

**Шраменко Н.Ю.**

Харьковский национальный  
технический университет  
сельского хозяйства  
имени П.Василенка,  
г. Харьков, Украина

**ОЦЕНКА ЗАТРАТ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ  
ПЛАНИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПОСТАВКИ  
ЗЕРНОВЫХ ГРУЗОВ**

УДК 656.025.4

*Получена регрессионная модель, которая описывает зависимость суммарных точных затрат на развозку зерновых грузов от номинальной грузоподъемности автомобилей, количества потребителей и среднего размера партии груза. Применение модели позволяет осуществлять оперативное планирование процесса поставки зерновых грузов и корректирование существующей технологии обслуживания потребителей при переменном спросе.*

**Ключевые слова:** оперативное планирование, зерновые грузы, грузоподъемность автомобиля, мелкая партия груза, затраты, технологические параметры, транспортное обслуживание

**Введение.** Сельскохозяйственные предприятия в Украине все чаще используют в процессе производства логистические концепции такие как: планирование поставок «точно в термин», сокращение запасов и т.п. Это привело к уменьшению размеров поставок грузов и увеличению доли мелкопартионных отправок в общем объеме перевозок. Эта тенденция особенно прослеживается при перевозках зерновых грузов при обслуживании мелких потребителей, при этом количество пунктов назначения в течение суток может достигать от нескольких десятков до нескольких тысяч.

В исследованиях [1, 2] отражено влияние параметров работы автомобильного транспорта на функционирование логистической системы и предложена базовая структура определения групп недостатков во взаимосвязи с системой технико-эксплуатационных показателей работы автотранспорта при транспортном обслуживании грузовых потоков. Проведенный анализ ситуаций проявления групп недостатков в рамках нескольких характеристик работы транспорта (времени, грузоподъемности, скорости) свидетельствует, что ухудшение технико-эксплуатационных показателей работы транспорта приводит к снижению качества обслуживания, снижению производительности транспортных средств, повышению затрат на перевозку. В связи с этим, при оперативном планировании процесса поставки зерновых грузов задача определения влияния технологических параметров на совокупные затраты, связанные с развозом этих грузов потребителям, является актуальной.

Для качественного обслуживания потребителей необходимо не только доставить указанный объем зерновых грузов, но и сделать это в определенное время, что усложняет формирование развозочных маршрутов и выбор рациональной грузоподъемности автомобилей, выполняющих перевозки.

**Анализ исследований.** В данное время поставки зерновых грузов мелкими партиями осуществляются очень интенсивно, в связи с этим при перевозке этих грузов для эффективного использования подвижного состава и уменьшения транспортных затрат целесообразно формировать развозочные маршруты [3].

Для решения задач маршрутизации для развозочных, сборных и развозочно-сборных маршрутов ученые предлагают использовать такие методы: метод кратчайшей связывающей сети, метод Кларка-Райта, метод сумм, метод составления маршрута суммированием по столбцам, а также метод «ветвей и границ» [4]. Точные методы не позволяют формировать оптимальные маршруты для большого количества обслуживаемых

клиентов (более 10). При применении классических приближенных методов для указанных условий погрешность вычислений очень большая, а время вычисления очень значительное, т.е. они не гарантируют результативность за приемлемое время.

Проведенные ранее исследования показали, что при разработке концепции транспортного обслуживания больше всего внимания отводилось удовлетворению требований перевозчика. Организация развозочного процесса опиралась не на повышение удельного веса грузового пробега, а на сокращение общего пробега [5].

Большинство методов формирования развозочных маршрутов базируются на определении кратчайших маршрутов, однако не учитывают приоритетность клиентов и возможные стратегии их обслуживания [6].

Следует отметить, что наиболее часто задача маршрутизации автотранспортных средств осуществляется простыми и эффективными методами эвристики, которые позволяют быстро найти нужное решение, но при этом не гарантируется нахождение оптимального решения. В работе [7] рассмотрены такие эвристические методы решения задач маршрутизации как: «жадный», «деревянный», «простой», «генетический» и «табу-поиск». Наиболее эффективными методами являются методы «жадный» и «деревянный».

