

УДК 625.711.813

**Николаева Р.В.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [nikolaeva1@bk.ru](mailto:nikolaeva1@bk.ru)

**Логинова О.А.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [loginova@kgasu.ru](mailto:loginova@kgasu.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

## **Оптимизация дорожной обстановки при проектировании автомобильных дорог с учетом психофизиологии водителя**

### **Аннотация**

В статье рассмотрены основные задачи, которые стоят в настоящее время при проектировании автомобильных дорог. Исследования показывают, что дороги, запроектированные без учета рационального использования нервно-психических и физиологических возможностей водителя, содержат потенциальную опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий и не способствуют высокой производительности труда водителей. В статье предложен подход к проектированию автомобильных дорог с учетом влияния характеристик дорожной обстановки на психофизиологическое состояние водителя.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, дорожная обстановка, параметры трассы, водитель, психофизиология.

Ежегодный рост парка транспортных средств и изменение состава транспортного потока на автомобильных дорогах влечет за собой увеличение ДТП.

Если исходить из численности парка транспортных средств, можно прийти к выводу, что к факторам роста аварийности можно отнести дефицит общей протяженности дорог, а так же низкий технический уровень имеющейся дорожной сети и, прежде всего, дефицит дорог высших классов – автомагистралей и скоростных дорог с высокой пропускной способностью [1]. В целом, нормы и правила инженерного обеспечения безопасности движения, в отношении всей дорожной сети, низкие, лишены четкой детализации и плохо соблюдаются.

Исследования в данной области показывают, что технически совершенные дороги могут не соответствовать современным требованиям безопасности дорожного движения. В связи с этим становится очевидным, что безопасность дорожного движения должна стать центральным элементом планирования, проектирования и модернизации дорожной сети, включающим целый спектр стратегий и мероприятий [4].

На основании анализа отчетов о причинах аварийности из разных стран, ученые пришли к выводу: в 95 % случаев причиной ДТП является человеческий фактор – ошибка участника дорожного движения, в 30 % случаев – это ошибки, допущенные при проектировании дорог и связанные с несовершенством норм проектирования дорог [3, 7].

Причиной ДТП является нарушение правил дорожного движения одним из участников дорожного движения, улучшение конструкции и геометрических параметров дороги могло бы предотвратить аварию или уменьшить ее отрицательное воздействие. Поэтому главной задачей стоящей перед проектировщиками, это создание автомобильных дорог, адаптированных к возможностям человеческого потенциала.

Чтобы избежать конфликта между требованиями к дорогам и логикой действия водителя в конкретных дорожных условиях, сегодня необходимо учитывать фактор «человек» при проектировании автомобильных дорог. Единообразная последовательность параметров геометрических элементов плана и продольного профиля в пределах отдельных участков автомобильных дорог способствует равномерному, безопасному и экономическому режиму движения автомобилей, уменьшает вероятность ошибочного поведения водителя и улучшает условия восприятия им дорожных условий.

Проектировании дорог с учетом психофизиологических особенностей водителя требует не только знания основ процесса восприятия человеком внешнего мира, но и особенностей этого процесса, вызванных спецификой трудовой деятельности водителя.

Если осуществлять проектирование дорог без учета трудовой деятельности водителя, психологией восприятия им дороги, особенностей дорожной обстановки, то это приводит к тому, что на автомобильных дорогах появляются недостатки:

- несвоевременная информация водителя о направлении дороги, приводящая к ошибкам в выборе режимов движения;
- неправильная информация, когда водитель, исходя из зрительного восприятия перспективы дороги, принимал неточное решение;
- отсутствие плавности дороги, вызывающее резкие изменения режимов движения.

Например, большую опасность на автомобильных дорогах представляют неожиданные для водителя повороты трассы [8]. Норвежские ученые установили зависимость между риском ДТП с ранениями на млн. автомобиле-км и количеством поворотов дороги (табл.) [5].

