

processing time. However, the speed increase leads to the friction increase and, hence, to the temperature in the cutting zone increase which limits the productivity of cutting due to corresponding tool heat resistance.

Reduction of the friction between tool and workpiece possible by reducing the tool surface roughness that will increase the allowable speed of processing and, consequently, the productivity of the cutting process.

It is necessary to consider that the tool roughness reduction requires considerable investments. This can be done through the use of final methods of the tool surface treatment that are directly in contact with the chip and the workpiece surfaces. The electrolytic polishing is also possible.

Methodology of determining the temperature in the cutting zone by natural thermocouple method, as well as exertions arising from tool and the workpiece interaction, are disclosed.

Impact of the tool surface roughness on the cutting forces during turning and the temperature in the cutting zone is investigated.

It is determined that temperature decrease in the cutting zone by reducing the tool surface roughness makes it possible to increase cutting speed and as a result increase the productivity of cutting process.

Mathematical dependences are derived enabling for determination of the impact of the tool surface roughness at the temperature in the cutting zone and at the cutting forces during turning.

Key words: tool, roughness, cutting speed, temperature, productivity, heat resistance, precision

УДК 621.793.8

КРИТЕРИИ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ПОКРЫТИЯ И МЕТОДА ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

**Ю. А. Харламов, доктор технических наук
Восточнoукраинский национальный университет
имени Владимира Даля**

**Л. Г. Полонский, доктор технических наук
Ю. О. Нагорняк, В. Н. Наумчук, студенты
В. А. Яновский**

**Житомирский государственный технологический
университет**

e-mail: gogol2010@rambler.ru

© Ю. А. Харламов, Л. Г. Полонский, Ю. О. Нагорняк,
В. Н. Наумчук, В. А. Яновский, 2017

Аннотация. В статье проанализированы имеющиеся в различных источниках рекомендации для выбора материалов и способов газотермического напыления покрытий и определены критерии эффективного их применения.

Способы газотермического напыления отличаются большим разнообразием параметров процесса. Температура напылительных потоков может быть в диапазоне 200...4200 К и выше; скорость полета напыляемых частиц варьируется от 30 до 1200 м/с; дистанция напыления – от 10 до 400 мм, диаметр пятна напыления от 5 до 60 мм. Кроме того, в различных методах напыления существенно отличаются состав напылительной струи и рабочей среды, производительность по расходу порошка и пр.

Свойства напыленных покрытий зависят от большого количества факторов, количество которых достигает нескольких десятков, определяемых состоянием напылительного потока и напыляемой поверхности детали. Эти факторы непосредственно влияют на структуру и свойства формируемых покрытий: микроструктуру, прочность сцепления, пористость, твердость и др.

Большим разнообразием отличаются и материалы газотермических покрытий на основе металлов, сплавов, интерметаллидов, металлических композитов, керметов, керамики и пр. В зависимости от исходного материала, его свойств и технологии получения и метода газотермического напыления свойства покрытия также варьируются в широком диапазоне, например: пористость – 0,5...17,0 %; прочность сцепления – 17...67 МПа; твердость – 0,5...7,6 ГПа; модуль упругости – 23...225 ГПа.

Для выбора эффективного газотермического покрытия необходимо прежде всего выбрать те критерии, которые наиболее существенно определяют его работоспособность и технологичность. В ряде случаев выбор материала покрытия может сопровождаться и выбором основного материала детали.

При выборе эффективных газотермических покрытий основными рассматриваемыми критериями являются:

1. Служебное назначение и условия работы деталей.
2. Функции покрытия.
3. Свойства основного материала.
4. Требуемые свойства покрытия на основном материале детали.
5. Конструктивные особенности детали и покрытия.
6. Расположение и конструктивные особенности поверхности с покрытием.
7. Ограничения по выбору метода напыления и посленапылительной обработки.

Ключевые слова: *газотермическое напыление, критерии, покрытия, пористость, порошки, прочность сцепления, свойства, эффективность*

Постановка проблемы. Выбор эффективных газотермических покрытий представляет сложную многокритериальную задачу. Однако в современной литературе практически не рассматриваются вопросы выбора материалов газотермических покрытий и технологии их получения. Имеются лишь ограниченные рекомендации, учитывающие отдельные аспекты получения и применения покрытий [1–5], что не всегда позволяет выбирать высокоэффективные покрытия в конкретных случаях их применения.