На основе анализа научных разработок ученых, а также практического опыта транспортного обслуживания грузовладельцев можно сделать вывод, что планирование и организация развозочных маршрутов при транспортном обслуживании грузовладельцев, особенно для большого количества клиентов, чаще всего осуществляется только с позиции перевозчиков, а интересы грузоотправителей и грузополучателей относительно времени вывоза (завоза) груза отходят на второй план или остаются полностью неучтенными, что свидетельствует об ухудшении качества транспортного обслуживания.

**Цель и постановка задачи.** Целью исследования является определение влияния технологических параметров на затраты, связанные с транспортным обслуживанием потребителей при поставке зерновых грузов мелкими партиями.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. обосновать методику оценки затрат при оперативном планировании работы автомобилей на развозочных маршрутах в процессе поставки зерновых грузов;
2. провести моделирование процесса развоза зерновых грузов мелкими партиями;
3. исследовать влияние технологических параметров на затраты по транспортному обслуживанию потребителей при оперативном планировании процесса поставки зерновых грузов.

**Зависимость затрат от технологических параметров при оперативном планировании процесса поставки зерновых грузов.** Исследование проведено для фермерского хозяйства, которое осуществляет ежедневные поставки зерновых грузов мелкими партиями большому количеству потребителей-заказчиков. При этом возникает необходимость учета требований потребителей относительно условий поставки при минимизации затрат на организацию развозки зерновых грузов.

Структурная схема объекта исследования в виде модели «серого ящика» представлена на рис. 1.

Входящие параметры:  $q_{nj}$  – номинальная грузоподъемность автомобилей, которые используются для работы на развозочных маршрутах, т;  $N$  – количество потребителей, ед.;  $\bar{q}$  – средний размер партии груза, т.

Внешние факторы:  $Z_i$  – ценовые показатели;  $t_i$  – требования потребителей относительно времени завоза груза, ч;  $t_n^{1т}$  – время погрузки 1т груза, ч;  $t_p^{1т}$  – время разгрузки 1т груза, ч.

Исходящий параметр:  $B_3$  – суммарные суточные затраты на развоз зерновых грузов мелкими партиями, грн/сут.

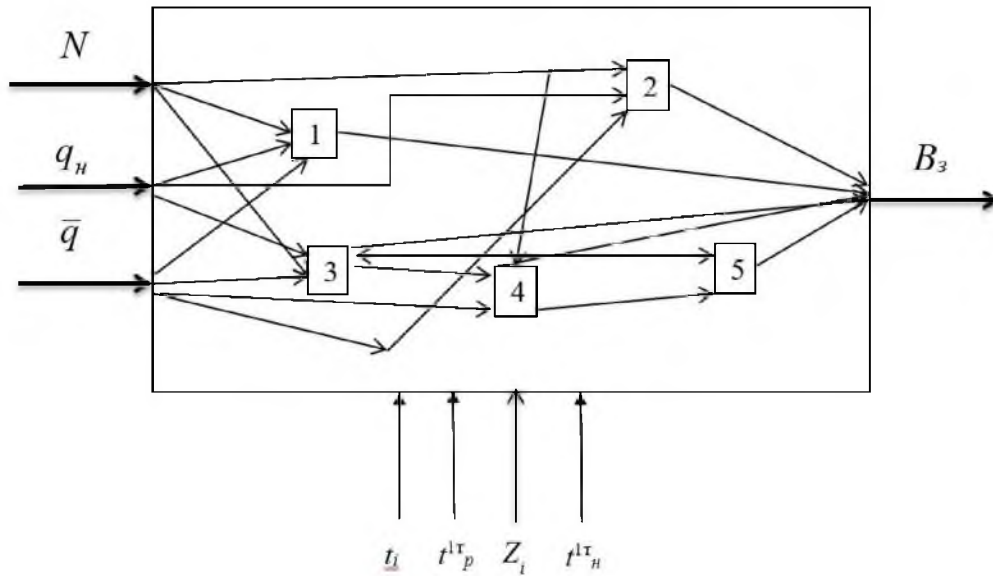


Рис.1 – Кибернетическая модель «серый ящик»:

