

Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2003, № 8. С. 46-52
УДК 612.821.7

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

С.В.Герус, В.В.Дементенко, В.М. Шахнарович
ИРЭ РАН, ЗАО «Нейроком»

Рассмотрены основные проблемы, возникающие при решении задач безопасности окружающей среды с помощью контроля состояния оператора. На примере системы мониторинга водителя показано, что конструирование таких систем должно опираться на проведение целого комплекса взаимно согласованных исследований включающих биологическое и медицинское обследование операторов, сбор статистических данных, построение математических моделей систем «оператор–система мониторинга–окружение».

Сегодня уже общеизвестным стало утверждение о том, что человеческий фактор определяет почти полностью безопасность функционирования технических средств, представляющих потенциальную опасность. Это относится к водителям, рулевым, диспетчерам, операторам атомных электростанций и т.д. Ошибка в работе каждого из них чревата как минимум экономическими потерями, а часто и человеческими жертвами. Введение в широкую практику средств, обеспечивающих необходимый уровень работоспособности операторов, стало актуальной задачей. Условием эффективности применения таких средств является мониторинг состояния человека в каждый момент рабочего времени.

В настоящее время существует огромное количество предложений, законченных научных разработок и даже промышленных изделий, в той или иной степени решающих проблему контроля состояния оператора. Эти системы основаны на анализе одного или нескольких физиологических и/или поведенческих параметров. Каждый из авторов таких систем при их описании уделяет основное внимание методике контроля, иногда эффективности и почти никогда достоверности (вероятности опасной ошибки). Хотя системы, которые обеспечивают, нормальное функционирование человека, по существу ничем не отличаются от систем контроля функционирования устройств, обеспечивающих безопасность технических средств. Опасная ошибка при контроле тормозов (неопределение их поломки)

может привести даже к менее тяжким последствиям, чем ошибка системы, не допускающей сна водителя.

Подход к анализу и разработке систем мониторинга состояния операторов должен быть не менее строгим, чем для систем контроля технических устройств. И должен быть системным. То есть должен включать в себя рассмотрение не только системы контроля, но и того человека, которого контролируют, и того окружения, где может развиваться опасная ситуация. Однако анализ систем, включающих человека в качестве одного из элементов, осложняется необходимостью принятия во внимание психологических факторов, которые часто почти не возможно формализовать. Можно ли было заранее предположить, что применение ремней безопасности, уменьшив втрое летальность при авариях для водителей, увеличит число пострадавших среди пешеходов так, что общие потери на дорогах почти не изменятся. Понадобились дополнительные мероприятия, которые позволили увеличить эффективность этого средства безопасности. И это только из-за того, что водители изменили стиль вождения, надеясь на эффективность ремней [].

При разработке систем контроля определение вероятностей опасных, приводящих к аварии отказов возможно либо с помощью математических моделей, либо с помощью испытаний. Такие эксперименты для технических систем в большинстве случаев могут быть проведены в любом наперед заданном количестве. При натуральных испытаниях техники почти всегда можно создать условия, при которых для достоверных выводов отказы будут происходить в необходимом количестве. Испытания же систем мониторинга человека возможны в очень небольших количествах. Нельзя испытывать возможности людей непрерывно в течение недель или месяцев. А «отказы» человека даже в лабораторных условиях – события редкие. Например, не может человек засыпать и просыпаться ежеминутно. И, чтобы верифицировать метод контроля бодрствования водителя с достоверностью 10^{-5} , нужно было пронаблюдать минимум 105 засыпаний. Это потребовало более 20 лет. Отсюда следует, что достоверные результаты при задании достаточно низких величин опасного отказа оператора можно получить за разумное время только при машинном эксперименте с использованием модели опасного состояния, которое мы хотим предотвратить.