Цель исследований – выявление основных критериев эффективности газотермических покрытий с возможностью их использования для разработки методики выбора и технологии получения покрытий этого вида.

Материалы и методика исследований. Работа выполнена на базе анализа и обобщения данных литературных источников и результатов исследований, осуществлённых в лаборатории газотермических покрытий кафедры технологий машиностроения Житомирского государственного технологического университета и на кафедре машиностроения и прикладной механики Восточнoукраинского национального университета имени Владимира Даля.

Результаты исследований. В настоящее время разработано и используется много методов и технологий получения газотермических покрытий, но к основным, широко применяемым в промышленности методам напыления относятся [1–6]: газопламенное (ГПН), высокоскоростное газопламенное (ВГПН), детонационное (ДН), плазменное на открытом воздухе (ПН), плазменное в вакууме или контролируемой среде (ВПН), электродуговое (ЭДН), холодное (ХН) и др. Основные параметры этих методов напыления приведены в табл. 1, составленной по данным работ [1–5, 7].

Эти данные не отражают всего разнообразия условий газотермического напыления, поскольку на формирование покрытий влияют: составы рабочих сред, в которых происходит нагрев и ускорение напыляемых частиц и взаимодействие напылительного потока с изделием; геометрия и размеры напыляемого изделия; форма, размеры и расположение напыляемых поверхностей; основной материал изделия; физико-химическое состояние напыляемой поверхности и др.

1. Типичные значения параметров методов газотермического напыления.

Метод напыления	Температура рабочей среды, К	Скорость частиц, м/с	Дистанция напыления, мм	Диаметр пятна напыления, мм
ГПН	1800...3000	30...150	120...250	50
ЭДН	1000...1400	120...320	50...70	40
ДН	2400...3200	380...930	100	25 и менее
ПН	≥ 4200	180...400	60...130	20...40
ВПН	≥ 4200	480...800	300...400	50...60
ВГПН	1200...3400	280...1000	150...300	20 и менее
ХН	200...800	400...1230	10...50	5 и менее

Основные характеристики газотермического напыленного покрытия зависят от множества конструктивно-технологических параметров, что можно представить следующей неявной зависимостью [6]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{d}_p \pm t_1 \sigma_{\bar{d}_p}; \bar{G}(d_p) \pm t_2 \sigma_{\bar{G}(d_p)}; \bar{w}_{p_0} \pm t_3 \sigma_{\bar{w}_{p_0}}; \\ A_{p_0}; \bar{T}_{p_0} \pm t_4 \sigma_{\bar{T}_{p_0}}; \\ \bar{T}_{b_0} \pm t_5 \sigma_{\bar{T}_{b_0}}; \bar{Env}_i \pm t_6 \sigma_{\bar{Env}_i}; \bar{SL}_j \pm t_7 \sigma_{\bar{SL}_j}; \\ \bar{GSP}_k \pm t_8 \sigma_{\bar{GSP}_k}; \bar{Dm}_l \pm t_9 \sigma_{\bar{Dm}_l} \end{array} \right. \quad (1)$$

где средние статистические значения: \bar{d}_p – диаметра частиц; $\bar{G}(d_p)$ – расхода напыляемого материала в напылительной струе; \bar{w}_{p_0} – скорости частиц; \bar{T}_{p_0} – температуры частиц перед соударением; \bar{T}_{b_0} – температуры основы; \bar{Env}_i – состава и параметров состояния рабочей среды; \bar{SL}_j – параметры структуры и свойств поверхностного слоя детали; \bar{GSP}_k – характеристики шероховатости напыляемой поверхности и геометрии детали; \bar{Dm}_l – размеры поперечного сечения напылительной струи.

В первом приближении основные характеристики покрытия определяются пространственно-временными распределениями расхода $G(Dp, r, t)$ частиц заданного размера и его среднеквадратическим отклонением $\sigma_{G(Dp, r, t)}$, распределениями осредненных значений ключевых физических параметров: скорости u_{p_0} , размера D_p , агрегатного состояния A_{p_0} и температуры T_{p_0} частиц перед соударением, температуры T_{b_0} основы, характеристик шероховатости ее поверхности Ra , Rz , $Rmax$, а также

среднеквадратическими отклонениями перечисленных выше параметров по сечению пятна напыления $r \leq R_{slot}$ (полагая, что пятно осесимметричное, а агрегатное состояние частиц может быть однозначно определено по температуре их поверхности) и другими параметрами.