1 - процесс погрузки - разгрузки; 2 - процесс оформления документов; 3 - выбор марки автомобиля для работы на развозочных маршрутах и формирование развозочных маршрутов перевозки зерновых грузов; 4 - процесс перевозки; 5 - процесс информационного сопровождения

Обработка заявок потребителей предусматривает определение таких параметров заявок как: размер партии груза, требования потребителей относительно времени завоза груза. Выбор марки автомобиля осуществляется с учетом количества потребителей, характеристик заявок, грузоподъемности автомобиля и его цены. Формирование развозочных маршрутов осуществляется с учетом характеристик заявок, выбранной грузоподъемности автомобиля и характеризуется общим пробегом автомобилей на развозочных маршрутах за сутки. Совокупность элементов 1, 2, 3 и 4 (рис. 1) составляет процесс развозки зерновых грузов мелкими партиями. Процессы погрузки и разгрузки зерновых грузов характеризуются затратами на погрузку и разгрузку соответственно. Езда с грузом и возвращение порожнего подвижного состава от последнего места разгрузки к предприятию характеризуются затратами на перевозку зерновых грузов мелкими партиями.

Среди комплекса критериев эффективности, которые используются при решении различных задач организации перевозок [8-11], выбраны минимальные общие затраты на развоз зерновых грузов мелкими партиями:

$$B_z = f(t_n^{tr}, t_p^{tr}, q_{nj}, \bar{q}, N, Z_i, L_{zag}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $L_{zag}$  – общий пробег автомобилей на развозочных маршрутах, км/сут.

Система ограничений имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^k q_{\phi i} \leq q_{nj} \\ T_{nj} \leq T_p \\ \sum_{i=1}^N q_{\phi i} \leq W_q \end{cases}, \quad (2)$$

где  $T_{nj}$  – время в наряде  $j$ -го автомобиля, ч;  $T_p$  – время работы предприятия, ч;  $k$  – количество клиентов в сформированном маршруте, ед.;  $W_q$  – производительность парка подвижного состава, т/сут.

Таким образом, необходимо определить какое влияние на суммарные суточные затраты, связанные с развозом зерновых грузов, имеют номинальная грузоподъемность автомобилей, работающих на развозочных маршрутах, количество потребителей, а также средний размер партии груза.

Общие суточные затраты на развоз зерновых грузов мелкими партиями по сформированным маршрутам определены согласно проведенным исследованиям [12-15]. Для моделирования объекта исследования выбрано имитационное моделирование, поскольку преобладающее количество параметров процесса перевозки зерновых грузов мелкими партиями при обслуживании грузовладельцев являются случайными величинами.

Имитационные эксперименты проведены с помощью разработанного программного обеспечения, которое учитывает случайный характер параметров доставки (время завоза груза к заказчику, размер партии груза для каждого заказчика, место дислокации заказчиков груза на полигоне обслуживания, количество заказчиков груза) и предоставляет возможность формирования развозочных маршрутов для большого количества потребителей (до 100 и более). В поле программы случайно генерируется дислокация потребителей, а также объемы перевозок и желательное время доставки груза потребителям (рис 2).