Таким образом, при создании систем, уменьшающих число аварий из-за человеческого фактора, необходимо проведение анализа системы «человек–система мониторинга (СМ)–окружение». А для подтверждения теоретических вы-

водов этого анализа необходимо создание моделей, машинное испытание систем на этих моделях и последующее натурное подтверждение результатов.

В качестве примера рассмотрим безопасность системы водитель—СМ—автомобиль—система дорожного движения (СДД) применительно к проблеме засыпания водителя.

В общем случае безопасность движения автомобилей зависит [1] от безопасности технических средств, водителей, наличия подвижных единиц на участке дорожного движения, а также воздействия природных явлений. Вероятность нарушения безопасности движения $Q_{дп}$ (при малых Q) определяется выражением

$$Q_{дп} = (Q_{то} + Q_{ч} + Q_{пя}) P_{зо}, \quad (1)$$

где $Q_{то}$ и $Q_{ч}$ — вероятность отказа (ошибки) технических средств и человека; $Q_{пя}$ — вероятность опасного природного воздействия на дорожную систему; $P_{зо}$ — вероятность эксплуатационного события (например, нахождения движущегося транспортного средства на заданном участке, потеря водителем состояния бодрствования).

Вероятность опасного природного явления $Q_{пя}$ учитывается при строительстве данного участка дороги и при эксплуатации его практически не меняется. Этот параметр считается пренебрежимо малым и в дальнейшем не учитывается.

Параметр $Q_{ч}$ определяет вероятность ошибки человека (водителя), а $Q_{то}$ — вероятность опасного отказа СМ, то есть необнаруженной средствами распознавания поломки, которая может привести к аварии. Однако, нужно иметь в виду, что в данном случае человеческий и технический факторы оказались взаимно связаны. СМ не работает сама по себе. Она является частью физиолого-технической системы “человек—СМ” и именно как таковая определяет вероятность опасного отказа $Q_{то}$. Человек входит в эту систему как составная (техническая) часть. В то же время, человек, как оператор, с вероятностью $Q_{ч}$, является источником ошибок. Контролирующие функции осуществляется как системой СМ посредством самотестирования аппаратуры и контроля уровня бодрствования водителя, так и самим водителем, поскольку он также является частью системы и может выключать СМ в случае возникновения неисправности.

Вероятность $P_{зо}$ определяет возможность дорожного происшествия при условии возникновения одного из перечисленных отказов. Опасен не сам отказ (стоящий неисправный автомобиль не опасен), а возможность неисправности реализоваться в дорожное происшествие.

Таким образом, при определении уровня безопасности СМ необходимо учитывать и вероятность опасного отказа СМ и вероятность эксплуатационной ситуа-

ции (движение автомобиля) и учитывать человека, как составляющую компоненту системы, обеспечивающей безопасность движения.

Математические модели систем мониторинга водителя.

Для математического описания работы системы “человек—автомобиль—СМ—СДД” принята модель, описывающая взаимодействие трех подсистем: СДД, водителя, непосредственно участвующего в процессе движения и устройства безопасности СМ. Каждая из подсистем описывается своей математической моделью.

Модель СДД определяет в упрощенном виде автомобильную ситуацию, наиболее часто встречающуюся реальному водителю на движущемся транспорте, а именно описывает вероятность аварии при потере водителем состояния бодрствования.

Модель водителя представляет его как устройство, управляющее автомобилем. Водитель (как устройство) с одной стороны управляет автомобилем, с другой стороны находится под контролем устройства безопасности (СМ). Водитель может временно отключаться от рабочего состояния (сон, снижение уровня бодрствования ниже критического) с интенсивностью λ_c , после чего с интенсивностью μ восстанавливать своё рабочее состояние. В дальнейшем указанное состояние называется сном. Если водитель не находится под контролем устройства бдительности, то μ равна интенсивности свободного просыпания водителя μ_c .