Покрытие может подвергаться кроме размерной и отделочной (упрочняющей) обработки дополнительной обработке с целью изменения его структуры, пористости, прочности сцепления и др. Поэтому методика выбора материала и технологии получения покрытия должна учитывать и эти факторы. Свойства покрытий в значительной степени зависят от исходных материалов. Основные виды порошков для получения покрытий приведены в табл. 2. Типичные свойства газотермических покрытий на основе металлов и сплавов приведены в табл. 3. Данные этой таблицы свидетельствуют о том, что свойства покрытий даже одного класса отличаются значительным разбросом.

2. Основные виды порошков для получения газотермических покрытий.

Класс материалов покрытий	Порошки	Методы получения порошков	Методы напыления
Металлы и сплавы	Al; Al-Si	РГ	ПН; ХН; ГПН
	Cu; Cu-Ni; Cu-Al	РГ	ВГПН; ПН; ХН; ГПН
	Ti; Ta	РГ	ВПН; ХН
	FeCr; FeCrNiMo; на основе FeCr	РГ; РВ; П	ПН; ГПН; ДН
	MCrAlY (M = Co, Ni, Fe)	РГ	ПН; ВГПН; ВПН; ДН
	Mo; на основе Mo	СД; КС; ПР	ПН
	Ni; Ni-Cr; Ni-Al; на основе Ni	РГ; РВ; П	ПН; ГПН; ХН; ВГПН; ВПН; ДН
Металлические композиты	На основе Al-Si (изнашиваемые)	П; С	ПН; ГПН
	На основе CoNi (изнашиваемые)	П	ПН
	На основе Ni (изнашиваемые)	П	ГПН
	Cu-Al (бронза)	П	ВГПН; ПН
Интерметаллиды	CoCrNiWC; на основе CoCr, самофлюсующиеся	РГ; РВ	ВГПН; ПН; ДН
	NiCrSiB; на основе NiCrSiB	РГ; РВ	ГПН; ВГПН; ДН

Продолжение табл. 2

Класс материалов покрытий	Порошки	Методы получения порошков	Методы напыления
Керметы	Mo-Mo ₂ C	КС	ПН
	CrC-NiCr; на основе CrC-Ni	СД; КС; П; ПР	ПН; ВГПН; ГПН; ДН
	WC-Co; WC-Ni; на основе WC	СД; КС; П; ПР	ПН; ВГПН; ГПН; ДН
Керамика	Al ₂ O ₃ ; Al ₂ O ₃ -TiO ₂	ПД; С	ПН; ГПН; ДН
	Cr ₂ O ₃ ; Cr ₂ O ₃ -TiO ₂ ; Cr ₂ O ₃ -TiO ₂ -SiO ₂	ПД; СД; КС; С	ПН; ДН
	TiO ₂	ПД	ПН; ГПН
	ZrO ₂ -Y ₂ O ₃ ; ZrO ₂ -MgO	ПД; КС; ПР	ПН

Обозначения: РГ – распыление газа; РВ – распыление водой; СД – спекание с последующим дроблением; ПД – сплавление с последующим дроблением; КС – конгломерирование с последующим спеканием; П – плакирование; ПР – плазменное распыление; С – механические смеси.

3. Типичные свойства газотермических покрытий на основе металлов и сплавов.

Метод напыления	Свойства покрытий			
	Пористость П, %	Прочность сцепления σ _{сц} , МПа	Твёрдость H, ГПа	Модуль упругости E, ГПа
ПН	2,0–13,0; 2,5–17,0	17–66	0,6–7,4	30–225
ВГПН	0,5–5,6	34–64	0,5–7,6	53–282
ХН	0,5–2,0	20–46	0,5–2,5	54–110
ДН	2,0	63–67	3,0	–
ГПН	4,5–6,5	21–41	0,5–3,2	–
ЭДН	5,5	–	0,5–1,6	23–110
ВПН	1,2	–	–	110–218