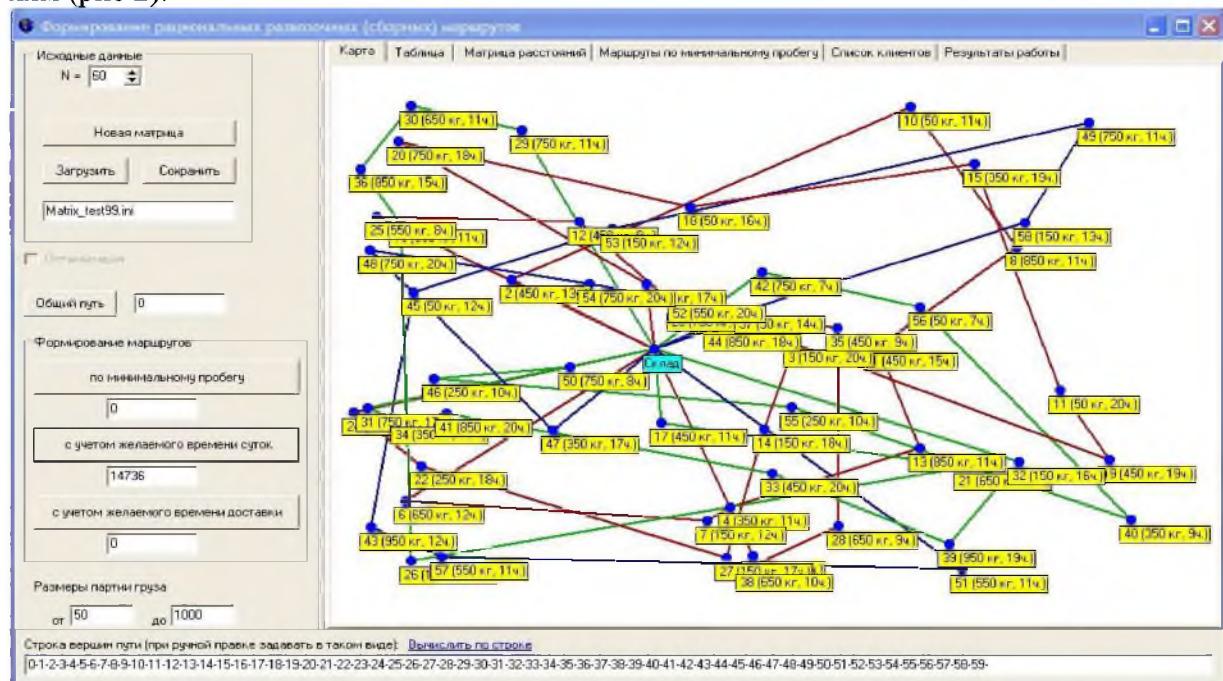


Рис. 2 – Окно программы «Формирование рациональных развозочных (сборных) маршрутов»

Исходными данными является количество потребителей, их требования относительно количества груза и времени завоза. Результатом являются сформированные маршруты и значения общего пробега на маршрутах за сутки. Формирование маршрутов проводилось с учетом нежестких временных требований потребителей. Эта технология формирования развозочных маршрутов, согласно исследованию [16], является оптимальной и предусматривает обслуживание грузовладельцев по периодам суток и частично учитывает временные требования потребителей.

Проанализированы статистические данные процесса развоза зерновых грузов: размер партии груза, время погрузки и разгрузки 1 т груза. Определено, что размер партии груза подчиняется нормальному закону распределения случайной величины с параметрами:  $a = 0,524$  т,  $\sigma = 0,27$  т; время погрузки 1 т груза – экспоненциальному закону распределения случайной величины с параметром  $b = 0,049$  ч.; время разгрузки 1 т груза

– експоненціальному закону розподілення випадкової величини  $s$  параметром  $b = 0,048$  ч. Оцінку ступеня відповідності випадкової величини законам розподілення проведено з допомогою критерія  $\chi^2$ -Пірсона.

Визначено рівні варіювання входних факторів: грузопідйомність автомобіля – [3; 6] т; кількість споживачів – [10; 100] од.; розмір партії вантажу - [0,254; 0,794] т. Для проведення імітаційного експерименту розроблено план експерименту Плякетта-Бермана, кількість серій становить 90 од.

