УДК 656.13

Концепция развития систем мониторинга и управления интеллектуальных технических комплексов

Р.Н.САФИУЛЛИН¹, А.С.АФАНАСЬЕВ¹, В.В.РЕЗНИЧЕНКО²

¹ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

Определены концептуальные подходы к совершенствованию системы мониторинга и управления функциональными возможностями интеллектуальных технических комплексов зданий и транспортно-технологических машин предприятий горнодобывающей промышленности. Предложены критерии эффективности функционирования автоматических систем контроля движения транспортно-технологических машин, учитывающие вероятностную природу системообразующих факторов. Представлена схема научно-методических исследований по совершенствованию систем автоматизации и контроля движения на автомобильном транспорте.

Обоснованы перспективные направления формирования контрольных функций при движении транспортных средств на основе использования интеллектуальных автоматизированных систем. Определены этапы жизненного цикла технических систем контроля движения транспортных средств с учетом особенностей их эксплуатации. Разработана методика оптимального применения технических средств контроля в сфере обеспечения контрольно-надзорных функций при эксплуатации транспортных средств, а также определена зависимость определения финансовых затрат на поддержание их работоспособности.

Ключевые слова: технические системы контроля движения; автомобильный транспорт; интеллектуальные технические комплексы; мониторинг; энергетические ресурсы

Как цитировать эту статью: Сафиуллин Р.Н. Концепция развития систем мониторинга и управления интеллектуальных технических комплексов / Р.Н.Сафиуллин, А.С.Афанасьев, В.В.Резниченко // Записки Горного института. 2019. Т. 237. С. 322-330. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.322

Введение. Автоматизация технических систем зданий и транспортно-технологических машин в мире достигла высокого уровня. В России данное направление набирает все большие обороты, в том числе и на предприятиях горнодобывающей промышленности [12, 13]. Актуальность темы обусловлена тем, что применение систем автоматизации, позволяющих эффективно управлять инженерными системами зданий и систем контроля движения транспорта, востребовано как при реставрации существующих электроустановок, так и при проектировании новых. Эффективное управление такими системами здания, как освещение, отопление и кондиционирование позволяет снизить затраты на электроэнергию, а также способствует повышению комфорта при длительном пребывании человека в помещении. Основой актуальных теоретических исследований по снижению издержек на энергопотребление в процессе эксплуатации инженерных систем и электрооборудования интеллектуальных зданий и сооружений, и как следствие, снижению негативного влияния на окружающую среду, в условиях интенсивно изменяющихся количественных и структурных параметров интеллектуальных технических средств при ограниченности изменений исторически сложившихся целегенерирующих зон, стали федеральные и региональные целевые программы модернизации энергетической системы в рамках программы «Умный город».

Постановка проблемы. Отсутствие единых требований к техническим средствам и создаваемым интеллектуальными автоматическими системами предприятий горнодобывающей промышленности приводит к путанице в понятиях одновременно с появлением нового оборудования и программного обеспечения. Задача необходимости научного обоснования и создания методологии инновационных технических и технологических решений обеспечения снижения затрат на энергопотребление в процессе эксплуатации инженерных систем и электрооборудования интеллектуальных зданий и сооружений в сложившихся условиях изменений количественных, качественных и структурных параметров в крупных городах поставлена заданиями федеральных и региональных целевых программ. Основные задачи программ: повышение сбалансированности, эффективности управления энергетическими ресурсами при функционировании интеллектуальных зданий и сооружений как части энергетической системы, обеспечивающей национальные интересы страны. Одним из критериев перехода на новый уровень развития интеллектуальных

технических комплексов зданий и транспортно-технологических машин предприятий горнодобывающей промышленности является повсеместное внедрение систем непрерывного мониторинга их функционирования при различных условиях эксплуатации. Такие системы обеспечивают возможность интеллектуального взаимодействия, например, с единичными транспортными средствами, с транспортным потоком посредством информационно-телекоммуникационных технологий с целью повышения эффективности использования [5, 13].