Таблица

**Зависимость между риском ДТП и количеством поворотов дороги**

Количество, не ожидаемых водителем, поворотов дороги на км	Риск ДТП с ранениями на млн/авт-км
Свыше 3	0,19
2-3	0,24
1-2	0,59

Исследования показывают, что общее улучшение параметров геометрических элементов плана трассы при реконструкции дорог в соответствии с современными стандартами способствует снижению числа ДТП более чем на 30 % [6].

Расположение элементов дорожной обстановки вдоль дороги, их концентрация на различных ее отрезках, смена типовых участков трассы зависят от большого числа природных факторов, характера деятельности человека и др., причем появление дорожной обстановки того или иного типа для водителя будет иметь различную вероятность, в отдельных случаях близкую к нулю. Поэтому о дорожной обстановке на новом отрезке дороги водитель, впервые едущий по ней, может только догадываться.

Способность человека прогнозировать состояние внешней среды является следствием обучения. Обучение с точки зрения психологии представляет собой процесс объединения ячеек памяти в системы с определенной информационной структурой. В этих структурах и хранятся условные рефлексы, играющие значительную роль в любой производственной деятельности.

Увеличение в сознании водителя числа энграмм памяти, на которых «записаны» программы поведения в различных ситуациях, повышает вероятность его поведения. Последнее приводит к уменьшению неопределенности действий, а следовательно, и количества новой информации, которую водитель должен переработать в связи с той или иной дорожной обстановкой.

Применительно к условиям работы подсистемы «водитель – среда» реакция водителя является следствием приема и переработки новой информации, поступающей в процессе движения. При этом формирование образа дорожной обстановки и длительность его сохранения в памяти водителя будут зависеть от объема новой информации (силы раздражителя), времени движения в данных дорожных условиях (продолжительности действия раздражителя) и частоты подкреплений - частоты возникновения этих условий.

С целью определения влияния статистических характеристик распределения одного из важнейших элементов дорожной обстановки – трассы дороги – на достоверность прогнозов водителя проводились натурные наблюдения. В процессе последних определялись: частота поступления типовых участков трассы, их длина и интервалы во времени между участками. Одновременно водителю задавались вопросы о том, какой тип участка, по его мнению, находится за пределами непосредственной видимости поверхности дороги и фиксировалось число правильных и неправильных ответов (рис. 1-2).

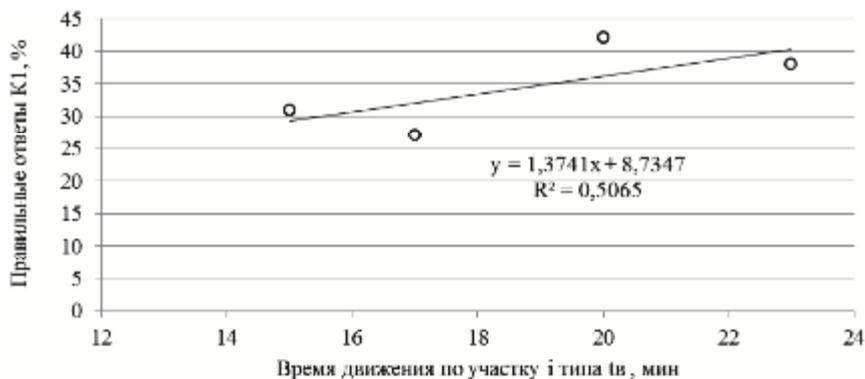


Рис. 1. Зависимость количества правильных ответов водителя от характера впередилежащего участка дороги, от продолжительности движения

