

МЕТОД РИСКО-РЕГУЛЯТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСПЕШНОСТИ ДВИЖЕНЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Петрашевский О.Л., доктор технических наук
Хабутдинов А.Р.

Постановка задачи. В организационной теории транспортного процесса [1] транспортный цикл представляется как совокупность двух терминальных (погрузка и разгрузка) и движенческой операций. С точки зрения процедур транспортных технологий и процедур вождения в этой теории движенческая операция представлена в очень упрощенном и в условном виде. Условность последней вытекает из того, что рассматривается явление виртуального перемещения простейшего перевозочного средства, а не движение сложной микросистемы «Водитель – автомобиль». В связи с этим задача обеспечения этой микросистемой технологической успешности движенческой операции (ТУДО) вообще не может быть поставлена. В данном случае под ТУДО понимается такое управление автомобилем (АТС), при котором комплексно обеспечиваются три требования: «производительность (П), траекторная безопасность (ТБ), энергоэффективность (ЕЕ)» [2]. Сложность обеспечения ТУДО обусловливается противоречивостью результатов управления АТС по разным требованиям: П, ТБ или ЕЕ. При использовании процедур повышения ТБ возрастает эксплуатационная анергичность АТС как явление одновременного снижения энергоэффективности АТС и его средней скорости. В статье представлены: принципы и метод риско-регулятивного управления АТС в соответствии с требованиями ТУДО, которые основаны на количественном анализе кинематических и энергетических характеристик процедур управления АТС, а также четырех видов локально-траекторных рисков (ЛТР): контрпродуктивного r_1 , сенсорно-темпового r_2 , инцидентного r_3 и анергичного r_4 [2].

Основная часть. На основе работ [2,3] сформулированы три принципа обеспечения ТУДО: а) заблаговременного выявления сигналов возможных траекторных возмущений; б) формирования доминантно-структурированных риско-регулятивных алгоритмов вождения; в) сигнально-обусловленного чередования тактик минимизации ЛТР в многофазных движенческих операциях. Под ЛТР понимается образ заблаговременно-превентивной цепочки трудо-машинных процедур вождения в неопределенных локально-траекторных ситуациях (ЛТС), которые направлена на обеспечение ТУДО и исходят из тактик раннего выявления визуальных признаков траекторных возмущений и потенциальных опасностей, а также их темпового устранения. Принято, что неопределенности возникают из-за недостаточности транспортно-дорожной информации, а также из-за возможной противоречивости поведения взаимодействующих участников дорожного движения.

Иницилирующим фактором для формирования риско-регулятивной тактики управления АТС (РРТУА) является установление водителем состояния визуальных признаков траекторного возмущения (ВПТВ) или локально-траекторной опасности (ВПЛТО). Предполагается, что в латентных трудовых процедурах вождения (сенсорно-перцептивных) водитель оперативно учитывает три состояния функционала $f_{ВП}$ для ВПТВ или ВПЛТО, $f_{ВП}=0; 0.5; 1.0$. Здесь $f_{ВП}=0$ означает отсутствие признака; $f_{ВП}=0.5$ - присутствуют косвенные и неявные признаки; $f_{ВП}=1$ - наличие явного признака ВПЛТО.

Исходя из состояний функционала $f_{ВП}$ тактика безопасного управления АТС характеризуется такими условиями:

$$\begin{aligned} \text{а) } f_{ВП} = 0,5: & \text{ТБ}_i \rightarrow \text{real}, (r_2 \rightarrow \min) \cup (r_{3i} \rightarrow \min), \Delta V_i < 0; \\ \text{б) } f_{ВП} = 1,0: & (\text{ТБ}_i \rightarrow \text{real}), (r_{3i} \rightarrow \min), \Delta V_i < 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Тактика производительного управления АТС:

$$f_{ВП} = 0: (\Pi_i \rightarrow \text{real}), (r_{1i} \rightarrow \min), \Delta V_i > 0 \quad (2)$$

Тактика энергоэффективного управления АТС:

- а) $f_{ВП} = 0$: (EE \rightarrow real), ($r_4 \rightarrow$ min), $V_0 \rightarrow$ opt; (3)
- б) $f_{ВП} = 0,5$: (EE \rightarrow real), (ТБ₁ \rightarrow real), $r_4 \rightarrow$ minmax.

