

УДК 656.13; 656.13.08

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА

Баранов И.О., Баранова В.Н., Тараторина А.Н., Короленко Т.В.

ANALYSIS METHOD INCREASING CONSUMER PROPERTIES OF REGULATED CROSSROADS CITY STREET AND ROAD NETWORK

Baranov I., Baranova V., Taratoryna A., Korolenko T.

В статье выполнен анализ используемых в настоящее время в Украине методов оценки потребительских свойств регулируемых перекрестков на автомобильном транспорте. Выполнен анализ различных методов регулирования дорожного движения на регулируемых перекрестках на улично-дорожной сети городов. Дан алгоритм по разработке рекомендаций по оценке и повышению транспортных потребительских свойств изолированных регулируемых перекрестков улично-дорожной сети города на основе учёта влияния геометрических характеристик пересечений и состава движения на режимы движения транспортных потоков. В работе представлена зависимость пропускной способности полосы для условно совместимых потоков, поворачивающих направо автомобилей, от интенсивности пешеходного потока. Охарактеризованы основные параметры, определяющие пропускную способность полос на изолированных регулируемых перекрестках (ИРП). Представлена задача уточнения величин потока насыщения, принятия мер обеспечения его максимального значения для современных дорожно-транспортных условий.

Ключевые слова: Поток насыщения, потребительские свойства, улично-дорожная сеть, пропускная способность, автомобиль, изолированный перекресток.

Введение. В последнее десятилетие с ростом уровня автомобилизации многие города Украины столкнулись с проблемой заторов и длительных задержек транспортных средств на улично-дорожной сети (УДС). На УДС крупных городов местами возникновения таких проблем являются, как правило, регулируемые перекрестки (РП), определяющими пропускную способность и другие потребительские свойства, улиц и дорог регулируемого движения. Очевидно, что с дальнейшим ростом уровня автомобилизации в Украине эти проблемы будут обостряться, поэтому одной из задач транспортной стратегии Украины до 2030 г. является устранение «узких мест», к которым относят изолированные регулируемые перекрестки (ИРП), где существенно ме-

няются условия, режимы и состав транспортных потоков. Приведенное выше говорит о необходимости развития теории и практики методов повышения потребительских свойств регулируемых перекрестков. Значения теоретической пропускной способности (поток насыщения) полосы движения на РП используемые в настоящее время в Украине были приняты более 30 лет назад.

Оценка пропускной способности полос движения на РП существенно влияет на принятие оптимальных решений как для проектирования улиц и дорог регулируемого движения, так и для детальной планировки РП.

В связи с этим изучение и совершенствование методов оценки и повышения потребительских свойств ИРП УДС городов на основе исследования современного состава и режимов движения транспортных потоков является весьма актуальным.

Постановка проблемы. В последнее десятилетие с ростом уровня автомобилизации не только мегаполисы Киев и Харьков, но и такие города как Днепр, Одесса, Запорожье столкнулись с проблемой заторов и длительных задержек транспортных средств на улично-дорожной сети (УДС). На УДС крупных городов местами возникновения таких проблем являются, как правило, регулируемые перекрестки (РП), определяющими пропускную способность и другие потребительские свойства, улиц и дорог регулируемого движения. Так, например, в г. Харьков на 68% РП регулярно образуются заторы [1]. Очевидно, что с дальнейшим ростом уровня автомобилизации в Украине эти проблемы будут обостряться, поэтому одной из задач транспортной стратегии Украины до 2030 г. является устранение «узких мест», к которым относят изолированные регулируемые перекрестки (ИРП), где существенно меняются условия, режимы и состав транспортных потоков.

Оценка состояния элементов УДС является начальной составляющей при градостроительном проектировании. Известно, что главным показателем технического уровня и эксплуатационного состояния дорог являются их потребительские свойства, т.к. целевое назначение автомобильной дороги – обслуживание интересов пользователей дорожных услуг.