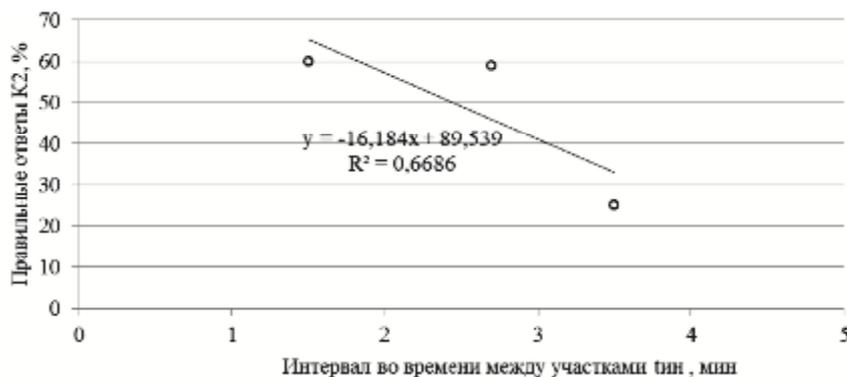


Рис. 2. Зависимость количества правильных ответов водителя от продолжительности движения и интервала во времени между участками с аналогичными условиями движения

По данным натурных наблюдений были получены зависимости числа правильных прогнозов водителя об условиях движения (характере трассы дороги) от указанных выше параметров. Из графиков (рис. 1, 2) следует, что с увеличением интервала между типовыми участками правильность прогнозирования водителем условий движения снижается; увеличение продолжительности движения в однотипных условиях способствует более твердому запоминанию информации и повышает надежность прогнозов. Приведенные корреляционные зависимости имеют следующие аналитические выражения:

$$K_1 = 1,5t_v + 8,7, \tag{1}$$

$$K_2 = - 16, t_{ин} + 89,5, \tag{2}$$

где  $t_v$  – продолжительность движения по участку с однотипными условиями;  $t_{ин}$  – интервал во времени между участками.

Указанные зависимости могут быть использованы для расчетов информационной емкости элементов на участках дорог, расположенных в аналогичной или близкой по типу местности.

Рассматривая проектирование автомобильных дорог с учетом психофизиологии водителя, можно выделить две основные задачи которые необходимо решать при проектировании дорог [2]:

1. Определение геометрических параметров автомобильной дороги, которые бы обеспечивали максимальную надежность водителя при движении с заданными скоростями. Параметры должны быть направлены на увеличение надежности деятельности водителя при снижении затрат его труда, то есть на реализацию принципа наименьшего взаимодействия водителя с дорожной обстановкой:

$$U \rightarrow \min, \tag{3}$$

где  $U$  - удельные затраты труда водителя;  $a$  - параметр условий дорожного движения.

2. Определение параметров трассы, обеспечивающих движение с предельными скоростями по функциональному состоянию водителя. К параметрам в данном случае относятся: ширина проезжей части, ширина обочин, продольный уклон дороги, расстояние видимости, кривизна трассы, интенсивность движения и состав транспортного потока, текущая скорость движения автомобилей. Движению с предельными скоростями соответствуют предельные показатели функционального состояния организма водителя и удельные затраты его труда.

При решении данной задачи необходимо в первую очередь учитывать кривизну трассы и продольные уклоны (переменные параметры), и если пренебречь другими параметрами, получим:

$$Y \approx \frac{3}{4} \frac{K}{i} \text{ min}, \quad (4)$$

где  $Y$  – удельные затраты труда водителя;  $K$  – пространственная кривизна трассы,  $1/m$ ;  $i$  – продольный уклон, ‰.

При проектировании автомобильных дорог, необходимо учитывать дорожную обстановку, которая является источником информации для водителя, на основании которой он предпринимает те или иные действия по управлению автомобилем. При этом информацию несут как отдельные элементы, так и характеристики, которые выявляются в процессе взаимодействия этих элементов с водителем автомобиля – скорость перемещения, частота поступления в поле зрения водителя элементов и т.п.