На основании исследования [6] были разработаны методологические основы и предложения по рациональному применению и эффективному управлению комплексами автоматических систем контроля движения на основе формирования системы оценок эффективности функционирования интеллектуальных технических комплексов. В современных условиях необходимо обеспечить эффективную реализацию систем контроля движения и получить единую концепцию, направленную на совершенствование функционирования технических средств автоматической фиксации на основе оценки их эффективности. Формирование основ методологического базиса и совершенствование технологий эксплуатации технических средств контроля (ТСК) различного уровня позволит обосновать концептуальный подход, в результате чего станет возможным построение эффективной системы управления функционированием интеллектуальных технических комплексов.

Разработанные методики позволят провести институциональные преобразования, дальнейшего развитие производства высокотехнологичных компонентов и материалов, ввести государственные стандарты, отвечающие международным требованиям и обеспечить совершенствование научно-технического, кадрового потенциала. Опыт эксплуатации интеллектуальных технических комплексов зданий и транспортно-технологических машин предприятий горнодобывающей промышленности в зарубежных странах показывает, что формирование и реализация технических решений, направленных на мониторинг интеллектуальных технических систем, в ближайшем будущем существенно возрастут [1, 3, 6, 8]. Эти обстоятельства создают объективную необходимость интеграции ориентированных технологий в управлении, в частности, энергетическими сетями зданий и сооружений предприятий горнодобывающей промышленности на основе системного целевого подхода.

Методология. В основе данного подхода лежит положение о взаимосвязи работы интеллектуальных технических средств и образующейся при ее функционировании экономии энергоресурсов и возможности совместной оптимизации этих процессов. Модели, связывающие работу интеллектуальных технических средств и размер затрат на энергоресурсы, составляют нормативно-целевой базис альтернативных реализаций сценариев их совершенствования. Критерии оптимизаций основываются на обобщающих технических и энергетических показателях данного процесса.

В процессе управления энергетическими ресурсами интеллектуальных зданий и транспортными средствами можно выделить три иерархических уровня: региональный мегауровень, локальный макроуровень и индивидуальный микроуровень (рис.1). На каждом уровне процесс управления энергетическими ресурсами оптимизируется по следующим критериям: объем систем автоматизации, позволяющих эффективно управлять техническими системами в n -й период, не должен противоречить сохраняющейся тенденции увеличения потребления энергоресурсов в последующем $n + 1$ периоде; размер затрат на энергоресурсы не должен быть больше размера, не превышающего допустимые.

Процесс создания и применения автоматических информационно-телекоммуникационных систем контроля движения транспортно-технологических машин неизбежно связан с проблемой оценки их эффективности. При этом возникает целый ряд сложных вопросов, обусловленных спецификой задач, для решения которых этот объект предназначен. В процессе исследования проанализированы положительные результаты и предлагаются варианты решения выявленных проблем. Особую актуальность приобретают вопросы, связанные с разработкой критериев оценки управления структурами и организациями, обеспечивающие функционирование ТСК на основании базовых принципов и положений теории принятия решений. Разработанная последовательность выполняемых исследований по мониторингу и управлению систем автоматизации и контроля движения на автомобильном транспорте позволят обеспечить оптимальные решения эффективного применения систем управления ТСК на основе критериального подхода (рис.2).

Рис.1. Иерархические уровни мониторинга и управления интеллектуальными техническими системами

В результате оценки эффективности разрабатываются направления совершенствования систем контроля движения транспортных средств [2, 7, 10, 15].

Одна из перспектив развития системы автоматической фиксации (САФ) – внедрение новых комплексов на дорогах Российской Федерации с высокой интенсивностью движения; планируется дополнительно устанавливать стационарные комплексы фотовидеофиксации. В соответствии с системной методологией комплексы контроля движения на автомобильном транспорте целесообразно представить как пересечения следующих систем: технологической структуры (инфраструктурного объекта); технологической системы изготовления (сборки); инфраструктурный объект – операторы; технической эксплуатации и ремонта; инфраструктурный объект – окружающая природная среда; инфраструктурный объект – транспортное средство.