Работоспособность и технологичность газотермического покрытия зависит от ряда групп критериев, что в неявной форме можно представить уравнением:

$$P = f(F_p, F_c, M_p, M_c, P_c, G_p, G_c, Spr, P_{spr}), \quad (2)$$

где: F_p – критерии, учитывающие назначение и условия работы напыляемой детали; F_c – критерии, учитывающие функции выбираемого покрытия; M_p – свойства основного материала детали; M_c – свойства материала покрытия; P_c – свойства и параметры покрытия на основном материале детали; G_p – параметры геометрии, размеров и конструктивные особенности детали с покрытием; G_c – форма, размеры и конструктивные особенности поверхности с покрытием; Spr – метод и режим газотермического

напыления; P_{spr} – методы и параметры последующей обработки покрытия.

Влияние отдельных групп критериев может быть выделено в виде отдельных функций и выражение (2) тогда будет представлено, как:

$$P = f(F_p) \cdot f(F_c) \cdot f(M_p) \cdot f(M_c) \cdot f(P_c) \cdot f(G_p) \cdot f(G_c) \cdot f(Spr) \cdot f(P_{spr}). \quad (3)$$

Оптимальное проектирование заключается в выборе значений указанных критериев для увеличения или уменьшения P в зависимости от поставленных целей. Причем, некоторые из критериев могут быть признаны незначимыми и соответствующие функции f_i приравнены к 1.

Выбор материалов покрытий и основного материала детали взаимосвязан и требует рассмотрения разнообразных свойств. Их использование возможно только при небольшом количестве ограничивающих критериев. Если таких критериев много, выбор материалов превращается в весьма громоздкую задачу, которая может быть решена только с использованием современных информационных технологий. Примером является система *CES* для выбора конструкционных материалов, описанная в [8]. База данных этой системы включает информацию о материалах, организованную по иерархическому признаку. Сведения о каждом материале включают их физико-механические и технологические свойства с учетом рассеяния, вызванного конструктивно-технологическими факторами, документацию в виде текстов, изображений и источников информации. Выбор осуществляется с учетом допустимого диапазона требуемых свойств. Система учитывает также возможности формообразующих методов.

Выводы

При выборе эффективных газотермических покрытий в качестве основных рассматриваемых критериев необходимо принимать, в частности, такие: 1. Служебное назначение и условия работы деталей. 2. Функции покрытия. 3. Свойства основного материала. 4. Требуемые свойства покрытия на основном материале детали. 5. Конструктивные особенности детали и покрытия. 6. Расположение и конструктивные особенности поверхности с покрытием. 7. Ограничения по выбору метода напыления и посленапылительной обработки.

В качестве критериев для выбора материалов детали и покрытия могут использоваться различные параметры, в частности: E/ρ ; σ_B/ρ ; K_{1c} ; σ_f ; $\sigma_f/E\alpha$; l ; l/ρ и др. (ρ – плотность; σ_B – предел прочности; K_{1c} – критический коэффициент интенсивности напряжений; σ_f – ударная вязкость; α – коэффициент термического

расширения; l – интенсивность изнашивания; f – коэффициент трения).

Поиск оптимального решения выбора материала покрытия и метода газотермического напыления по рассмотренным критериям представляет сложную задачу, т. к. объем информации о свойствах, параметрах покрытий и технологии их получения, если сравнивать с компактными материалами, относительно которых имеются обширные аналогичные данные, в т. ч., и по способах формообразования, еще недостаточен.

Разрабатываемые компьютерные системы для выбора газотермических покрытий могут быть двух типов: 1) для выбора покрытия и метода его нанесения (если не ставится задача замены основного материала детали и способа ее формообразования); 2) для выбора покрытия и основного материала детали, а также способа формообразования.