Изменение объема новой информации, в свою очередь, приводит к изменению эмоционального напряжения водителя. В силу адаптационной способности организма водитель достаточно успешно управляет автомобилем в различных по сложности дорожных условиях. Однако при этом изменения эмоционального напряжения ( $\pm \Delta \mathcal{E}$ ) не должны превышать некоторый пороговой величины  $\lambda_d$  ( $\mu \mathcal{E}$ , А), где  $\mu \mathcal{E}$  – коэффициент вариации, А – физиологическая константа:

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_H - \mathcal{E}_K, \quad (5)$$

где  $\mathcal{E}_H$ ,  $\mathcal{E}_K$  – соответственно эмоциональные напряжения в начале второго и в конце первого участков (рис. 3).

В случае  $\Delta \mathcal{E} > \lambda_d$  у водителя возникает стремление повысить, при  $\Delta \mathcal{E} < \lambda_d$  снизить скорость движения до величины, обеспечивающей оптимальный в данных условиях уровень эмоционального напряжения.

Таким образом, ускоряя или замедляя процесс выработки у водителя динамического стереотипа действий применительно к конкретной дорожной обстановке, представляется возможным осуществлять направленное проектирование параметров дорожной обстановки и, в частности, ритма трассы и длины ее отрезков.

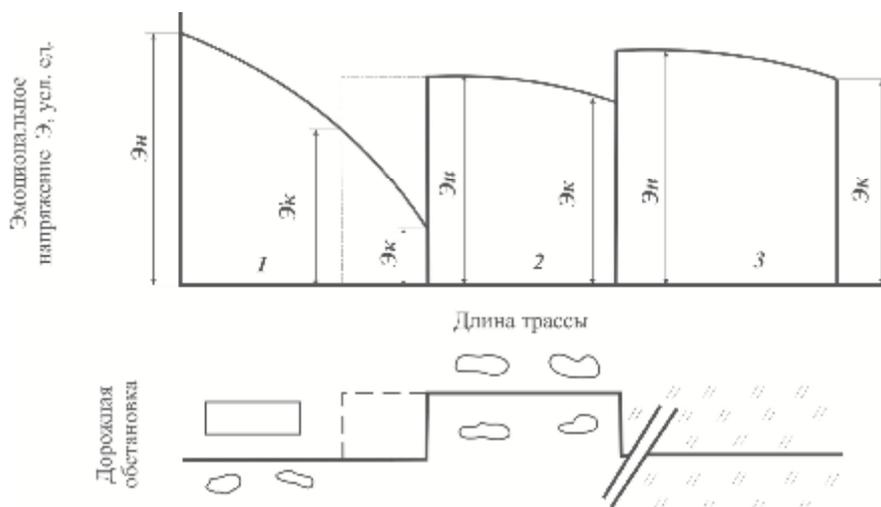


Рис. 3. Согласование размеров смежных участков:  
1-3 номера участков. Пунктир – новая граница второго участка

На рис. 3 приведен пример согласования размеров смежных участков Эж' – эмоциональное напряжение в конце первого участка в случае увеличения размеров криволинейного участка трассы (2).

Таким образом, при проектировании автомобильных дорог необходимо учитывать изменения эмоционального напряжения водителя и «конструирование» оптимальной дорожной обстановки, для этого необходимо:

- определение величины психофизиологического воздействия на водителя дорожной обстановки;
- установление энергозатрат водителя на отдельных (типовых) участках трассы, эмоционального напряжения и физических усилий по управлению автомобилем;
- определение ритма работы водителя на рассматриваемом участке дороги и установление оптимального для данной дороги или отдельных ее перегонов эмоционального напряжения;
- определение мероприятий по оптимизации дорожной обстановки и их экономической эффективности.

Правильное проектирование дорог имеет решающее значение для предотвращения человеческих ошибок, что приведет к снижению ДТП.