Для оценки эффективности функционирования комплексов фотовидеофиксации административных правонарушений в дорожно-транспортной сфере при их взаимодействии с объектами *i*-й системы целесообразно использовать критерий [12-14]

Рис.2. Функциональная схема научно-методических исследований мониторинга и управления систем автоматизации и контроля движения на автомобильном транспорте

$$K_{\text{эф}i} = \frac{\{\Theta(+)\}_{ij}, \{H_{\text{эн}ij}\}}{\{Z_{\text{с}ij}\}, \{\Theta(-)\}_{ij}},$$

где $\{\Theta(+)\}$, $\{\Theta(-)\}$ – совокупность положительных и отрицательных эффектов от функционирования комплекса на рассмотренном этапе, с системной точки зрения положительный эффект характеризуется повышением уровня мониторинга, отрицательный – снижением уровня контроля движения транспортных средств и, соответственно, увеличением дорожно-транспортной аварийности со всеми вытекающими последствиями; $Z_{\text{с}}$ – совокупность затрат системы на функционирование комплекса и поддержание его в работоспособном состоянии, приведенная к форме экономического показателя; $H_{\text{эн}}$ – совокупность видов энтропии системы, нейтрализуемой комплексами контроля движения на автомобильном транспорте, т.е. снижение уровня дорожно-транспортной аварийности, приведенной к форме экономического показателя.

Задача оценки эффективности функционирования комплексов контроля движения на автомобильном транспорте является многокритериальной. Для ее решения очень часто используется методика, предусматривающая ранжирование всех представленных критериев. В рассматриваемой постановке важность каждой оптимизационной задачи должна определяться по степени ее влияния на общество (повышением уровня безопасности дорожного движения) и оцениваться объективным показателем – рангом влияния j -го частного направления оптимизации относительно наиболее приоритетного варианта R_{sj}/C_1 .

Тогда эффективность использования ресурса оптимизации (не хуже, чем принято) и эстетической (соответствие комплексов действующим нормам) целесообразности можно оценить зависимостью:

$$f_{0,1i,\Sigma} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n_{\text{тк}}} \left[K_{\text{эф}i} C_1 \rightarrow \left\{ 1 - \sum_{i=2}^4 R_s C_j / C_1 \right\} (\max C_1) \right] \\ K_{\text{эф}} C_2 \rightarrow R_s C_2 / C_1 R_{\alpha} C_2 (\max C_2) \\ \sum_{i=1}^{n_{\text{оп}}} [K_{\text{эф}} C_3 \rightarrow R_s C_3 / C_1 R_{\alpha} C_3 (\max C_3)] \\ K_{\text{эф}} C_4 \rightarrow R_s C_4 / C_1 R_{\alpha} C_4 (\max C_4) \end{array} \right\},$$

где $n_{\text{тк}}$, $n_{\text{оп}}$ – число каналов связи с функциональными объектами и операторами; $R_{\alpha} C_i$ – показатель, характеризующий эффективность пользования оптимизационного ресурса в i -м направлении.

В качестве оптимизационных ресурсов рассматриваются различные схематические решения, предусматривающие использование передвижных и стационарных комплексов фотовидеофиксации, выбор места дислокации и т.п. Ранг социального влияния i -го направления (уровень снижения аварийности) оптимизации определяется зависимостью

$$R_s C_i = \frac{N_s C_i \eta_s C_i}{N_s C_1 \eta_s C_1},$$

где $N_s C_i$ – численность социальной группы, подверженной влиянию уровня эффективности i -го функционирования комплексов контроля движения на автомобильном транспорте; $\eta_s C_i$ – удельная доля воздействия на интересы члена социальной группы уровня эффективности i -го функционирования системы ТСК

$$\eta_s C_i = \frac{V_{\Delta K_{\text{эф}}}^j C_i}{\Sigma V^j},$$

где j – определяющий фактор воздействия (экономический, социальный и т.д.); ΣV^j – совокупность воздействий по снижению ДТП при реализации j -х мероприятий (например, за год).

Указанные воздействия реализуются через экономические показатели: $V_{\Delta K_{\text{эф}}}^j C_i$ – объем воздействий, зависящий от уровня эффективности функционирования ТСК; $N_s C_i$ – численность со-

циальной группы; $\eta_s C_i$ – удельная доля воздействия технологического воздействия направления оптимизации, для которого $R_s C_i = 1$, определяется экспертным опросом специалистов.