В формулах (1-3) принято: V_i - скорость АТС в i -й фазе движенческой операции; ΔV_i - приращение скорости АТС в i -й фазе движенческой операции; V_0 -средняя скорость АТС в операции; «real»- означает установку процедур вождения на реализацию какого-либо требования ТУДО.

Состояния ЛТР обозначаются в виде r_{jm} , j - 1,4; m - 1,3; где j - индекс вида ЛТР, m - индекс тактики ЛТР. Принято: $j=1$ -соответствует контрпродуктивному ЛТР, $j=2$ - сенсорно- темповому ЛТР, $j=3$ - инцидентному, $j=4$ - анергичному ЛТР; $m=1$ - соответствует тактике обеспечения неизменности ЛТР ($r_{jm}=\text{const}$) $m=2$ - тактика минимизации ЛТР($r_{jm}=\text{min}$), $m=3$ - тактика сопутствующего повышения ЛТР ($r_{jm}=\text{max}$). Обычно водитель так управляет АТС, чтобы минимизировать уровень доминантного (главного) ЛТР. При этом, зачастую, недоминантные ЛТР начинают возрастать из-за противоречивости видов тактик. Далее, выразим пробеговые и энергетические параметры движения АТС через уровни ЛТР r_{jm} . Для этого будем определять удельные (на 1% уровня ЛТР) пробеги АТС l_{njm} , и энергозатраты E_{njm} , которые соответствуют тактике регулирования ЛТР j m-го вида r_{jm} :

$$l_{njm} = l_{jm}/r_{jm} \times 100; E_{njm} = E_{jm}/r_{jm} \times 100, \quad (4)$$

где l_{jm} и E_{jm} - пробег АТС и энергозатраты на его перемещение,которые соответствуют заданной тактике регулирования ЛТР j m-го вида – r_{jm} .

Пусть в движенческой операции реализуется n_ϕ фаз движения, тогда суммарные пробеги АТС l_0 и энергозатраты E_0 ,соответствующие риско- регулятивному управлению АТС в типовых движенческих операциях равны:

$$l_0 = 100 \times \sum_1^{n_\phi} l_{(njm)i} \times r_{(jm)i}; E_0 = 100 \times \sum_1^{n_\phi} l_{njm} \times E_{(njm)i} \times r_{(jm)i}, \quad (5)$$

где $l_{(njm)i}$ - удельный пробег АТС в i -й фазе движенческой операции при риско- регулятивном управлении АТС; $E_{(njm)i}$ - энергозатраты АТС в i -й фазе движенческой операции при риско-регулятивном управлении АТС.

На основе (5) определяется показатель эксплуатационной анергичности АТС в движенческой операции K_{20} при риско- регулятивном управлении АТС:

$$K_{20}(r) = E_0(r) \times t_0 \times V_{3T}/(E_{3T} \times l_0(r)), \quad (6)$$

t_0 время движения АТС в движенческой операции; V_{3T} и E_{3T} - скорость движения и энергозатраты эталонного АТС.