Список литературы

1. Борисов Ю. С., Харламов Ю. А., Сидоренко С. Л., Ардатовская Е. Н. Газотермические покрытия из порошковых материалов: справочник. Киев. 1987. 544 с.
2. Хокинз М., Васантасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия. Получение, свойства и применение. Москва. Мир. 2000. 518 с.
3. Ющенко К. А., Борисов Ю. С., Кузнецов В. Д., Корж В. М. Інженерія поверхні. Київ. Наукова думка. 2007. 559 с.
4. Davis J. R. ed. Handbook of Thermal Spray Technology. Ohio. ASM International. 2004. 347.
5. Fauchais P., Heberlein J., Boulos M. Thermal Spray Fundamentals. N-Y. Springer. 2014. 1600.
6. Харламов Ю. А. Технологический классификатор деталей и поверхностей с газотермическими покрытиями. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2016. № 2(226). С. 99—108.
7. Щехорський А., Кравченко М., Козаков О., Полонський Л. Статистичний метод визначення розподілу показників якості поверхонь, оброблених у товщі газотермічних покриттів на різних глибинах. Вісник ТНТУ. Машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки. Тернопіль. 2014. Т. 76. № 4. С. 135—148.
8. Ashby M. F. Materials Selection in Mechanical Design. Oxford. Butterworth-Heinemann. 2011. 663.

References

1. Borisov Yu. S., Kharlamov Yu. A., Sidorenko S. L., Ardatovskaya E. N. (1987). Gazotermicheskie pokrytiya iz poroshkovykh materialov [Thermal sprayed coatings from powder materials]. Kiev. Naukova dumka. 544.
2. Hocking M. G., Vasantasree V., Sidky P. S. (2000). Metallicheskie i keramicheskie pokrytiya: Poluchenie, svoistva i primenenie [Metallic and Ceramic Coatings. Production, High Temperature Properties and Applications]. Moscow. Russia. Mir, 518.

3. Yushchenko K. A., Borisov Yu. S., Kuznetsov V. D., Korzh V. M. (2007). Inzheneriya poverkhni [Surface Engineering]. Kiev. Naukova dumka. 559.
4. Davis J. R. ed. (2004). Handbook of Thermal Spray Technology. Ohio. ASM International. 347.
5. Fauchais P., Heberlein J., Boulos M. (2014). Thermal Spray Fundamentals. N-Y. Springer. 1600.
6. Kharlamov Yu. A. (2016). Tekhnologicheskii klassifikator detaley i poverkhnostey s gazotermicheskimi pokrytiami [Technology classifier parts and surfaces with thermal sprayed coatings]. Bulletin of Volodimir Dalh East Ukraine National University. 2(226). 99-108.
7. Schehorsky A. (2014). Statistichnuy metod vuznachennia rozpodilu pokaznikiv iakosti poverhoni, obroblenuh u tovschi gazotermichnuh pokruttiv na riznuh glubunah [criterias of choice of coating material and method of thermal spraying] / A. Schehorsky, M. Kravchenko, O. Kozakov, L. Polonsky. Visnuk TNTU. Ternopil. TNTU. 2014. Tom 76. № 4. С. 135-148. (Machunobuduvannia, avtomatuzacia vurobnuctva ta procesu mehanichnoi obrobku).
8. Ashby M. F. (2011). Materials Selection in Mechanical Design. Oxford. Butterworth-Heinemann. 663.

КРИТЕРІЇ ВИБОРУ МАТЕРІАЛУ ПОКРИТТЯ ТА МЕТОДУ ГАЗОТЕРМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ

**Ю. О. Харламов, Л. Г. Полонський, Ю. О. Нагорняк,
В. М. Наумчук, В. А. Яновський**

Анотація. У статті проаналізовано наявні в різних джерелах інформації рекомендації для вибору матеріалів і методів газотермічного напилення покриттів та визначено основні критерії ефективного їх призначення.

Методи газотермічного напилення відрізняються великим різноманіттям параметрів процесу. Температура напилюваних потоків може бути у діапазоні 200...4200 К та більше; швидкість польоту напилюваних часток варіюється від 30 до 1200 м/с; дистанція напилення – від 5 до 60 мм. Крім того, в різних методах напилення суттєво відрізняються склад напилюваного струменя та робочого середовища, продуктивність за витратами порошку тощо.

Властивості напилених покриттів залежать від великої кількості факторів, кількість яких сягає кількох десятків, що визначається станом напилюваного потоку та напилюваної поверхні деталі. Ці фактори безпосередньо впливають на структуру та властивості утворюваних покриттів: мікроструктуру, міцність зчеплення, пористість, твердість тощо.