К потребительским свойствам как параметрам управления дорожным движением предъявляется ряд требований [1]:

- они должны поддаваться количественной оценке;
- поддаваться учету с допустимыми расходами
- значимость - затраты времени на учет этих критериев должны приводить к осязаемому экономическому, экологическому или другому (устанавливаемому в конкретных условиях) эффекту;
- восприимчивость к изменениям параметров транспортного потока;
- охватывать максимально возможное количество факторов влияния на условия дорожного движения.

Для того чтобы определить какие потребительские свойства в каких случаях относятся к одной или другой группе, необходимо рассмотреть отечественный и зарубежный опыт оценки потребительских свойств на регулируемых перекрестках.

Анализ последних исследований и публикаций. Современными зарубежными руководствами для проектирования регулируемых пересечений и оценки их потребительских свойств на которые ссылаются исследователи [2,3] являются HBS 2001 [4] HCM 2000[109]. В работе [5] проводилось сравнение моделей и рекомендаций по их применению в этих руководствах. Применяемые модели в этих нормативах отражают, какие потребительские свойства оцениваются на ИРП в современных нормативных документах стран с высокоразвитыми транспортными системами и какие факторы оказывают на них влияние.

Применяемые в Украине рекомендации для проектирования ИРП [6,7] учитывают не в полной мере современные методы оценки потребительских свойств регулируемых пересечений улиц и дорог. Анализ отечественных публикаций [8], а также зарубежных методик оценки пропускной способности регулируемых пересечений автомобильных дорог в Украине для решения различных градостроительных задач требует дальнейшей проработки.

Цель статьи. Целью данной работы является разработка рекомендаций по оценке и повышению транспортных потребительских свойств изолированных регулируемых перекрестков улично-дорожной сети города на основе учёта влияния геометрических характеристик пересечений и состава движения на режимы движения транспортных потоков.

Результаты исследований. Современные методики оценки пропускной способности полос для

условно совместимых потоков представлены в немецком HBS [4] и американском HCM [9] руководствах, в отечественной рекомендательной и нормативной литературе отсутствуют подобные методики. В работе [5] сравниваются эти методики.

Методы оценки пропускной способности полос для условно совместимых поворачивающих направо автомобилей (рис.1.) в HCM и HBS качественно и количественно сравнимы. В обоих нормативах исходят из того, что только часть зеленого сигнала занята пешеходами. Поворачивающие направо автомобили после блокированного времени могут свободно проезжать перекресток.

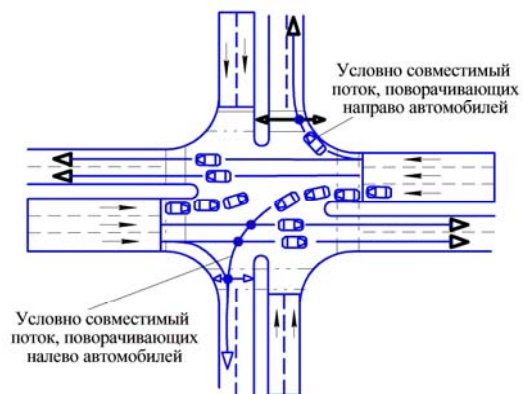


Рис.1. Условно совместимые потоки автомобилей на ИРП

В обеих методиках оценивается минимально возможная пропускная способность. Как в HBS, так и в HCM пропускная способность полосы движения для условно совместимых поворачивающих направо потоков определяется максимальной пропускной способностью при просачивании или пропускной способностью за промежуточные такты [10,11].

$$C_{RA} = \max(C_D, C_{pw})$$

где C_{RA} - пропускная способность полосы для условно совместимых потоков поворачивающих направо автомобилей (рис.2.);

C_D - пропускная способность при просачивании;

C_{pw} - пропускная способность за промежуточные такты;

$$C_D = M_n \cdot \frac{(t_p - t_{neu})}{t_y}$$

где M_n - величина потока насыщения;

t_p - длительность разрешающего сигнала светофора для пешеходов;

t_y - длительность цикла регулирования;

t_{neu} - время перехода проезжей части пешеходами.