Тактика минимизации анергичного ЛТР $r_4 = \text{min}$ основана на минимизации функционала (6). В таблице 1 представлены результаты расчетов кинематических и энергетических показателей риско-регулятивного управления автобусом «Богдан» с эксплуатационной массой 9т. в типичной движенческой операции (движение между остановками на расстоянии 700 м). Использовались программа и методика математического моделирования энергоэффективности АТС в обобщенных движенческих операциях, которые были разработаны на кафедре транспортных технологий НТУ. В структуру операции входят четыре фазы: а) движение с минимальной скоростью $V_1=3$ м/с в зоне первой остановки, при этом максимизируется контрпродуктивный ЛТР $r_1=\text{max}$; б) многоступенчатый разгон ($\Delta V=11$ м/с) на перегоне с целью минимизации контрпродуктивного ЛТР $r_1=\text{min}$; в) движение с постоянной скоростью $V_2=14$ м/с, при этом поддерживается постоянное (небольшое) значение контрпродуктивного ЛТР $r_1=\text{min}$, однако возрастает уровень сенсорно-темпового ЛТР $r_2=\text{max}$; г) четвёртая фаза, вариант1- служебное торможение с замедлением 2м/с–водитель принимает решение по высадке пассажиров на следующей остановке, с точки зрения безопасности движения оно

продиктовано возникновением технологически -максимального инцидентного ЛТР $r_3=1$, так как пассажиры не могут выйти из автобуса на ходу, д) четвертая фаза, вариант 2- экстренное торможение–водитель принимает решение по экстренной остановке автобуса с замедлением 5.5 м/с, чтобы избежать наезд, такое решение обусловлено возникновением поведенчески-максимального инцидентного ЛТР $r_3=1$. Количественные характеристики кинематических и энергетических параметров описанного риско-регулятивного управления автобусом в движенческой операции представлены в таблице1.

Таблица1.- Значения кинематических и энергетических характеристик риско-регулятивного управления автобусом в типичной движенческой операции

Фазы операции	1	2	3	4а	4б
Вид фазы	постоянная скорость	ступенчатый разгон	постоянная скорость	служебное торможение	экстренное торможение
Скорость АТС или его изменение в м/с	$V=3$	$\Delta V= +11$	$V=14$	$\Delta V= -14$	$\Delta V= -14$
Фазовый ЛТР или его изменение в м/с	$r_1=\max$	$\Delta r_1<0$	$r_1=\min, r_2=\max$	$\Delta r_3=1$	$\Delta r_3=1, r_1=\max$
Коэффициент темпа движения	0,181	0,512	0,843	0,422	0,422
Показатель ЛТР или его изменение	0,819	-0,662	0,157/0,703	1	1/1
Время фазы, сек	4	32,3	23,4	7	2,8
Фазовый пробег АТС, м	12	311	328	49	17,9
Фазовые энергозатраты, дж, 10^3	0,848	14,28	6,54	8,1	8,1
Удельные (на 1м) энергозатраты, дж/м	7067	4592	1994	16531	45251
Фазовый расход топлива, гр	5,21	92,05	48,61	6.5	2.4
Удельный (на1м) расход топлива, гр/м	0,434	0,296	0,148	0,132	0,134
Пробеговая отдача топлива м/гр	2,3	3,38	6,76	7,57	7,45
Удельные энергозатраты дж/%ЛТР	1035	21571	41656	8100	8100
Удельный расход топлива гр/% ЛТР	0,064	1,39	3,096	0,0651	0,024
Удельный пробег АТС, м/%ЛТР	0,146	4,7	20,89	0,49	0,179

Выводы. 1. Установлено, что противоречивые требования комплексного повышения производительности, траекторной безопасности и энергоэффективности автомобильного движения могут быть согласованы на основе алгоритма риско-регулятивного управления автомобилем, который исходит из идеи реализации превентивных трудовых процедур обеспечения технологической успешности движенческих операций. 2. Установлены количественные характеристики взаимосвязи кинематических и энергетических характеристик функционирования АТС в движенческих операциях с показателями уровня локально- траекторных рисков. 3. Предложены принципы и метод количественного анализа риско-регулятивных алгоритмов управления АТС в движенческих операциях.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки.– К.: Вища школа.–1986.– 447с.

2. Петрашевский О.Л., Хабутдинов А.Р. Научно-методические основы риско-регулятивного повышения безопасности и энергоэффективности автомобильного движения.//Проблемы транспорта: Зб. наук. праць.–Київ: НТУ.–2009.– Вип. 6.– С 60-64.