Для оценки влияния различных факторов функционирования передвижных и стационарных комплексов автоматических систем контроля движения на эффективность использования в отдельных регионах РФ был выполнен множественный регрессионный анализ. Анализ показывает, что наибольшее влияние имеют факторы: население региона ($x_{11} \cdot 10^6$, чел.), от которого на 88,4 % зависит эффективность функционирования ТСК; плотность транспорта в регионе (x_9 , шт./км²); протяженность автомобильных дорог (x_{10} , км) и территория региона (x_{12} , км²). Некоторые факторы являются коррелированными, например, сумма оплаченных штрафов ($x_2 \cdot 10^5$, руб.) и удельный показатель, характеризующий отношение количества ТС на число вынесенных постановлений об административных правонарушениях (x_1 , ТС/ед.), имеют связь, оцениваемую величиной 0,96. Практически все факторы имеют положительную корреляцию с параметрами эффективности функционирования ТСК.

Факторы количество мобильных ТСК (x_6 , шт.); протяженность автомобильных дорог (x_{10} , км) и территория региона (x_{12} , км²) имеют отрицательную корреляцию с параметрами эффективности функционирования ТСК, их увеличение приводит к уменьшению количества дорожно-транспортных происшествий. В программе Statgraphics был выполнен анализ влияния факторов: плотность населения в регионе (x_8 , чел/км²), плотность транспорта в регионе (x_9 , шт/км²) и территория региона (x_{12} , км²) на эффективность функционирования ТСК. Все коэффициенты являются статистически значимыми и на 94,4 % описывают влияние на зависимую переменную. В результате была определена математическая модель в виде:

$$y = 1326,05 - 1,09546x_8 + 10,5527x_9 + 1033,04x_{11}.$$

По степени влияния факторы имеют следующую иерархию: x_{11} , x_9 , x_8 . Влияние на эффективность функционирования ТСК факторов удельного показателя, характеризующего отношение количества ТС на число вынесенных постановлений об административных правонарушениях (x_1 , ТС/ед.), суммы оплаченных штрафов ($x_2 \cdot 10^5$, руб.), количества стационарных ТСК (x_3 , шт.) и плотности населения в регионе (x_8 , чел/км²) моделируется зависимостью:

$$y = 2379,24 + 1543,63x_1 - 3,9134x_2 + 9,4035x_3 + 1,0307x_8.$$

Статистические параметры полученной модели представлены в таблице.

Полученные математические зависимости показывают связь между количеством дорожно-транспортных происшествий и различными факторами $x_1, x_2 \dots x_n$. Указанные факторы затрагивают управленческие, технологические и методологические аспекты проблемы повышения БДД. Анализ полученной модели показывает, что основной вклад в аварийность вносит количество зарегистрированных транспортных средств (ТС) в конкретном регионе x_1 . Этот фактор учитывается в модели через нормативный показатель – количество приходящихся ТС на одно автоматическое устройство системы контроля движения. Рекомендуемая обеспеченность региона средствами ТСК составляет один комплекс на 6,5 тыс. зарегистрированных транспортных средств [15].

Результаты исследования. Функционирование ТСК охватывает несколько этапов, совокупность которых называется их жизненным циклом. В общем случае под термином жизненный цикл понимается определенная эволюция, период времени и совокупность работ, меняющих состояние рассматриваемой системы от начала функционирования до окончания ее эксплуатации. На каждом этапе разработанного жизненного цикла ТСК возникает определенный набор задач, методов их решения и комплекс технических решений. При этом для каждого этапа исходными являются схмотехнические решения, принятые на предыдущем исследовании. График жизненного цикла функционирования ТСК включает четыре этапа (рис.3):

I. «Локальное влияние», на котором происходит увеличение количества комплексов ТСК и отладка их работы. На этом этапе наблюдается заметный

Статистические параметры математической модели

Параметры	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	2379,24	377,889	6,29614	0,0243
x_1	1543,63	193,139	7,99232	0,0153
x_2	-3,91341	0,472106	-8,28924	0,0142
x_3	9,40355	3,09578	3,03754	0,0934
x_8	1,0307	0,153725	6,70487	0,0215

Рис.3. График жизненного цикла функционирования ТСК
1 – САФ; 2 – количество постановлений ЦАФАП; 3 – коэффициент δ ;
4 – аварийность

рост выявленных административных правонарушений в дорожно-транспортной сфере при одновременном снижении аварийности в местах установки комплексов [2, 10, 15].

II. «Начало системного влияния», где ТСК выходят на стабильный уровень функционирования. Количество автоматических систем постоянно увеличивается. Для повышения эффективности функционирования ТСК возможна установка муляжей и имитаторов сигналов, при этом в местах их использования необходимо периодически применять действующие комплексы фотовидеофиксации.

III. «Период роста системного влияния автоматических систем контроля движения». После определенного роста начинается постепенное снижение числа выявляемых административных правонарушений, так как возрастает уровень информированности водителей о повсеместном контроле за движением транспортных средств. Увеличение количества ТСК продолжается.

IV. «Период стабильной работы ТСК», при котором происходит стабилизация всех показателей функционирования комплексов. Количество ТСК достигает оптимального значения и дальнейшее наращивание количества комплексов нецелесообразно. Должны измениться задачи и цели их применения, а также функциональные возможности этих комплексов. Огромное значение имеет дальнейшее развитие взаимодействия ТСК с интеллектуальными бортовыми системами транспортных средств (ИБТС).

На основании анализа предложена схема развития многоцелевых систем автоматического контроля движения ТС, которая может быть представлена в виде следующей формализации [11]:

$$W_1 = \rightarrow W = f(F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, \dots, F_n),$$

где W_1 – функция от параметров, действующих на данный момент; W – функция от тех параметров, к которым нужно стремиться (перспективные).

Для оценки влияния средств автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения на аварийность разработан алгоритм (рис.4), где приняты следующие обозначения: $C_{ру}$ – расходы на поддержание работоспособности ТСК, руб.; C_d – стоимость одного ТСК движения, руб.; $\eta_{тр}$ – норма отчислений на ТО и ТР ТСК в год, %; $СБ_{ку}$ – сборка, установка и настройка ТСК, руб.; $ЗП_{оп}$ – заработная плата операторов, руб.; $ЗП_{техн}$ – заработная плата техников, руб.; $ЗП_{вод}$ – заработная плата водителей, руб.; P – количество ТСК, ед.; C_m – стоимость монтажных работ, включая трудозатраты и прочие расходы, руб.; $C_{ТО}$ – стоимость ежегодного ТО, руб./год; i – процентная ставка, %; n – срок службы, год; $УК_{СКДД}$ – удельные капитальные вложения на строительство рубежа контроля ДД, руб.; $УК_{монтаж\ САФ}$ – удельные капитальные вложения на монтаж ТСК, руб.; k_2 – коэффициент увеличения затрат на ТСК; $З_{знак}$ – затраты на дорожный знак, руб.; $З_{монтаж\ знака}$ – затраты на монтаж дорожного знака, руб.; m – количество дорожных знаков, ед. $У_{ДТП}^c$ – ущерб от ДТП до начала функционирования ТСК, руб.; $N_{ДТП}^c$ – годовое число ДТП до начала функционирования ТСК, ед.; $У_{ДТП}^{np}$ – ущерб от ДТП после начала функционирования ТСК, руб.; $N_{ДТП}^{np}$ – годовое число ДТП после начала функционирования ТСК, ед.; $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – коэффициенты, учитывающие влияние ТСК на БДД.

Внедрение «корреляционной системы фиксации» позволяет оценить на практике эффективность использования различных ТСК, а также степень их влияния на показатели аварийности. Сформулированная научно-техническая задача решается с использованием методов и программных средств, реализующих разработанный системные критерии [9].

Заключение. При комплексном решении проблемы снижения издержек существует необходимость оценки эффективности функционирования интеллектуальных технических систем, как в

Рис.4. Блок-схема оценки эффективности применения автоматических ТСК

процессе эксплуатации инженерных систем и электрооборудования интеллектуальных зданий предприятий горнодобывающей промышленности, так транспортно-технологических машин на основе построения трехуровневых оптимизационных моделей. Необходима единая база данных, сформированных в понятиях предметной области на всех уровнях процесса управления, обеспечивающая возможность системного анализа развития ситуации. Сформированный серверный центр снижения издержек на энергопотребление в процессе эксплуатации инженерных систем и

электрооборудования интеллектуальных зданий, мониторинга технологического процесса применения интеллектуальных технических систем в составе информационной автоматизированной системе (ИАС) единой базы данных должен обеспечить возможность сбора обобщенной информации, ее формирования в понятиях предметной области трех уровней процесса управления энергетическими ресурсами и системного анализа размера затрат и ситуации в регионе.

Вывод. В результате проведенных исследований определены целевые подходы совершенствования функциональных возможностей системы мониторинга и управления интеллектуальных технических систем зданий и транспортно-технологических машин предприятий горнодобывающей промышленности. Предложены критерии эффективности функционирования автоматических систем контроля движения транспортно-технологических машин, учитывающие вероятностную природу системообразующих факторов. Установлена характеристика этапов жизненного цикла систем автоматической систем контроля движения с учетом особенностей их эксплуатации, которая предопределила методику оптимального применения технических средств контроля в сфере обеспечения контрольно-надзорных функций при эксплуатации транспортных средств, в результате получена зависимость для определения финансовых затрат на поддержание работоспособности комплекса в течение всего срока службы. Обоснована схема научно-методических исследований по совершенствованию систем автоматизации и контроля движения на автомобильном транспорте с целью определения перспективных направлений формирования контрольных функций при движении транспортных средств на основе применения интеллектуальных автоматизированных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев А.С. Моделирование процессов энергопреобразования дизельных двигателей / А.С.Афанасьев, А.С.Третьяков // Записки Горного института. 2016. Т. 222. С. 839-844. DOI: 10.18454/PMI.2016.6.839
2. Ахмин А.М. Основы управления качеством продукции/ А.М.Ахмин, Д.П.Гасюк. СПб: Изд-во «Союз», 2002. 192 с.
3. Гайкович Г.Ф. Стандартизация в области промышленных сетей. Развитие беспроводных стандартов для АСУ ТП // Электронные компоненты. 2009. № 1. С. 48-52.
4. Zubov В.П. Состояние и направления совершенствования систем разработки угольных пластов на перспективных угольных шахтах Кузбасса // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 292-297. DOI: 10.18454/PMI.2017.3.292
5. Козлов Л.Н. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России / Л.Н.Козлов, Ю.М.Урличич, Б.Е.Циклис // Транспорт Российской Федерации. 2009. № 3-4. С. 30-35.
6. Кочинев Ю.Ю. Техника и планирование эксперимента / Ю.Ю.Кочинев, В.А.Серебренников. Л.: ЛПИ, 1986. 70 с.
7. Логинова Н.А. Методология управления взаимодействиями на рынке транспортных услуг / СПбГИЭУ. СПб, 2011. 260 с.
8. Патент на ПМ № 174174 РФ. Автоматизированная система контроля данных о техническом состоянии двигателя внутреннего сгорания транспортного средства / Р.Н.Сафиуллин. Оpubл.05.10.2011. Бюл. № 28.
9. Прохоренко В.А. Прогнозирование качества систем / В.А.Прохоренко, А.Н.Смирнов. Минск: Наука и техника, 1976. 200 с.
10. Сафиуллин Р.Н. Интеллектуальные бортовые транспортные системы на автомобильном транспорте: Монография / Р.Н.Сафиуллин, М.А.Керимов. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2017. 355 с.
11. Филлюстин А.Е. Оценка вариантов технических систем на этапах разработки / Михайловская военная артиллерийская академия. СПб, 1993. 72 с.
12. Шпенст В.А. Комплексирование телекоммуникационных и электротехнических систем в шахтах и подземных сооружениях // Записки Горного института. 2019. Т. 235. С. 78-87. DOI: 10.31897/PMI.2019.1.78
13. Электротехническая совместимость электрооборудования автономных систем/ Под ред. А.П.Булекова. М.: Энергоатомиздат, 1995. 325 с.
14. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р. URL:<http://minenergo.gov.ru> (дата обращения 05.10.2016).
15. A model for justification of the number of traffic enforcement facilities in the region / R.Safiullin, M.Kerimov, A.Afanasyev, A.Marusin // Transportation Research Procedia. 2018. № 36. P. 493-499.

Авторы: Р.Н.Сафиуллин, д-р техн. наук, профессор, safavi@mail.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), А.С.Афанасьев, канд. военных наук, профессор, a.s.afanasev@mail.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), В.В.Резниченко, канд. техн. наук, заведующий кафедрой, safavi@mail.ru (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия).

Статья поступила в редакцию 4.12.2018.

Статья принята к публикации 1.04.2019.