Разница заключается в определении времени перехода проезжей части пешеходами в HBS:

$$t_{neu} = \frac{P}{0,24 \cdot P + 0,48}$$

$$P = \frac{t_p \cdot t_q}{3600}$$

а в HCM:

$$t_{neu} = t_p \cdot (1 - \min(\frac{P}{2000 \cdot t_p} \text{ или } 0,4 + \frac{P}{10000 \cdot t_p}))$$

На рис. 2 показано сравнение значения пропускной способности полос для условно совместимых потоков поворачивающих направо автомобилей в HBS 2001 и HCM 2000.

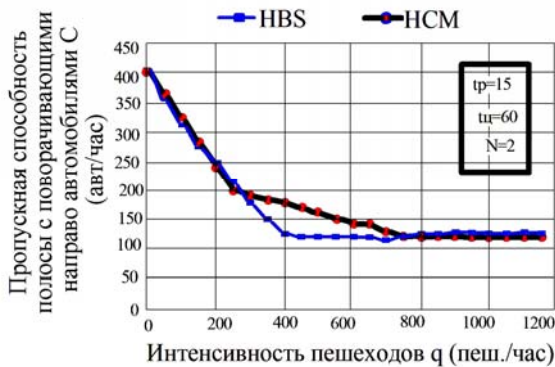


Рис. 2. Зависимость пропускной способности полосы для условно совместимых потоков, поворачивающих направо автомобилей, от интенсивности пешеходного потока

Методика в HBS предполагает равномерное распределение встречного потока за весь разрешающий сигнал. Поэтому пропускная способность полос для левых поворотов рассчитывается по теории граничных временных интервалов [12,13].

$$C_{LA} = C_D + C_{pw}$$

где C_{LA} - пропускная способность полосы для условно совместимых левых поворотов;

C_D - пропускная способность при просачивании;

C_{pw} - пропускная способность за промежуточные такты;

$$C_D = \frac{3600 \cdot f - q \cdot t_c}{t_f} \cdot e^{-q(t_0 - t_c)/(3600 \cdot f - q \cdot t_c)}$$

где q - интенсивность конфликтного встречного потока за время разрешающего сигнала для левых поворотов;

f - доля зеленого сигнала для поворотов налево:

$$f = \frac{t_p}{t_q}$$

t_c - минимальный временной интервал в одностороннем встречном потоке;

t_0 - нулевой интервал;

t_f - интервал следования.

В случае многорядного встречного потока пропускная способность при просачивании:

$$C_D = \frac{3600 \cdot f}{t_f} \cdot e^{-q \cdot t_0 / (3600 \cdot f)}$$

где q - общая интенсивность встречного потока.

$$C_{pw} = N_A \cdot U$$

где C_{pw} - пропускная способность за промежуточные такты;

N_A - количество автомобилей, которые могут остановиться на перекрестке (рис.1.);

U - количество циклов за 1 час.

В HCM рассматривается реальное распределение встречного потока. Вначале встречный поток разъезжается с интенсивностью потока насыщения, а далее с интенсивностью не насыщенного потока с учетом теория граничных интервалов.

Для определения практической пропускной способности ИРП, учитывая все факторы влияния, требуется большое количество исходных данных. Наиболее сложным и неоднозначным является расчет пропускной способности полос движения для условно совместимых потоков. Современные методики расчета пропускной способности полосы для условно совместимых поворотов направо в американском и немецком нормативах дают близкие значения пропускной способности (рис.2.). Разница при расчете пропускной способности полосы движения для условно совместимых поворотов налево в HBS 2001 и HCM 2000 существенна [14,15]. Для обоснования методики расчета пропускной способности полосы для условно совместимых потоков в условиях Украины необходимо дополнительное исследование.