Модель СМ описывает её взаимодействие с водителем, которое заключается в том, что СМ непрерывно проверяет уровень бодрствования водителя и при достижении этим уровнем определенного значения на водителя осуществляется воздействие. С момента воздействия параметр μ принимает значение принудительной интенсивности восстановления μ_b .

Для используемых случайных величин принят экспоненциальный закон распределения.

Рассмотрим эти модели.

1. Модель аварийной ситуации без контроля водителя устройством СМ

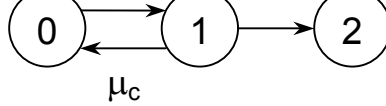


Рис. 1

В целом, систему, состоящую из движущегося автомобиля, управляемого водителем, и дорогой с присущими ей препятствиями, можно упрощённо расклассифицировать на несколько основных состояний (см. рис. 1). Состояние 0 соответствует движению, когда водитель не спит и автомобиль едет в штатном режиме. Состояние 1 – водитель заснул. Интенсивность перехода системы из состояния 0 в состояние 1 (засыпания) равна λ_c , интенсивность самопроизвольного возврата в рабочее состояние 0 – μ_c . Состоянию 2 соответствует авария транспортного средства оставшегося без управления. Интенсивность перехода $1 \rightarrow 2$ – это интенсивность аварий λ_a . Обозначим через $P_i(t)$ вероятность нахождения системы в i -ом состоянии ($i = 0, 1, 2$). Состояния системы можно описать совокупностью дифференциальных уравнений [2]:

$$\begin{cases} \dot{P}_0 = -P_0\lambda_c + P_1\mu_c \\ \dot{P}_1 = P_0\lambda_c - (\lambda_a + \mu_c)P_1 \\ \dot{P}_2 = P_1\lambda_a \\ P_0 + P_1 + P_2 = 1 \end{cases} \quad (2)$$

с начальными условиями $P_0(0) = 1$; $P_{i \neq 0}(0) = 0$. Расчетная модель основывается на допущении о показательных распределениях интервалов времени между переходами из одного состояния в другое.

Решение системы уравнений (2) для вероятности аварии $P_2(t)$ имеет следующий вид:

$$P_2 = 1 - \lambda_c \lambda_a \left[\frac{e^{-z_1 t}}{z_1(z_2 - z_1)} + \frac{e^{-z_2 t}}{z_2(z_1 - z_2)} \right]. \quad (3)$$

Здесь

$$z_{1,2} = \frac{\mu_c + \lambda_c + \lambda_a}{2} \mp \frac{1}{2} \sqrt{(\mu_c + \lambda_c + \lambda_a)^2 - 4\lambda_c \lambda_a}. \quad (4)$$

Формула (3) упрощается если рассматривать решение в интервале $t \gg (\mu_c + \lambda_c)^{-1} \approx 4$ сек, $t \ll \lambda_c^{-1} \approx 10$ лет и при условии $\lambda_c \ll \mu_c + \lambda_a$. В этом случае вероятность аварии в результате сна равна:

$$P_{ac} = P_2 = \lambda_c \frac{\lambda_a}{\mu_c + \lambda_a} t \quad (5)$$

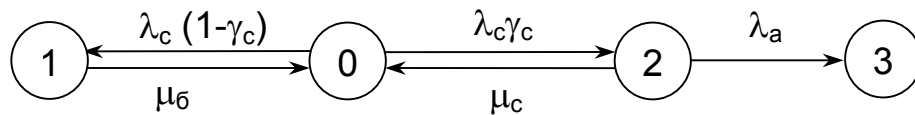


Рис. 2

Обратим внимание на тот факт, что в выражении (5) дробь $\lambda_a / (\mu_c + \lambda_a) < 1$ является поправочным коэффициентом к интенсивности засыпания λ_c , учитывающим возможность водителя проснуться с интенсивностью μ_c и, тем самым, избежать аварии. Выражение $\lambda_{эфс} = \lambda_c \lambda_a / (\mu_c + \lambda_a)$ можно считать эффективной интенсивностью засыпания, приводящей к аварии.

