузлами i й j;

f_{ij}, f_i, φ_i – у загальному випадку деякі нелінійні й не опуклі функції витрат на передачу й обробку потоків;

t_{ij}, T_{ij} – розрахунковий і заданий час на передачу одиничних потоків з i в j;

h_i – пропускна здатність i-го вузла.

Сформульована задача відноситься до класу комбінаторних задач оптимізації і є NP – повною. Тому для її розв’язання в роботі реалізований наближений метод, заснований на схемі послідовного аналізу варіантів, і ряд евристичних алгоритмів. Розробка евристичних алгоритмів обґрунтована тим, що для реальних комунікаційних мереж досить важко визначити функції f_{ij}, f_i, φ_i, що адекватно характеризують витрати на обробку й передачу потоків.

Однак наведена постановка задачі не припускає можливості вільного вибору водієм маршруту руху, що значно спотворює реальні умови руху на вулично-дорожній мережі. Тому наведена задача має бути доповненою в частині розподілу транспортних потоків по реальній вулично-дорожній мережі. При вирішенні цієї задачі в роботі прийнято припущення, що будь-який водій при виборі маршруту слідування поводиться таким чином, щоб забезпечити максимальну ефективність дорожнього руху в існуючих умовах.

Тоді треба вирішити задачу щодо оптимального розподілу автомобілепотоків на вулично-дорожній мережі, яка полягає в наступному.

Потрібно мінімізувати функціонал

$$F=\sum_{k=1}^{l} f_k((\sum_{\eta,\xi\in q_k}\sum_{i,j\in S} x_{ij,k}^{\eta\xi}),d_k)+\sum_{\beta=1}^{n}\phi_\beta(\sum_{\alpha=1}^{n}\sum_{k=1}^{l}\sum_{i.j\in S}(y_{ij,k}^{\alpha\beta}+y_{ij,k}^{\beta\alpha})), \quad (9)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{\beta=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} y_{ij,k}^{\alpha\beta}-\sum_{\beta=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} y_{ji,k}^{\alpha\beta}=\begin{cases} a_{ij}, \text{при } i=\alpha; \\ 0, \text{при } i\neq\alpha,\ j\neq\alpha; \\ -a_{ij}, \text{при } j=\alpha; \end{cases} \quad (10)$$

для $\alpha = 1..n$, $i,j \in S$;

$$\sum_{\alpha=1}^{n}\sum_{k=1}^{l}\sum_{i,j\in S}(y_{ij,k}^{\alpha\beta}+y_{ij,k}^{\beta\alpha})-\sum_{j=1}^{n}a_{\beta j}-\sum_{j=1}^{n}a_{j\beta}\leq 2b_\beta;\ \ \beta=1...n; \quad (11)$$

$$\sum_{i,j\in S} x_{ij,k}^{\eta\xi}\leq W^k, \text{ для всіх } \eta,\xi\in q_k,\ \ k=1...l; \quad (12)$$

$$(\sum_{\beta=1}^{n}\sum_{i,j\in S}(y_{ij,k}^{\alpha\beta}+y_{ji,k}^{\beta\alpha}))\cdot t^o\leq t_\alpha^k, \alpha\in\nu_k, k=1...l; \quad (13)$$

$$t_{ij}\leq T_{ij},\ \ i,j\in S; \quad (14)$$

$$y_{ij,k}^{\alpha\beta}, x_{ij,k}^{\eta\xi} \text{ – цілі невід'ємні числа.} \quad (15)$$

У виразах (9) – (15) прийняті наступні позначення:

$\{m_k\}$, k = 1..l – множина маршрутів транспортних засобів або каналів зв'язку, кожний з яких складається з послідовності вузлів і топологічних дуг мережі G_M і з'єднує початковий і кінцевий вузли маршруту або каналу зв'язку;

$G_M(N, P_M)$ – маршрутна мережа, де N - множина вузлів мережі, P_M – множина її орієнтованих маршрутних дуг (між будь-якими вузлами i й j мережі G_M існує маршрутна дуга, якщо вони зв'язані хоча б одним маршрутом транспортного засобу з $\{m_k\}$);

А = $||a_{ij}||$ nхn – матриця потоків транспортних пакетів сполучень;

В = $||b_i||$, i = 1...n – вектор пропускних здатностей вузлів по обробці транзитних потоків;

$y_{ij,k}^{\alpha\beta}$ – потік по дузі $p_{\alpha\beta}\in P$ отриманої з маршруту m_k ($y_{ij,k}^{\alpha\beta}$ визначають дугові потоки на маршрутній мережі G_M);

$x_{ij,k}^{\eta\xi}$ – потік по топологічній дузі $p_{\eta\xi}\in P$ на маршруті m_k;

q_k – упорядкована множина дуг з P , що складають маршрут m_k;

ν_k – упорядкована множина вузлів з N на маршруті m_k;

$$\varphi: y_{ij,k}^{\alpha\beta}\to\left\{x_{ij,k}^{\eta\xi}\right\},\ \ p_{\alpha\beta}\in P_M,\ \ p_{\eta\xi}\in P,\ \ i,j\in S,\ \ k=1...l,$$

де φ – деякий оператор, що відображає потік по маршрутній дузі на відповідну підмножину топологічних дуг;

f_k – кусочно-опукла функція, яка визначає залежність

витрат від кількості транспортних пакетів, переданих по маршруту m_k і довжини маршруту d_k;

ϕ_β – нелінійна функція витрат на обробку транспортних пакетів у вузлі β;

W^k – пропускна здатність маршруту m_k;

t^o – час на пропуск одного пакету транспортних засобів;

t_α^k – обмеження на час стоянки транспортного засобу на маршруті m_k у вузлі α;

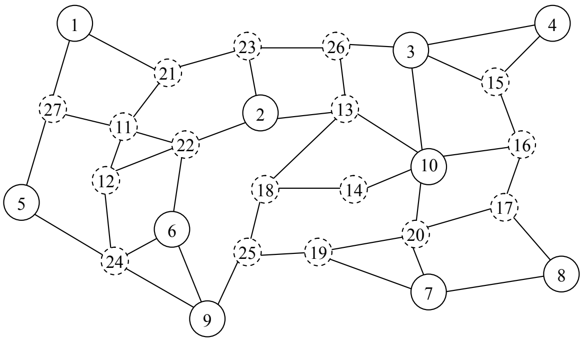
t_{ij}, T_{ij} – розрахунковий і заданий час передачі пакетів транспортних засобів із i в j.

Умови (10) забезпечують нерозривність потоку, а (11) – (14) являють собою відповідно обмеження на пропускні здатності вузлів, пропускні здатності маршрутів, час на перекомутацію транзитних пакетів транспортних засобів у всіх вузлах кожного маршруту.

Сформульована задача відноситься до класу дискретних мультіпотокових задач із нелінійним і не опуклим функціоналом. Задачі такого типу є *NP* – повними і для їх розв'язку невідомі точні поліноміально обмежені за трудомісткістю алгоритми. У зв'язку із цим, у роботі запропоновано евристичний алгоритм вирішення цієї задачі, який полягає в наступному.

На моделі вулично-дорожної мережі (рис.) експертним методом визначаються основні (потокоствbooрюючі й потокопоглинаючі) вузли, що підлягають обов'язковому обстеженню (вони позначені фігурами із суцільною лінією контуру). До їхнього числа обов'язково включаються периферійні перехрестя на основних магістралях в'їзду/виїзду з міста. Для визначення загальна кількість таких вузлів покладаемо – один вузол на 40-50 тисяч жителів.

У цих пунктах візуальним способом у «годину пік» визначаються інтенсивність, склад і напрямки руху транспортного потоку. Після обробки даних обстежень сумарні вхідні в кожен вузол транспортні потоки становлять ємності вузлів за прибуттям, а сумарні вихідні транспортні потоки – ємності вузлів за відправленням.



9 – вузол вулично-дорожної мережі, в якому проводиться обстеження автомобілепотоків;

24 – вузол вулично-дорожної мережі, в якому не проводиться обстеження автомобілепотоків

Рис. Фізична модель вулично-дорожньої мережі

Для прогнозування величини автомобілепотоків на ділянках вулично-дорожної мережі, не охоплених обстеженням, використовується гравітаційна модель, що побудована на підставі наступної гіпотези [13]

$$b_{ij} = k \cdot HO_i \cdot HP_j \cdot f(C_{ij}) \qquad (16)$$

де b_{ij} – ідеальні кореспонденції між районами;

HO_i – обсяг виїзду з району i;

HP_j – обсяг прибуття в район j;

$f(C_{ij})$ – деяка функція повних витрат пасажирів на пересування з району i у район j;

k – деяка константа.

Співвідношення (16) повинне виконуватися спільно з наступними обмеженнями

$$\sum_{j=1}^{n} b_{ij} = HO_i \qquad (17)$$

$$\sum_{i=1}^{n} b_{ij} = HP_j \qquad (18)$$

де n – кількість районів.

Стандартна гравітаційна модель може бути виражена математично в такий спосіб [13]

$$h_{ij} = \frac{HO_i \cdot HP_j \cdot k_j \cdot d_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} (HP_j \cdot k_j \cdot d_{ij})} \qquad (19)$$

де h_{ij} – кореспонденції між районами i й j;

HO_i – ємність району i по відправленню;

HP_j – ємність району j по прибуттю;

k_j – коефіцієнт, що вирівнює притягання поїздок в зону j;

d_{ij} – функція тяжіння між районами i й j;

n – число районів;

i – номер району зародження поїздок.

Обчислення матриці кореспонденції виконують способом ітерацій. Після кожної ітерації вирівняний коефіцієнт притягання розраховують за формулою

$$k_{jk} = \frac{HP_{jk}}{\sum_{j=1}^{n} h_{ij}} \qquad (20)$$

На кожній ітерації для розрахунку взаємообміну поїздками між зонами застосовується рівняння гравітаційної моделі з використанням вирівняних коефіцієнтів притягання, отриманих на попередній ітерації. Рівняння моделі здобуває, таким чином, вид

$$h_{ijk} = \frac{HO_i \cdot HP_{jk} \cdot k_{jk} \cdot d_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} (HP_{jk} \cdot k_{jk} \cdot d_{ij})} \qquad (21)$$

де h_{ijk} –кореспонденція між районами i й j на ітерації k.

Розрахунок ведеться доти, поки не виконається умова

$$\sum_{i=1}^{n} h_{ij} = HP_j \qquad (22)$$

Потім отримані кореспонденції «проводяться» по вулично-дорожній мережі за найкоротшими маршрутами, траси яких проходять через пункти, в яких не проводилося обстеження, транзитом. При цьому сумарна величина вхідних транзитних автомобілепотоків у цих пунктах і представляє шукану можливу інтенсивність руху в них і дозволяє спрогнозувати завантаження АГНКС у них.

Висновки. Проведені у роботі дослідження дозволили встановити наступні закономірності.

1. Задача оптимізації місць розташування АГНКС є багатокритеріальною і не має однозначного рішення.

2. Інтегральним критерієм для вирішення зазначеної задачі може бути прийнята величина автомобілепотоків на вулично-дорожній мережі, що потребує вирішення задачі прогнозування цього параметра.

3. Задача прогнозування величини автомобілепотоків на вулично-дорожній мережі складається з двох підзадач – формування автомобілепотоків і оптимізації розподілу автомобілепотоків на вулично-дорожній мережі. Ці обидві задачі є NP-повними і для них не існує алгоритмів знаходження точних розв'язків.

Література

1. Гаврилов А.А. Моделирование дорожного движения / А. А. Гаврилов – Москва, Транспорт, 1980. – 189с.
2. Варенцев И. Правильно выбирать оценочные показатели / И. Варенцев, В. Иларионов // Автомобильный транспорт. – 1980. – №12. – С. 43–45.
3. Лобанов Е.М. Проблемы имитационного моделирования движения транспортных потоков по улично-дорожной сети городов и сети автомобильных дорог / Е.М. Лобанов // Научно - практические задачи развития автомобильно-дорожного комплекса в России. – Москва: МТУСИ , 2006. – С. 4–7.

4. Федоров В.П. Моделирование автомобильных деловых поездок в Санкт-Петербурге / В. П. Федоров, О. М. Пахомова, Н. В. Булычева // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: Материалы V Международной науч.-прак. конф. – Екатеринбург, ЕГТУ, 1999. – С.89–93.
5. Смирнов Н.Н. Математическое моделирование автотранспортных потоков / Н. Н. Смирнов, А. Б. Киселев, В. Ф. Никитин – Москва, Мех-мат МГУ, 1999. – С. 39–47.
6. Wardrop J.G. Some theoretical aspects of road traffic research / Wardrop J.G. // Proseedings of Institute of Civil Engineering. – 1952. – Vol. 1. – 348 p.
7. Cremer M. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations / Cremer M., Ludwig J. // Mathematical Computing Simulation. – 1986. – Vol. 28. – P. 297–303.
8. Greenshields B.D. A study of traffic capacity / Greenshields B.D. // US highway research board. – 1934. – Vol. 14. – P. 448–494.
9. Gasis D.C. Car following theory of steady state flow / Gasis D.C. // Operations Research. – 1959. – Vol. 7. – P. 499–505.
10. Nagel K. Still flowing: Approaches to traffic flow and traffic jam modeling / Nagel K., Wagner R., Woesler R.: Grow Hill, 2003. – 317 p.
11. Holland J.F. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application in biology, control and artificial intelligence / Holland J.F. – London: Bradford book edition, 1994. – 211 p.
12. Колесов В.И. Динамические характеристики однородного транспортного потока / В. И. Колесов, С. П. Колесников, Г. В. Колесов // Транспортные проблемы Западно-Сибирского нефтегазодобывающего комплекса: Межвузовский сборник научных трудов. – Тюмень, Вектор Бук, 2002. – С. 130–136.
13. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки / М.Д. Блатнов – Москва, Транспорт, 1981 – 139 с.

Reference

1. Gavrilov AA Simulation of traffic / AA Gavrilov - Moscow, Transport, 1980. - 189s.
2. Varentsov I. Choose the right performance indicators / Varentsov I., V. Ilarionov // Road Transport. - 1980. - №12. - S. 43-45.
3. Lobanov EM Problems simulation traffic flow on the road network of cities and road network / EM Lobanov // Scientific - practical problems of auto-road complex in Russia. - Moscow: MTUCI, 2006. - P. 4-7.
4. Fedorov VP Simulation of automobile business trips to St. Petersburg / VP Fedorov, M. Paho-mova, NV Bulycheva // Socio-economic problems pro-development of transport systems of cities and their areas of influence: Proceedings of the V International scientific. -prak. Conf. - Yekaterinburg, EGTU, 1999. - S.89-93.
5. Smirnov NN Mathematical modeling of car traffic flows / NN Smirnov, AB Kiselev, VF Nikitin - Moscow, Mechanics and Mathematics, Moscow State University, 1999. - P. 39-47.
6. Wardrop J.G. Some theoretical aspects of road traffic research / Wardrop J.G. // Proseedings of Institute of Civil Engineering. – 1952. – Vol. 1. – 348 p.
7. Cremer M. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations / Cremer M., Ludwig J. // Mathematical Computing Simulation. – 1986. – Vol. 28. – P. 297–303.
8. Greenshields B.D. A study of traffic capacity / Greenshields B.D. // US highway research board. – 1934. – Vol. 14. – P. 448–494.
9. Gasis D.C. Car following theory of steady state flow / Gasis D.C. // Operations Research. – 1959. – Vol. 7. – P. 499–505.
10. Nagel K. Still flowing: Approaches to traffic flow and traffic jam modeling / Nagel K., Wagner R., Woesler R.: Grow Hill, 2003. – 317 p.
11. Holland J.F. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application in biology, control and artificial intelligence / Holland J.F. – London: Bradford book edition, 1994. – 211 p.
12. Kolesov VI The dynamic characteristics of the homogeneous-foot traffic / VI Kolesov, SP-wheel-nicks, GV Kolesov //Transport problems of the West Siberian oil and gas complex: Mezhvu-zovsky collection of scientific papers. - Tyumen, Vector Beech, 2002. - S. 130-136.
13. Blatnov MD Passenger road transport / MD Blatnov - Moscow, Transport, 1981 - 139 p.

Кузнецов А.П. Теоретические модели рационального расположения автомобильных газонаполнительных станций в городах

Рассмотрено обоснование критерия оптимальности мест расположения АГНКС в городах и математической модели распределения автомобилепотоков на улично-дорожной сети городов. Было выявлено, что задача оптимизации мест расположения АГНКС является многокритериальной и не имеет однозначного решения. Критерием для решения указанной задачи может быть принята величина автомобилепотоков на улично-дорожной сети, что требует решения задачи прогнозирования этого параметра, в свою очередь задача прогнозирования состоит из двух подзадач - формирования автомобилепотоков и оптимизации распределения автомобилепотоков на улично-дорожной сети. Обе эти задачи являются NP-полными и для них не существует алгоритмов нахождения точных решений.

Ключевые слова: *модели распределения автомобилепотоков, задача прогнозирования, оптимизации распределения.*

Kuznetsov O.P. Theoretical models of rational arrangement of NGV stations in cities

The optimal criterion validity of AGFS locations in the cities and the mathematical model of vehicle flow distribution on the road network of cities were examined. It was found that the optimization problem of AGFS locations is a multi-criterion and does not have a definite solution. The criterion for solving the problem can be the quantity of vehicle flow on the road network, that requires solving the forecasting problem of this unit, in turn, the forecasting problem, consists of two subtasks - formation of vehicle flows and optimization of vehicle flow distribution on the road network. These problems are NP, and there are not any algorithms, of the accurate solutions.

Keywords: *vehicle flow distribution, forecasting problem, optimization of distribution.*

Кузнецов О.П. – к.т.н., доцент кафедри управління на транспорті Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»

Рецензент: ***Марченко Д.М.,*** д.т.н., професор

Стаття подана 10.02.2015