Основными параметрами, определяющими пропускную способность полос на ИРП, являются временные интервалы между автомобилями и эффективная (используемая) длительность разрешающего сигнала. Исследование зависимостей временных интервалов для современных дорожно-транспортных условий Украины и определение с их помощью теоретической пропускной способности полосы движения на ИРП являются основными задачами данной работы.

Пропускная способность ИРП оказывает существенное влияние на такие потребительские свойства как безопасность дорожного движения, экологические и экономические показатели [16].

Анализ опыта применения изолированных регулируемых перекрестков на улично-дорожной сети городов в Украине и за рубежом показывает, что если для Украины в настоящее время характерны жесткие режимы регулирования, то за рубежом широко распространено адаптивное регулирование (например, в городах Германии 67%), учитывающее фактически складывающиеся дорожно-транспортные условия на конкретных перекрестках, Это с одной стороны существенно позволяет влиять на их потребительские свойства, а с другой стороны требует установления закономерностей, характеризующих взаимосвязь между фактическими дорожно-

ними условиями и потребительскими свойствами регулируемых перекрёстков.

При обосновании целесообразности применения изолированных регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети города, по сравнению с другими видами пересечений в одном уровне, в качестве основных критериев в Украине и за рубежом используют фактическую интенсивность движения и пропускную способность на пересечении, которая зависит от дорожных условий и состава транспортных потоков.

В качестве основных потребительских свойств регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети городов, как в Украине, так и за рубежом используют пропускную способность, степень загрузки, время задержки, длину очереди. Все эти показатели, которые можно отнести к транспортным потребительским свойствам, рассчитываются и находятся в зависимости от величины потока насыщения.

В качестве вспомогательных потребительских свойств регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети городов, как в Украине, так и за рубежом используют показатели, характеризующие транспортную и экологическую безопасность, экономическую эффективность. Причём, как отмечается в проанализированных методах, эти вспомогательные потребительские свойства находятся в тесной взаимосвязи и в зависимости от основных потребительских свойств, а перечень параметров их характеризующих в разных методах отличается друг от друга.

Анализ методов оценки потребительских свойств регулируемых перекрёстков на улично-дорожной сети городов, как в Украине, так и за рубежом имеет определённые различия в подходах к определению комплексного показателя потребительских свойств.

Вывод. Проведенный анализ используемых в настоящее время в Украине методов оценки потребительских свойств регулируемых перекрёстков показал, что перечень потребительских свойств и показателей их описывающих в Украине и за рубежом существенно отличаются, если в Украине оцениваемые показатели на регулируемом перекрестке степень загрузки и средняя задержка транспортных средств (при загрузке направления движения более 1), то в Германии и США, кроме степени загрузки и задержек (возможность оценки задержек при степени загрузки направления более 1), оцениваются также длина очереди автомобилей, доля останавливающихся автомобилей на перекрестке, интегральные показатели.

Анализ различных методов регулирования дорожного движения на регулируемых перекрёстках на улично-дорожной сети городов, показал, что независимо от метода регулирования, применяемые как в Украине, так и за рубежом параметры управления регулируемым перекрестком основываются на величинах потока насыщения, значения которого

в Украине были приняты более 30 лет назад, за это время состав транспортного потока и динамические характеристики транспортных средств значительно изменились. Поэтому задача уточнения величин потока насыщения, принятия мер обеспечения его максимального значения для современных дорожно-транспортных условий является актуальной.

Л и т е р а т у р а

1. Бахтина О.Н. Разработка методов расчета и оценки заторовых состояний транспортного потока на улично-дорожной сети городов: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / О.Н. Бахтина, Волгоград, 2006.
2. Левашев А. Г. Повышение эффективности ОДД на регулируемых пересечениях, / А.Г. Левашев // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Иркутск, 2004.
3. Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных // Учебное пособие, Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с., ил.
4. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Nr. 299, FGSV Verlag GmbH, Köln.
5. Wu, N., Bemessung und Bewertung von Lichtsignalanlagen – Vergleich zweier neuen Regelwerke HCM 2000 und HBS 2001, "Straßenverkehrstechnik", Heft 12/2003. KirschbaumVerlag GmbH, Bonn, 2003
6. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения / Ю. А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев // Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.- 279 с
7. Организация дорожного движения в городах: Метод. пособие / Под общ. ред. Ю.Д. Шелкова. – М.: НИЦ ГАИ МВД России. 1995. 143 с.
8. Захаров, А. П. Нормирование пропускной способности городских улиц и дорог / А.П. Захаров, Л.В. Булавина, Л.И. Рябоконт // Материалы X международной (тринадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции 14 - 15 июня 2004 года, [Электронный ресурс] www.vaksman.ru
9. Highway Capacity Manual (HCM 2000). TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2000.
10. Verkehrsmanagementpläne, Methodologie, Schweizerische Eidgenossenschaft, Department für Umwelt, Verkehr und Energie, 2006
11. Reußwig, A., Qualitätssicherungsverfahren für die Verkehrssteuerung ZIV – Zentrum für integrierte Verkehrssysteme GmbH Stand der Entwicklung, 2005.
12. Novotny, T., Qualitätssicherung an Lichtsignalanlagen, Anwendungsfeld für Simulation des Verkehrsablaufes, Fachsymposium tim GmbH, 2009
13. Mailer, M., Neue Verfahren für effiziente und flexible Verkehrssteuerung, Abschlusspräsentation BMW Group, 2008
14. Kobbelör, D., Dissertation, Dezentrale Steuerung von Lichtsignalanlagen in urbanen Verkehrsnetzen, Institut für Verkehrswesen, Universität Kassel, Schriftreihe Verkehr, Heft 18, 2007
15. Küchler, R., Verkehrsplanung, Teil: Strassenverkehrstechnik, FH Köln, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik, 2003
16. Lagemann A. Vorrang für Busse und Straßenbahnen an Kreisverkehren, vom Fachbereich Architektur / Raum-

und Umweltplanung / Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern zur Verleihung des akademischen Grades Dr.-Ing. genehmigte Dissertation, 2004.

References

1. Bahtina O.N. Razrabotka metodov rascheta i ochenki zatorovyh sostojanij transportnogo potoka na ulichno-dorozhnoj seti gorodov: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk / O. N. Bahtina, Volgograd, 2006.
2. Levashev A.G. Povyshenie jeffektivnosti ODD na reguliruemym peresechnijah, / A.G. Levashev // Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk, Irkutsk, 2004.
3. Mihajlov A. J. Sovremennye tendencii proektirovanija i rekonstrukcii ulichno-dorozhnyh setej gorodov / A.Ju. Mihajlov, I.M. Golovnyh // Uchebnoe posobie, Novosibirsk: Nauka, 2004. – 267 s., il.
4. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Nr. 299, FGSV Verlag GmbH, Köln.
5. Wu. N., Bemessung und Bewertung von Lichtsignalanlagen – Vergleich zweier neuen Regelwerke HCM 2000 und HBS 2001, "Straßenverkehrstechnik", Heft 12/2003. KirschbaumVerlag GmbH, Bonn, 2003
6. Kremenec J.A. Tehniceskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizhenija / Ju. A. Kremenec, M.P. Pecher-skij, M.B. Afanas'ev // Uchebnik dlja vuzov. – M.: IKC «Akademkniga», 2005.- 279 s
7. Organizacija dorozhnogo dvizhenija v gorodah: Metod. posobie / Pod obshh. red. Ju.D. Shelkova. – M.: NIC GAI MVD Rossii. 1995. 143 s.
8. Zaharov A. P. Normirovanie propuskoj sposobnosti gorodskih ulic i dorog / A.P. Zaharov, L.V. Bulavina, L.I. Rjabokon' // Materialy X mezhdunarodnoj (tri-nadcatoj ekaterinburgskoj) nauchno-prakticheskoi konferencii 14 - 15 ijunja 2004 goda, [Jelektronnyj resurs] www.vaksman.ru.
9. Highway Capacity Manual (HCM 2000). TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2000.
10. Verkehrsmanagementpläne, Methodologie, Schweizerische Eidgenossenschaft, Department für Umwelt, Verkehr und Energie, 2006
11. Reußwig A., Qualitätssicherungsverfahren für die Verkehrssteuerung ZIV – Zentrum für integrierte Verkehrssysteme GmbH Stand der Entwicklung, 2005.
12. Novotny T., Qualitätssicherung an Lichtsignalanlagen, Anwendungsfeld für Simulation des Verkehrsablaufes, Fachsymposium tim GmbH, 2009
13. Mailer M., Neue Verfahren für effiziente und flexible Verkehrssteuerung, Abschlusspräsentation BMW Group, 2008
14. Kobbelör D., Dissertation, Dezentrale Steuerung von Lichtsignalanlagen in urbanen Verkehrsnetzen, Institut für Verkehrswesen, Universität Kassel, Schriftreihe Verkehr, Heft 18, 2007
15. Küchler R., Verkehrsplanung, Teil: Strassenverkehrstechnik, FH Köln, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik, 2003
16. Lagemann A. Vorrang für Busse und Straßenbahnen an Kreisverkehren, vom Fachbereich Architektur / Raum- und Umweltplanung / Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern zur Verleihung des akademischen Grades Dr.-Ing. genehmigte Dissertation, 2004.

Баранов І.О., Баранова В.М., Тараторіна О.М., Королєнко Т.В. Аналіз методики підвищення споживчих властивостей регульованих перехресть вулично-дорожньої мережі міста.

У статті виконано аналіз використовуваних в даний час в Україні методів оцінки споживчих властивостей регульованих перехресть на автомобільному транспорті. Виконано аналіз різних методів регулювання дорожнього руху на регульованих перехрестях вулично-дорожньої мережі міст. Дано алгоритм з розробки рекомендацій щодо оцінки та підвищення транспортних споживчих властивостей ізольованих регульованих перехресть вулично-дорожньої мережі міста на основі врахування впливу геометричних характеристик перетинів і складу руху на режими руху транспортних потоків. У роботі представлена залежність пропускної здатності смуги для умовно сумісних потоків автомобілів, що повертають направо, від інтенсивності пішохідного потоку. Охарактеризовано основні параметри, що визначають пропускну здатність смуг на ізольованих регульованих перехрестях (ІРП). Постановлено завдання уточнення величин потоку насичення, вжиття заходів забезпечення його максимального значення для сучасних дорожньо-транспортних умов.

Ключові слова: потік насичення, споживчі властивості, вулично-дорожня мережа, пропускну здатність, автомобіль, ізольоване перехрестя.

Baranov I., Baranova V., Taratoryna A., Korolenko T. Analysis method increasing consumer properties of regulated crossroads city street and road network.

The article considers conditionally compatible flows cars on zolated regulated intersections. Consumer properties and parameters road traffic control on road transport are illuminated and analysis of traffic realization requirements is made. The analysis currently used in Ukraine methods assessing consumer properties adjustable intersections is performed. The analysis various methods traffic regulation at regulated intersections on street-road network cities is carried out. An algorithm given to develop recommendations assessing and improving transport consumer properties isolated, regulated intersections city's road network based on effect geometric characteristics intersections and composition traffic on traffic flow regimes. The paper present dependence bandwidth strip for conditionally compatible flows turning to right of cars, on intensity pedestrian flow. The main parameters that determine bandwidth bands at isolated regulated intersections are described. The task is clarify values flow of saturation, taking measures to ensure its maximum value for modern road and transport conditions. The timing passage carriageway by pedestrians to NBS and calculation throughput capacity during seepage has been calculated.

Keywords: saturation flow, consumer properties, road network, throughput, car, isolated intersection.

Баранов І.О. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля. mail: baranov_90@inbox.ru

Баранова В.М. – студентка кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Тараторіна О.М. - студентка кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Королєнко Т.В. - студентка кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

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