Розраховано достаточну кількість спроб в кожній серії, його значення варіюється від 5 до 98 од. Для забезпечення значимості результатів експерименту проведено по 100 спроб в кожній серії. В результаті імітаційного моделювання ситуацій сформовано маршрути, визначено загальну пробег автомобілів на цих маршрутах і розраховано сумарні витрати за добу на розвоз зернових вантажів.

За результатами імітаційного експерименту отримано регресійну модель, яка описує залежність сумарних добових витрат на розвоз зернових вантажів від номінальної грузопідйомності автомобілів, що працюють на розвозочних маршрутах, кількості клієнтів, а також середнього розміру партії вантажу. Вибір виду регресійної моделі здійснено за найбільшою величиною коефіцієнта детермінації. Виявлено, що найбільш адекватним (коефіцієнт детермінації становить 0,93) є наступний вид залежності:

$$B_3 = 0,632 \cdot N^2 - 13,759 \cdot q_n^2 + 5217,103 \cdot \bar{q}^2 \quad (3)$$

Область визначення функції:  $N \in [10; 100]$ ,  $q_n \in [3; 6]$ ,  $\bar{q} \in [0,254; 0,794]$ .

Результати дослідження можуть бути використані сільськогосподарськими і транспортними підприємствами для формування раціональної технології обслуговування споживачів при поставці зернових вантажів.

#### Висновки:

1. Проведений аналіз теоретичних розробок в області перевезень вантажів малими партіями свідчить, що во багатьох існуючих моделях організації транспортного процесу інтереси вантажодателів і вантажополучачів відходять на другий план або взагалі не враховуються, це призводить до погіршення якості транспортного обслуговування вантажодателів;

2. Як критерій ефективності роботи автомобілів на розвозочних маршрутах обрано сумарні добові витрати на перевезення зернових вантажів.

3. Використовуючи результати імітаційного експерименту, отримано регресійну модель, яка описує залежність сумарних добових витрат на розвоз зернових вантажів від номінальної грузопідйомності автомобілів, кількості споживачів і середнього розміру партії вантажу.

Перспективні напрями дослідження: розробка заходів по вибору раціональної технології обслуговування споживачів при поставці зернових вантажів.

#### Література:

1. Горяинов А.Н. Выделение диагностических параметров в группах показателей работы транспорта [Текст] / А.Н. Горяинов // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Зб.наук.пр. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2013. – №136. - С.265-271
2. Горяинов А.Н. Группы недостатков и симптомы при транспортном обслуживании грузовых потоков [Текст] / А.Н. Горяинов // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2016. – №4. - С.16-22