### Список библиографических ссылок

1. Анохин Б.Б., Минин Н.П., Чванов В.В. Основные тенденции автомобилизации населения и их учёт в программах развития автомобильных дорог // Транспорт Российской Федерации, 2007, № 9. – С. 42-46.
2. Братков А.Г. Повышение безопасности движения средствами проектирования дорог. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-dvizheniya-sredstvami-proektirovaniya-dorog> (дата обращения: 20.09.2015).
3. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма/пер, с англ. – М.: Издательство «Весь Мир», 2004. – 280 с.
4. Девятое М.М. О методологии функциональной классификации автомобильных дорог для целей их модернизации // Сборник ст./ ГП РОСДОРНИИ. – М., 2006, № 16/2. – С. 11-18.
5. Рунэ Э., Мюсен Анне Б., Труле В. Справочник по безопасности дорожного движения: Пер. с норвеж. / Под. Ред. В.В. Сильянова. - М.: МАДИ (ГТУ), 2001.
6. Чванов В.В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 476 с.
7. Чванов В.В. Сравнительный анализ международных статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях //Сб. науч. тр./МАДИ (ГТУ). – М., 2000. – С. 111-120.
8. Чванов В.В. Методы повышения безопасности движения на участках дорог с кривыми в плане малого радиуса // Дороги и мосты. Сборник ст./ ГП РОСДОРНИИ. – М.,2005, № 14/2. – С. 174-188.

**Nikolaeva R.V.** – candidate of technical sciences, associate professor  
E-mail: [nikolaeva1@bk.ru](mailto:nikolaeva1@bk.ru)

**Loginova O.A.** – candidate of technical sciences, associate professor  
E-mail: [loginova@kgasu.ru](mailto:loginova@kgasu.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**  
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

### Optimization of traffic conditions in the design of roads, taking into account the driver's psychophysiology

#### Resume

In the design of roads is necessary to take into account the «man» factor to avoid conflict between the requirements for roads and logic of the driver actions in specific road conditions.

Research in this area shows that technically perfect roads can not meet the modern requirements of road safety.

Accounting for psycho-physiological characteristics of the driver in the design of roads requires not only knowledge of the basics of human perception of the outside world, but also the features of the process caused by the specifics of work. This information for the driver carried separate elements as well as characteristics that are revealed in the interaction of these elements.

In the design of roads is necessary to consider changes in the emotional stress of the driver and the «construction» of an optimal road conditions, this requires: determination of the psychophysiological effects of road conditions on the driver; the establishment of energy consumption of the driver on the individual sections of the route, emotional stress and physical effort on driving; define the rhythm of the driver from the land road and establishing optimal for a given road or individual spans of emotional stress; the definition of measures to optimize the traffic situation and their economic efficiency.

Proper design of roads is crucial to prevent human errors that privodet to reduce road accidents.

**Keywords:** highway, road conditions, the parameters of the track, the driver, psychophysiology.

### Reference list

1. Anokhin B.B., Minin N.P. Chvanov V.V. Main trends of motorization of the population and taking them into account in the programs of development of highways // Transport of the Russian Federation, 2007, № 9. - P. 42-46.
2. Bratkov A.G. Improving traffic safety by means of road design. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-dvizheniya-sredstvami-proektirovaniya-dorog> (reference date: 09.20.2015).
3. The World Report on Road Traffic Injury / translated from English. - M.: Publishing House «All The World», 2004. – 280 p.
4. Deviatoe M.M. On the methodology of the functional classification of roads for the purpose of upgrading // Collection of Art. / SE ROSDORNII. – M., 2006, № 16/2. – P. 11-18.
5. Rune E., Myusen Anna B., Truly B. Directory Road Safety: Trans. with norvezh. / Under. Ed. V.V. Silyanova. - M.: MADI (STU), 2001.
6. Chvanov V.V. Methods for evaluating and improving road safety, taking into account the working conditions of the driver. – M.: INFRA-M, 2010. - 476 p.
7. Chvanov V.V. Comparative analysis of international statistics on accidents // Coll. scientific. Tr. / MADI (STU). – M., 2000. – P. 111-120.
8. Chvanov V.V. Methods to improve traffic safety on sections of roads with curves in terms of short-range. // Roads and Bridges. Collection of Art. / SE ROSDORNII. - M., 2005, № 14/2. – P. 174-188.