2. Модель аварийной ситуации при контроле водителя устройством СМ.

Рассмотрим сначала случай, когда СМ исправно, но контролирует водителя не полностью.

Граф состояний изображен на рис. 2. Состояние 0 – рабочее, 1 – пороговое состояние определяемое СМ, когда водитель ещё работоспособен, но возникает возможность засыпания. Интенсивность попадания в состояние 1 равна $\lambda_c (1-\gamma_c)$. То есть λ_c – интенсивность попадания в пороговое состояние, а $(1-\gamma_c)$ – вероятность того, что СМ это обнаружит. Интенсивность восстановления $\mu_б$ из состояния 1 определяется конструктивными особенностями воздействия СМ на водителя и автомобиль. Состояние 2 означает неконтролируемый сон. Вероятность не обнаружения сна равна γ_c . Переход из состояния 2 в состояние 1 определяется интенсивностью самопроизвольного просыпания μ_c , а переход к состоянию аварии 3 происходит, как и в предыдущем случае, с интенсивностью λ_a . Вероятности перечисленных состояний описываются системой уравнений (6).

$$\begin{cases} \dot{P}_0 = -P_0 \lambda_c + P_1 \mu_б + P_2 \mu_c \\ \dot{P}_1 = P_0 (1 - \gamma_c) \lambda_c - P_1 \mu_б \\ \dot{P}_2 = P_0 \gamma_c \lambda_c - P_2 (\lambda_a + \mu_c) \\ \dot{P}_3 = P_2 \lambda_a \\ P_0 + P_1 + P_2 + P_3 = 1 \\ P_0(0) = 1; P_{i \neq 0}(0) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

С учётом допущений сделанных при рассмотрении уравнений (2) решение системы (6) приводит к следующему значению вероятности аварии:

$$P_3 = \gamma_c \lambda_{эфс} t \quad (7)$$

Интенсивность аварии пропорциональна эффективной интенсивности засыпания $\lambda_{эфс}$, умноженную на вероятность γ_c нераспознавания состояния сна устройством СМ.

3. Модель аварийной ситуации при отказе устройства СМ.

Проанализируем теперь безопасность работы самого устройства обеспечивающего безопасность дорожного движения. Пусть интенсивность отказов СМ равна λ_n . СМ в процессе работы сама себя тестирует. Причём есть какая-то γ_n часть устройства не затронута контролем. Интенсивность обнаружения отказа в контролируемой части равна μ_n . Если тестирование производится не постоянно, а периодически, с периодом T , то $\mu_n = 2/T$.

Граф состояний изображён на рис.3. В качестве состояния 0 обозначим безопасный режим работы. Это означает, что водитель не спит, а СМ либо исправно, либо находится в состоянии защитного отказа. То есть тестирование установило, что устройство СМ неисправно, оно было переведено в нерабочее состояние и водитель поставлен об этом в известность. В состоянии 1 произошёл отказ в контролируемой части прибора, но он ещё не обнаружен. Из этого состояния возможен переход либо в состояние 1 с интенсивностью μ_n , либо в состояние сна и аварии 2 с определённой выше интенсивностью $\lambda_{эфс}$. Состояние 3 означает отказ в неконтролируемой части СМ. Из него совершается переход в состояние сна и аварии 4. Интенсивности переходов приведены на рис. 3.

Вероятности состояний 2 и 4 получаются в результате решения соответствующих уравнений, аналогичных уравнениям (2) и (6):

$$P_2 = \lambda_{эфс} \lambda_n (1 - \gamma_n) \frac{T}{2} t \quad (8)$$

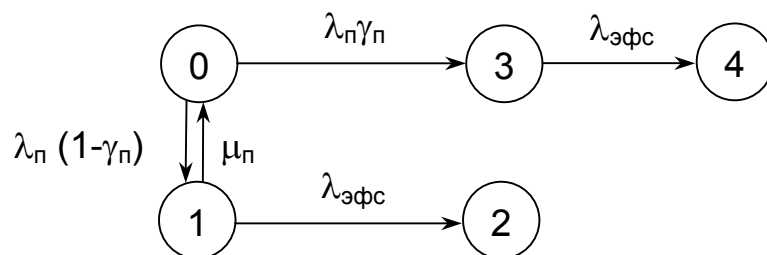


Рис. 3

$$P_4 = \lambda_{эфс} \lambda_n \gamma_n \frac{t^2}{2} \quad (9)$$

Общая вероятность аварии обусловленной засыпанием водителя при применении СМ равна сумме величин определяемых формулами (7)-(9):

$$P_{асн} = \gamma_c \lambda_{эфс} t + \lambda_{эфс} \lambda_n (1 - \gamma_n) \frac{T}{2} t + \lambda_{эфс} \lambda_n \gamma_n \frac{t^2}{2} \quad (10)$$

Преимущества СМ

В чём же состоит выигрыш от применения СМ? Сравним вероятности аварийной ситуации обычного водителя (5) и конструкции водитель-СМ (10). Вероятность аварии при использовании СМ уменьшается в

$$\frac{P_{ас}}{P_{асн}} = \{\gamma_c + 0.5 \lambda_n [(1 - \gamma_n) T + \gamma_n t]\}^{-1} \quad (11)$$

раз. Здесь t – срок службы устройства СМ. Эффективность СМ тем выше, чем меньше каждое из трёх слагаемых в формуле (11). То есть должны быть малы следующие параметры: процент γ_c необнаруженных пороговых состояний водителя, процент γ_n необнаруженных отказов, интенсивность λ_n отказов и период T самотестирования СМ. Причём формула (11) даёт возможность правильно выбрать соответствующие параметры, с учётом того, что не нужно делать одно из слагаемых во много раз меньше других. Это не повысит заметно эффективность СМ. Необходимо уменьшить наибольшее из них. Отметим, что хотя интенсивности засыпания λ_c и просыпания μ_c водителя формально не входят в формулу (11) для эффективности работы СМ это является следствием упрощений, сделанных при решении задачи. Обоснованность этих приближений будет показана ниже.

Моделирование процесса засыпания

Как следует из вышеизложенного конструирование устройств обеспечивающих надёжный контроль бодрого состояния оператора (в частности водителя) опирается на моделирование процессов засыпания человека, что в свою очередь приводит к проблеме поиска параметров этих моделей.

Остановимся на простейшей модели засыпания изображённой на рис. 1. Какова интенсивность $\lambda_{эфс}$, обеспечивающая тот уровень дорожной безопасности, который существует на сегодняшний день? Ответ на этот вопрос могут дать либо специально проведенные исследования, либо дорожно-транспортная статистика. Рассмотрим сначала статистические данные касающиеся грузового транспорта.

Они наиболее подробны и поэтому позволяют оценить необходимые величины. Чтобы статистически определить вероятность

$$P_{ac} = N_a / N \quad (12)$$

засыпания водителя грузового автомобиля необходимо знать количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) за определённый промежуток времени N_a и среднее число грузовиков N , находящихся в движении.

Оценим эти величины. За 2000 год в России произошло 157596 ДТП [3]. Из них на долю грузового транспорта пришлось приблизительно 13%. Согласно исследованиям разных авторов [4] на долю аварий связанных с засыпанием приходится приблизительно 15% случаев. Таким образом около $N_a = 3100$ грузовых автомобилей ежегодно попадают в ДТП в результате засыпания.

Число движущихся грузовиков N можно найти исходя из числа перевезённых грузов [5], [6] $W=5.25 \cdot 10^9$ т, средней скорости $V=21.3$ км/ч, грузоподъёмности $W_a = 6$ т, дальности ездки $L=46.9$ км и коэффициента использования пробега автопоезда $K=0.51$.

$$N = \frac{WL}{W_a VKT_1} = 4.7 \cdot 10^5. \quad (13)$$

Здесь T_1 – период накопления данных равный одному году.

Такой же результат (с точностью до 10%) получается если умножить общее число грузовых автомобилей, равное $3.2 \cdot 10^6$, на ряд коэффициентов, учитывающих их простои.

Подставив полученные числа в формулу (12) получим искомую вероятность аварии одного грузовика в течение года вследствие засыпания $P_{ac} = 0.0063$. Это означает, что за год в среднем один из 160 водителей грузовых автомобилей засыпает за рулём и попадает в аварию.

Эффективную интенсивность засыпания определим подставив полученное значение P_{ac} в выражение (5) и положив $t = T_1$, $\lambda_{эфс} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ ч}^{-1}$. Полученное значение достаточно мало и это оправдывает сделанные выше приближения.

Казалось бы ответ найден и полученная величина эффективной интенсивности засыпания может быть использована для конструирования СМ. Однако если проделать аналогичные расчёты с железнодорожными статистическими данными [7],[8], то получится значение для λ_c , лежащее в пределах $0.01 \div 0.05 \text{ ч}^{-1}$. Неужели условия работы машиниста и водителя автомобиля настолько радикально меняют характеристики засыпания? Или λ_c так сильно отличается от $\lambda_{эфс}$?

По-видимому и то, и другое. Психологические установки самоконтроля водителя, понимающего, что при потере контроля до аварии остаются секунды отличаются от таковых у машиниста, от которого может не требоваться управляющих действий в течение длительного времени. И указанный психологический механизм саморегулирования процесса засыпания необходимо также учитывать при использовании СМ.

Кроме того, рассмотренная модель засыпания оказалась слишком упрощённой. С целью её уточнения в лабораторных условиях были проведены исследования процесса засыпания оператора.

Переход ко сну ускорялся с помощью монотонного психомоторного теста. Испытуемые, сидя с закрытыми глазами в затемненной комнате, должны были в заданном темпе десять раз нажать на кнопку, при этом считая нажатия, а затем считать до пяти в том же темпе без нажатий - это один цикл. Далее циклы повторялись. [9].

Монотонность деятельности способствовала быстрому наступлению дремотного состояния, которое у большинства испытуемых возникает уже через 10-15 минут после начала работы. Изменение уровня бодрствования оценивали по эффективности деятельности испытуемого, его ЭЭГ и ЭОГ.

Момент появления ошибок в деятельности являлся опорной точкой для проведения анализа регистрируемых электрографических показателей. Ошибкой (началом сна) считалось: изменение интервалов, как между циклами нажатий, так и внутри одного цикла; изменение числа нажатий.

Для момента появления ошибок характерны: горизонтальное движение глаз с постоянными времени порядка несколько секунд, уменьшение амплитуды альфа-ритма и наличие эпизодов тета-ритма длительностью до нескольких секунд. Таким образом, начало дремоты по ЭОГ и ЭЭГ, совпадает с появлением ошибок.

В начальной стадии дремоты может возникнуть «обратимое» состояние, т.е. после описанных изменений происходит спонтанная активация (просыпание). Это соответствует известной «циклической фазе дремоты», когда эпизоды сна длительностью от 1 до нескольких секунд сменяются эпизодами относительного бодрствования, во время которого ошибки не наблюдаются [10]. При дальнейшем развитии дремотной стадии состояние становится «необратимым». И в действиях испытуемого наблюдается серия сбоев разного типа. Изменения ЭЭГ и ЭОГ более длительны, т.е. наблюдаются непрерывные медленные горизонтальные дви-

жения глаз, а также преобладание тета-ритма в течение десятков секунд и появление еще более медленных ритмов и сонных веретен.

Если испытуемого на «необратимой» стадии не активизировать, он может заснуть: при этом наблюдаются характерные изменения позы, нажатия пьезодатчика могут вообще прекратиться или сделаться полностью случайными. В ЭЭГ наступают картины, характерные для первой стадии сна.

Как на «обратимой» так и на «необратимой» стадиях испытуемый, выражаясь техническим языком, находится в состоянии отказа. Будем условно называть это сном. Статистический анализ коротких периодов сна и бодрствования, соответствующих «обратимой» стадии, а также длительных периодов «необратимого» сна и рабочего бодрствования показал, что эти интервалы имеют практически экспоненциальные функции распределения. Причём лямбда параметры этих распределений отличаются друг от друга на один – два порядка. Это означает, что для водителя отказом является короткий сон со средним временем сна (характеристика обратная интенсивности) порядка одной – трёх секунд. Но при выходе из этого состояния он инициализируется. Иначе он попадёт в аварию. В этом случае $\mu_c \gg \lambda_a$ и согласно формуле (5) эффективная интенсивность попадания в аварию $\lambda_{эфс} \ll \lambda_c$. А машинист при засыпании может проскочить фазу короткого сна и проспать существенно дольше. Но условия реализации аварийной ситуации на железной дороге существенно другие, поэтому результирующая вероятность аварии оказывается меньше, чем в автомобильном движении.

Таким образом, на основе анализа статистических данных и проведенных лабораторных исследований построен ряд математических моделей, описывающих взаимодействие системы мониторинга с оператором (водителем, машинистом). Показано, что в зависимости от условий работы оператора эффективные параметры засыпания-просыпания оператора существенно меняются. Отчасти это объясняется в рамках рассмотренных моделей, а частично психологическим механизмом саморегулирования процесса засыпания.

Литература

- [1] Гавзов Д.В., Самонина Е.В. Методика расчета количественных показателей безопасности микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики // Вестник ВНИИЖТа. 1992. № 5. С. 9-12.
- [2] Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. - М.: Энергия, 1977. - 563 с.

- [3] Дорожно-транспортные происшествия в России (2000 г.). Обобщённые сведения. – М.: НИЦ ГИБДД МВД России, 2001.
- [4] D. Rouckhout. Fatigue related accidents in patients with sleep disordered breathing. (A review of the literature). Belgian Road Safety Institute, 1999
- [5] Транспортный комплекс России 2000 (Информационно-аналитический сборник)
- [6] Транспорт и связь в России: Стат.сб./ Госкомстат России.-Т65 М., 2001.
- [7] Железнодорожный транспорт 1995 году: цифры и факты. // Железнодорожный транспорт. № 4. 1996. С. 14–20.
- [8] Кукуев Н.С., Маркина Н.Е., Строков С.А., Яхонтов В.В. Анализ состояния безопасности движения в локомотивном хозяйстве железных дорог России за 1995 год. // Железнодорожный транспорт. Обзорная информация. Серия: Безопасность движения. Вып. 1–3. М.: 1996. С. 79.
- [9] В.В. Дементиенко, А.Г. Марков, Л.Г. Коренева, В.М. Шахнарович. Биомедицинская электроника. 2001. 29/1. С.157–171.
- [10] Makeig S., Inlow M. Lapses in alertness: coherence of fluctuations in performance and the EEG spectrum. // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 1993, 86:23-35

MONITORING SYSTEM OF DRIVER'S CONDITION AND HIGHWAY TRAFFIC SAFETY

S.V. Gerus, V.V. Dementienko, V.M. Shakhnorovich

IRE RAS, JSC "Neurocom"

The main problems of resolving the tasks of environmental safety using monitoring of an operator's condition were considered. An example of a driver's monitoring showed that designing of such systems should be based on conducting a whole range of mutually agreed studies, including biological and medical examination of operators, collecting of statistical data, and constructing of mathematical models of "operator—monitoring system—environment" systems.