3. Музылев Д. А. Стратегия формирования городских развозочных маршрутов на оперативный период с учетом неравномерности распределения спроса на специфические грузы / Е. В. Нагорный, Д.А. Музылев // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 6/4(42). — С. 27–30.
4. Никоноров В.М. Математические методы решения задачи маршрутизации мелкопартионных перевозок / В.М. Никоноров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. — 2011. — №6(137). — С. 222–226.
5. Шраменко Н.Ю. Теоретико-методологічні основи ефективного функціонування термінальних систем при доставці дрібнопартионних вантажів: Монографія / Н.Ю. Шраменко. — Х.: ХНАДУ, 2010. — 156 с.
6. Шраменко Н. Ю. Методи маршрутизації при дрібнопартионних перевезеннях в транспортних системах міст та шляхи їх удосконалення / Н. Ю. Шраменко // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. — Х.: ХНУМГ, 2009. — № 86. — С. 364–367.
7. Лучко М.І. Удосконалення транспортного обслуговування збірних та розвізних маршрутів у логістичному ланцюгу постачань / М.І. Лучко, М.І. Фатеев // Вісник СХУ ім. В. Даля: науковий журнал — 2010. — №4, ч. 2. — С. 120–126.
8. Нагорный Є.В. Аналіз критеріїв ефективності функціонування логістичних систем при доставці вантажів / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко // Наукові нотатки: міжвузівський збірник. - Луцьк: ЛНТУ, 2010. — Вип. 28. — с. 353-357.
9. Шраменко Н. Ю. Вплив технологічних параметрів процесу функціонування транспортно-складського комплексу на собівартість переробки вантажу / Н. Ю. Шраменко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий : сб. науч. тр. — Х., 2015. — Вип. 5/3 (77) — С. 43—47.
10. Шраменко Н.Ю. Модель організації транспортного процесу на розвізних маршрутах/ Н.Ю. Шраменко// Автомобільний транспорт. - Харків: ХНАДУ, 2007. — Вип. 21 — С. 74-77.
11. Музылев Д. Критерий выбора рациональной технологии доставки сельскохозяйственных грузов/ Д. Музылев, Н. Карнаух, Н. Бережная, О. Кутья// Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture – 2015, Vol.17. №7, pp. 67-73.
12. Шраменко Н.Ю. Формування стратегії функціонування автотранспортного підприємства при обслуговуванні вантажовласників / Н.Ю. Шраменко, О.Ю. Бекетова// Автомобільний транспорт – Х.: ХНАДУ, 2013. — Вип. 32 — С. 90-94.
13. Шраменко Н. Ю. Система формування развозочных (сборочных) маршрутов при перевозке мелкопартионных грузов / Н. Ю. Шраменко // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. тр. — Минск : БНТУ, 2014. — С. 84—90.
14. Шраменко Н. Ю. Комплексний підхід до вибору стратегії транспортного обслуговування вантажовласників в містах / Н. Ю. Шраменко // Коммунальное хозяйство городов. Серия: технические науки та архитектура : науч.-техн. сб. — Х.: ХНУМГ, 2015. — Вип. 121. — С. 65—68.
15. Шраменко Н. Ю. Модель вибору раціональної вантажності автомобілів при організації перевезень дрібнопартионних вантажів / Н. Ю. Шраменко // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. — Х.: ХНАДУ, 2015. — Вып. 68. — С. 113—117.
16. Шраменко Н.Ю. Вибір оптимальної стратегії обслуговування вантажовласників на розвізних маршрутах / Н.Ю. Шраменко, А.В. Галаган // Вестник ХНАДУ. — 2009. — № 44. — С. 78–82.

## Summary

**Shramenko N.Y.** Estimation of costs by consumer service in operational planning of the process of delivery of grain cargoes

*A regression model is obtained that describes the dependence of the total daily expenses for the transportation of grain cargoes from the nominal carrying capacity of cars, the number of consumers and the average size of the consignment. The application of the model allows the operative planning of the process of supplying grain cargoes and the correction of the existing technology of serving consumers under variable demand.*

**Keywords:** operational planning, grain cargoes, load-carrying capacity of the car, small consignment of cargo, costs, technological parameters, transport services

## References

1. Goryainov A.N. Vydelenie diagnosticheskikh parametrov v gruppah pokazatelej raboty transporta [Tekst] / A.N. Goryainov // Visnik HNTUSG im. P.Vasilenka. Zb.nauk.pr. – Harkiv: HNTUSG im. P.Vasilenka, 2013. – №136. - S.265-271
2. Goryainov A.N. Gruppy nedostatkov i simptomy pri transportnom obsluzhivanii gruzovyh potokov [Tekst] / A.N. Goryainov // Tehnichnij servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv. – Harkiv: HNTUSG im. P.Vasilenka, 2016. – №4. - S.16-22
3. Muzylev D. A. Strategiya formirovaniya gorodskih razvozochnyh marshrutov na operativnyj period s uchetom neravnomernosti raspredeleniya sprosa na specificheskie gruzy / E. V. Nagornij, D.A. Muzylev // Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. — 2009. — № 6/4(42). — S. 27–30.
4. Nikonorov V.M. Matematicheskie metody resheniya zadachi marshrutizacii melkopartionnyh perevozok / V.M. Nikonorov // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki. — 2011. — №6(137). — S. 222–226.
5. Shramenko N.Yu. Teoretiko-metodologichni osnovi efektyvnogo funkcionuvannya terminalnih sistem pri dostavci dribnopartionnih vantazhiv: Monografiya / N.Yu. Shramenko. — H.: HNADU, 2010. – 156 s.
6. Shramenko N. Yu. Metodi marshrutizaciyi pri dribnopartionnih perevezennyah v transportnih sistemah mist ta shlyahi yih udoskonalennya / N. Yu. Shramenko // Komunalnoe hazyajstvo gorodov: nauch.-tehn. sb. — H.: HNUMG, 2009. – № 86. – S. 364–367.
7. Luchko M.I. Udskonalennya transportnogo obslugovuvannya zbirnih ta rozviznih marshrutiv u logistichnomu lancyugu postachan / M.I. Luchko, M.I. Fatyeyev // Visnik SNU im. V. Dalya: naukovij zhurnal — 2010. — №4, ch. 2. — S. 120–126.
8. Nagornij Ye.V. Analiz kriteriyiv efektyvnosti funkcionuvannya logistichnih sistem pri dostavci vantazhiv / Ye.V. Nagornij, N.Yu. Shramenko // Naukovi notatki: mizhvuzivskij zbirnik. - Luck: LNTU, 2010. – Vip. 28. – s. 353-357.
9. Shramenko N. Yu. Vpliv tehnologichnih parametrov procesu funkcionuvannya transportno-skladskogo kompleksu na sobivartist pererobki vantazhu / N. Yu. Shramenko // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij : sb. nauch. tr. — H., 2015. — Vip. 5/3 (77) — S. 43—47.
10. Shramenko N.Yu. Model organizaciyi transportnogo procesu na rozviznih marshrutah/ N.Yu. Shramenko// Avtomobilnij transport. - Harkiv: HNADU, 2007. – Vip. 21 – S. 74-77.
11. Muzylev D. Kriterij vybora racionalnoj tehnologii dostavki selskohozyajstvennyh gruzov/ D. Muzylev, N. Karnauh, N. Berezhnaya, O. Kutya// Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture – 2015, Vol.17. №7, rr. 67-73.

12. Shramenko N.Yu. Formuvannya strategiyi funkcionuvannya avtotransportnogo pidpriyemstva pri obslugovuvanni vantazhovlasnikiv / N.Yu. Shramenko, O.Yu. Beketova// Avtomobilnyj transport – H.: HNADU, 2013. – Vip. 32 – S. 90-94.
13. Shramenko N. Yu. Sistema formirovaniya razvozochnyh (sborochnyh) marshrutov pri perevozke melkopartionnyh gruzov / N. Yu. Shramenko // Sovershenstvovanie organizacii dorozhnogo dvizheniya i perevozok passazhirovi i gruzov: sb. nauch. tr. — Minsk: BNTU, 2014. — S. 84—90.
14. Shramenko N. Yu. Kompleksnij pidhid do vioru strategiyi transportnogo obslugovuvannya vantazhovlasnikiv v mistah / N. Yu. Shramenko // Komunalne gospodarstvo mist. Seriya: tehnicni nauki ta arhitektura: nauk. - tehn. zb. — H.: HNUMG, 2015. — Vip. 121. — S. 65—68.
15. Shramenko N. Yu. Model vioru racionalnoyi vantazhnosti avtomobiliv pri organizaciyi perevezen dribnopartionnih vantazhiv / N. Yu. Shramenko // Vestnik HNADU: sb. nauch. tr. — H.: HNADU, 2015. — Vyp. 68. — S. 113—117.
16. Shramenko N.Yu. Vibir optimalnoyi strategiyi obslugovuvannya vantazhovlasnikiv na rozviznih marshrutah / N.Yu. Shramenko, A.V. Galagan // Vestnik HNADU. – 2009. – № 44. – S. 78–82.