3. Хабутдінов А.Р. Моделі ризико-регулятивної тактики підвищення енергоефективності і безпеки руху автомобілів з урахуванням інформаційної неоднорідності дороги//Проблеми транспорту: Зб. наук. праць.– К.: НТУ.–2012.– Вип. 9. С 202-205.

РЕФЕРАТ

Петрашевський О.Л., Хабутдінов А.Р. Метод ризико-регулятивного забезпечення технологічної успішності рухових операцій автомобільних перевезень/ Олег Львович Петрашевський, Арсеній Романович Хабутдінов// Вісник .– Вісник .– К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

В статті запропоновані принципи і метод кількісного аналізу ризико-регулятивних алгоритмів управління АТЗ в рухових операціях по умові їх технологічної успішності.

Мета роботи -встановлення кількісних закономірностей взаємозв'язку між кінематичними і енергетичними характеристиками функціонування мікросистеми «Водій-автомобіль і величинами показників ЛТР.

Об'єкт дослідження- процеси успішного функціонування мікросистеми «Водій-автомобіль» в багатофазних рухових операціях шляхом використання ризико-регулятивних алгоритмів управління АТЗ.

Метод дослідження – математичне моделювання ризико -регулятивних алгоритмів управління АТЗ в багатофазних рухових операціях.

Доведена застосовність математичних моделей кінематики, динаміки і енергетики адаптивно-дискретного руху АТЗ для кількісного аналізу ризико-регулятивних алгоритмів управління АТЗ в багатофазних рухових операціях. Встановлено, що суперечливі вимоги комплексного підвищення продуктивності, траєкторної безпеки і енергоефективності автомобільного руху можуть бути злагоджені на основі алгоритму ризико-регулятивного управління автомобілем, який виходить з ідеї реалізації превентивних трудових процедур забезпечення технологічної успішності рухових операцій. Встановлені кількісні характеристики взаємозв'язку кінематичних і енергетичних характеристик функціонування АТЗ в рухових операціях з показниками рівня локально- траєкторних ризиків

Результати статті можуть бути використані: а) для теоретичного аналізу задач комплексного підвищення продуктивності, безпеки і енергоефективності автомобільних перевезень з урахуванням функціонування мікросистеми «Водій-автомобіль в багатофазних рухових операціях; би) в програмах навчання і підготовки водіїв; в) при розробці технічних і програмних засобів для бортових систем комплексного підвищення продуктивності, безпеки і енергоефективності автомобільних перевезень.

Прогнозні допущення стосовно розвитку об'єкту дослідження - розробка теорії і практики комплексного забезпечення продуктивності, безпеки і енергоефективності автомобільних перевезень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РИЗИКО-РЕГУЛЯТИВНЕ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ, ТРАЄКТОРНІ ОБУРЕННЯ І НЕБЕЗПЕКИ, ЛОКАЛЬНО-ТРАЄКТОРНІ РИЗИКИ, ПРИНЦИПИ І АЛГОРИТМИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ УСПІШНОСТІ РУХОВИХ ОПЕРАЦІЙ.

ABSTRAKT

Petrashevski O. L., Habutdinov A.R. Method of the risk- regulation providing of technological success of transport operations of motor-car transportations/Oleg Lvovich Petrashevski, Arseniy Romanovich Habutdinov// Visnik .– К.: NTU . – 2012. – Vol. 26.

In the article the principles and method of quantitative analysis of risks of risk- regulation's algorithms of control of car in the transport operations on the condition of their technological success are offered.

Purpose of work of –determination of quantitative regularities to intercommunication between kinematics and power descriptions of functioning of mikrosystem «Driver-car» and levels of the risks.

Object of investigation- processes of the successful functioning of mikrosystem «Driver- car» in the transport operations by the use of risk- regulation's algorithms of control of car.

Research method – mathematical simulation of risk- regulation's algorithms of control of car in the transport operations.