Великою є також і номенклатура матеріалів газотермічних покриттів на основі металів та сплавів, інтерметалідів, металевих композитів, керметів і кераміки. В залежності від вихідного матеріалу, його властивостей, технології отримання та методу газотермічного напилення покриття його

властивості також можуть варіюватися в широкому діапазоні, наприклад: пористість – 0,5...17,0 %; міцність зчеплення – 17...67 МПа; твердість – 0,5...7,6 ГПа; модуль пружності – 23...225 ГПа.

Для вибору ефективного газотермічного покриття необхідно насамперед вибрати критерії, що визначають його працездатність і технологічність. У більшості випадків вибір матеріалу покриття супроводжується і вибором основного матеріалу деталі.

При виборі ефективних газотермічних покриттів основними критеріями, які необхідно розглянути, є: 1. Службове призначення та умови роботи деталей. 2. Функції покриття. 3. Властивості основного матеріалу. 4. Необхідні властивості покриття на основному матеріалі деталі. 5. Конструктивні особливості деталі та покриття. 6. Розташування та конструктивні особливості поверхні з покриттям. 7. Обмеження з вибору методу напилення та післянапилювальної обробки.

Ключові слова: газотермічне напилення, критерії, покриття, порошки, міцність зчеплення, властивості, ефективність

CRITERIAS OF CHOICE OF COATING MATERIAL AND METHOD OF THERMAL SPRAYING

Yu. A. Kharlamov, L. G. Polonsky, Yu. O. Nagorniak, V. N. Naumchuk, V. A. Yanovsky

Abstract. *The paper describes the recommendations for the choice of materials and methods of thermal spraying of coatings.*

The methods of thermal spraying is differentiated by a great variety of process parameters. Temperature of spraying jets may be in the range of 200...4200 K or higher; velocity of sprayed particles ranges from 30 to 1200 m/s, spraying distance from 10 to 400 mm, the spraying spot diameter from 5 to 60 mm. In addition, various thermal spray methods significantly differ the jet composition and working environment, the performance of the flow rate of the powder and so forth.

The properties of thermal sprayed coatings depends on tens factors, which determined by the states of spraying jet and the surface of the part. These factors directly affect the structure and properties of sprayed coatings: microstructure, adhesive strength, porosity, hardness, and others.

There are also a great variety of materials of thermal sprayed coatings on base of metals and alloys, intermetallic compounds, metallic composites, ceramic and cermet. Depending on the starting material, its properties, and method and technology of thermal spraying coating properties can also vary within a wide range, for example, porosity in the

range of 0,5...17,0 %; bond strength of 17...67 MPa; hardness of 0,5...7,6 GPa; elastic modulus of 23...225 GPa.

For selection of the effective thermal sprayed coatings first of all it is necessary to extract the criteria for its best performance and manufacturability. In some cases, selection of the coating material is accompanied by a choice of the base material of part.

The main criteria for choosing of effective thermal coatings are: 1. A service appointment and working conditions of part. 2. Functions of the coating. 3. Properties of the part base material. 4. The desired properties of the coating sprayed on the base material of part. 5. Design features of part and coating. 6. The location and design features of the surface to be sprayed. 7. Restrictions for selection of thermal spray method and posttreatment of sprayed coating.

Key words: thermal spraying, criteria, coatings, porosity, powders, bond strength, properties, efficiency

УДК 656.11

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

**I. О. Колосок, кандидат педагогічних наук
e-mail: kolosoc@online.ua**

Анотація. Проблема забезпечення безпеки дорожнього руху в Україні за останні роки набула актуального характеру. Економіка, що розвивається з одного боку, стимулює розвиток і розширення автомобільних перевезень, з іншого боку – несе негативні наслідки, а саме: зростання числа дорожньо-транспортних подій, збільшення кількості загиблих і поранених, забруднення оточуючого середовища, збільшення економічних збитків.

Основними причинами такого стану є недостатній рівень забезпечення безпеки дорожнього руху; неналежне забезпечення технічного обслуговування транспортних засобів; низький рівень дисципліни учасників дорожнього руху; невідповідність стану вулично-дорожньої мережі рівню інтенсивності транспортного руху; недостатність впровадження новітніх технологій і технічних засобів організації дорожнього руху.

Забезпечення безпеки руху на автомобільному транспорті – комплексна задача, для вирішення якої потрібний системний підхід, обумовлений створенням ефективної системи управління

© I. О. Колосок, 2017