Applicability of mathematical models of kinematics, dynamics and energy of adaptive- discrete motion of car for the quantitative analysis of risk- regulation's algorithms of control of car in the transport operations is proved. It is set, that the contradictory requirements of complex rise of productivity, trajectory

safety and power efficiency of motor-car motion can be concerted on the basis of algorithm of risk-regulation's algorithms of control of the car in the transport operations which comes from the idea of realization of preventive labour procedures of providing of technological success of transport operations. Quantitative descriptions of intercommunication of kinematics and power descriptions of functioning of mikrosystem «Driver- car» in the transport operations with the indexes of level of the trajectory risks are set

The results of the article can be used: a) for the theoretical analysis of tasks of complex rise of productivity, safety and energy efficiency of motor-car motion taking into account functioning of mikrosystem «Driver- car» in the transport operations; b) in the programs of teaching and preparation of drivers; in) at development of technical and program facilities for the side systems of complex rise of productivity, safety and energy efficiency of motor-car transportations.

Prognosis assumptions as it applies to development of object of investigation are - development of theory and practices of the complex providing of productivity, safety and energy efficiency of motor-car transportations.

KEYWORDS: RISK -REGULATIVE DRIVE, TRAJECTORY INDIGNATIONS AND DANGERS, LOCAL-TRAJECTORY RISKS, PRINCIPLES AND ALGORITHMS OF TECHNOLOGICAL SUCCESS OF TRANSPORT OPERATIONS.

РЕФЕРАТ

Петрашевский О.Л., Хабутдинов А.Р. Метод риско-регулятивного обеспечения технологической успешности движенческих операций автомобильных перевозок/ Олег Львович Петрашевский, Арсений Романович Хабутдинов// Вестник .– К.: НТУ. – 2012. – Вып. 26.

В статье предложены принципы и метод количественного анализа риско-регулятивных алгоритмов управления АТС в движенческих операциях по условию их технологической успешности.

Цель работы -установление количественных закономерностей взаимосвязи между кинематическими и энергетическими характеристиками функционирования микросистемы «Водитель-автомобиль» и величинами показателей ЛТР.

Объект исследования- процессы успешного функционирования микросистемы «Водитель-автомобиль» в многофазных движенческих операциях путём использования риско-регулятивных алгоритмов управления АТС.

Метод исследования – математическое моделирование риско-регулятивных алгоритмов управления АТС в многофазных движенческих операциях.

Доказана применимость математических моделей кинематики, динамики и энергетики адаптивно-дискретного движения АТС для количественного анализа риско-регулятивных алгоритмов управления АТС в многофазных движенческих операциях. Установлено, что противоречивые требования комплексного повышения производительности, траекторной безопасности и энергоэффективности автомобильного движения могут быть согласованы на основе алгоритма риско-регулятивного управления автомобилем, который исходит из идеи реализации превентивных трудовых процедур обеспечения технологической успешности движенческих операций. Установлены количественные характеристики взаимосвязи кинематических и энергетических характеристик функционирования АТС в движенческих операциях с показателями уровня локально- траекторных рисков

Результаты статьи могут быть использованы: а) для теоретического анализа задач комплексного повышения производительности, безопасности и энергоэффективности автомобильных перевозок с учётом функционирования микросистемы «Водитель-автомобиль» в многофазных движенческих операциях; б) в программах обучения и подготовки водителей; в) при разработке технических и программных средств для бортовых систем комплексного повышения производительности, безопасности и энергоэффективности автомобильных перевозок.

Прогнозные допущения применительно к развитию объекта исследования- разработка теории и практики комплексного обеспечения производительности, безопасности и энергоэффективности автомобильных перевозок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: РИСКО-РЕГУЛЯТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЕМ, ТРАЕКТОРНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ И ОПАСНОСТИ, ЛОКАЛЬНО-ТРАЕКТОРНЫЕ РИСКИ, ПРИНЦИПЫ И АЛГОРИТМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСПЕШНОСТИ ДВИЖЕНЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ.