

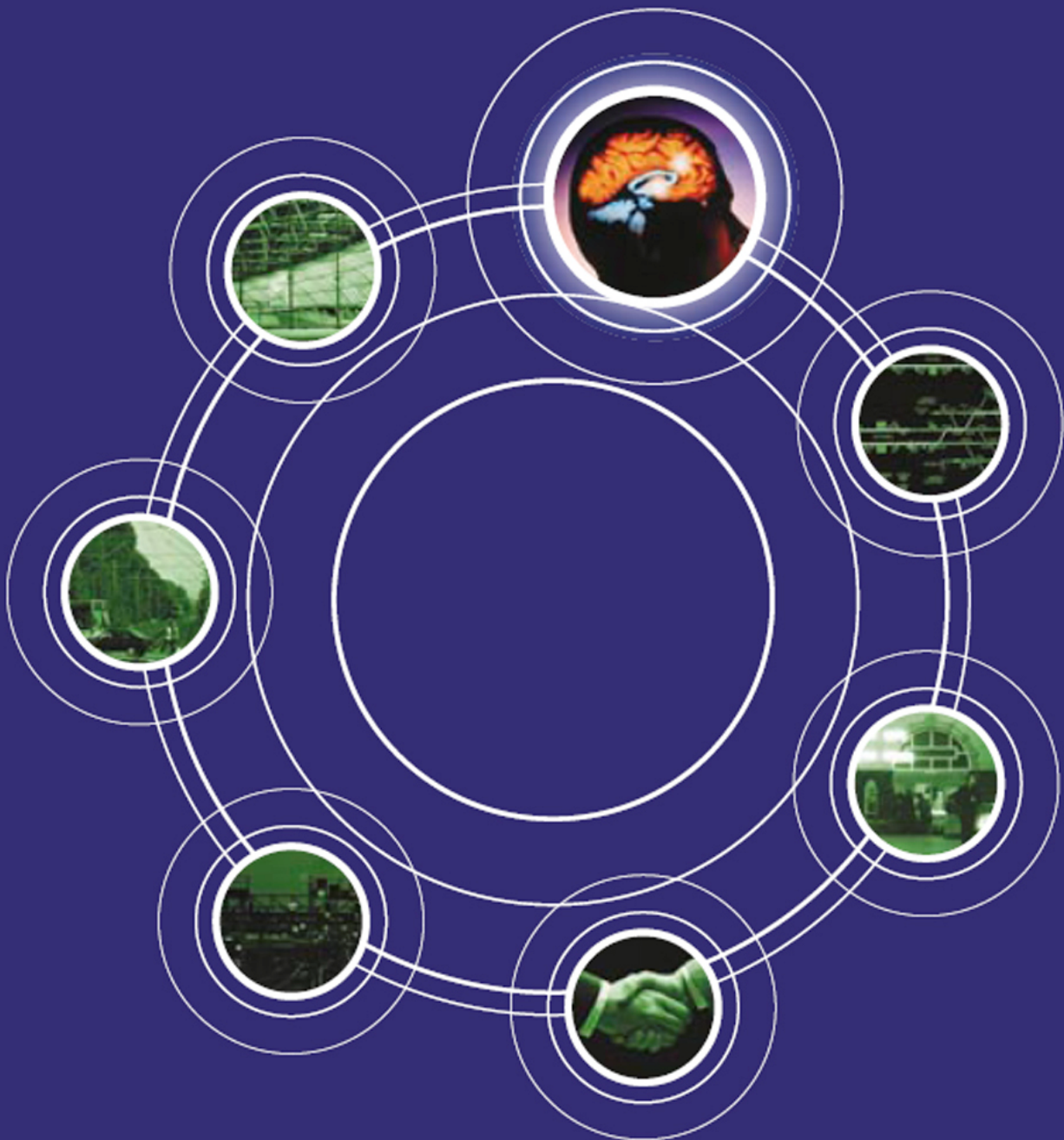


Управление Стандартов  
Железнодорожная Безопасность

Научные программы

# Человеческий Фактор

Бодрствование водителя. Обзор систем



**Ответ Совета по Безопасности и Стандартам на Железных Дорогах (СБСЖД) на обзор Quintec  
«Бодрствование водителя - обзор систем».**

**1. Цель**

- 1.1. Целью настоящего ответа является изложение основных вопросов СБСЖД, которые должны были быть освещены в приложенном отчете, и итоговых выводов Совета.

**2. История вопроса**

- 2.1. Устройства бдительности водителя (УБВ) были сконструированы производителями в США, Великобритании и других странах для применения на разных видах транспорта. Некоторое время развивался российский прибор, Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста (ТСКБМ), который в настоящее время широко применяется на российских железных дорогах. Подобные устройства проводят мониторинг различных физиологических параметров (как описано в отчете) для оценки уровня бдительности водителя.
- 2.2. В результате обращения разработчиков ТСКБМ к железнодорожной индустрии Великобритании, СБСЖД заказал исследование, результатом которого явился настоящий отчет, имеющий целью информировать промышленность о различных физиологических измерениях, которые имеет смысл провести, их надежности и валидности в качестве индикаторов бдительности, а также о типах устройств, доступных в настоящее время.
- 2.3. Отчет был заказан как часть программы исследования безопасности на железных дорогах (ЖД) (ныне Совет Безопасности и Стандартов на Ж Д ) и был подготовлен фирмой Quintec. Исследование включало всесторонний и систематический поиск имеющихся устройств бдительности, оценку доступности и пригодности их для машинистов, а также предварительную оценку соотношения их цены и экономической эффективности.

**3. Ответ СБСЖД**

- 3.1 Отчет дает ценный отчет по интересующему вопросу и позволяет читателям, принадлежащим к железнодорожной промышленности, быть лучше информированными о том, какие измерения пригодны для поддержания необходимого уровня бдительности.
- 3.2 СБСЖД не намерен требовать введения устройств для контроля бдительности машиниста, подобных 13 вошедшим в отчет, ни в ближайшем будущем, ни вообще когда-либо. Компании, эксплуатирующие железные дороги (КЭЖД) не должны принимать меры по внедрению таких устройств в настоящее время.
- 3.3 Однако, СБСЖД высказывается в пользу их дальнейшего изучения и апробации и будет интересоваться прогрессом в этой области.
- 3.4 Прежде всего, СБСЖД необходимо получить наилучшее доступное устройство – Российский ТСКБМ и провести тесты (в лабораторных условиях), чтобы проверить главные утверждения производителей.
- 3.5 Очевидно, что для полного приема и начального внедрения УБВ вероятно потребуется несколько лет. Хотя технологический прогресс может привести к тому, что они станут более компактными, надежными и дешевыми, кроме того тенденция к «защите» поездов может привести к уменьшению потребности в устройствах бдительности (См. отчет параграф 6.4).
- 3.6 Особенно заслуживают внимания рассмотренные области физиологических измерений и выработанные три группы требований, которым должны отвечать устройства безопасности.
- 3.7 СБСЖД хотел бы побудить тех, кто задумывает, разрабатывает и изготавливает эти устройства продолжать разрабатывать и предлагать свою продукцию, имея в виду железнодорожное приращение. 13 участникам, перечисленным в отчете, выдаются копии отчета.
- 3.8 КЭЖД конечно, предоставляют копии отчетов. Их просят информировать СБСЖД об их оценках. Обратная связь с ними имеет значение для определения области дальнейших обсуждений и исследований.

#### 4. Ответ на специальные рекомендации в отчете.

Рекомендации, выделенные ниже курсивом, являются выдержками из отчета. Читатели могут обратиться к оригинальной полной версии отчета.

##### 4.1 **Рекомендации 1-4:** Следует сделать оценку:

- a. стоимости устройств для конкретной кабины,
- b. выработки сигнала опасности при начале дремоты (ПСПО),
- c. соотношения стоимости/экономической эффективности для разных категорий дорог и КОД,
- d. возможности достижения полной безопасности при оборудовании устройством кабины для получения расчета потенциальной экономической эффективности использования УБВ.

**Ответ:** Следует заметить, что процесс тестирования, испытания и одобрения, по-видимому, будет длительным и результат неопределенным. Эти оценки должны быть сделаны после выполнения пункта 4.3 (см. ниже). Следует предположить, что вероятнее всего на первом этапе устройства будут устанавливаться не в действующих поездах, а в новом подвижном составе или в локомотивах при капитальном ремонте.

##### 4.2 **Рекомендация 5:** Определить, подходят ли текущие стандарты железнодорожной группы (СЖГ) для оценки устройств мониторинга бдительности.

**Ответ:** Он не требует изменения в настоящее время. Если когда-либо будут проводиться испытания устройств повышенного типа, будет возможность пересмотреть стандарты в контексте технологического прогресса и доступности соответствующих устройств.

##### 4.3 **Рекомендации 6-10:** Если СБСЖД решит продвигать внедрение ТСКБМ или другого типа устройства, он должен:

- a. провести дальнейшую оценку этого устройства, использующегося в настоящее время
- b. приобрести устройство для апробации в лаборатории или на симуляторе
- c. определить эффективность для соотношения пробуждение/бдительность
- d. исследовать электромагнитные свойства устройства и установить, будет ли оно влиять на подвижной состав и сигнальные системы
- e. оценить упомянутое в отчете одобрение пользователями и железными дорогами.

**Ответ:** Как сказано в 3.3 выше - это следующая стадия деятельности. Работу следует провести в лаборатории или на симуляторе.

##### 4.4 **Рекомендация 11:** СБСЖД следует провести исследование категорий ошибок, связанных с человеческим фактором, используя бюллетень профиля ошибок, данные ПСПО и общие данные о надежности человека.

**Ответ:** В настоящее время проводится изучение в связи с этим усталости, сменной работы и лишения сна. Группа по изучению ошибок будет продолжать собирать и делать доступной информацию о попадании в состояние в дремоты, как причине происшествий.

##### 4.5 **Рекомендация 12:** Совету СБЖД следует изучить, как индикаторы зрительного внимания, направление взгляда и время его фиксации, которые могут быть использованы для определения начала отвлечения машиниста.

**Ответ:** Это уже делается в рамках исследовательского проекта «Зрительная стратегия машиниста».

## 5 Заключение

### 5.1 Возможность дальнейшей работы в этой области будет рассмотрена в ближайшие месяцы, и будет сравниваться с конкурирующими потребностями в отношении будущего финансирования

## 6 Контакты:

Richard Wheldon  
 Head of Management Research  
 RSSB  
[richard.wheldon@rssb.co.uk](mailto:richard.wheldon@rssb.co.uk)



# **Устройства бодрствования водителя Обзор систем**

# Содержание

Издательская группа .....	7
Аннотация исполнителя .....	8
Сокращения .....	9
Ссылки .....	10
Ссылки .....	10
1 Введение .....	11
1.1 Цель исследования .....	11
1.2 Область поиска .....	11
1.3 Ключевые термины и концепции .....	11
2 Вождение поезда и готовность машиниста .....	13
2.1 Работа машиниста .....	13
2.1.1 <i>Бдительность</i> .....	14
2.1.2 <i>Внимание и возбужденность</i> .....	14
2.1.3 <i>Низкие уровни возбуждения</i> .....	15
2.1.4 <i>Локализация внимания</i> .....	16
2.2 Уровни готовности машиниста .....	16
2.2.1 <i>Возможные измерения готовности машиниста</i> .....	16
3 Информационный поиск технологий .....	17
3.1 База данных устройств .....	17
3.1.1 <i>Обзор содержания базы данных устройств</i> .....	18
3.2 База данных физиологических измерений .....	19
3.3 Заключение из информационного поиска .....	20
4 Критерий практичности .....	20
4.1 Критерии приемлемости для пользователя .....	20
4.2 Критерии совместимости с ЖД Великобритании .....	22
4.3 Научные критерии .....	24
5 Оценка приборов .....	27
5.1 Процесс оценки приборов .....	27
5.2 Результаты оценки применимости для пользователя .....	28
5.3 Результаты оценки в контексте ЖД Великобритании .....	29
5.4 Результаты оценок по научным критериям .....	29
5.5 Выводы из оценки приборов .....	30
6 Анализ соотношения затраты / экономическая эффективность .....	31
6.1 Процесс анализа соотношения затраты / экономическая эффективность .....	31
6.2 Финансовые затраты .....	32
6.2.1 <i>Характерные финансовые затраты на прибор</i> .....	34
6.3 Выигрыш по безопасности .....	35
6.3.1 <i>Оценка порядка величины затрат</i> .....	36
6.3.2 <i>Анализ выигрыша по безопасности</i> .....	36
6.3.3 <i>Изучение причин происшествий</i> .....	38
6.4 Выводы из анализа соотношения стоимость-эффективность .....	39
7 Характеристики организации эксперимента .....	40

7.1 Многоуровневый план осуществления .....	5
7.1.1 Одобрение средств транспорта .....	40
7.1.2 Техническое одобрение сигналов .....	41
7.1.3 Законодательное одобрение.....	41
7.1.4 Не технические стороны одобрения .....	42
7.1.5 Испытание прибора .....	42
7.2 Организация эксперимента.....	42
7.2.1 Лабораторные испытания.....	44
7.2.2 Тесты на симуляторе.....	44
7.2.3 Проверки на экспериментальных трассах.....	44
7.2.4 Другие выводы из постановки экспериментов .....	44
8 Итоги исследования .....	45
8.1 Заключение.....	45
8.2 Рекомендации .....	45
Приложение А: База данных приборов.....	47
Датчик движения глаз и руля- Eye tracker and steering wheel sensor .....	47
Монитор готовности по траектории глаз - Eye Tracking Alertness monitor .....	48
Устройство мониторинга дремоты - ABM Drowsiness Monitoring Device (DMD) .....	50
Фотосистема бодрствования - Photo Driven Alert System.....	52
Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста (ТСКБМ) - Engine Driver Vigilance Telemetric Control System (EDVTCS).....	54
Модуль диагностики снижения бдительности и предупреждения машиниста - Hypovigilance Diagnosis Module (HDM) and Driver Warning System .....	56
Устройство мониторинга бодрствования водителя грузовика - Device for monitoring haul truck operator alertness .....	57
Система, следящая за глазами ETS-PC Eye tracking system.....	59
FaceLAB™ 2.0.....	61
Регистрация микронаклонов - MicroNod Detection System (MINDStm).....	62
Передвижной монитор морганий - Alertness Monitor ambulatory eye blink monitor .....	64
Противодремотная помощь водителю - Vehicle Driver's Anti-Dozing Aid (VDADA).....	65
Монитор-помощник - Copilot PERCLOS Monitor .....	67
Приложение В: База данных физиологических параметров .....	69
Электроэнцефалография (ЭЭГ) .....	69
Моргание (длительность, амплитуда и частота).....	70
Движения глаз .....	71
PERCLOS .....	72
Электродермальная активность (ЭДА) .....	73
Сердечные измерения.....	74
Время реакции на стимул.....	75
Движение головы .....	76
Приложение С: Оценка приборов по критериям принятия пользователем .....	77
Приложение D: Оценка приборов по ЖД критериям Великобритании .....	82
Приложение E: Оценка прибора по научным критериям .....	84
Приложение F: Подвижной состав Великобритании .....	87
Приложение G: Изучение случаев пропущенных сигналов при опасности.....	90

---

Рис. 1: Производительность как функция возбуждения (Закон Yerkes-Dodson ) .....	14
Рис. 2: Пример описания прибора и физиологической базы данных .....	19
Рис. 3: Логическая структура оценки приборов по критериям практичности .....	27
Рис. 4: Процесс анализа соотношения затрат-эффективности в контексте безопасности на ЖД (из приложения 1) .....	31
Рис. 5: Возможный процесс одобрения для прибора .....	40
Рис. 6: Характеристики процесса тестирования .....	43
Табл. 1: Обзор содержания базы данных устройств .....	18
Табл. 2: Критерии приемлемости устройства для пользователя .....	22
Табл. 3: Критерии совместимости с ЖД Великобритании .....	23
Табл. 4: Научные критерии .....	26
Табл. 5: Пример оценки прибора .....	27
Табл. 6: Сводка результатов оценки приборов .....	28
Табл. 7: Затраты на эксплуатацию прибора .....	34
Табл. 8: Обзор финансовых затрат на прибор ТСКБМ .....	35
Табл. 9: Оценки порядка величины затрат .....	36
Табл. 10: Вклад опасных предшественников в фактор риска и исключенный потенциальный риск .....	38
Табл. 11: Непосредственные причины случаев серьезных аварий для категорий с 3 по 8 .....	38
Табл. 12: Ссылки на исследование случаев аварий .....	39

## Издательская группа

### Утверждение документа

	Имя	Подпись	Дата
Автор	Adam Whitlock		30 Августа 2002
Заверено	John Pethick		30 Августа 2002

### Корректурa документа

Поправка	Дата	Введена	Дата
Комментарии от John Shelton	16 Августа 2002	Adam Whitlock	30 Августа 2002

### Распространение

Имя		Копияг
John Shelton	Безопасность железной дороги	электронная
Ann Mills	Безопасность железной дороги	электронная
Копия	Quintec	электронная

© Copyright 2002 Railway Safety

Quintec Associates Limited  
 Excalibur House, 2 Millennium Centre Crosby Way,  
 Farnham, Surrey GU9 7XX  
 Tel: (01252) 737377  
 Fax: (01252)737376

Railway Safety  
 Evergreen House, 160 Euston Road, London, NW1  
 2DX

[www.quintec.com](http://www.quintec.com)

## Аннотация исполнителя

Существенный интерес к бодрствованию, вниманию и усталости как факторов, влияющих на безопасность, всегда проявлялся в кругах, для которых безопасность была критическим фактором, особенно в случаях, когда присутствуют ухудшающие факторы, например, сменная работа. Данное исследование касается обзора устройств, применяемых в настоящее время в железнодорожной промышленности, а также приборов, которые могут быть использованы в будущем, для измерения бодрости машиниста или готовности отвечать на сигналы, и целесообразности переноса технологий из промышленности других транспортных средств. 5 ключевых моментов при изучении были следующими:

1. Проведение понятного и систематического поиска технологий мониторинга готовности машиниста, а также методик и технологий, которые измеряют бодрствование и готовность.
2. Разработка научных и практических критериев для пользователя, которым должно будет соответствовать любое устройство для того, чтобы быть применимым на сети ЖД Великобритании.
3. Оценка устройств мониторинга, обнаруженных при поиске, с помощью критериев надежности с целью выявления пригодных для дальнейшей валидации.
4. Проведение на высоком уровне анализа соотношения стоимость - экономическая эффективность вышеупомянутых устройств мониторинга, с учетом выигрыша по безопасности и полной стоимости финансирования.
5. Выработка плана вложений и характеристики экспериментов по оценке и тестированию устройств.

Из 13 устройств, обнаруженных при информационном поиске, три оказались пригодными для машинистов и удовлетворяющими ограничениям инфраструктуры британских ЖД. Одно устройство, ТСКБМ, оказалось зрелым с точки зрения развития и применения, и будет наилучшим кандидатом для обеспечения ЖД Великобритании.

Порядок величины стоимости был вычислен и соотнесен с оценкой выигрыша по безопасности. Общая стоимость устройства на все время его эксплуатации при расчете на одну кабину не должна превышать £20000, чтобы устройство можно было назвать эффективным. Полный анализ стоимость/экономическая эффективность не проведен, поэтому приводимые данные – оценочные.

Были определены области и уровни исследований для уверенности в успешном применении прибора. Исследования можно считать продолжительными, длительными и дорогими.

Сделано заключение, что устройство мониторинга возможно дает выгоду по безопасности, и что доступны устройства, которые могут измерять степень бодрствования. Однако нужно полностью исследовать преобладание аварий, связанных с засыпанием, перед тем, как будет возможно количественное измерение отношения стоимости к экономической эффективности.

Рекомендации включают проведение исследования по визуальному вниманию машиниста, чтобы определить возможных предшественников отвлечения внимания.

## Сокращения

АРЛП	Ассоциация союза работников локомотивных бригад и пожарных
АСБ	Автоматическая система безопасности
БКО	Блок компьютерной обработки
ДВП	Действие вопреки сигналу
ДНРП	Достаточно низкие для разумной практики
ЖДИЕВ	Железнодорожная инспекция Ее Величества
ЗПАП	Значимость предотвращенного аварийного происшествия
ИТ	Информационная технология
КЭЖД	Компания, эксплуатирующая железные дороги
МЭГ	Магнитоэнцефалография
ОР	Опасность и работоспособность
ОПП	Опасные происшествия с поездами
П-путь	Постоянный путь
ПРЗГ	Процент закрывания глаз
ПспО	Пропущенный сигнал при опасности
РПД	Регистратор параметров движения поезда
СЗПП	Система защиты и предупреждения в поезде
СРТС	Совет по разрешению транспортного средства
ССГ-ПК	Система слежения за глазами с персональным компьютером
ТСКБМ	Телеметрическая система контроля бодрствования машиниста
УБВ	Устройство бдительности водителя
ЭДА	Электродермальная активность
ЭДР	Электродермальная реакция
ЭКГ	Электрокардиограмма
ЭМТ	Электромагнитный ток
ЭМГ	Электромиограмма
ЭН	Эквивалентные несчастья
ЭОГ	Электроокулограмма
ЭЭГ	Электроэнцефалография

## ССЫЛКИ

1. May, J.L. and Gale, A.G., 1998, How did I get here? - Driving without attention mode, Contemporary Ergonomics, Taylor & Francis, London.
2. Boff and Lincoln, 1988, Engineering Data Compendium: Human Perception and Performance Vol1,2 and 3, Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory.
3. Porter, D., 1992, 'A detailed task analysis of four types of train driving', Issue 1, SRD, Cheshire.
4. Halliday, M.W. and Porter, D.R., 1996, SPADRAM: Driver Distraction, Human Factors Assessment, Report No: SHE 952046, British Railway Board.
5. Head, H. 1926, The conception of nervous and mental energy, II. Vigilance: a physiological state of the nervous system. British Journal of Psychology, 14, 126-147 in Davies, D.R. and Tune, G.S., 1970, Human Vigilance Performance, Staples Press, London.
6. Wickens, C.D., 1992, Engineering Psychology and Human Performance, 2<sup>nd</sup> Edition, Haper Collins, New York.
7. Yerkes and Dodson, 1908, The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation, Journal of Comparative Neuropsychology, 18, 459-482, in Wickens, C.D., 1992, Engineering Psychology and Human Performance, 2<sup>nd</sup> Edition.
8. Easterbrook, J.A., 1959, The effect of emotion of cure utilisation and the organisation of behaviour, Psychological Review, 66, 183 -201 in Wickens, C.D., 1992, Engineering Psychology and Human Performance, 2<sup>nd</sup> Edition.
9. Managing a 24 Hour Lifestyle - A guide to remaining alert and productive in a technological society, 1994, Schlumberger Group.
10. Gibson, H, 1999, Special Topic Report: Human Factors Review of Category A SPaDs, Rail-track Safety and Standards Directorate.
11. Uff, Prof. And HSC, 2000, The Southall Rail Accident Inquiry Report, ISBN 0717 617 572.
12. Merat, N., Mills, A., Bradshaw, M., Everatt, J. and Groeger, J. 2002, Allocation of attention among drivers, Contemporary Ergonomics.
13. Railway Workshop Metrics Report, 2002, Ref. 03 T024 QUIN 13 TRT, (Minutes of workshop).
14. C. Blacker, 'Cost-Benefit Analysis for Railway Group Standards, Task Procedure (draft)', Railway Group Standards: Standards Justification, Railway Safety, March 2002.
15. Profile of safety risk on Railtrack PLC-controlled infrastructure, Issue 1, January 2001, Report No. SP-RSK-3.1.3.11. (Risk Profile Bulletin).
16. Information identified from the internet site [www.o-keating.com/hsr](http://www.o-keating.com/hsr).
17. SPAD Report for May 2002, Railway Safety, 17 June 2002.

# 1 Введение

В типах деятельности, для которых безопасность является критическим фактором, всегда существовал заметный интерес к бдительности, бодрствованию и усталости, в особенности, когда присутствуют ухудшающие факторы, такие, как сменная работа. К таким занятиям относятся гражданская авиация, вождение автомобилей, грузовиков и поездов. В этих случаях, короткие периоды интенсивной активности сменяются длительными периодами монотонной работы. Эти виды деятельности часто происходят на фоне нерегулярного расписания - работы и отдыха оператора, что может также означать что продолжительность и качество сна хуже оптимальных.

Забота о сохранении уровня внимания, с которым оператор выполняет работу, привела к появлению многочисленных предложений по устройствам мониторинга уровня бдительности и предупреждения оператора о снижении внимания во время работы.

Данное исследование посвящено обзору устройств, применяемых в настоящее время на железных дорогах, и систем, предложенных для измерения бдительности водителя и целесообразности приспособления технологий, используемых для других видов транспорта.

Целью систем бдительности водителя является обнаружение временной потери контроля над транспортным средством из-за потери трудоспособности, или предшественников такой нетрудоспособности. Традиционные устройство бдительности (т.н. педаль смерти) измеряют число действий водителя, следя скорее за потерей водителем способности двигаться, чем за его уровнем бодрствования или вниманием к работе или ее выполнением. Отмечалось, что водители отвечают на такие типы проверки бдительности автоматически в результате привычки к их временным характеристикам (навыки) или предвидя их появление (прогноз) (*Ссылка 1*). Навык и прогноз могут существенно уменьшить эффективность традиционных приборов бдительности.

## 1.1 Цель исследования

Цель настоящего исследования – предоставить Безопасности на ЖД практическое понимание физиологических характеристик, лежащих в основе возможности мониторинга и оценки бдительности машиниста. Это понимание дает основу, на которой базируется оценка приборов бдительности по надежности, валидности и применимости их на ЖД Великобритании.

Потенциальный выигрыш по безопасности для прибора мониторинга бдительности и научные концепции бдительности и ее измерений даны в *Разделе 2*

Пятью основными целями проекта были:

1. Первая - провести понятный и систематический информационный поиск устройств бдительности, а также методик мониторинга бдительности. (*Раздел 3*).
2. Вторая - разработка критериев приемлемости исполнителем, применимости для ЖД Великобритании и научной достоверности, которым устройство должно отвечать чтобы быть пригодным для сети ЖД Великобритании (*Раздел 4*).
3. Третья - применение выработанных критериев для оценки устройств, обнаруженных при информационном поиске и рекомендация устройств, пригодных для дальнейших проверок. (*Раздел 5*).
4. Четвертая - провести на высоком уровне анализ соотношения стоимости к экономической эффективности для приборов мониторинга бдительности, рассматривая эффективность по безопасности и финансовые затраты (*Раздел 6*).
5. Пятая – определить план и экспериментальный метод для характеристики и дальнейших испытаний устройств (*Раздел 7*).

Результаты и рекомендации, следующие из обзора, даны в *Разделе 8*.

## 1.2 Область поиска

Исследование ограничивается оценкой «состояния дела» по статьям, как первой стадией работы, которая может быть продолжена.

## 1.3 Ключевые термины и концепции

Читатель может встретить много разных терминов, используемых в психологии и физиологии, для которых не существует простых эквивалентов в обычном языке. Словарь терминов, используемых в этом отчете, приведен ниже. Эти термины последовательно используются во всем отчете. Определения взяты в основном из *Ссылки 2*.

Автоматическое поведение	Действия, совершенные рефлекторно (на подсознательном уровне).
Бдительность	Состояние готовности замечать стимулы, оценивать ситуацию и соответствующим образом реагировать.
Внимание	Четкого определения не существует.
Возбуждение	Оптимальное состояние бодрствования для выполнения работы.
Выборочное внимание	Условия работы, когда наблюдатель или оператор должен реагировать избирательно на некоторые стимулы или каналы ввода, игнорируя остальные, одновременно активные.
Дремота	Фаза пробуждения между бодрствованием и сном, может включать микрозасыпания.
Контроль	Использование ресурсов наблюдения и познания для идентификации изменения состояния постоянно действующего стимула.
Надежность	Доля работ, совершенных правильно и вовремя.
Пробуждение	Общее физиологическое состояние, меняющееся от комы и дремоты к бдительности и перевозбуждению. Увеличенное внимание к окружающему, позволяющее лучше подготовиться к умственному или физическому действию.
Поиск	Использование наблюдения и познания для идентификации случайно происходящих событий.
Потеря бдительности	Понижение уровня бдительности (от оптимального).
Рабочая нагрузка	Часть ресурсов (т.е. максимальной способности к выполнению работы) используемая при выполнении конкретной работы. Поскольку ресурсы человека ограничены, важно, чтобы выполняемые задания не перегружали возможности, что приводит к ухудшению работы. Возможна также недозагрузка человека, когда для совершения работы необходима небольшая часть ресурсов. При такой работе более вероятно, что человек станет скучать, будет отвлекаться или даже дремать.
Режим разделения времени	Распределение ресурсов восприятия и мышления между двумя или более различными задачами.
Сон	Состояние тела, при котором происходит изменения многих биологических функций, в том числе изменение температуры и гормональной секреции.
ЭМГ (Электромиография)	Регистрация и анализ электрических свойств скелетных мышц.
ЭЭГ (Электроэнцефалография)	Регистрация и анализ переменных электрических потенциалов связанных с активностью коры мозга измеряемых электродами на коже головы.

## 2 Вождение поезда и готовность машиниста

Цель этого раздела – описание факторов, определяющих готовность машиниста, и способы, которыми эти факторы можно измерить. Это представлено в контексте работы по вождению, надежности машиниста и причин ошибок в обнаружении и реакции на сигналы. Кроме того, обсуждены их влияние на безопасность, с использованием данных об авариях и исследование отдельных случаев. Как объясняется в разделе, готовность – есть состояние, при котором машинист готов обнаружить сигналы, оценить их и произвести необходимые действия. Это есть функция постоянного внимания машиниста, его направленности и уровня возбуждения.

### 2.1 Работа машиниста

Портер (1992, Ссылка 3), провел анализ вождения поезда, описывая тип действий, которые машинист обязан производить:

- Придерживаться придорожных сигналов, таблиц и индикаторов, что требует бдительности для обнаружения знаков, памяти и использования знания дороги, принятия решений и быстрых, и адекватных реакций на информацию,
- Отслеживать путь впереди и замечать нарушителей и препятствия, что требует бдительности, принятия решений и быстрой реакции,
- Отслеживать людей, работающих на пути, что также требует бдительности, принятия решений и быстрой реакции,
- Отслеживать и регулировать скорость поезда, это требует внимания к спидометру, восприятия информации и принятия решений,
- Придерживаться сигналов, это требует бдительности, чтобы не пропустить сигналы, памяти и использования знаний о дороге, суммирования информации, принятия решения и быстрой реакции,
- Отвечать на запросы системы АСБ, это требует бдительности, чтобы не пропустить сигналы, памяти и использования знаний о дороге, суммирования информации, принятия решения и быстрой реакции,
- Отвечать на запросы устройства бдительности, это требует бдительности, чтобы не пропустить сигналы, памяти и использования знаний о дороге.

Работа машиниста поезда, особенно вождение, требует навыков системы психомоторики (координированной активации мускулов), познавательной системы (обработка информации), сенсорной (использование зрения, слуха или другого чувства). Эти навыки приобретаются при обучении, поддерживаются и усиливаются опытом. Специфические навыки для вождения поезда включают:

- Способность запоминать и вспоминать информацию,
- Способность предвидеть и оценивать эффекты от нескольких факторов, которые могут влиять на поведение поезда,
- Быстрое время реакции,
- Умение точного контроля,
- Способность сохранять бдительность и внимание.

Используемая система сигналов рассчитана на то, что машинист их контролирует и реагирует на сигналы предупреждения или опасности. Следовательно, способность сохранять бдительность и внимание, вдобавок к хорошему зрению, можно считать ключевой в определении способностей машиниста. Дороги обновляются системами защитных сигналов, для предотвращения или уменьшения последствий ПСПО, увеличивая безопасность пассажиров. Однако, даже с этим уровнем защиты поездов (и имеющейся системе отбора и обучения машинистов) ошибки могут случаться.. Halliday and Porter (1996, Ссылка 4) дают классификацию и описание ошибок, которые машинист, в принципе, может совершить и вызывающие их причины. Это включает:

- Неспособность заметить опасность достаточно быстро, чтобы успеть затормозить,
- Неспособность применить знание дороги,
- Неспособность обнаружить предупреждающий сигнал,
- Неспособность заметить путевые знаки, таблицы и индикаторы,
- Неспособность заметить изменение наклона или кривизны пути (превышение скорости или недостаточная скорость),
- Ответить системе АСБ, не заметив типа пропущенного сигнала,
- Заметить сигнал опасности, но предположить, что он изменится (основываясь на знании пути).

Вождение требует способности, как к бдительности, так и к избирательному вниманию. Возможность проявления этих способностей зависит от уровня готовности. Уменьшение бдительности, внимания и

готовности могут внести вклад в ошибки машиниста, возможно, приводящим к аварии. Концепции бдительности, внимания, и готовности обсуждены в последующих разделах.

### 2.1.1 Бдительность

Определения бдительности различны в разных ветвях науки, главным образом в неврологии и психологии. Неврологи отождествляют бдительность с возбуждением, или вниманием, или уровнем возбуждения. (Henry Head 1926, ссылка 5). Они описывают бдительность как состояние максимальной эффективности центральной нервной системы. Это связывает бдительность с классификацией стадий сна и бодрствования, или уровнем возбуждения. Уровни возбуждения переходят от комы, дремоты к бодрствованию.

Физиологи имеют тенденцию рассматривать бдительность как компоненту внимания, наряду с наблюдением и поиском, причем бдительность есть способность поддерживать внимание, в противоположность выбору фокуса внимания. Работа, требующая бдительности – это работа, требующая от испытуемого какого-либо ответа на сравнительно редкие стимулы, предъявляемые непредсказуемым образом (по времени, пространству, или тому и другому) в течение достаточного времени без отдыха. Boff and Lincoln (1988, ссылка 2) описывают работу бдительности как требующую отслеживать нечастые, простые сигналы в течение продолжительного времени без отдыха, в то время как работа слежения включает более сложные сигналы или (и) более одного источника сигнала и наличие скорее постоянных, чем отдельных сигналов. Эти отличия экспериментально обоснованы, но не переносятся непосредственно на реальную работу, которая обычно является комбинацией психологических типов.

Раздел 2.1.2 описывает соотношение между возбуждением и вниманием (и следовательно бдительностью).

### 2.1.2 Внимание и возбужденность

Wickens (1992, ссылка 6) описывает внимание с помощью метафоры ограниченных ресурсов. Внимание можно отнести к соотношению между имеющимися мысленными ресурсами (потенциал) и требующимися умственными усилиями, которые должны быть применены (нагрузкой), т.е. это модель ресурсов и потребности. Например, ресурсы могут быть использованы для восприятия сигнала от сенсорных рецепторов (например, глаз и ушей) и одновременно для решения о требуемом ответе на поступившую информацию (умственный процесс) и осуществления ответа (контроль движения руки). Концепция внимания включает следующие пункты:

- Внимание требует сознательного восприятия информации,
- Источники информации могут быть внешними (принимаемыми сигналами, такими как путевые знаки или звуковое предупреждение) или внутренними (из памяти, например, знание расписания),
- Оно может быть избирательным и направленным на один или более сигналов-источников информации или положений в пространстве (например, направленным на определенный индикаторный источник света или сигнал тревоги, или участок пути, в зависимости от оценки приоритета тревоги или имеющейся в памяти локализации сигнала),

Оно может использоваться с большей или меньшей интенсивностью (т.е. временно связано с преимущественным выполнением одной работы перед другой - первичной и дополнительной работой, в зависимости от имеющихся интеллектуальных ресурсов и личной интеллектуальной способности).

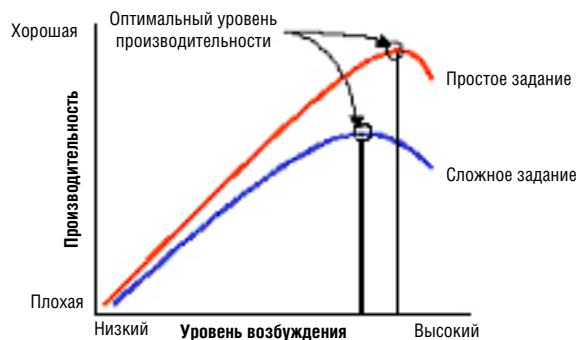


Рис. 1: Производительность как функция возбуждения (Закон Yerkes-Dodson)

Возбуждение - это общее состояние, влияющее на способность субъекта выполнять различные функции внимания, включая сохранение бдительности, слежение за внешними факторами и поиск объектов. Уровни возбуждения варьируются от комы, сна, дремоты к бодрствованию.

Henry Head (*ссылка 5*), невролог, дает определение внимательности как состояния максимальной физиологической эффективности – это больше соответствует бдительности в контексте сна и бодрствования (т.е. классификации стадий сна-бодрствования). Его версия внимательности имеет дело с состоянием нервной системы. В общем смысле, увеличение физиологического возбуждения равняется увеличению способности давать различающиеся ответы с помощью процессов восприятия и мышления. Это определение возбуждения отражается в законе Yerkes-Dodson, названного в честь исследователей, впервые продемонстрировавших нелинейное отношение между стрессом (или его отсутствием) и исполнением работы (Yerkes and Dodson, *ссылка 7*). Один из ключевых принципов этого закона - исполнение в общем виде зависит от возбуждения в форме перевернутого U, причем оптимум выполнения находится на промежуточном уровне возбуждения. Кроме того, оптимальная величина уровня возбуждения находится в обратной зависимости от сложности задания.

Easterbrook (1959, *ссылка 8*) предположил, что повышение возбуждения выше уровня, оптимального для выполнения работы, имеет эффект сужения внимания и потому пренебрежения некоторыми чертами, относящимися к работе. Оптимальный уровень возбуждения ограничивает внимание к несущественным частям информации, расширяя ресурсы внимания для обработки информации и таким образом, оптимизируя выполнение. Уровни ниже оптимального уровня возбуждения могут привести к ухудшению выполнения работы из-за падения возможности поддерживать внимание и к увеличению вероятности отвлечения. «Выполнение» и «возбужденность» в этом контексте относительны, но соотношение между ними сохраняется, завися от выполняемой работы.

Низкий уровень возбуждения может иметь причиной окружающие факторы, такие как недостаток сна или усталость, время дня, или факторы, связанные с работой, такие, как продолжительность работы, и ощущение скуки, в дополнение к употреблению некоторых препаратов. Высокий уровень возбуждения может быть вызван волнением (или тревогой), как личным, так и связанным с работой. Требование к человеку распределять внимание имеет то же влияние на результат деятельности, что и высокий уровень возбуждения. Проявление низких уровней возбуждения и распределение внимания считаются наиболее существенными для природы работы машиниста и будут обсуждены в следующих двух разделах.

### 2.1.3 Низкие уровни возбуждения

Три составляющие низкого уровня возбуждения, которые важны для изучения:

- Состояние скуки
- Недостаток сна
- Время дня

Состояние скуки возникает при выполнении повторяющейся или монотонной работы, требующей сохранять внимание. Оно субъективно и испытывается людьми в зависимости от выполняемой работы, а также их мотивации и способности к выполнению работы.

Недостаток сна может вызываться полным лишением сна на одну или более ночей, или лишением части ночного сна.

Уровень возбуждения может зависеть от времени суток, в которое выполняется работа. Во время некоторых периодов дня и ночи, выполнение работы и уровень внимания существенно ухудшаются в связи с биологическими ритмами человека, работающими в 24-часовом ритме (суточный ритм). Биологические часы информируют тело, когда следует ложиться спать и когда просыпаться. Уровень внимания падает между 12 и 6 часами ночи (*ссылка 9*).

Недостаток сна, скука и время суток одинаково влияют на выполнение работы, а также на поведение человека. Люди могут страдать от ухудшения моторной, умственной работы и восприятия; например, время реакции на стимулы увеличивается при низких уровнях возбуждения. Недостаток сна, скука и время суток могут приводить к ощущению сонливости, и к появлению физиологических признаков сна. Люди могут соскользнуть из бодрствования в дремоту, даже в первых стадиях сна. Во время этих периодов дремоты, можно все еще выполнять простую работу и отвечать на простейшие стимулы. В сценарии управления поездом машинист может в принципе отвечать на предупреждающие сигналы Устройства бодрствования машиниста в состоянии дремоты. При входе в состояние типа транса может проявляться автоматическое поведение, но знание о совершаемой работе потеряно (*ссылка 9*).

Переход от состояния бодрствования к дремотному может проявляться в движениях тела и поведении. Люди начинают зевать, чаще менять положение тела, может увеличиться частота морганий, меняется также общий тонус мышц лица.

Скука может также привести к отвлечению, даже если низкое состояние готовности не возникло.

Gibson (1999, *ссылка 10*) в обзоре происшествий Категории А (1994-1997) утверждал, что 30% машинистов, сообщавших о причинах происшествий, связывали их с отвлечением. Эти отвлечения могут быть связаны с событиями как вне кабины, так и внутри. Пример такого события внутри кабины на железной дороге – авария в ноябре 2001 года, когда машинист пропустил сигнал опасности, так как был занят налаживанием системы

предупреждения (машинист был сравнительно неопытным, работал всего 6 недель).

Пример более трагической аварии, связанной с невниманием, - авария на южной дороге. Общественное расследование ([ссылка 11](#)) обнаружило, что поезд, ответственный за столкновение, шел с отключенной системой предупреждения, и машинист был так долго невнимателен, что пропустил двойной желтый, а затем желтый сигнал. Имеющиеся данные при расследовании оказались недостаточными, чтобы заключить, связана ли ошибка с дремотой, усталостью, или с отвлечением-невниманием в бодрствующем состоянии.

Устройство контроля бдительности могло бы определить момент, в который уровень готовности становится настолько низким, что он не может отвечать на сигналы или придорожную информацию. Кроме того, следует рассматривать также способность устройства распознавать отвлечение машиниста.

### **2.1.4 Локализация внимания**

Люди могут потерпеть неудачу при выполнении работы с разделением времени, неправильно расставив приоритеты, отбросив критическую информацию/работу вместо некритической. Происшествия связанные с разделением времени в пользу слежения или взаимодействия с внутрикабинной информацией не описаны подробно в отчетах (таких как ежемесячные отчеты об авариях), но должны быть приняты во внимание при рассмотрении устройства мониторинга бдительности. Устройство не должно увеличивать рабочую нагрузку водителя, и не должно его отвлекать. Более того, устройство может оценивать способность водителя отвечать на сигналы, отмечая действия водителя (например, использовать слежение за нажатием педали сцепления).

## **2.2 Уровни готовности машиниста**

Готовность машиниста определена как состояние, в котором он готов принимать, рассматривать сигналы и действовать в ответ на них и придорожные знаки. Это функция поддерживаемого внимания машиниста, направленности внимания и уровня возбуждения. Имеющиеся устройства бдительности могут только определить, что машинист выведен из строя, спит или умер. Они не могут заметить тонкие изменения поведения или физиологии, которые могут указывать на уменьшение способности вести поезд. Имеющаяся информация о причинах ошибок водителей, данные о дорожных происшествиях и обсуждения о бдительности, возбуждения и внимании показывают, что готовность машиниста можно разделить на следующие 5 уровней:

1. Машинист выведен из строя /спит/ умер,
2. Машинист жив, но дремлет или недостаточно бодр,
3. Машинист достаточно бодр, но не выполняет работу по управлению поездом,
4. Машинист достаточно бодр, но неправильно распределяет время между разными работами по управлению поездом,
5. Машинист достаточно бодр и правильно выполняет работы по управлению поездом.

Чтобы гарантировать, что машинист достаточно бодр и достаточно внимателен, чтобы замечать и обрабатывать сигналы и другую критическую информацию, потенциальные устройства должны различать эти уровни готовности машиниста. Состояние готовности машиниста может изменяться в течении пути между уровнями 3 и 5, и даже достигать уровня 2 при наличии неправильных факторов окружения, работы и личных свойств.

### **2.2.1 Возможные измерения готовности машиниста**

Вообще говоря, готовность машиниста может быть измерена с использованием результатов выполнения работы, слежением за поведением и физиологическими изменениями. Приемы, использующиеся в исследованиях по измерению бдительности, могут быть суммированы следующим образом:

- Регистрация правильных ответов и ошибок пропуска. Правильные ответы – когда скорость ответов и число сигналов правильно. Ошибки пропуска – число незамеченных стимулов.
- Ошибки действия – когда обнаружены ложные сигналы, т.е. ответы, когда стимул не предъявлялся.
- Время реакции – измеряется время, затраченное на ответ. Время реакции связано с уровнем возбуждения.
- Физиологические изменения – измеряется ответ тела на состояние пониженной бдительности или возбуждения.

Существует несколько методов измерения, связанных с пониженной работоспособностью, в том числе измерение активности мозга, электрической активности кожи, изменения черт глаз и лица, сердечной активности и т.д. Эти параметры обычно измеряются в реальном времени. Обычно считается, что физиологические параметры связаны с возбуждением.

Измерение ошибок в работе не может быть подходящим для измерения готовности машиниста в реаль-

ном времени, хотя они являются истинным отражением готовности. Они лучше подходят для контролируемого лабораторного окружения. Время реакции и физиологические измерения могут быть пригодны для мониторинга в реальном времени. Движения глаз, неподвижность или движения головы или позы, могут использоваться для мониторинга зрительного внимания. Merat и др. (2002, ссылка 12) обнаружили, что время ответа на стимул зависит от параметров сигналов. Мониторинг времени ответа может оказаться полезным для определения правильного направления внимания.

В разделе 3 описаны результаты информационного поиска устройств мониторинга бдительности.

### 3 Информационный поиск технологий

Первая цель этого исследования – провести последовательный систематический поиск устройств бдительности, а также методологий и технологий измерения готовности машиниста.

Поиск проведен по всем отраслям индустрии, включая железные дороги, воздушные, наземные морские сообщения, гражданские и военные. Поиск состоял из:

- Поиска в Интернете по ключевым словам,
- Установления контактов с имеющими отношение к делу научными институтами, организациями и государственными отделами,
- Литературного поиска, включая рефераты журналов, базы данных публичных и университетских библиотек,
- Маркетинговых обзоров, которые могут содержать обзоры продукции и их демонстрации.

Результаты поиска сведены в две базы данных, одна из которых содержит материал по устройствам бдительности, другая – по физиологическим параметрам. Примеры элементов баз данных приведены на рис. 2.

#### 3.1 База данных устройств

База данных устройств содержит информацию об устройствах, которые либо доступны в настоящее время, в виде прототипов или экспериментальных устройств, либо находятся на уровне проектирования или концепции.

Разделы и секции базы данных установлены в соответствии с категориями выполнимости - приемлемости для пользователя, согласованности с ЖД Великобритании, научной приемлемости и приемлемости с точки зрения соотношения стоимости и эффективности. Ключевые заголовки и секции базы:

- Детали контакта – содержит текущие сведения для контактов с компанией/организацией, которая является владельцем интеллектуальных прав на устройства, и сведения о полученных патентах,
- Описание и использование оборудования - дает обзор измеряемого физиологического параметра, методов измерения, инвазивности, и методов вмешательства/предупреждения,
- План и калибровка – описывает практические методы сборки и отладки прибора,
- Техническое описание – содержит сведения о потребляемой устройством мощности, надежности и требованиях к обучению,
- Технологическая зрелость – дает сведения о степени развития прибора и где он используется в настоящее время.

### 3.1.1 Обзор содержания базы данных устройств

Табл. 1 дает обзор содержания базы данных устройств.

Прибор	Компания	Страна	Измеряемый параметр
Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста (ТСКБМ) - Engine Driver Vigilance Telemetric Control System (EDVTCS)	J.-S. Co. NEUROCOM	Россия	ЭДА и ЭДР
Регистрация микронаклонов - MicroNod Detection System (MINDStm)	Advanced Safety Concepts, Inc (ASCI)	США	Движения головы
Монитор готовности по траектории глаз - Eye Tracking Alertness monitor	Future of Technology and Health	США	Опускание века, сужение зрачка, закрывание глаз
Устройство мониторинга дремоты - ABM Drowsiness Monitoring Device (DMD)	Advanced Brain Monitoring Inc	США	ЭЭГ
Фотосистема бодрствования - Photo Driven Alert System	Michael Myronko	США	Частота моргания
Устройство мониторинга бодрствования водителя грузовика - Device for monitoring haul truck operator alertness	Australian Coal Association Research Programme (ACARP)	Австралия	Время реакции
Система, следящая за глазами - ETS-PC Eye tracking system	Applied Science Laboratories	США	Закрывание глаз
faceLAB™ 2.0	Seeing Machines	Австралия	Моргания и закрывание глаз
Противодремотная помощь водителю - Vehicle Driver's Anti-Dozing Aid (VDADA)	BRTRC Technology Research Corporation	США	Движения головы, закрывание глаз
Монитор-помощник PERCLOS - Copilot PERCLOS Monitor	Driving Research Center	США	Измерение части времени, когда глаза закрыты (моргание)
Передвижной монитор морганий - Alertness Monitor ambulatory eye blink monitor	MTI Research Corp.	США	Моргание
Датчик движения глаз и руля - Eye tracker and steering wheel sensor	Bristol University	УК	Использует ASL's технологии слежения за глазом
Модуль диагностики снижения бдительности и предупреждения водителя - Hypovigilance Diagnosis Module (HDM) and Driver Warning System	Часть исследовательской программы европейского информационного обществ (IST research programme)	Греция	Нет данных

Табл. 1: Обзор содержания базы данных устройств.

Информация о приборах содержится в Приложении А.

### 3.2 База данных физиологических измерений

Информационный поиск выявил много физиологических признаков, которые, как утверждают, измеряют возбуждение, усталость или бдительность. База данных отражает информацию, относящуюся к методу, с помощью которого физиологический признак отражает физиологические переменные, корреляцию признака с выполнением работы, пороги нарушенной работоспособности и выводы, относящиеся к признаку.

База содержит данные из научных публикаций, касающиеся описываемых методов, чтобы подтвердить научное обоснование устройства, которое использует это измерение. Результат информационного поиска по методам представлен в *Приложении В*.

Детально описаны 6 методов:

- Электроэнцефалография (ЭЭГ)
- Моргания глаз (длительность моргания, амплитуда и частота морганий)
- Движение глаз
- PERCLOS (Измерение части времени, когда глаза закрыты)
- Электродермальная активность (ЭДА)
- Сердечные активность
- Время реакции на стимул
- Движения головы

Devices technology database example extract	Physiological measures database example extract

Рис. 2: Пример описания прибора и физиологической базы данных

### 3.3 Заключение из информационного поиска

Всего обнаружено 13 устройств. Из них, одно было основано на технологии развитой другой отрасли (датчик слежения за глазами и поворота руля), одно снято с рынка производителем (мониторинг возбуждения по морганиям), и об одном нет никаких данных. Десять устройств оказались доступными. Восемь из тринадцати устройств использовали какую-либо форму движения глаз или моргания. Измерения параметров сердца не были представлены технологическими устройствами. Возможно, подобные измерения оказались неподходящими для практических применений, или не получили достаточных вложений для развития приборов для мониторинга в реальном времени.

Измерения или мониторинг зрительного внимания не были обнаружены при поиске. Возможно, существует технология, позволяющая надежно отслеживать и анализировать движения глаз, но сведения о поведении глаз, типа характеристик поиска и фиксации глаз, по-видимому, недоступны. Растущая надежность технологий слежения за глазами могла бы привести к большему пониманию движений глаз в контексте работы по управлению поездом, которое, в будущем, может привести к производству устройства мониторинга зрительного внимания.

Критерии, по которым следует оценивать устройства, приведены в разделе 4.

## 4 Критерий практичности

Критерии практичности, разработанные для этого отчета:

- Критерий приемлемости для пользователя,
- Критерии, связанные с ЖД Великобритании,
- Научные критерии для физиологических параметров

Критерии приемлемости для пользователя и совместимости с ЖД СК были выработаны рабочей комиссией, собранной Железнодорожной Безопасностью ([ссылка 13](#)). Присутствующие на совещании представляли ASLEF, TOC's, Railway Safety и HMRI. Критерии (приведенные в таблицах ниже) относятся к характеристикам, спецификациям и свойствам устройств. Дополнительные практические критерии, относящиеся к реализации устройств, также были выработаны в ходе совещания, но не приводятся в таблицах. Список реализации дан в каждом разделе.

Научные критерии были выработаны на основе общих принципов исследования и анализа.

Каждый критерий был обозначен идентификационным номером, так чтобы можно было проследить изменение критериев. Если критерий был изменен, он перемещался в соответствии с номером и перекрестными критериями, соответствующими предыдущим вариантам.

### 4.1 Критерии приемлемости для пользователя

Ключевые моменты для этого критерия следующие:



Критерии приемлемости для пользователя и тесты, оказавшиеся помеченными сообщением *Ошибка! Источник не найден* были объединены и зарегистрированы во время встречи рабочей группы.

No.	Критерии	Признаки
UA1.	Устройство не должно отвлекать машиниста от основной работы или ответа другим устройствам безопасности (АСБ, СЗПП).	Устройство не должно выдавать ложные сигналы тревоги. Устройство требующее, чтобы машинист проделал дополнительную работу, будет классифицировано как отвлекающее. Устройство с временной шкалой частоты операций должно рассматриваться как отвлекающее.
UA2.	Устройство не должно быть инвазивным.	Устройство не должно делать измерений: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Из-под кожи,</li> <li>• Из полостей тела,</li> <li>• Контакт с кожей с помощью геля допустим.</li> </ul>
UA3.	Носимые устройства должны быть приспособлены к антропометрическим параметрам машиниста.	Границы антропометрических параметров относятся к части тела, на которой должен быть расположен прибор. Устройство должно быть перестраиваемым в достаточной степени, чтобы соответствовать этим параметрам.
UA4.	Устройства, использующие дистанционные измерения, должны предусматривать возможность изменения высоты сидения.	Устройства, дистанционно следящие за головой или глазами, должны предоставлять возможности работы для высоких и низких водителей (в терминах высоты в сидячей позиции).
UA5.	Устройства должны предусматривать вариации в позиции и поведении машинистов.	Поведение машиниста включает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• изменение позиции во время наблюдения за обстановкой,</li> <li>• приспособление позы для улучшения кровообращения и удобства,</li> <li>• изменение позы для обратного хода,</li> <li>• изменение позы для улучшения работы.</li> </ul>
UA6.	Устройство должно предусматривать физиологические и поведенческие изменения машиниста, связанные с состоянием кабины (температуры, освещения).	Измерения, производимые устройством, не должны зависеть от: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Потоотделения,</li> <li>• Флуктуаций температуры кожи и тела,</li> <li>• Реакции на яркое солнце.</li> </ul>
UA7.	Устройства не должны зависеть от религиозных (чалмы Сингхов) и других головных уборов (твердых кепок).	Устройства, проводящие измерения непосредственно с кожи головы неприемлемы.
UA8.	Устройства должны приспособляться к очкам (корректирующим и солнечным).	Устройства, которые не могут работать, если машинист носит корректирующие или солнечные очки, неприемлемы.
UA9.	Калибровка устройства должна производиться лишь один раз во время рейса.	Если прибор должен калиброваться, калибровка должна годиться на все время смены машиниста.
UA10.	Калибровка по текущему состоянию машиниста должна быть не дольше 5 мин.	Время калибровки более 5 мин. недопустимо.
UA11.	Если прибор требует настройки по текущему состоянию машиниста, эта настройка должна проводиться раз в 5 лет.	Медицинское обследование машинистов проводится раз в 5 лет, и прибор должен к этому приспособляться.
UA12.	Устройство должно выдавать звуковой сигнал для машиниста в кабине.	Устройство, не выдающее звукового сигнала, неприемлемо.
UA13.	Предупреждающий сигнал должен отличаться от других возможных звуков в кабине.	Частота тона звукового сигнала должна быть подобрана к частоте внутрикабинных предупреждающих сигналов. Требования к частотам предупреждающих сигналов.

		лов даны в стандарте GM/RT2161.
UA14.	Предупреждающий сигнал не должен маскироваться другими сигналами и произвольным шумом.	Интенсивность (громкость сигнала) необходимо сравнивать с типичными шумами, присутствующими в кабине. Уровни звукового шума в кабине локомотива приведены в стандарте GM/RT 2160.
UA15.	Устройство должно иметь приспособление, чтобы погасить/ принять предупреждение.	Устройство, не имеющее приспособления для ручного подтверждения /гашения предупредительного сигнала не допустимо.

Табл. 2: Критерии приемлемости устройства для пользователя

Также может быть полезен дисплей, показывающий уровни бдительности-возбуждения, чтобы машинист мог сам периодически проверять собственное состояние, но это не является обязательным требованием.

Выводы, относящиеся к исполнению устройства, также были сделаны во время рабочих заседаний. Эти выводы не рассматриваются как требования для оценки устройств, но они считаются важными для успешного использования. Выводы по исполнению включают:

- Какова эргономика контроля и локализации устройства,
- Как настраивать прибор с использованием ключа машиниста,
- Как предусмотреть ситуацию, когда поезд уже настроен для машиниста в начале смены, и какие средства для калибровки прибора необходимы в этом случае,
- Как разместить прибор рядом с другими устройствами безопасности и другими приборами, с минимальным увеличением нагрузки машиниста,
- Как прибор реагирует на повторные тревоги,
- Какова должна быть конфиденциальность, если машинист снят с линии во время дороги,
- Как использовать прибор скорее для поддержки, чем обвинения машиниста,
- Изменять ли правление и покупку акций акционерами, особенно машинистами,
- Анализ обучения, необходимого для использования прибора и реагирования на его сигналы.

## 4.2 Критерии совместимости с ЖД Великобритании

Ключевые моменты совместимости:



Критерии и тесты совместимости с ЖД Великобритании, приведенные в табл.3, были извлечены из вы-

водов дискуссии и записаны во время рабочих встреч. Эти критерии относятся к удобству каждого рассмотренного прибора бдительности для железнодорожной индустрии Великобритании.

№.	Критерии	Тест
RC1.	Устройство должно иметь приспособления для связи с другими компонентами интерфейса (например, контролером тормозов и АСБ).	Когда прибор установлен, машинист может захотеть, чтобы он принимал во внимание его контрольные действия, сигналы тревоги других устройств, или усложненные действия машиниста. Также, следует предусмотреть возможность связи устройства с тормозами.
RC2.	Прибор должен иметь возможность регистрировать и запоминать физиологические данные.	Прибор, не имеющий регистрации и записи данных неприемлем.
RC3.	Зарегистрированные и сохраненные прибором данные должны быть легко воспроизводимы и интерпретируемы.	Нежелательно, чтобы для интерпретации накопленных данных требовалось обучение.
RC4.	Прибор должен иметь приспособления для связи с РПД.	Это свяжет физиологические данные с контрольными данными поезда.
RC5.	Приборы слежения за глазами должны быть совместимы с поведением машиниста в кабине в связи с внутрикабинной связью.	Приборы слежения за глазами должны быть приспособлены к действиям с опущенной и поднятой головой.
RC6.	Если прибор использует телеметрию для передачи данных, передача данных не должна неблагоприятно сказываться на настоящих и будущих радиопередачах между поездом и линией ЖД.	Частота и мощность, на которых передаются данные, должны сравниваться с настоящими и будущими радиопередачами поезда.
RC7.	Если прибор использует телеметрию для передачи данных, на передачу данных не должны неблагоприятно влиять на настоящие и будущие радиопередачи.	Частота и мощность, на которых передаются данные, должны сравниваться с настоящими и будущими радиопередачами поезда.
RC8.	Прибор должен быть невосприимчив к магнитным (и другим) полям от моторов, электропроводов и электрифицированного третьего провода.	Электромагнитную защиту, предусмотренную в приборе, необходимо сравнивать с полями, существующими в кабине.
RC9.	Прибор должен быть согласован со стандартом GM/RT/2000 - «Инженерные требования для вагонов поезда».	Прибор должен оцениваться в соответствии со стандартом GM/RT/2000.
RC10.	Прибор должен работать как при наличии, так и при отсутствии движения.	Пределы температуры и влажности для работы прибора будут сравниваться с условиями в кабине в условиях работы и простоя (например, ночью во дворе, на боковых путях или в депо).
RC11.	Прибор не должен добавлять температурную нагрузку в кабине.	Будет оцениваться тепло, выделяемое прибором.
RC12.	Прибор должен работать при условиях освещенности дня и ночи.	Работа прибора не должна зависеть от яркого или тусклого освещения.
RC13.	Производитель прибора должен иметь возможность предоставить описание.	Неприемлемо, если описание прибора недоступно.

Табл. 3: Критерии совместимости с ЖД Великобритании

Критерии и тесты конструкции прибора определены и записаны во время рабочих встреч. Эти критерии не являются абсолютными требованиями при рассмотрении приборов, но относятся к удобству каждого рассмотренного прибора бдительности для железнодорожной индустрии Великобритании. Железнодорожные аспекты конструкции:

- Процедуры, относящиеся к выходу поездов из строя из-за неисправностей прибора,

- Готовность для работы и последствия постоянной побудки машиниста прибором,
- Последствия взаимодействия прибора с другими устройствами безопасности, такими как УБВ, экстренное торможение и прочими устройствами, включая контроль климата.
- Последствия для текущего УБВ.
- Требования к вмешательству со стороны устройств поезда (например, использованию тормозов) в случае предупреждения, и уровень вмешательства.
- Общее влияние на здоровье и безопасность, имея в виду радиосвязь и эффекты облучения.
- Требование приспособления нового устройства к имеющемуся расписанию обслуживания подвижного состава.
- Следование правилам одобрения ЖД.
- Контроль прибора, расположение дисплея и конструирование приспособления для адаптации прибора к широкому кругу подвижного состава, нахождение места и получение согласия на установку.
- Требования к установочному месту прибора, монтажу и испытаниям.
- Одобрение технической стандартизации.
- Требование приспособления прибора к текущей практике заступления на смену, включая самооценку машинистом его готовности и дистанционное вступление на смену.
- Право собственности и ответственности за прибор, включая установку прибора, обслуживание, обучение и право им распоряжаться.
- «Проба будущего» устройства в условиях ИТ.

Процесс конструирования прибора обсуждается и представлен в *разделе 7.1*.

### 4.3 Научные критерии

Достаточное количество научных критериев необходимо для того, чтобы убедиться, что проверяемый прибор подходит для выбранной цели. Нужно показать, что прибор замечает, измеряет и регистрирует то, что требуется, причем делает это надежно и последовательно для всех пользователей. Устройство должно также быть достаточно специфичным, чтобы не давать ложных тревог, которые могут уменьшить доверие машиниста к прибору. Кроме того, прибор должен быть достаточно чувствительным, чтобы замечать существенное число физиологических состояний, приводящих к ошибкам (например, потерю внимания или усталость). Следующий список дает ключевые научные области, к которым может относиться этот критерий.

- Общие – относящиеся к публикации исследований о физиологическом измерении и объективности всех исследований,
- Внешняя валидность - относящиеся к измерению, такие как условия эксперимента, испытуемые, статистические данные, включая:
  - Валидность критериев, связанную с результатом экспериментов,
  - Надежность – относится к последовательности экспериментов,
  - Чувствительность – относится к способности измерения последовательно замечать физиологические состояния, приводящие к потенциальным ошибкам в популяции, для которой прибор предназначен.
  - Специфичность – относится к ложным тревогам,
- Общие возможности/экстремальная достоверность, включая:
  - Достоверность для популяции – связана с вариабельностью испытуемых, и применимость результатов к более широкой популяции,
  - Экологическая достоверность – связана с тем, насколько репрезентативно исследование в отношении работы машинистов.

Возможно, необходимо также исследование эффективности сигналов тревоги, подаваемых прибором, в рабочих условиях.

Научная достоверность для этого исследования может быть выявлена при помощи литературы, обнаруженной при информационном поиске. Рекомендуется, чтобы эти сведения, полученные из литературы, были подкреплены формальным экспериментом. *Раздел 7* описывает высокоуровневую постановку эксперимента, требующегося для проверки научной достоверности испытываемого прибора.

В *табл. 4* даны научные критерии, по которым необходимо оценивать устройство бдительности.

No.	Критерий	Тест
-----	----------	------

<b>Внутренняя достоверность</b>		
<b>Общие</b>		
SC1.	Какие измерения выполнения работы использованы для проверки прибора? Соответствует ли работа и измерение ее выполнения работе машиниста?	Работа, описанная в эксперименте, и измерение ее продуктивности должна сравниваться с описанием работы управления поездом, и умением машиниста. Область достоверности работы может быть: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Действительное вождение поезда,</li> <li>• Симуляция вождения поезда на симуляторе,</li> <li>• Симуляция вождения поезда на рабочем столе,</li> <li>• Работы, выполняемые в лаборатории.</li> </ul>
SC2.	Измеряет ли прибор то, что должен измерять? Что еще может он измерять?	Определение того, что должно быть измеряемо по смыслу, в сравнении с тем, что представлено в исследовательских статьях (т.е. метод сбора данных) и как проведена борьба с артефактами измерения. Например, прибор, использующий частоту сердечных сокращений, должен следовать принятым методикам измерения биений в секунду.
SC3.	Прибор измеряет действительно то, что и предполагали производители?	Документация должна определить измеряемый параметр, и дать ясную и обоснованную корреляцию между идеей измерения и действительным измерением. Например, прибор, согласно утверждениям, измеряющий степень возбуждения, должен давать понятные свидетельства об отношении измеряемой переменной (например, ЭЭГ) и переменной, измеряемой согласно утверждению (т.е. возбуждением).
SC4.	Имеет ли физиологический параметр, измеряемый прибором отношение к работе машиниста?	Должны быть представлены данные о том, как измерение коррелирует с падением качества работы.
SC5.	Как измерения прибора согласуются с субъективными оценками?	Прибор должен допускать субъективную оценку качества работы.
SC6.	Использование параметрических тестов (высокой степени).	Должны быть приведены данные о деталях эксперимента (использование статистики и размеры выборки).
<b>Критерии достоверности</b>		
SC7.	Сравнивался ли параметр с другими проверенными параметрами, измеряющими ту же величину?	Возможно, полезно сравнить прибор с измерениями ЭЭГ. Убедительно обосновано, что ЭЭГ позволяет отмечать эпизоды сна, стадии сна и глубокой дремоты. Дополнительно, измерение должно также сравниваться с поведенческими аспектами нарушения работы, такими как закрытие глаз, периоды отвлечения и т.д.
SC8.	Верны ли предсказания тестов? Достоверны ли результаты?	Должны быть представлены статистические данные о работе прибора.
<b>Достоверность</b>		
SC9.	Согласованы ли измерения прибора в серии измерений?	Должны быть получены данные о числе проб во время тестирования прибора.
SC10.	Использовались ли повторные измерения?	Хорошо, если использовано более одного теста для испытания прибора.
<b>Чувствительность</b>		
SC11.	Сколько раз прибор пропустит событие, которое должен замечать (ложное-отрицание)?	Должны быть представлены данные относительно процента пропущенных случаев.
<b>Специфичность</b>		
SC12.	Как часто прибор даст ложную тревогу (ложное-положительное)?	Должны быть представлены данные о проценте ложных тревог.
<b>Обобщение/ внешняя достоверность</b>		

<b>Популяционная достоверность</b>		
SC13.	Измеряются ли одни и те же случаи для всех людей?	Описание количества, группы и типа испытуемых.
SC14.	Как ведут себя результаты для разных испытуемых?	Отметить, все ли испытуемые дают положительные результаты.
SC15.	Как изменяются результаты среди испытуемых?	Отметить, все ли испытуемые дают одинаковые результаты (вариабильность результатов среди испытуемых).
SC16.	Принимается ли во внимание изменчивость популяции?	Отметить наличие выборки испытуемых (дефекты сна, лекарства).
SC17.	Соответствуют ли характеристики выбранной популяции характеристикам машинистов?	Сравнить распределение по полу, возрасту и т.д. испытуемых и машинистов.
<b>Экологическая достоверность</b>		
SC19.	Можно ли обобщить результаты на разные условия вождения поезда? Т.е. соответствуют ли условия и вид работы таковым для машиниста?	Описать окружение в эксперименте и выполнение работы.
SC20.	Какова длительность эксперимента?	Указать продолжительность теста и сравнить с временами вождения.

*Табл. 4: Научные критерии*

Оценки приборов, обнаруженных при поиске технологической информации даны в *разделе 5*.

## 5 Оценка приборов

Цель оценки – выявить те приборы, которые могут рассматриваться как кандидаты для дальнейшего тестирования, испытания и анализа. Требование проекта - идентифицировать продукты, которые достаточно завершены для использования на ЖД. с минимальной модификацией модели. Каждый прибор оценивался согласно критериям практичности, описанным в разделе 4:

- Критерий приемлемости для пользователя (табл. 2),
- Критерий совместимости с ЖД Великобритании (табл. 3),
- Научный критерий для физиологических признаков (табл. 4).

### 5.1 Процесс оценки приборов

Логическая структура оценки приборов по критериям практичности дана на рис.3:

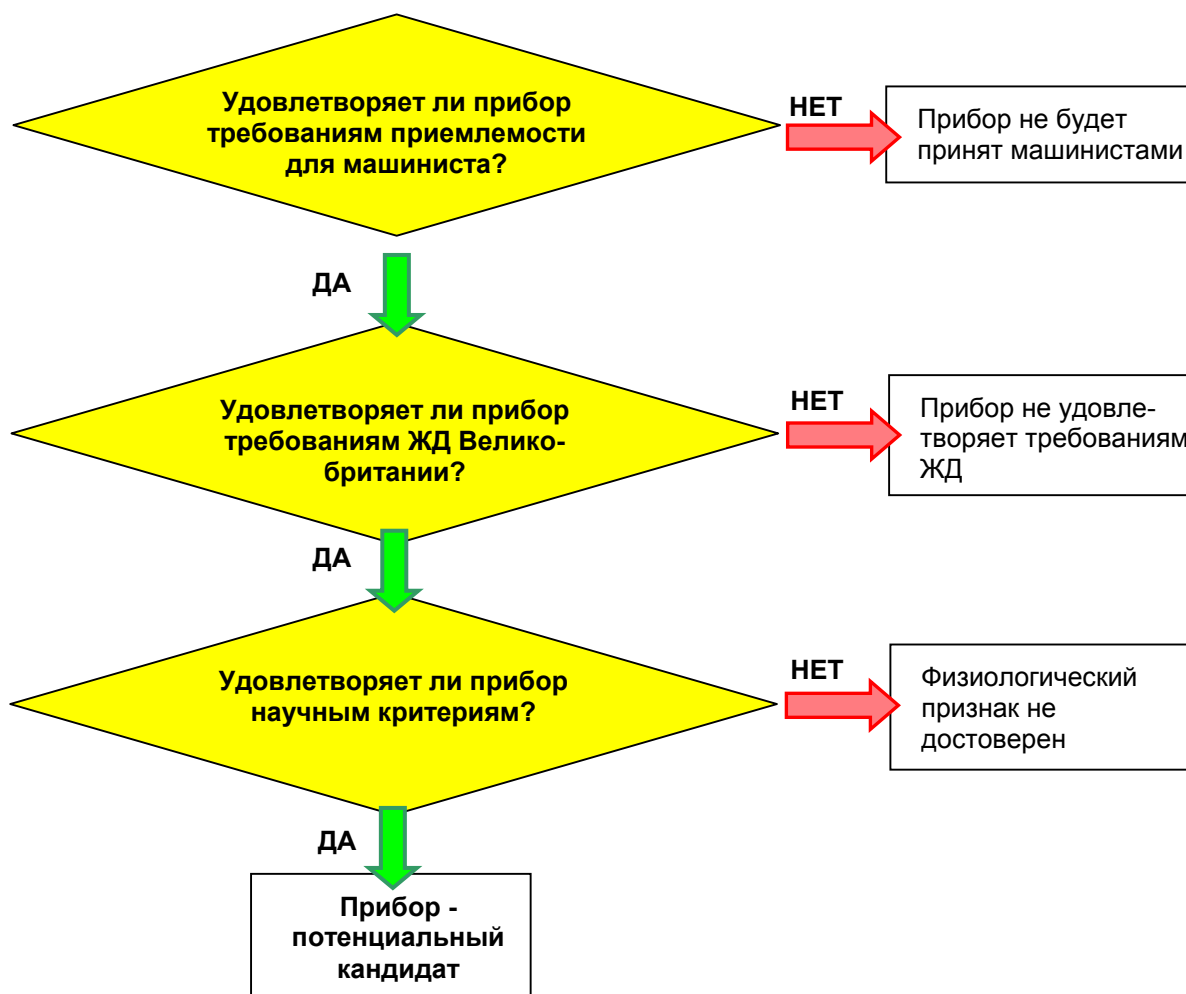


Рис. 3: Логическая структура оценки приборов по критериям практичности

Приемлемость для пользователя – наиболее важный аспект практичности устройства. Важность приемлемости для пользователя была подчеркнута участниками первого симпозиума (ссылка 13). Если прибор неприемлем для пользователя, он будет объектом сопротивления и неправильного пользования.

Данные о приборах, собранные при информационном поиске были оценены согласно всем критериям приемлемости по простейшей схеме да-нет. Пример приведен в табл. 5:

Прибор:	Например, “Камера мониторинга морганий”		
№.	Критерий	Удовлетворяет ли критерию (Да/Нет)	Причина, по которой критерий не выполняется
UA3	Прибор должен работать с солнечными очками, одобренными BS 1865	НЕТ	Камера не может регистрировать сквозь очки.

Табл. 5: Пример оценки прибора

Прибор считался непригодным, если не удовлетворялся какой-либо критерий приемлемости для пользователя или ЖД. Благодаря неполным возможностям оценки научной применимости, сделаны лишь комментарии об относительных достоинствах (в терминах теоретического развития) физиологического измерения, лежащего в основе прибора, и степени и качества исследования, лежащих в их основе.

Причины неодобрения документированы. Выводы о неодобрении могут быть представлены компаниям, связанным с прибором, чтобы они могли предложить методы перепланирования продукта для удовлетворения требований.

Анализы, проведенные для всех категорий критериев, приведены в приложениях C,D,E. Сводка результатов дана в разделах 5.2 (Применимость для пользователя), 5.3 (Одобрение ЖД) и 5.4 (Научные критерии).

## 5.2 Результаты оценки применимости для пользователя

Анализ оценки приведен в *Приложении С*. Результаты суммированы в *табл. 6*:

	Прибор	Компания изготовитель	Причины для неодобрения
Может применяться	Телеметрическая система контроля бодрствования машиниста (ТСКБМ) 3-я версия.	ЗАО «Нейроком»	
	Система обнаружения микронаклонов (MINDStm).	Advanced Safety Concepts, Inc (ASCI)	
Неприменимы	Монитор готовности, следящий за глазами.	Future of Technology and Health	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Устройство не приспособлено к солнцезащитным очкам.</li> </ul>
	Мониторинг дремоты (DMD)	Advanced Brain Monitoring Inc	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Прибор инвазивен, т.к. использует проводящий гель для улучшения контакта пользователя с датчиками.</li> <li>• Прибор необходимо носить на голове машиниста, поэтому он несовместим с головными уборами.</li> </ul>
	Фотосистема готовности	Michael Myronko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Прибор носят на ухе, поэтому неудобно носить очки.</li> </ul>
	Прибор для мониторинга готовности водителей грузовиков.	Australian Coal Association Research Programme (ACARP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Прибор требует дополнительной работы.</li> </ul>
	Система следящая за глазами (ETS-PC)	Applied Science Laboratories	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В настоящее время прибор не дает сигнала тревоги.</li> </ul>
	faceLAB™ 2.0	Seeing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В настоящее время прибор не дает сигнала тревоги.</li> </ul>
	Противодремотный помощник машиниста (VDADA)	BRTRC Technology Research Corporation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Прибор носится на голове, поэтому несовместим с головными уборами.</li> </ul>
	Монитор закрытых глаз (Copilot PERCLOS Monitor)	Driving Research Center	Прибор работает только ночью.

Табл. 6: Сводка результатов оценки приборов.

Оценка показывает, что только два прибора удовлетворяют требованиям приемлемости для пользователя. Телеметрическая система контроля бодрствования машиниста (ТСКБМ) проходит по всем применимым критериям. Критерий отвлечения машиниста оказался незавершенным при испытании прибора. Звуковые характеристики прибора должны быть сопоставлены со стандартами шума в кабине GM/RT2160. Эффективность системы микронаклонов должна быть оценена в связи с головными уборами, и с высотой потолка кабины. Оба эти прибора оценены как пригодные в контексте ЖД Великобритании (Раздел 5.3).

Система слежения за глазами также может в будущем оказаться полезной, однако сейчас в ней нет сигнала опасности.

### 5.3 Результаты оценки в контексте ЖД Великобритании

Система регистрации микронаклонов (СРМ) и телеметрическая система контроля бодрствования машиниста (ТСКБМ) 3-е поколение, были отобраны для оценки по критерию совместимости с ЖД Великобритании.

Анализ оценки по этому критерию дан в *приложении D*.

Оценка показала, что оба прибора могут быть приемлемы, однако требуется дальнейшая информация для оценки по некоторым пунктам. Ключевым моментом для выводов об обоих приборах будет определение их совместимости с электромагнитными полями внутри кабины. Это особенно справедливо для системы микронаклонов. Электромагнитное окружение в кабине может уменьшить надежность системы, т.к. она измеряет изменение электрического заряда на поверхности прибора в связи с движениями головы пользователя.

Телеметрическая система контроля бодрствования машиниста (ТСКБМ), 3-я версия имеет большие потенциальные возможности, т.к. уже используется в сети ЖД России. Возможно, ее легче объединить с имеющимися системами безопасности ЖД, такими, как прибор безопасности машиниста. Прибор достоин оценки по научным критериям.

### 5.4 Результаты оценок по научным критериям.

Научная пригодность приборов в настоящем исследовании оценивалась, используя литературные источники, обнаруженные при информационном поиске. Представитель производителя прибора ТСКБМ предоставил материалы исследований. Ссылки на этот материал:

1.	Оценка временной задержки между ошибкой в работе и ее субъективным восприятием во время дремоты.	Дорохов В.Б., Дементенко В.В., Коренева Л.Г., Марков А.Г., Шахнарович В.М., Захаров П.В. 1998., International Journal of Psychophysiology, 30, 1 -2, p95..
2.	Гипотеза относительно природы электродермальных реакций.	Дементенко В.В., Дорохов В.Б., Коренева Л.Г., Марков А.Г., Шахнарович В.М., Тарасов А.В.. 1998., International Journal of Psychophysiology, 30, 1 -2, p 267.
3.	Возможность использовать ЭДР для оценки изменений бдительности.	Дементенко В.В., Дорохов В.Б., Коренева Л.Г., Марков А.Г., Шахнарович В.М., Захаров П.В. 1998., International Journal of Psychophysiology, 30, 1 -2, p 267.
4.	Особенности электродермальных реакций при изменении бдительности человека.	Дорохов В.Б., Дементенко В.В., Коренева Л.Г., Марков А.Г., Шахнарович В.М., Захаров П.В. 1998., International Journal of Psychophysiology, 30, 1 -2, p 267.

Эти журнальные ссылки, вдобавок к маркетинговым документам, были использованы для оценки научной достоверности. Результаты оценки даны в *приложении E*.

Оценка показала, что исследования возможности использовать электродермальные реакции и применить ЭДР, как метод измерения уровня бдительности всесторонни. Литература, предоставленная изготовителем, утверждает, что в общей сложности исследовано 6500 испытуемых за 20 лет для доказательства технологии. Эксперименты проводились, чтобы определить:

- Методы отделения ЭДР от других компонент электродермальной активности,
- Различия в распределении электрического сопротивления по поверхности руки,
- Возможные индивидуальные, половые и расовые различия электродермальной активности,
- Влияние внешней температуры и движений конечностей на измерение электродермальной активности,
- Соотношение между ЭДР и изменениями бдительности и возбуждения,
- Соотношение между ЭДР и выполнением работы,
- Соотношение между ЭДР и другими измерениями возбуждения (такими как ЭЭГ)

Другие ключевые моменты для оценок:

- Прибор использует специальные алгоритмы для удаления артефактов, таких, как электрическая активность мышц, движения. Это показывает, что измеряется то, что предполагается,
- Исследование показывает, что прибор точно предсказывает переход человека от релаксации к дремоте и сну, и падение бдительности при выполнении работы.
- Прибор сравнивался с общепризнанными физиологическими индикаторами бодрствования, такими как ЭЭГ,

- Обнаруженные ложные тревоги по всей вероятности не отвлекают машинистов от работы.

К сожалению, информация относительно работы прибора на ЖД не была доступна. Опрос машинистов, использующих прибор, поможет установить достоверность работы прибора на железных дорогах.

## 5.5 Выводы из оценки приборов

Прибор *Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста (ТСКБМ)* соответствует всем критериям приемлемости для пользователя, и, скорее всего, является наиболее вероятным кандидатом для выполнения критериев совместимости с ЖД Великобритании. В терминах развития исполнения и реального использования он является значительно более зрелым, чем остальные. Можно ожидать, что система регистрации микронаклонов сможет преодолеть ограничение по электромагнитным полям, так что датчик войдет в приемлемые границы, тогда ее можно будет рассматривать. Влияние головного убора на измерения движений головы также должно быть определено. Система слежения за глазами тоже может оказаться приемлемой, если в нее будет встроен сигнал тревоги.

Оценка научных критериев ТСКБМ показывает, что проведено широкое исследование для доказательства пригодности ЭДР для измерения бдительности. Методом оценки прибора во время будет оценка его на месте, на Российских ЖД, и проведение опроса машинистов. Обзор экспериментальной установки для тестирования и испытания приборов-кандидатов приведен в *разделе 7*.

Отношение стоимости к эффективности для систем мониторинга машиниста оценены в *разделе 6*.

## 6 Анализ соотношения затраты / экономическая эффективность

Цель этого анализа – получить представление о том, даст ли новый прибор бдительности машиниста существенную экономическую эффективность по безопасности (сокращение числа аварий и других опасных происшествий) относительно затрат, требуемых для его создания.

Данные для анализа соотношения затраты - эффективность были собраны во время первого рабочего заседания и в течение встречи между руководством Стандартов Безопасности на ЖД, главным специалистом по влиянию человеческого фактора на безопасность ЖД и Quintec.

Результатом этого заседания был ряд выводов, которые следует принимать во внимание при анализе соотношения затраты - эффективность для новых систем бдительности машиниста. Руководитель установления стандартов представил схему анализа этого соотношения, принятую на ЖД ([ссылка 14](#)).

Также были обсуждены методы анализа этого соотношения.

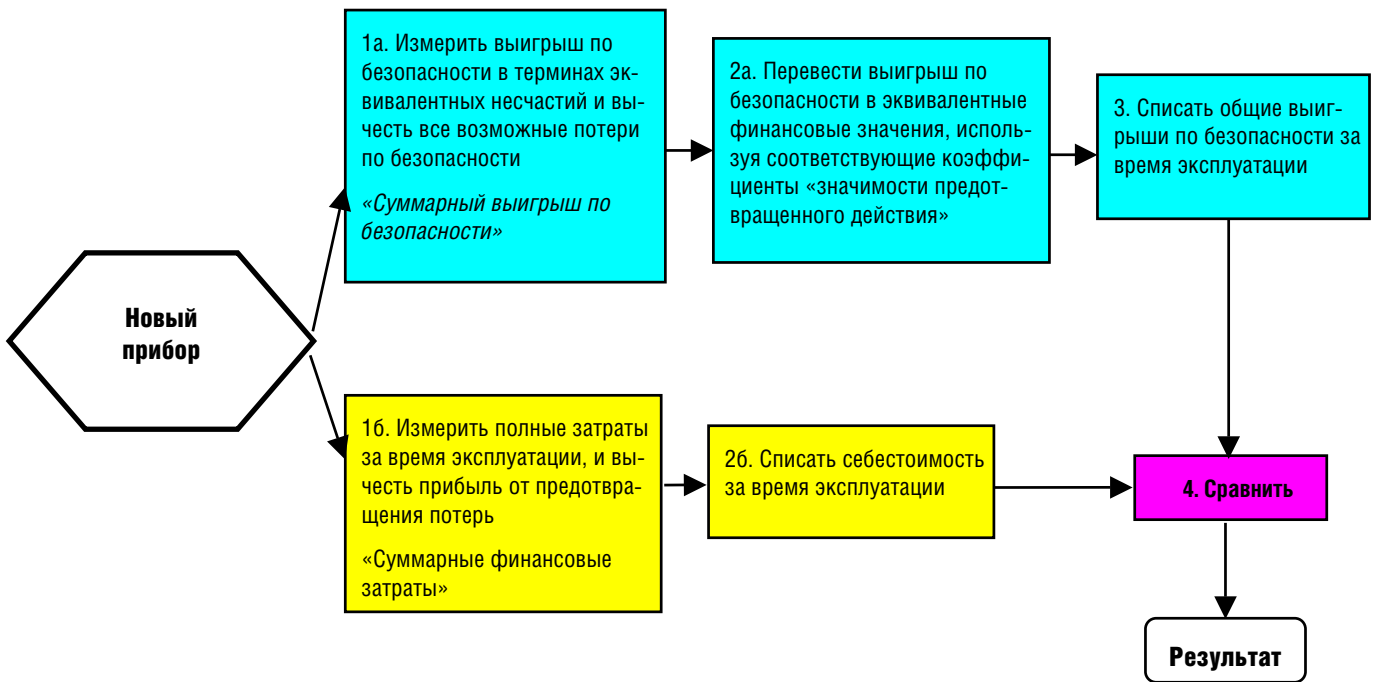


Рис. 4: Процесс анализа соотношения затрат-эффективности в контексте безопасности на ЖД (из приложения 1)

### 6.1 Процесс анализа соотношения затраты / экономическая эффективность

Ключевым для методологии анализа соотношения затраты / экономическая эффективность в контексте безопасности на ЖД за счет предложенных мер является определение и измерение всех затрат и экономии затрат, а затем сравнение этих величин. Практичными в разумных пределах (или эффективными по затратам) считаются случаи, когда общий выигрыш по безопасности больше общих затрат. Рис. 4 представляет процесс оценки соотношения затраты-эффективность для ЖД.

В рамках данного проекта невозможно провести полный анализ соотношения затраты-экономическая эффективность по этому методу. Полный анализ требует многих месяцев, привлечения многих ресурсов и технических экспертов для определения и количественного расчета затрат и экономической эффективности.

Для этого проекта были сделаны качественные оценки. Категории затрат за время эксплуатации были определены во время первого заседания, и даны в [разделе 6.2](#).

Для определения эффективности по безопасности был предпринят обзор Профиля риска на ЖД (2001, [ссылка 15](#)) и проведен анализ происшествий.

## 6.2 Финансовые затраты

В этом разделе дано описание возможных финансовых затрат введения нового устройства бдительности и описание возможных затрат на устройство-кандидат.

Этапы для внедрения и эксплуатации нового устройства бдительности могут быть следующими:

- Подтверждение - когда могут быть получены сертификаты на устройство,
- Поставка - когда приборы приобретены,
- Установка - когда приборы установлены в кабины поездов,
- Использование - когда приборы работают на ЖД и обслуживаются,
- Устранение - когда прибор выводится из употребления и заменяется.

Для внедрения системы-кандидата необходимо провести оценку всех затрат. Выводы о затратах и эффективности были сделаны во время первого собрания и охарактеризованы согласно вышеперечисленным периодам эксплуатации прибора, а также согласно тому, зависят ли эти стадии от прибора или нет:

Финансовые затраты	Описание	Затраты, которые могут повлиять на применимость прибора
<b>Гарантия прибора</b>		
<i>Приборонезависимые</i>		
Научные - человеческие факторы, исследование и одобрение	Научная достоверность прибора должна быть доказана и получено одобрение от соответствующих учреждений.	—
«Концепция использования» и определение наилучших практических процедур	«Концепция использования» включает все аспекты применения, такие, как: способ взаимодействия рассматриваемого прибора с другими приборами безопасности и другими компонентами приборной панели, как машинист реагирует на повторные сигналы тревоги, включение тормозов, помощь, оказываемую прибором и т.д. Все это должно быть оценено для успешного применения прибора.	—
Одобрение ассоциаций пользователей	Возможно, достоинства прибора, придется продемонстрировать организациям КЭЖД для получения одобрения.	—
Одобрение и сертификация ассоциаций средств передвижения (СРТС)	Прибор потребует одобрения СРТС для каждого типа кабины поезда.	—
Техническое одобрение сигналов (принятие дороги)	Для прибора потребуются одобрение каждой дороги, на которой его будут использовать.	—
Законодательное одобрение	Прибор должен быть оценен в соответствии с Правилами Приемки Продукции ЖД	—
Изменения в книге правил и одобрений	Возможно, прибор потребует внесения изменений в Книгу Правил ЖД.	—
<b>Поставка</b>		
<i>Приборозависимые</i>		
Закупка прибора	Стоимость закупки необходимого числа приборов у производителя	Стоимость будет отличаться от прибора к прибору. Разница в стоимости приборов может повлиять на возможность закупок.
<i>Приборонезависимые</i>		
Управление проектом	Включает контракты на поставку приборов	—

	контракты на обслуживание, поставку запчастей, обучение и т.д.	
<b>Установка</b>		
<i>Приборозависимые</i>		
Модификации кабины	Стоимость проектирования и выполнение модификации кабины машиниста для адаптации прибора и согласования с требованиями ПОТС.	Прибор с несколькими независимыми компонентами может потребовать больше модификаций вагонов и кабины, чем прибор с 1-2 компонентами. Размер компонент также может играть роль.
Установка и испытание прибора на поездах	Стоимость установки и испытания прибора в кабине поезда.	Прибор с несколькими компонентами может требовать больше затрат на работу (например, больше проводки, больше болтов - гаек для установки и т.д.).
Обучение обслуживающего персонала и монтажников прибора	Затраты на обучение обслуживающего персонала и монтажников, в том числе затраты на организацию и проведение обучающих курсов. Это должно сравниваться с затратами по обучению работе с установленными приборами.	Прибор, требующий более сложной и длительной установки, или сам по себе сложный в устройстве, может требовать более длительного обучения, или даже привлечения новых специалистов.
Затраты на простой поездов	Стоимость потерянной прибыли из-за простоя поездов для установки нового оборудования.	Прибор, требующий более сложных и длительных работ по установке, может привести к большим потерям из-за простоя в работе.
<i>Приборонезависимые</i>		
Изучение кабины	Для определения места установки прибора потребуется изучение каждой кабины поезда.	—
Обучение (машиниста, монтажников, обслуживающего персонала и руководителей)	Затраты на организацию обучения эксплуатации и управлению новым прибором бдительности, в том числе затраты на организацию и проведение обучающих курсов. Это должно сравниваться с затратами по обучению работе с установленными приборами.	—
<b>В эксплуатации</b>		
<i>Приборозависимые</i>		
Обслуживание	Затраты на обслуживание нового прибора. Это должно сравниваться с затратами на обслуживание существующих приборов.	Прибор, требующий более сложного и длительного обслуживания, может привести к большей стоимости работ.
Простой	Стоимость приобретения запасных деталей и их замены. Стоимость, связанная с их доставкой. Это должно сравниваться с затратами на существующие приборы.	Приборы могут иметь различную частоту сбоев или разную стоимость замены деталей.
«Стоимость вне работы», связанная с обычным обслуживанием	Стоимость потери прибыли из-за простоя поездов для обслуживания оборудования.	Прибор, требующий более сложной и длительной эксплуатации может по-

		требовать более дорогой стоимости эксплуатации.
<i>Приборонезависимые</i>		
Управление и администрирование	Стоимость управления и контроль работы и эксплуатации нового прибора. Это должно быть меньше стоимости управления и контролирования работы и эксплуатации существующих приборов.	—
Переподготовка	Стоимость необходимых переподготовок машинистов.	—
Стоимость имущества, поврежденного при авариях, которых удалось избежать	Стоимость имущества, поврежденного при авариях, которых удалось избежать. Рассчитывается с помощью оценки числа аварий, которых не произошло благодаря новому прибору.	—
Потери, связанные с прерыванием бизнеса из-за аварий, которых удалось избежать	Прерывание бизнеса вследствие аварий. Рассчитывается с помощью оценки числа аварий, которых удалось избежать благодаря новому устройству.	—
Потери третьих лиц, которых удалось избежать из-за аварий.	Потери, которые удалось избежать, связанные с требованиями выплаты за увечья или повреждение собственности. Рассчитывается с помощью оценки числа аварий, которых удалось избежать благодаря новому устройству.	—
Потери, связанные с прерыванием бизнеса из-за аварий, которых удалось избежать (не основные)	Потери, которых удалось избежать из-за потери эффективности, прибыли или затраты из-за не основных происшествий. Рассчитывается с помощью оценки числа происшествий, которых удалось избежать благодаря новому устройству.	—
<b>Прекращение эксплуатации</b>		
<i>Приборонезависимые</i>		
Демонтаж приборов	Стоимость демонтажа прибора из кабины машиниста.	—
Стоимость простоя	Стоимость простоя поезда из-за демонтажа прибора.	—
Ликвидация приборов	Стоимость ликвидации прибора или замены частей прибора согласно законодательству.	—

Табл. 7: Затраты на эксплуатацию прибора

Ожидается, что большинство затрат будет происходить в течение приобретения и утверждения прибора. Возможно удастся возместить некоторые из затрат на обслуживание затратами, необходимыми для обслуживания текущего оборудования. Поскольку ни одно из этих устройств в настоящее время не используется на ЖД Великобритании, и поскольку это устройство рассматривалось бы как устройство безопасности, одобрение и процесс утверждения прибора могут быть длинными и сложными.

Полный анализ соотношения стоимости - эффективности за период эксплуатации прибора предполагает, что прибор будет модифицирован для всего или части подвижного состава. Анализ не предусматривал стоимости интеграции прибора для нового поезда, где стоимость установки и потери за счет простоя составов будет сильно уменьшена. Это может повлиять на общую стоимость затрат на прибор.

### 6.2.1 Характерные финансовые затраты на прибор

Вывод из оценки приборов, представленный в разделе 5.5 - *Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста* будет наиболее вероятным кандидатом для приобретения и возможного использования на ЖД Великобритании. Табл. 8 дает обзор возможных финансовых затрат на прибор:

Финансовые		Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста
<b>Закупка</b>		
<i>Приборозависимые</i>		
Стоимость прибора	Прибор в настоящее время может быть приобретен за €6060 (эквивалентно примерно £3600).	
<b>Установка</b>		
<i>Приборозависимые</i>		
Модификация кабины	Процессорная часть (20x10x50см) и дисплей (20x10x30см) необходимо будет установить в кабине. Процессорная часть должна быть установлена в 2м от машиниста. Меньший по размерам процессор также можно получить от изготовителей.	
Подгонка и тестирование прибора в поездах	Процессор и дисплей необходимо подогнать к кабине и соединить. Прибор должен тестироваться вместе с датчиком (находящимся в часах).	
Обучение обслуживающего персонала и установщиков	Невозможно ничего сказать о потенциальной стоимости.	
Стоимость простоя поездов	Невозможно ничего сказать о потенциальной стоимости.	
<b>Эксплуатация</b>		
<i>Приборозависимые</i>		
Обслуживание	Батарея в часах работает 1000 часов, что примерно соответствует 125 рабочим сменам (принимая длительность смены за 8 часов). Имеется примерно 9700 машинистов, каждому из которых нужны часы. Первый случай сбоя процессора произойдет через 500000 часов, т.е. примерно 5 лет. Неизвестно, каков должен быть уровень превентивного обслуживания.	
Запчасти	Это может зависеть от места производства компонент. Невозможно ничего сказать о потенциальной стоимости.	
«Стоимость вне работы», связанная с обычным обслуживанием	Невозможно ничего сказать о потенциальной стоимости.	

Табл. 8: Обзор финансовых затрат на прибор ТСКБМ

Таблица в *приложении F* дает расшифровку всего подвижного состава, используемого на ЖД Великобритании. Источник этой информации дан в *ссылке 16*. Общее число действующего подвижного состава 5077. Это потенциально дает максимальную закупочную стоимость £36,554,400<sup>1</sup>, полагая, что каждый подвижной состав имеет две кабины<sup>2</sup>. Это не включает других затрат на эксплуатацию.

Могут быть потенциальные трудности с подгонкой большого процессорного блока в кабине машиниста. Это предполагает, что эксперты ЖД Великобритании будут контактировать со специалистами «Нейрокома» о возможности использования более маленького процессорного блока.

### 6.3 Выигрыш по безопасности

На данном этапе проекта, когда новый прибор безопасности только рассматривается, трудно сказать с уверенностью, какое положительное влияние может оказать прибор на поведение машиниста. Поэтому использован приближенный подход к описанию выигрыша по безопасности за счет нового прибора. Исходя из результатов информационного поиска, оценка выигрыша по безопасности предполагает, что прибор всегда предотвращает происшествия, причиной которых является дремота или засыпание машиниста.

Согласно *ссылке 14* выигрыш по безопасности за счет нового прибора находится с помощью вычисления влияния этого прибора на число ожидаемых происшествий за год. Это делается следующим образом:

- Идентифицируются опасные происшествия, на которые влияет прибор, используя список опас-

<sup>1</sup> £36,554,400 = Количество кабин x стоимость прибора = 10154 x £3600.

<sup>2</sup> Следует заметить, что новые приборы модифицируются для старого подвижного состава. DRA может быть хорошим примером.

ных происшествий в Бюллетене Профиля Риска, и опасные предшественники (причины) происшествий,

- Оценивается текущий уровень риска, связанный с соответствующими опасными происшествиями и предшественниками происшествий,
- Оценивается эффект измерения на частоту и последствия каждой опасности и ее предшественника и эффекты переводятся в эквивалентные несчастья (э.н.).

Был проведен обзор Бюллетеня Профиля Риска (*ссылка 15*) для идентификации ключевых опасных происшествий, на которые может влиять введение монитора бодрствования машиниста. Одна из основных задач Бюллетеня Профиля Риска следующая:

«Дать возможность выполнить оценку (такую низкую, как только реально возможно) и исследовать соотношение эффективность-стоимость (i), для того чтобы оказать помощь в процессе принятия решения о достоинствах технических изменений или модификаций и новой инфраструктуре инвестиций и (ii) содействовать развитию обоснования безопасности для предложенных изменений в Стандартах Железнодорожной Группы».

### 6.3.1 Оценка порядка величины затрат

Возможно оценка порядка величины затрат, и оценка выигрыша по безопасности за счет нового прибора безопасности (*Ссылка 14*) дает финансовый выигрыш от предотвращения происшествий. Для определения числа происшествий, которые должен предотвратить прибор, чтобы быть эффективным, затраты за время эксплуатации прибора делятся на Цену Предупрежденного Происшествия (ЦПП). ЦПП определена в Проекте Группы Безопасности на ЖД и дана как £3.46 миллионов (для мер, работающих против происшествий со многими жертвами или мер, уменьшающих риск уязвимой группы, индивидуальный риск в которой близок к верхней границе допустимого).

Таблица 9 представляет расчет порядка величины затрат. Стоимость эксплуатации является исключительно гипотетической, чтобы оценить выигрыш по безопасности для каждого порядка величины. Эти затраты, полученные при анализе стоимости эксплуатации на кабину для каждого типа финансовых затрат, приведены в таблице 8 (т.е.покупка, установка, стоимость простоя).

Предполагаемая стоимость эксплуатации (на кабину)	Требуемое снижение риска для эффективности затрат на прибор (эквивалентные несчастья для одного прибора для одной кабины)	Требуемое снижение риска для эффективности затрат на прибор (эквивалентные несчастья за время эксплуатации прибора)
£10 000	$10,000/3,460,000 = 2 \times 10^{-3}$ э.н.	20
£20 000	$20,000/3,460,000 = 6 \times 10^{-3}$ э.н.	61
£50 000	$50,000/3,460,000 = 1.5 \times 10^{-2}$ э.н.	152
£100 000	$100,000/3,460,000 = 3 \times 10^{-2}$ э.н.	305

Табл. 9: Оценки порядка величины затрат

10 154 кабины были приняты в расчет эквивалентных опасностей за время эксплуатации прибора (считая, что каждый подвижной состав содержит две кабины). Число эквивалентных опасностей, которые надо предотвратить, возрастает при увеличении стоимости за время эксплуатации в расчете на кабину.

### 6.3.2 Анализ выигрыша по безопасности

Ключевые опасные происшествия в терминах процентного вклада в общий риск безопасности, на которые потенциально может влиять новый прибор бдительности (из *ссылки 15*):

- ОПП 1 столкновение двух пассажирских поездов (не на остановке),
- ОПП 2 Столкновение пассажирского поезда с грузовым,
- ОПП 12 Сход с рельс пассажирского поезда,
- ОПП 13 Сход с рельс грузового поезда.

Где ОПП – это опасные происшествия, связанные с поездами.

Эти четыре опасных происшествия составляют немного более 10% от общего риска для пассажиров и персонала (примерно 5% для ОПП1 и ОПП2, и примерно 5% для ОПП 12 и ОПП 13).

Следует отметить, что издание Бюллетеня Профиля Риска, использованное для этого исследования не включает введения СЗПП (Система защиты и предупреждения в поезде).

Причины происшествия для категорий ОПП 1 и ОПП 2:

- Машинист не может узнать тип сигнала,
- Машинист не реагирует на предупреждающий сигнал,
- Машинист не локализует сигнал,
- Машинист неправильно оценивает окружающие условия,
- Машинист неправильно оценивает поведение поезда,
- Увиден неправильный сигнал,
- Увиден правильный сигнал, но его тип определен неверно,
- Неправильно истолкован предыдущий сигнал.

Модель позволяет предсказать, как часто (происшествия на милю проезда на поезде) эти причины приводят к крушению и каков их вклад в последствия этих происшествий. Из всех категорий, новый прибор наиболее вероятно снизит ошибку в определении типа сигнала и неспособность машиниста заметить сигнал - предшественники, приписываемые дремоте машиниста или другим потерям готовности. Следует отметить, что эти две категории в сумме дают почти 40% общего числа происшествий с пассажирскими поездами.

Однако, эти цифры измерены от уровня происшествий, связанных с ДВС (действия вопреки сигналу), и охватывают 17% общего риска. Таблица 10 дает процент риска, вносимый этими категориями причин и потенциальный процент риска, исправляющегося прибором.

Категории, предвещающие опасности типа ОПП 12 и ОПП 13 включают:

- Пропуск сигнала опасности, приводящий к схождению поезда с рельс,
- Наезд на предметы, поставленные на рельсы, что приводит к схождению поезда с рельс,
- Наезд на поваленные деревья, со схождением поезда с рельс,
- Превышение скорости, приводящие к схождению поезда с рельс,
- Ошибки стрелочника, приводящие к схождению с рельс,
- Серьезные неполадки тормозов, приводящие к схождению с рельс.

Сойти с рельс может как пассажирский, так и товарный поезд.

Для всех этих категорий, прибор наиболее вероятно снизит «превышение скорости, приводящее к схождению с рельс», и «пропущен сигнал опасности, что приводит к схождению с рельс». Причины превышения скорости должны быть определены до вывода о возможных выигрышах по безопасности. Однако, возможной причиной превышения скорости, может быть потеря бдительности машинистом. Таблица 10 дает процент риска, вносимый каждым из предшественников и потенциальный риск, сниженный прибором.

ОПП	Категории предшественников опасности	% вклада предшественника риск (в общий риск ОПП)	% риска, который может быть уменьшен с помощью прибора (внутри категории)	% ОПП к общему риску безопасности на ЖД	% общего риска безопасности, который может быть уменьшен прибором
1 и 2	Ошибка в определении типа сигнала	35.0%	18.0%	5.0%	0.9
1 и 2	Неспособность машиниста локализовать сигналы	5.0%	5.0%	5.0%	0.25
12	Превышение скорости, приводящее к схождению с рельс	1.3%	1.3%	3.2%	0.04
12	Проезд сигнала опасности, приводящий к схождению с рельс	10.5%	2.4% <sup>3</sup>	3.2%	0.08

<sup>3</sup> 2.4% = (18% + 5%) x 10.5% (Объединенный процент вклада риска аварий по категориям, который может быть уменьшен прибором (данные в ОПП 1 and 2) x вклад риска «Проезд сигнала опасности, что приводит к схождению с рельс» для ОПП 12)

13	Превышение скорости, приводящее к схождению с рельс	2.65%	2.7%	2.1%	0.06
13	Проезд сигнала опасности, что приводит к схождению с рельс	6.65%	1.5% <sup>4</sup>	2.1%	0.03
<b>Суммарный потенциальный риск, уменьшенный прибором (% общего риска безопасности) =</b>					<b>1.36%</b>

Табл. 10: Вклад опасных предшественников в фактор риска и исключенный потенциальный риск

Цифра общего потенциального риска, исключенного новым прибором безопасности, дана в табл. 10. Это - оценка, основанная на данных Бюллетеня Профиля Риска. Используя прогнозируемое число эквивалентных опасностей в год согласно Бюллетеню, эта цифра соответствует двум эквивалентным опасностям в год. За период времени эксплуатации, оцененного как 25 лет, это соответствует 47 опасностям.

Если рассматривать опасные предшественники происшествий, то видно, что предшественники происшествий, связанные с человеческим фактором в этих категориях, не дают достаточных данных для оценки безопасности. Может оказаться затруднительным оценить риск, связанный с понижением бдительности машиниста, основываясь на настоящей модели опасных происшествий (ссылка 15) без дальнейшего анализа причин отдельных происшествий. Для оценки возможной эффективности нового прибора бдительности может потребоваться дальнейшее изучение числа происшествий, которые могут быть отнесены к понижению бдительности.

Ежемесячный доклад Железнодорожной Безопасности по происшествиям (ссылка 17) дает цифры по происшествиям в соответствии с категорией непосредственной причины происшествия. Из описания категорий (и данных взятых из ссылки 15), Таблица 11 дает число непосредственных причин по категориям «Машинист не смог определить характер сигнала» и «Машинист не смог отреагировать на предупреждающий сигнал»:

Непосредственные причины	Процент						
	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03
Ошибка в определении типа сигнала	28%	27%	24%	30%	22%	27%	17%
Ошибка в локализации сигнала	12%	8%	12%	5%	15%	13%	8%
Общие (сгруппированные процентно)	40%	35%	36%	35%	37%	40%	25%
Еще не категоризированы	0%	6%	3%	1%	1%	9%	58%

Табл. 11: Непосредственные причины случаев серьезных авария для категорий с 3 по 8

«Машинист не смог оценить характер сигнала» и «машинист не смог отреагировать на предупреждающий сигнал» обычно дают вклад в более чем треть всех аварий категорий от 3 до 8. В отчете допускается, что нельзя сделать определенных выводов об эффективности новых приборов в предотвращении или уменьшении числа подобных происшествий. Однако, дальнейшее изучение причин происшествий, отнесенных к этим категориям, может дать дальнейшие сведения о применимости нового прибора бдительности.

### 6.3.3 Изучение причин происшествий

Для оценки того, как новый прибор бдительности мог бы предотвратить предыдущие происшествия или минимизировать их эффект, было проведено изучение происшествий.

Quintec получил 9 отчетов о повреждениях от Безопасности ЖД Великобритании. Отчеты представляют разные случаи аварий. Ссылки на изученные случаи даны в табл. 12.

<sup>4</sup> 1.5% = (18% + 5%) x 6.65% (Объединенный процент вклада риска аварий по категориям, который может быть уменьшен прибором (данные в ОПП 1 and 2) x вклад риска «Проезд сигнала опасности, что приводит к схождению с рельс» для ОПП 13)

Отчет	Дата
01/RSR/094	Ноябрь 2001
2001/RGW/083	Октябрь 2001
00/RSR/035	Июнь 2001
01/RSR/052	Июнь 2001
01/RMI/301	Август 2001
2001/RGW/060	Июнь 2001
2001/RGW/052	Июнь 2001
2001/RGW/091	Октябрь 2001
01/RSR/115	Декабрь 2001

Табл. 12: Ссылки на исследование случаев аварий.

Каждый отчет был рассмотрен и определены выводы. Они представлены в *приложении G*. Следует отметить, что такие детали, как имена машинистов, номера сигналов и другая идентификационная информация удалена, чтобы сохранить конфиденциальность докладов, не предназначенных для публикации. Каждая заключительная часть описывала причины происшествий, согласно одной из следующих категорий:

- Внутренняя
- Базовая
- Лежащая в основе
- Прямая
- Дающая вклад
- Непосредственная

Они были рассмотрены для поиска причин, являющихся причиной происшествий, таких как усталость машиниста. Из 9 рассмотренных случаев один (случай 3) мог быть приписан тому, что машинист не обратил внимания на предупреждающий сигнал и сигнал опасности из-за дремоты. Поезд, однако, не был снабжен современным прибором бдительности, что делает затруднительной оценку потенциального выигрыша от применения нового прибора.

Изучение отдельных происшествий – эффективный и сравнительно простой метод изучения эффективности новой технологии, например, нового прибора бдительности машиниста. К сожалению, невозможно сделать определенные выводы из рассмотрения имеющихся отчетов. Однако, если причины аварий, указанные в отчетах, оценены для изучаемых случаев, возможно, выигрыш по безопасности менее вероятен, чем предложенный в *разделе 6.3.2*.

## 6.4 Выводы из анализа соотношения стоимость-эффективность

В рамках настоящего отчета невозможно провести полный анализ соотношения стоимость-эффективность новых приборов, однако все финансовые затраты за время эксплуатации прибора описаны для каждой стадии эксплуатации прибора. Ожидается, что большинство затрат будет сделано на стадиях поставки и гарантии. Общая эффективность затрат может зависеть от того, будет ли прибор приспособлен к текущему подвижному составу, или он будет ставиться только на новые локомотивы. Экономическая эффективность может зависеть от типа линии и ее назначения (товарный, высокоскоростной, пригородный) Следует отдельно рассматривать стоимость и эффективность в зависимости от этих факторов.

Ожидается, что эффективность по безопасности от системы защиты и предупреждения в поезде (СЗПП) уменьшит серьезность последствий случаев аварий, уменьшая число аварий в результате перекрытия сигналов. Это может уменьшить потенциальную экономическую эффективность от применения нового прибора мониторинга. Типы происшествий, которые потенциально могут быть предотвращены введением прибора, нужно еще раз исследовать для выявления экономической эффективности, которая должна превышать эффективность от СЗПП. Для полной идентификации потенциального выигрыша по безопасности, даваемого новым прибором необходимо более подробное исследование предшественников происшествий, связанных с человеческим фактором, или рассмотрение большего числа отчетов о ПсПО (Пропущенные сигналы при опасности).

## 7 Характеристики организации эксперимента

Цель настоящего раздела – представить «высокоуровневый план» реализации прибора, включающий:

- Проверка выводов пользователя
- Проверка подгонки прибора в кабине
- Проверка законности использования прибора
- Проверка выводов об ЭМТ

Кроме того, в этом разделе обсуждаются требования к экспериментальной установке, которая может потребоваться для доказательства научной базы прибора:

- Желаемые результаты тестов, включая принятие промышленностью
- Требуемый уровень точности тестов
- Тесты, необходимые для экспериментов
- Проверочные измерения и их критерии
- Группы и число участников экспериментов
- Практические аспекты экспериментов
- Этические соображения

Высокоуровневый план осуществления и требуемые характеристики организации эксперимента были обсуждены и разработаны во время работы групп, созданных Советом Безопасности ЖД. Были приглашены специалисты по ЭМТ, сигналам, подвижному составу, эксплуатационники, менеджеры, специалисты по человеческому фактору из Совета Безопасности.

### 7.1 Многоуровневый план осуществления

Цели развития такого плана:

- Определить уровни, на которых требуется одобрение прибора
- Определить тесты и предварительные условия, необходимые для одобрения прибора
- Определить методы, требуемые для получения одобрения

Процесс одобрения и внедрения прибора был разработан во время работы рабочих групп и представлен на Рис. 5.

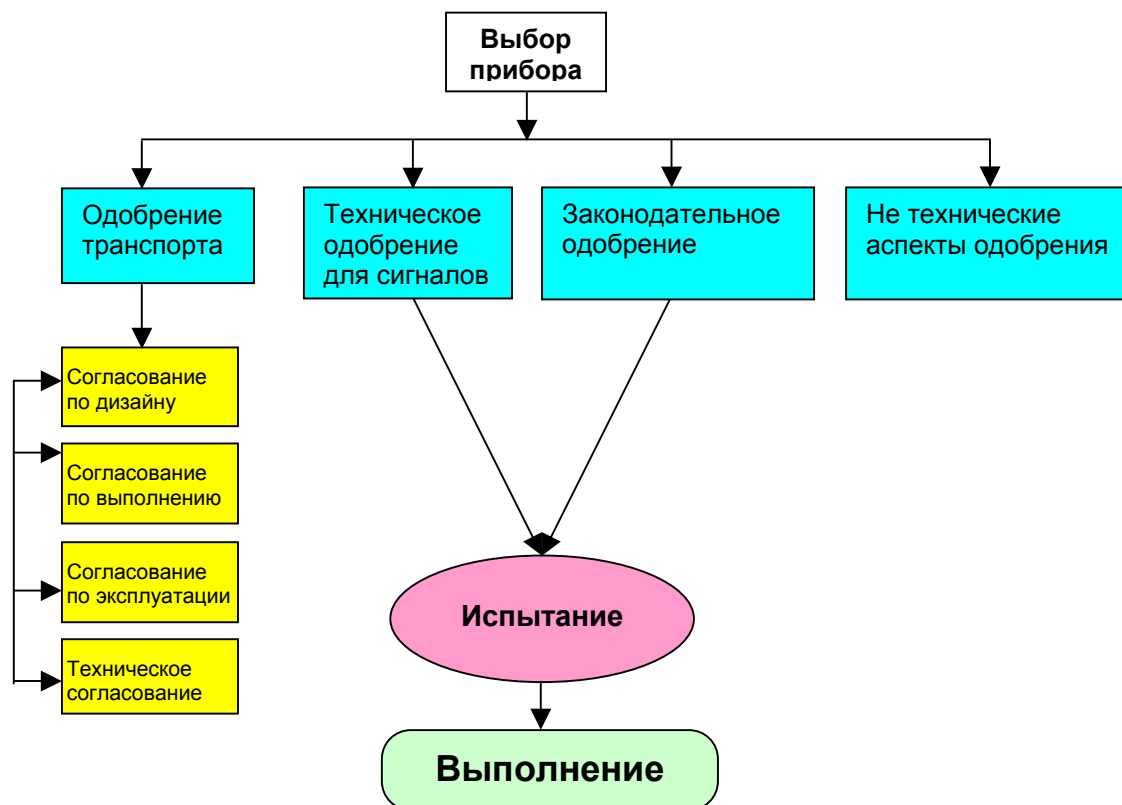


Рис. 5: Возможный процесс одобрения для прибора

Когда прибор выбран, имеется несколько уровней одобрения, которые нужно получить, прежде чем при-

бор может быть принят для использования на железной дороге. Эти уровни типичны для любого прибора безопасности. По окончании процессов одобрения необходимо опробовать прибор на части сети ЖД. Все уровни одобрения могут проводиться параллельно.

### **7.1.1 Одобрение средств транспорта**

Процесс одобрения средств транспорта можно проводить с помощью 1 из 6 или 7 Советов транспортных средств, одобренных Железнодорожной Безопасностью. Советы должны удостовериться, что прибор, установленный в поезде, удовлетворяет стандартам групп железных дорог.

Для стандартов ЭМП и шума, одобрение должно быть получено для всех типов подвижного состава и в принципе для каждой кабины машиниста. Это связано с различным шумовым и электрическим фоном ЭМП. Уровни шума должны быть продемонстрированы в реальной работе, что может потребовать проверки и измерения оборудования на тестовом пути. Неправильное использование прибора также потребует тщательного обследования и тестирования.

Ступени одобрения средств транспорта (рис. 5):

- Согласование конструкции
- Согласование внешнего вида
- Согласование обслуживания
- Техническое одобрение

Согласование конструкции – процесс, с помощью которого оценивается соответствие конструкции прибора необходимым стандартам конструирования. Убеждаются также в правильной установке прибора. Установка прибора в локомотиве, расположение средств контроля и дисплея, а также звуковые и световые сигналы сравниваются со стандартами. Кроме того, оценивается взаимодействие прибора с оборудованием и системами локомотива. Это может быть метод коммуникаций, использованный для компонентов прибора, частоты и длины волн, соответствие электромагнитных полей. Первым делом, в согласовании конструкции необходимо определить, существуют ли стандарты для приборов бдительности машинистов и выполнены ли они.

Согласование внешнего вида – процесс, в котором проверяется оборудование до и во время установки прибора. Нужно убедиться, что изменения в локомотиве проведены в соответствии с проектом, что безопасность не пострадала, и что сохранены требуемые стандарты.

Согласование обслуживания – процесс, в котором устанавливаются требования по обслуживанию. Оно подразумевает, что плановые периоды проверок, обслуживания и ремонта правильно установлены, что обслуживание не мешает другим системам, что оборудование может обслуживаться, все оборудование работает.

Техническое одобрение - последняя стадия процесса одобрения средств транспорта. Независимый инженер рассматривает конструкцию, внешний вид и обслуживание оборудования и дает свидетельство о приемке.

### **7.1.2 Техническое одобрение сигналов**

Для оборудования нужно одобрение дороги. За процесс одобрения каждой дорогой ответственен начальник железной дороги. Одобрение дороги так же необходимо, как одобрение средств транспорта, так как оборудование линии может быть различным для разных дорог.

Основным в одобрении дороги является положение, что прибор не генерирует ложных сигналов. Прибор бдительности машиниста может не представлять большой проблемы, т.к. прибор не имеет прямого физического контакта с линией. Сигнальное оборудование имеет электрическую компоненту в рельсах. Распространение радиосигналов от оборудования также необходимо принимать во внимание, особенно если прибор использует телеметрию для передачи от датчика к процессорной единице. Bluetooth технология может быть применима для приборов, которые требуют передачи данных, т.к. используемая частота и мощность сигналов вряд ли может помешать сигнальному оборудованию.

### **7.1.3 Законодательное одобрение**

Новые или измененные места работы могут требовать одобрения с точки зрения правил 19994 г. Железных дорог и других транспортных систем (одобрение рабочих мест, позиций и оборудования 1994). Это одобрение дается Его величества инспектором здоровья ЖД и исполнителем по безопасности. Этот инспектор имеет полномочия для рассмотрения, инспекции и (если все соответствует) одобрения предложений по новому или измененному железнодорожному оборудованию. Одобрение требуется для всего нового транспорта или подвижного состава, возобновления транспорта или подвижного состава, и их

изменения, если какое либо из этих действий может повлиять на безопасность. Публикация инспекции «Руководства для одобрения железнодорожных рабочих мест, позиций и оборудования» обеспечивает информацией о том, как следовать требованиям железных дорог. Заявка на одобрение должна быть подана в инспекцию до использования нового оборудования.

### 7.1.4 Не технические стороны одобрения

Не технические стороны одобрения включают научное доказательство, обучение, работу, управление и правила.

На заседаниях было установлено, что в текущей Книге Правил не описано использование прибора бдительности машиниста, а содержатся только инструкции, как поступать с неработающими приборами. Если будет введен новый прибор бдительности, каждая компания, работающая с поездами, должна будет создать свою практику работы и свои инструкции машинистам. Тогда это станет частью конфигурации прибора бдительности, например, пороговые уровни, используемые индикаторы, и как машинист должен реагировать на полученную информацию или сигналы опасности.

Совет по Безопасности на железной дороге сначала задает, каким должен быть новый прибор бдительности. Он должен дать указание о пороге бдительности, типе используемых измерений, а также обстоятельства и процедуры для снятия машиниста с линии. Затем компании, эксплуатирующие поезда, будут иметь возможность выбрать наиболее подходящий прибор, процедуры и правила для своих условий работы. Было установлено, что в Книге Правил необходим параграф о новом приборе бдительности и для книги медицинских правил необходимо несколько параграфов о бдительности, мониторинге бдительности и эффекте уменьшения бдительности.

Введение руководства по мониторингу бдительности означает, что Железнодорожная Безопасность должна будет дать свидетельства о том, каковы приемлемые уровни бдительности или возбуждения. Это относится к каждому измерению бдительности или возбуждения, которое рекомендует Железнодорожная безопасность.

Были обсуждены последствия введения регистратора параметров движения поезда (РПД). Было установлено, что потребуются больше времени одобрения прибора бдительности, если это будет связано с регистрацией параметров движения поезда. Во-первых, РПД потребует модификации, что будет означать модификацию стандартов. Потребуется также дальнейшая работа для изучения использования данных прибора бдительности машиниста на РПД, выигрыша по безопасности и по выполнению работы. Запись данных может затруднить получение одобрения от пользователей.

Для эффективной работы прибора может потребоваться изменение в культуре промышленности.

### 7.1.5 Испытание прибора

Были также обсуждены степени одобрения, необходимые для испытания прибора на железной дороге. Потребуется ограниченный период временного несогласия. Компания, работающая с поездами, должна будет испросить согласие на это. В зависимости от окружения испытаний, потребуется согласие на риск. Если испытания будут проводиться на действующей линии, потребуется HAZOP и согласие на риск. GART 6001 (Railway Group Standards Change Procedures) и 6004 (Temporary Non-compliance with Railway Group Standards) описывает процесс частичного изменения закона и временный процесс несогласия. Испытания на экспериментальной линии может не требовать такого одобрения.

## 7.2 Организация эксперимента

Процесс тестирования и легализации прибора обсуждался на рабочих совещаниях. Прибор должен испытываться в три стадии:

- Лабораторные испытания
- Испытания на симуляторе
- Испытания на экспериментальной линии

При тестировании и легализации прибора необходимо рассмотреть следующие характеристики организации эксперимента (Рис. 6):

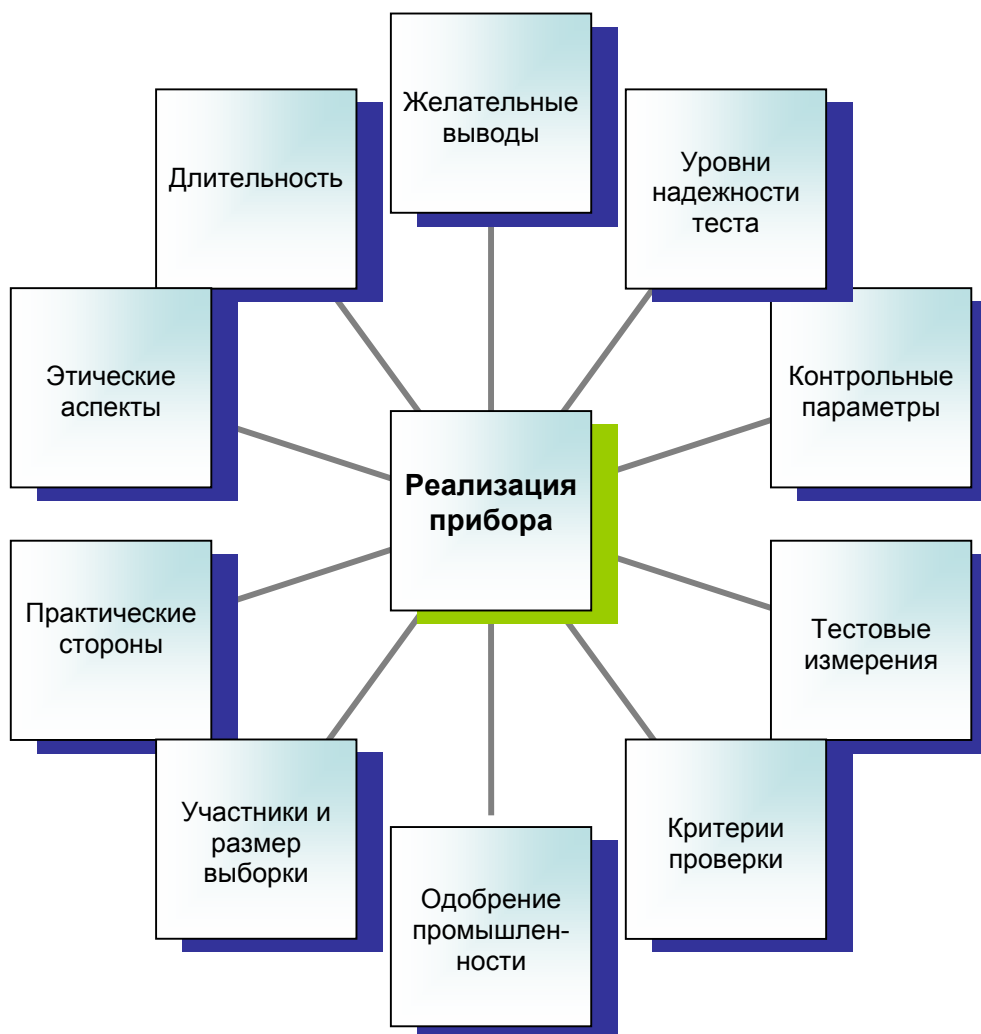


Рис. 6: Характеристики процесса тестирования

#### Критерии испытаний:

- Желаемые выводы – это требуемые результаты на всех стадиях проверки, нужные для уверенности, что прибор пригоден для использования на ЖД.
- Уровень точности – уровень сложности и реализма, заложенный в эксперимент и испытания или обучающие упражнения. Этот уровень идет, последовательно усложняясь, от бумажных описаний, программ на ПК, части задания на симуляторе, полном симуляторе, вплоть до «натурных испытаний».
- Контролируемые величины - характеристики эксперимента или проверки, которые вы хотите оставлять постоянными в процессе эксперимента или изменить. В этом контексте, дорога, подвижной состав, окружение, машинисты, прибор бдительности, вероятно, могут рассматриваться как контролируемые.
- Тестовые измерения – характеристики эксперимента или проверки, которые желательно измерять, чтобы определить эффективность работы. В этом контексте, сигналы тревоги прибора, ПСПО происшествия, «ложные тревоги» могут рассматриваться как измеряемые величины.
- Критерии проверки – критерии, которым должен удовлетворять прибор в процессе проверки, показывающие, что прибор дает нужные эффекты.
- Приемлемость для индустрии – это выводы, которые будут признаны промышленностью.
- Участники испытания – тип и число участников, требующихся для успешной проверки. Участники могут выбираться по возрасту, полу, опытности, компании или уровню обучения.
- Практические стороны – это включает оплату (оборудования, времени экспериментаторов и участников), отчетность и организацию экспериментов.
- Этические стороны – обеспечение здоровья и безопасности участников и экспериментаторов во время экспериментов.
- Длительность – относится к продолжительности отдельных тестов и всего исследования. Например, время смены машиниста можно рассматривать как длительность эксперимента.

- План экспериментов – включает выбор контрольных параметров, измерений, уровней надежности и испытуемых, выбор статистики для обработки, распределение тестов между участниками экспериментов.

Следующие разделы описывают стадии испытаний и тестирования для научного обоснования прибора.

### **7.2.1 Лабораторные испытания**

Лабораторные тесты необходимо проводить для обоснования надежности и повторяемости прибора, и чтобы убедиться в том, что прибор измеряет то, что предполагается. Это будет независимой оценкой прибора. Необходимо будет работать с машинистами и использовать стандартные лабораторные тесты бдительности. Для лабораторных тестов не требуется высокой уровень точности.

### **7.2.2 Тесты на симуляторе**

Для достижения достоверности прибора в контексте вождения поезда симуляторные тесты должны использовать очень точный симулятор поезда. Могут быть опробованы разные типы подвижного состава, дорог, внешних условий. Для проведения тестов, должны быть использованы машинисты. Должна быть выдержана длительность работы машиниста в смене, чтобы наилучшим образом симулировать возможное падение производительности со временем. Случаи плохих дорог и разного подвижного состава могут быть определены и воспроизведены на симуляторе, например, дороги, считающиеся проблематичными в отношении сохранения машинистом бдительности.

### **7.2.3 Проверки на экспериментальных трассах**

Может потребоваться проверка прибора на экспериментальных трассах для придания уверенности компаниям, эксплуатирующим поезда, и пользователям, что прибор работает в поезде. Имеются доступные кольцевые трассы в Чехословакии.

### **7.2.4 Другие выводы из постановки экспериментов**

Во время исследований на симуляторе может потребоваться сравнение эффективности нового прибора с имеющимся прибором бдительности. Эта деятельность может потребоваться для рассмотрения соотношения стоимости и экономической эффективности.

Во время рабочих совещаний было предложено, чтобы любой новый прибор оценивался относительно принятого и надежного метода измерения бдительности. Одним из таких измерений может быть регистрация ЭЭГ активности мозга, т.к. это общепринятый индикатор возбуждения. Кроме того, было предложено пороги бодрствования исследовать дополнительно, чтобы они подходили для работы машиниста. Проверка прибора на симуляторе может позволить определить подходящие пороги бодрствования.

Представители железнодорожной безопасности в настоящее время изучают возможность применения симулятора поезда в обеспечении проведения экспериментов, тестов и проверок. Такой симулятор будет идеальным для тестирования нового прибора бдительности.

## 8 Итоги исследования

Целью настоящего раздела является заключение и окончательные рекомендации на основе проведенного исследования и анализа.

### 8.1 Заключение

Исследование выявило тринадцать приборов, которые в принципе могут быть использованы для мониторинга готовности машиниста отвечать на сигналы и путевую информацию. Из них, десять оценивались по критериям применимости, выработанным во время рабочих заседаний. Все эти приборы измеряли возбуждение машиниста, или физическое или поведенческое проявление низкого уровня возбуждения. Ни один из приборов не может рассматриваться как пригодный для выявления распределения внимания или отвлечения. Три прибора пригодны для машиниста в условиях инфраструктуры ЖД Великобритании.

Один прибор, ТСКБМ, может считаться зрелым в плане конструкторского исполнения и практического применения, и может быть рекомендован в качестве кандидата для использования на железных дорогах. Прибор регистрации микронаклонов и ETS-PC Eye система также можно рассматривать как приемлемый, при условии разрешения проблемы электромагнитных полей (микронаклоны) и модификации исполнения (ETS-PC). Однако, ни один из двух последних приборов не используется в настоящее время на железных дорогах.

Попытка определить финансовые затраты для ввода нового прибора привела к выводу, что большинство затрат относится к этапу утверждения прибора и его поставке. Оценка порядка величины затрат показала, что число эквивалентных несчастий, которые должен предотвратить прибор, увеличивается с увеличением полной стоимости прибора за период эксплуатации. Сравнение оценок эффективности по безопасности (раздел 6.3.2), с действующими приборами показало, что полная стоимость прибора за время эксплуатации должна быть меньше чем £20 000 (на прибор на кабину) чтобы прибор был эффективен по стоимости. Анализ выигрыша по безопасности показал, что данные, приведенные в бюллетене железнодорожного риска недостаточны (в терминах деталей) для того чтобы этот выигрыш можно было точно рассчитать. Кроме того, ограничения проекта не позволяют провести точный анализ соотношения стоимость - экономическая эффективность. Изучение девяти случаев ПСпО отчетов (раздел 6.3.3) показывает, что только один отчет можно отнести за счет дремоты машиниста. Большинство остальных относятся к какому-либо отвлечению.

Процесс утверждения прибора был определен во время заседания с привлечением экспертов. Было определено несколько уровней и этапов этого процесса. Процесс утверждения, вероятно, должен быть длительным (т.е. в течение нескольких лет). Он может длиться до тех пор, пока не будет введена полная система защиты поездов и сигнализации внутри кабины. Это может отрицательно повлиять на соотношение стоимость-эффективность прибора.

Введение РПД (и полной системы защиты поезда и внутрикабинной сигнализации) может уменьшить потенциальную эффективность прибора мониторинга машиниста. Прибор может дать преимущества по обеспечению безопасности движения. Исследование выявило доступность приборов, которые дают надежное измерение возбуждения. Необходимо исследовать и количественно оценить аварии, произошедшие из-за дремоты, до окончательного анализа соотношения стоимость - экономическая эффективность. Данные этого исследования говорят в пользу того, что требования утверждения прибора могут разубедить промышленность от инвестирования для внедрения этого прибора.

### 8.2 Рекомендации

Для того, чтобы дать возможность Совету по Железнодорожной Безопасности решить, будет ли введение нового прибора мониторинга машиниста эффективным по стоимости и практичным, следует предпринять следующие основные действия:

1. Оценить стоимость установки приборов в поезда. Это можно сделать в депо с привлечением экспертов по этим вопросам и производителей подвижного состава.
2. Изучить преобладание проездов на сигнал опасности связанных с дремотой машиниста, над другими происшествиями с риском для безопасности. Направленный анализ отдельных отчетов ПСпО (с использованием более широкой и репрезентативной выборки) может быть проведен и дополнен анализом данных СКОАП. Выгодная стоимость прибора также должна быть оценена.
3. Исследовать соотношение стоимость-экономическая эффективность при введении приборов на различных категориях дорог (т.е. товарные, скоростные, пригородные), или разных КЭЖД.
4. Определить полную процедуру утверждения, требующуюся для введения прибора, и оценить возможные связанные с этим затраты.

5. Определить являются ли текущие железнодорожные стандарты для приборов бдительности подходящими для прибора мониторинга.

Если Совет по Железнодорожной Безопасности решит проводить дальнейшее изучение возможности продвижения использования наиболее зрелого прибора мониторинга машиниста рекомендуются следующие действия:

1. Дальнейшая оценка ТСКБМ должна быть проведена на месте, чтобы узнать оценку текущих пользователей прибора. Это поможет в установлении ценности прибора при реальной эксплуатации. Кроме того, должны быть проведены исследования выигрыша по безопасности, полученного за счет использования прибора в России.
2. Должен быть куплен прибор для лабораторных и симуляторных исследований, чтобы подтвердить научную достоверность прибора, больше узнать об эффектах побудки дремлющих машинистов и оценить возможную эффективность от снабжения машинистов индикатором их уровня возбуждения. Должны быть исследованы эффекты сигнала тревоги на побудку машинистов.
3. Должны быть разработаны подходящие, представительные и практические параметры сравнения по возбуждению - готовности либо по литературе, либо с помощью экспериментов и проверок. Целью этого должно стать создание книги стандартов и правил для приборов мониторинга машиниста. Кроме того, должны быть определены уровни возбуждения-готовности, подходящие для работы машиниста.
4. Исследовать ЭМТ свойства прибора и определить, будет ли целостность подвижного состава и сигнальной системы повреждена прибором или влиять на него.
5. Изучить применимость для пользователя и железной дороги согласно *разделам 4.1 и 4.2*.

Дальнейшие рекомендации, сделанные в результате этого исследования:

1. Железнодорожной безопасности следовало бы исследовать возможность расширения категорий влияния человеческого фактора для бюллетеня профиля риска. Это можно сделать, используя технику анализа ветвления, отчеты, ПСПО и общие данные о надежности человека. Это исследование обнаружило, что данные в отчетах полезны, но недостаточно детальны для четкого определения типов ошибок человека, и соответственно процентов ошибок и их вероятностей.
2. Изучить, как явные индикаторы визуального внимания: направление взгляда и время фиксации, которые могут быть использованы для определения случаев отвлечения машиниста. Вероятно, могут быть определены типичные характеристики траекторий направления взгляда для слежения за траекторией (между сигналами), и визуального поиска (перед тем, как сигнал увиден),. Это даст вклад в текущие исследования зрительного внимания. Технологии слежения за глазами могут быть запрограммированы для идентификации типичных и нетипичных (отвлеченных) движений глаз. Это исследование должно дать понимание визуального внимания для будущих систем сигнализации внутри кабины машиниста, а также текущих систем сигнализации вдоль линии. Это может быть привязано к измерению возбуждения-готовности и их уровней.


## Приложение А: База данных приборов

### Датчик движения глаз и руля- Eye tracker and steering wheel sensor

Компания, владеющая правами на прибор	Bristol University
Название прибора	Датчик движения глаз и руля - Eye tracker and steering wheel sensor
Номер патента	
Организация для контактов	Department of Physiology
Имя	Dilwyn
Фамилия	Marple-Horvat
Адрес	Университет Бристоля
Город	Bristol
Район	
Страна	UK
Телефон	44(0)117 928 7804
Факс	
E-mail	pys-acc1@bris.ac.uk
Web сайт	<a href="http://www.bris.ac.uk/Depts/Physiology">www.bris.ac.uk/Depts/Physiology</a>
Источник информации	Газета Гардиан: <a href="http://www.guardian.co.uk/uk_news/story/0,3604,665413,00.html">www.guardian.co.uk/uk_news/story/0,3604,665413,00.html</a>
Тип измеряемой бдительности	
Измеряемая физиологическая величина	
Порог бдительности	
Инвазивность	
Действия прибора на уменьшение бдительности	
Метод калибровки	
Время установки	
Требования к установке	
Частота калибровки	
Размер, см	
Требования по питанию	
Стоимость	
Требования к эксплуатации	
Требуемое дополнительное оборудование	
Окружение, необходимое для работы	
Требования к обучению	
Наличие прибора	
Одобен ли прибор	
Был ли прибор испытан	
Где прибор используется	Безрельсовый транспорт


## Монитор готовности по траектории глаз - Eye Tracking Alertness monitor

Компания, владеющая правами на прибор	Компания, владеющая правами на прибор
Название прибора	Монитор готовности по траектории глаз - Eye Tracking Alertness monitor
Номер патента	Нет патентов или патенты незакончены в настоящее время
Организация для контактов	Future of Technology and Health, LC
Имя	Jeffrey
Фамилия	Bishop (Director of R&D)
Адрес	337 E. College Street
Город	Айова
Район	Айова
Страна	США
Телефон	319/354-7652
Факс	561/619-8059
E-mail	bishop@futh.com
Web сайт	<a href="http://www.alertdriver.com">www.alertdriver.com</a> , <a href="http://www.tuth.com">www.tuth.com</a>
Источник информации	Google, поиск в Интернете, ключевые слова: vigilance monitoring
Тип измеряемой бдительности	Дремота-бдительность
Измеряемая физиологическая величина	Опускание века, закрывание зрачка, закрытие век
Порог бдительности	Пороговым считается случай, если глаза остаются закрытыми более 1.5 сек., или отмечено длительное закрывание зрачка (закрывание глаз, опускание века) длиннее 1.5 сек
Инвазивность	Не инвазивен
Действия прибора на уменьшение бдительности	Звуковой сигнал тревоги подается пользователю в ответ на состояние пониженной бдительности. Сигнал генерируется компьютером, и может быть усиленным голосом человека или криком. Тревога отменяется, если замечены полностью открытые глаза или пройдет определенный промежуток времени
Метод калибровки	Автоматическая калибровка измерений глаз при запуске. Калибровка занимает несколько секунд
Время установки	Установка оценивается как несколько минут
Требования к установке	Установка камеры с видимостью на все лицо испытуемого. Изображение формируется на laptop для помощи в установке системы. После установки, система может быть запущена и работает без необходимости открывать laptop. Датчик должен быть расположен примерно в 40 см от пользователя
Частота калибровки	Автоматически калибруется при необходимости, когда слежение потеряно
Размер, см	См. ниже
Требования по питанию	Не известны
Стоимость	\$500
Требования к эксплуатации	Частота отказов, надежность и требования к обслуживанию еще изучаются

<b>Требуемое дополнительное оборудование</b>	Сенсор – 5см x 6см x 5см, 100г. Процессорная единица (полимеризованная оболочка, пентиум laptop компьютер) - 4.25см x 18.5см x 22.5см, 1.5кг
<b>Окружение, необходимое для работы</b>	Прибор работает с очками и контактными линзами, но не с солнцезащитными очками
<b>Требования к обучению</b>	Не известно
<b>Наличие прибора</b>	Прибор не доступен для продажи
<b>Одобен ли прибор</b>	Прибор не сконструирован пока что под стандарты BSI, ISO, ANSI, EN
<b>Был ли прибор испытан</b>	Прибор использовался только в лабораторных исследованиях
<b>Где прибор используется</b>	
<b>Фотографии</b>	


## Устройство мониторинга дремоты - ABM Drowsiness Monitoring Device (DMD)

Компания, владеющая правами на прибор	Advanced Brain Monitoring Inc
Название прибора	Устройство мониторинга дремоты - ABM Drowsiness Monitoring Device (DMD)
Номер патента	Патент США USSN 09/245,784 'Portable EEG Electrode Locator Headgear'. Рассматриваемый патент на сенсор (дата подачи заявки 07/02)
Организация для контактов	Advanced Brain Monitoring Inc
Имя	Chris
Фамилия	Berka (Company CEO)
Адрес	2850 Pio Pico Drive, Suite A
Город	Carlsbad
Район	Калифорния
Страна	США
Телефон	(760)720-0094
Факс	
E-mail	chris@b-alert.com
Web сайт	<a href="http://www.b-alert.com">www.b-alert.com</a>
Источник информации	Google, Поиск в Интернете, ключевое слово: vigilance monitoring
Тип измеряемой бдительности	Дремота-бдительность
Измеряемая физиологическая величина	ЭЭГ
Порог бдительности	Начало получения дремотной картины ЭЭГ
Инвазивность	На электроды наносится небольшое количество проводящего геля
Действия прибора на уменьшение бдительности	Прибор подает звуковое предупреждение водителю, если замечено появление состояния дремоты. Влияние разных типов обратной связи на выполнение в настоящее время исследуется
Метод калибровки	Калибровка необходима перед первым использованием
Время установки	См. ниже
Требования к установке	Однократная 15-минутная калибровка требуется для нового пользователя. Установка шлема занимает 3-5 минуты.
Частота калибровки	Калибровка необходима перед первым использованием
Размер, см	Сенсорный комплект - 6 x 12.5см
Требования по питанию	2 x AAA батарейки для сенсорного комплекта
Стоимость	\$500 (Октябрь). Стоимость включает оборудование, сенсоры и набор опций
Требования к эксплуатации	Согласно литературе, батарей хватает на 8 часов в головной установке. Датчики должны быть очищены и снова заполнены после примерно 48 час. пользования. Датчики разрабатывались как заменяемые, однако при текущем уровне продукции они чрезмерно дороги (~\$4.00). При увеличении продукции (100,000) стоимость одного сенсора упадет ниже 50 центов, что сделает замену более доступной. Частота ошибок пока недоступна
Требуемое дополнительное	Шлемы делаются четырех размеров в соответствии с размером

<b>оборудование</b>	головы. Для вычисления ЭЭГ данных требуется передатчик
<b>Окружение, необходимое для работы</b>	Шлем должен находиться на расстоянии не более 20 футов от процессора-анализатора. Прибор передает на радиочастоте 915kHz
<b>Требования к обучению</b>	Не ясно из веб сайта
<b>Наличие прибора</b>	Доступен для покупки, хотя производственная версия еще испытывается
<b>Одобен ли прибор</b>	Приборы в настоящее время моделируются и будут производиться в соответствии со стандартами США
<b>Был ли прибор испытан</b>	Методика была доказана в лабораторных исследованиях и симуляторах автомобилей и была проверена другими измерениями бдительности. Было проведено широкое исследование
<b>Где прибор используется</b>	Еще не используется
<b>Фотографии</b>	

## Фотосистема бодрствования - Photo Driven Alert System

Компания, владеющая правами на прибор	Michael Myronko
Название прибора	Фотосистема бодрствования - Photo Driven Alert System (Patent 0208247.7)
Номер патента	Заявка на патент не подана. Разрешение на публикацию информации предоставлено Mr Myronko
Организация для контактов	
Имя	Michael
Фамилия	Myronko
Адрес	117A Northgate
Город	Basford
Район	Nottingham
Страна	Великобритания
Телефон	0115 970 3837
Факс	
E-mail	mmyronko@thyssen-gb.com
Web сайт	
Источник информации	Контакты Совета Железнодорожной Безопасности с Michael
Тип измеряемой бдительности	Бдительность
Измеряемая физиологическая величина	Частота морганий
Порог бдительности	Порог соответствует увеличению частоты морганий пользователя более 1 моргания на 4 – 6 сек.
Инвазивность	Частично инвазивен. Прибор необходимо надевать на ухо.
Действия прибора на уменьшение бдительности	Выдает звуковой предупреждение при приближении опасности.
Метод калибровки	Не требуется
Время установки	2 минуты
Требования к установке	Прибор автоматически включается, когда установлен. Требуется две минуты для настройки на рабочую температуру датчика. Слышится “ тик ”, когда прибор отвечает. Когда настройка закончена, активируется
Частота калибровки	нет
Размер, см	См. фотографию
Требования по питанию	Батарейки 9 v PP3 или эквивалентные
Стоимость	£300 на стадии прототипа
Требования к эксплуатации	—
Требуемое дополнительное оборудование	Маленькое место для усилителя, металлического детектора и звукового блока 4 x 8см. Измерительная часть соединяется со звуковой по кабелю
Окружение, необходимое для работы	Желателен кондиционер
Требования к обучению	Обучение установке и работе

<b>Наличие прибора</b>	В настоящее время доступен только прототип
<b>Одобрен ли прибор</b>	Испытывался на автомобилях, но формально не одобрен
<b>Был ли прибор испытан</b>	Нет
<b>Где прибор используется</b>	Не используется
<b>Фотографии</b>	 The 'Фотографии' (Photos) cell contains two photographs. The top photograph shows a man in profile, facing left, wearing a dark suit, a light-colored shirt, and a patterned tie. He is wearing a black headset with a microphone. He is holding a small, dark, rectangular handheld device in his right hand. The bottom photograph shows the same man from a frontal perspective, looking slightly to the right. He is wearing the same suit and headset. He is holding the same handheld device in his right hand. The background in both photos is a plain, light-colored wall.

## Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста (ТСКБМ) - Engine Driver Vigilance Telemetric Control System (EDVTCS)

Компания, владеющая правами на прибор	ЗАО «Нейроком»
Название прибора	Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста (ТСКБМ) - Engine Driver Vigilance Telemetric Control System (EDVTCS)
Номер патента	Патент Российской Федерации No. 2025731
Организация для контактов	ЗАО «Нейроком»
Имя	Валерий
Фамилия	Дементиенко
Адрес	111250, Москва, а/я 17, Энергетический проезд, д.6
Город	Москва
Район	
Страна	Россия
Телефон	(7-095) 362-7221, 362-7907
Факс	(7-095) 362-7143
E-mail	<a href="mailto:info@neurocom.ru">info@neurocom.ru</a>
Web сайт	<a href="http://www.neurocom.ru">www.neurocom.ru</a>
Источник информации	Совету безопасности была предоставлена детальная информация о системе ТСКБМ
Тип измеряемой бдительности	Бдительность
Измеряемая физиологическая величина	Электродермальная активность (КГР)
Порог бдительности	ТСКБМ позволяет, используя ЭДА, определять, когда водитель начинает терять концентрацию и бдительность. В этот момент подается звуковой сигнал
Инвазивность	Не инвазивный
Действия прибора на уменьшение бдительности	Прибор выдает звуковой сигнал для пользователя за несколько десятков секунд до наступления критического уровня бдительности. Если в течение нескольких секунд водитель не отключит звуковой сигнал, включается система торможения. Если водитель отключает звуковой сигнал, снова начинается измерение КГР
Метод калибровки	Часы автоматически калибруются при включении
Время установки	Калибровка занимает 10-20 сек.
Требования к установке	От машиниста требуется надеть часы и убедиться, что электроды имеют хороший контакт с запястьем. Находясь в кабине, машинист должен включить процессорный блок. Затем машинист должен проверить, что загорелся сигнал приема на процессорном блоке. Приборы также тестируются до основной поездки, с использованием портативного тестера
Частота калибровки	Калибровка происходит каждый раз, когда часы включаются, следовательно, необходимость калибровки возникает при смене машиниста
Размер, см	см. Дополнительное оборудование
Требования по питанию	50, 75 or 110 В для основного процессорного блока
Стоимость	£ 6060

<b>Требования к эксплуатации</b>	Годность батареи в часах около 1000 часов (приблизительно 40 дней)
<b>Требуемое дополнительное оборудование</b>	Наручные часы, процессорный блок (20x10x50 см), блок индикации (20x10x30), портативный тестер
<b>Окружение, необходимое для работы</b>	Дальность канала связи 10 м, частота 1700 МГц. Мощность выходного сигнала 6 мВт
<b>Требования к обучению</b>	
<b>Наличие прибора</b>	Доступен
<b>Одобен ли прибор</b>	Прибор одобрен Министерством Путей Сообщения (МПС) РФ.
<b>Был ли прибор испытан</b>	Прибор с 1995 года используется на железнодорожном транспорте России
<b>Где прибор используется</b>	Железнодорожный и автомобильный транспорт
<b>Фотографии</b>	

## Модуль диагностики снижения бдительности и предупреждения машиниста - Hypovigilance Diagnosis Module (HDM) and Driver Warning System

Компания, владеющая правами на прибор	Part of the EU's Information Society Technologies (IST) re-search programme
Название прибора	Модуль диагностики снижения бдительности и предупреждения машиниста - Hypovigilance Diagnosis Module (HDM) and Driver Warning System
Номер патента	
Организация для контактов	Centre for Research and Technology Hellas, Hellenic Institute of Transport
Имя	Evangelos
Фамилия	Bekiaris
Адрес	6th Km Charilaou-Thermi Road
Город	Thermi-Thessaloniki
Район	57001
Страна	Greece
Телефон	+30 310 241078
Факс	
E-mail	trnspon@compulink.gr
Web сайт	
Источник информации	Google, Поиск в Интернете, Ключевое слово: vigilance monitoring
Тип измеряемой бдительности	
Измеряемая физиологическая величина	
Порог бдительности	
Инвазивность	
Действия прибора на уменьшение бдительности	
Метод калибровки	
Время установки	
Требования к установке	
Частота калибровки	
Размер, см	
Требования по питанию	
Стоимость	
Требования к эксплуатации	
Требуемое дополнительное оборудование	
Окружение, необходимое для работы	
Требования к обучению	
Наличие прибора	
Одобен ли прибор	
Был ли прибор испытан	
Где прибор используется	

## Устройство мониторинга бодрствования водителя грузовика - Device for monitoring haul truck operator alertness

Компания, владеющая правами на прибор	Australian Coal Association Research Programme (ACARP)
Название прибора	Устройство мониторинга бодрствования водителя грузовика - Device for monitoring haul truck operator alertness
Номер патента	
Организация для контактов	ARRB Transport Research Ltd
Имя	Nick
Фамилия	Mabbott
Адрес	500 Burwood Highway
Город	Vermont South
Район	Victoria
Страна	Australia
Телефон	+ 61 3 9881 1555
Факс	+ 61 3 9887 8104
E-mail	<a href="mailto:nickm@arrb.org.au">nickm@arrb.org.au</a>
Web сайт	
Источник информации	Google, Поиск в Интернетe, ключевое слово: vigilance monitoring
Тип измеряемой бдительности	Бдительность и усталость
Измеряемая физиологическая величина	Время реакции в процессе работы, требующей принятия решения
Порог бдительности	Уменьшение времени реакции более чем на одно стандартное отклонение от определенного ранее
Инвазивность	Только в смысле добавления дополнительной работы
Действия прибора на уменьшение бдительности	Прибор отвечает тремя способами. Во-первых, увеличивается частота предъявления теста, во-вторых, водителю дается сигнал бдительности, в-третьих, супервизор уведомляется о состоянии водителя
Метод калибровки	Для активации прибора мониторинга усталости нажимается ключ в гнезде
Время установки	Менее 5 секунд
Требования к установке	Для каждого водителя индивидуально определяется базовая линия времени реакции. От водителя требуется начать работу и включить прибор своим персональным ключом. Ключ несет персональный код водителя. Прибор тогда загружает базовую линию работы из памяти. Все приборы имеют общую информацию
Частота калибровки	Каждый раз, когда транспортным средством пользуется новый водитель или каждый раз, когда отключается зажигание автомобиля
Размер, см	
Требования по питанию	12V D.C. от автомобиля
Стоимость	\$9000 на автомобиль на годовое использование.

<b>Требования к эксплуатации</b>	Имеет гарантию на 1 год, в течение 8 месяцев не было ошибок
<b>Требуемое дополнительное оборудование</b>	Блок стимулов имеет размеры 70мм ширина, 30мм высота, 70мм глубина. Блок отклика имеет размеры 130мм ширина, 60мм высота, 230мм глубина. Необходимы оба блока
<b>Окружение, необходимое для работы</b>	Частота радиопередачи 450 Гц - 470 Гц УВЧ при мощности 1 Вт.
<b>Требования к обучению</b>	Обучение для работы с прибором занимает 30 минут, так как прибор очень прост для использования. Обучение для работы администраторов системы занимает 60 минут
<b>Наличие прибора</b>	Еще не доступен как коммерческий продукт
<b>Одобен ли прибор</b>	Существует только прототип
<b>Был ли прибор испытан</b>	Прибор был исследован в течение 2000 и 2001 года
<b>Где прибор используется</b>	Горная промышленность (перевозки)
<b>Фотографии</b>	

## Система, следящая за глазами ETS-PC Eye tracking system

Компания, владеющая правами на прибор	Applied Science Laboratories
Название прибора	Система, следящая за глазами - ETS-PC Eye tracking system
Номер патента	Не известен
Организация для контактов	S Oliver Associates
Имя	Stephen
Фамилия	Oliver
Адрес	Northumberland House, 11 The Pavement
Город	Popes Lane
Район	London
Страна	Великобритания
Телефон	(0)20 8840 9910
Факс	(0)20 8840 9915
E-mail	soliverassoc@compuserve.com
Web сайт	<a href="http://www.a-s-l.com">www.a-s-l.com</a>
Источник информации	Google, Поиск в Интернете, ключевое слово: eye tracking
Тип измеряемой бдительности	Бдительность/положение внимания
Измеряемая физиологическая величина	Закрывание глаз
Порог бдительности	Не известен
Инвазивность	Не инвазивен
Действия прибора на уменьшение бдительности	Данный прибор не обеспечивает ответа на уменьшение бдительности
Метод калибровки	Типичная калибровка заключается в просмотре 9 точек и занимает приблизительно 20 секунд. Тем не менее автоматическая калибровка тоже может быть включена
Время установки	20 секунд
Требования к установке	Прибор требует калибровки, чтобы идентифицировать обычное положение глаз и границы их движения. Не ясно как оборудование устанавливается в машину до начала эксплуатации
Частота калибровки	Каждый раз, когда водитель садится в машину, перед поездкой
Размер, см	Не известен
Требования по питанию	115/230 v AC или 12v DC
Стоимость	От £ 1500 до £ 2000 для партии 100 000 комплектов (для одного комплекта на машину)
Требования к эксплуатации	Только общее понимание
Требуемое дополнительное оборудование	Модуль для камеры, 2 инфракрасных источника, блок сопряжения, блок проверки, блок индикации, преобразователь напряжения, lap top, камера
Окружение, необходимое для работы	Прибор может справляться с условиями от яркого солнечного света до темноты
Требования к обучению	Не известно


<b>Наличие прибора</b>	Доступен как коммерческий продукт
<b>Одобрен ли прибор</b>	Нет
<b>Был ли прибор испытан</b>	В настоящее время прибор используется для исследования такими производителями автомобилей, как BMW, Mercedes Benz, Ford, Honda, Peugeot, Renault, и GM.
<b>Где прибор используется</b>	Автомобильный транспорт
<b>Фотографии</b>	

## FaceLAB™ 2.0

Компания, владеющая правами на прибор	Seeing Machines
Название прибора	faceLAB™ 2.
Номер патента	Не известен
Организация для контактов	Seeing Machines
Имя	Gavin
Фамилия	Longhurst
Адрес	Innovations Building
Город	Corner Garran and Eggleston Rd
Район	Канберра
Страна	Австралия
Телефон	+ [61] 2 6125 6501
Факс	+ [61] 2 6125 6504
E-mail	info@seeingmachines.com
Web сайт	
Источник информации	Google, Поиск в Интернете, ключевое слово: eye tracking
Тип измеряемой бдительности	Бдительность/Дремота
Измеряемая физиологическая величина	Моргание глаз, закрытие глаз
Порог бдительности	Использует шкалу определения усталости PERCLOS
Инвазивность	Не инвазивен
Действия прибора на уменьшение бдительности	Данный прибор не обеспечивает ответа на уменьшение бдительности
Метод калибровки	Не известен
Время установки	Не известен
Требования к установке	Не известен
Частота калибровки	Не известен
Размер, см	
Требования по питанию	
Стоимость	
Требования к эксплуатации	
Требуемое дополнительное оборудование	Требует 2-х камер для стерео эффекта
Окружение, необходимое для работы	Измерения усталости глаз могут происходить в случае, когда видны глаза. Это может быть неэффективным при использовании очков. Прибор может быть использован в дневное и ночное время
Требования к обучению	
Наличие прибора	Коммерчески доступный прибор
Одобен ли прибор	Нет
Был ли прибор испытан	В настоящее время используется как исследовательский инструмент
Где прибор используется	

## Регистрация микронаклонов - MicroNod Detection System (MINDStm)

Компания, владеющая правами на прибор	Safety Concepts, Inc (ASCI)
Название прибора	Регистрация микронаклонов - MicroNod Detection System (MINDStm)
Номер патента	US Patent No. 5 691 693, counterparts issues in Japan and EPO.
Организация для контактов	
Имя	Advanced Safety Concepts, Inc
Фамилия	Phil
Адрес	Kithil
Город	1570PachecoSt. #E12
Район	Santa Fe
Страна	США
Телефон	505-984-0273
Факс	505-984-3269
E-mail	pkithil@headtrak.com
Web сайт	<a href="http://www.headtrak.com">www.headtrak.com</a>
Источник информации	Поиск в Интернете
Тип измеряемой бдительности	Дремота
Измеряемая физиологическая величина	Движение головы
Порог бдительности	Три стандартных отклонения движения головы от нормального поведения, «основное тревожное» движение головы
Инвазивность	Не инвазивный
Действия прибора на уменьшение бдительности	Визуальное оповещение запускается, когда ASCI выход системы выше порога в течение определенного процента времени. Если этот процент возрастает, к визуальному оповещению присоединяется серия звуковых сигналов продолжительностью несколько секунд. Если указанный процент, превышающий порог, продолжает возрастать, звуковой цикл повторяется и удлиняется. Предусмотрена кнопка сброса моментально прекращающая предупреждения прибора
Метод калибровки	Прибор запоминает типичные движения головы и поведение машиниста
Время установки	Не известно
Требования к установке	После установки системы, 3 потенциометра требуют настройки до установленных величин. Требуется начальное включение установки с незанятым сиденьем для измерения полей. Прибор изучает специфическую картину движения головы машиниста в течение 15-20 минутного тренировочного периода
Частота калибровки	Каждый раз, когда водитель начинает вождение
Размер, см	См. требования к оборудованию
Требования по питанию	2В при 0.5 Амп.
Стоимость	Не известна
Требования к эксплуатации	Не известно

<b>Требуемое дополнительное оборудование</b>	3 сенсора, помещенные в заполненную форму (2.5см x 37.5см x 45см). Этот модуль соединен с электронным модулем (2.5 см x 10см x 15см), который содержит светодиоды
<b>Окружение, необходимое для работы</b>	От 0 <sup>0</sup> до 85 <sup>0</sup> С. Размер сенсора от 2.5см до 45 см. Нужно быть осторожным в помещении с вибрациями
<b>Требования к обучению</b>	Не известно
<b>Наличие прибора</b>	В настоящее время усовершенствуется
<b>Одобрены ли прибор</b>	Нет
<b>Был ли прибор испытан</b>	Только в лабораторных условиях
<b>Где прибор используется</b>	
<b>Фотографии</b>	

## Передвижной монитор морганий - Alertness Monitor ambulatory eye blink monitor

Компания, владеющая правами на прибор	MTI Research Corp. Myronko
Название прибора	Передвижной монитор морганий - Alertness Monitor ambulatory eye blink monitor
Номер патента	
Организация для контактов	MTI Research Corp.
Имя	Ed
Фамилия	MacLeod
Адрес	7 Littleton Road
Город	Westford
Район	
Страна	USA
Телефон	(978)692-9898
Факс	(978)692-9797
E-mail	conac@mtir.com
Web сайт	<a href="http://www.mtir.com">www.mtir.com</a>
Источник информации	National Highway Transport Safety Association, США. Ed McLeod в e-mail заявил, что прибор снят с производства
Тип измеряемой бдительности	
Измеряемая физиологическая величина	
Порог бдительности	
Инвазивность	
Действия прибора на уменьшение бдительности	
Метод калибровки	
Время установки	
Требования к установке	
Частота калибровки	
Размер, см	
Требования по питанию	
Стоимость	
Требования к эксплуатации	
Требуемое дополнительное оборудование	
Окружение, необходимое для работы	
Требования к обучению	
Наличие прибора	
Одобрен ли прибор	
Был ли прибор испытан	
Где прибор используется	

## Противодремотная помощь водителю - Vehicle Driver's Anti-Dozing Aid (VDADA)

Компания, владеющая правами на прибор	BRTRC Technology Research Corporation
Название прибора	Противодремотная помощь водителю - Vehicle Driver's Anti-Dozing Aid (VDADA)
Номер патента	
Организация для контактов	BRTRC Technology Research Corporation
Имя	Roger
Фамилия	Rogowski
Адрес	8260 Willow Oaks Corporate Drive
Город	Suite #800
Район	Fairfax
Страна	США
Телефон	(703) 204-9277
Факс	(703) 204-9447
E-mail	rogowski@brtrc.com
Web сайт	<a href="http://www.brtrc.com">www.brtrc.com</a>
Источник информации	Из отчета: "Обзор определения усталости и технологии прогноза", Institute for Research in Safety & Transport Murdoch University Western Australia. Rogowski, R., Rittenhouse, W., & Remson, A. (1997). Окончательный отчет: "Противодремотная помощь водителю (VDADA)". Технический отчет для подвижного состава армии США и командования Вооруженными силами, Контракт: DAAE07-96-c-X122 (September 1997). Fairfax, VA: BRTRC Technology Research Corporation.
Тип измеряемой бдительности	Дремота
Измеряемая физиологическая величина	Движение головы, закрывание глаз
Порог бдительности	Не известен
Инвазивность	Повязка на голову
Действия прибора на уменьшение бдительности	Три способа тревоги. Вибратор со звуковым сигналом, прикрепленный на повязку. Беспорядочный выброс двуокиси углерода в височной области
Метод калибровки	Не известен
Время установки	Не известно
Требования к установке	Не известны
Частота калибровки	Не известна
Размер, см	Не известен
Требования по питанию	Не известны
Стоимость	Не известна
Требования к эксплуатации	Не известно
Требуемое дополнительное оборудование	Не известно
Окружение, необходимое для работы	Не известно

<b>Требования к обучению</b>	Не известны
<b>Наличие прибора</b>	Прибор был разработан как часть военного исследовательского проекта США. Контакты с Mr. Rogowski не были установлены, поэтому дополнительная информация не была доступна.
<b>Одобрен ли прибор</b>	Не известно
<b>Был ли прибор испытан</b>	Только в лабораторных исследованиях
<b>Где прибор используется</b>	

## Монитор-помощник - Copilot PERCLOS Monitor

Компания, владеющая правами на прибор	Driving Research Center
Название прибора	Монитор-помощник - Copilot PERCLOS Monitor
Номер патента	US Patent 1 6,082,858- Приборы и метод мониторинга за глазами, используя две различные длины волны света
Организация для контактов	Attention Technologies Inc.
Имя	Richard
Фамилия	Grace
Адрес	10 40th Street
Город	Pittsburgh
Район	
Страна	США
Телефон	412-681-6961
Факс	412-681-6961
E-mail	rgrace@rec.ri.cmu.edu
Web сайт	<a href="http://www.cmu.edu/cmri/drc">www.cmu.edu/cmri/drc</a>
Источник информации	Отчет NHSTA "Реакция водителя в ответ на предупреждающие сигналы и стимулы при засыпании" DOT HS 809 202.
Тип измеряемой бдительности	Бдительность/дремота
Измеряемая физиологическая величина	PERCLOS (процент закрытия глаз)
Порог бдительности	Первый сигнал тревоги возникает, когда уровень PERCLOS (P3) достигает 0.08. В этом случае глаза закрыты 8 процентов времени из 60 сек. (примерно 5 сек.). Каждый последующий сигнал тревоги (всего 6) соответствуют увеличению P3 = 0.02
Инвазивность	Не инвазивен
Действия прибора на уменьшение бдительности	Предусмотрены зрительные и звуковые предупреждения Зрительное предупреждение использует 6 светодиодов, 3 желтых и 3 красных. Первый желтый светодиод соответствует уровню PERCLOS P = 0.08. Каждый добавочный светодиод соответствует увеличению на 0.02. Звуковой сигнал частотой 3000 Гц предъявляется при первом желтом и первом красном светодиоде
Метод калибровки	Изготовитель утверждает, что калибровка не требуется
Время установки	Минимальное
Требования к установке	Датчик устанавливается перед пользователем. Он должен быть установлен так, чтобы пользователь видел свое отражение на поверхности датчика.
Частота калибровки	Калибровка не требуется
Размер, см	См. ниже
Требования по питанию	Напряжение питания 123v при 600mA
Стоимость	\$5000 для опытного образца, \$800 для серийной модели
Требования к эксплуатации	Руководство по эксплуатации, норма бдительности и данные по достоверности не известны в настоящее время

<b>Требуемое дополнительное оборудование</b>	Основной блок, содержащий датчики и индикаторные светодиоды и блок, на который устанавливается главный блок. Главный блок – 280 г., 13x7x15см, основной блок 3 см выше
<b>Окружение, необходимое для работы</b>	Прибор работает только ночью. Кроме того, он может работать, если водитель носит корректирующие очки или линзы, но не солнцезащитные очки. Прибор работает на расстоянии 2 м от машиниста, но расстояние можно улучшить линзами
<b>Требования к обучению</b>	Обучение установке прибора и реакции на тревогу
<b>Наличие прибора</b>	В настоящее время доступен опытный образец, использующийся для лабораторных исследований
<b>Одобрены ли прибор</b>	Окончательный прибор будет включать стандарты ISO и SAE для автомобильной электроники
<b>Был ли прибор испытан</b>	Sorilot в настоящее время только лабораторный прибор. Он будет производиться с 2003.
<b>Где прибор используется</b>	Предназначен для безрельсового транспорта
<b>Фотографии</b>	

## Приложение В: База данных физиологических параметров Электроэнцефалография (ЭЭГ)

Название	Электроэнцефалография (ЭЭГ)
Описание	ЭЭГ - это измерение электрической активности мозга (центральной нервной системы) во времени.
Как параметр измеряет бдительность / дремоту / готовность?	ЭЭГ описывают с использованием интервалов частот. Известно, что они связаны с сонливостью и бодрствованием, а именно: дельта (0.5-3 Гц), тета (3 -7.5 Гц), альфа (7.5 -13 Гц), бета1 (13-20 Гц), бета2 (20-30 Гц). Бодрствование характеризуется преобладанием частот альфа и бета активности. Сонливость характеризуется возрастанием ритмической альфа-активности. Дремота и засыпание характеризуются присутствием частот тета-активности. Для сна характерны высокие амплитуды тета и дельта-активности.
Как параметр коррелирует с работой?	<i>В работе (ссылка 2)</i> исследовали операторов, которые занимались задачей звукового определения на пассивном гидролокаторе. Исследовали ЭЭГ спектры во время “пропусков” (отсутствие ответов на появление цели) и “попаданий” (цели, вызывающие ответ) во время периодов сонливости. Непосредственно перед пропусками, величина (квадрат амплитуды) в интервале 2-5 Гц увеличивалась, а величина в области 40 Гц уменьшалась (Квадрат амплитуды ЭЭГ в области 40 Гц увеличивается при внимании).
Как производятся измерения?	Измерения производятся с кожи над затылочной и височной областями мозга. Электроды ставятся на определенных участках головы. Число и положение электродов может быть различным.
Какой порог измерения?	Считается, что тета ЭЭГ активность может быть использована для предсказания пробелов в исполнении и дремоты. Некоторые приборы регистрируют ЭЭГ активность пользователя и сравнивают его с базой данных ЭЭГ, зарегистрированных при бдительности и засыпании. Сравнение базой данных ЭЭГ используется для определения текущего состояния пользователя.
Проблемы с этим параметром	Регистрация ЭЭГ может быть чувствительна к артефактам, таким как мышечные и глазные движения. Они должны быть обнаружены и удалены для обеспечения надежности и точности. Необходимо выбрать оптимальное положение электродов, обеспечивающее хороший контакт с кожей. Кроме того, в <i>ссылке 2</i> отмечены значительные индивидуальные различия ЭЭГ, которые надо учитывать в любом приборе.
Источник информации	1. Belyavin and Wright 1987, Changes in electrical activity of the brain with vigilance, <i>Electroencephalography and Clinical Neurophysiology</i> , 66,137 –144 2. Makeig, S., Jung, Tzyy -Ping, Sejnowski, T.J., Stensmo, T.J., 1997, Estimating alertness from the EEG power spectrum, 1997, <i>IEEE transactions on biomedical engineering</i> , vol 44, no. 1.

## Моргание (длительность, амплитуда и частота)

Название	Моргание (длительность, амплитуда и частота)
<b>Описание</b>	В отчете Sterna и др. ( <a href="#">ссылка 2</a> ) показано, что скорость морганий (число морганий в секунду) и их длительность (продолжительность закрывания глаз) обычно возрастает по мере совершения работы и усталости.
<b>Как параметр измеряет бдительность / дремоту / готовность?</b>	Появление моргания может быть определено как определенный процент закрывания глаз относительно среднего размера зрачка или полное закрывание глаз. Продолжительность моргания может быть определено как временной интервал между началом моргания и возвратом диаметра зрачка к определенному проценту закрытия глаза. Скорость морганий может быть определена как число появлений морганий за единицу времени. Средняя, типичная скорость морганий измеряется индивидуально для каждого человека, когда он бодрствует (до начала признаков засыпания). Затем измеряется скорость и длительность морганий и сравнивается с базовыми показателями.
<b>Как параметр коррелирует с работой?</b>	В работе ( <a href="#">ссылка 3</a> ) описаны эксперименты по сравнению разных типов активности глаз при выполнении слежения. Эксперимент проводился в течение 2 часов с испытуемыми без депривации сна. Данные, в общем, поддерживают теорию, что активность морганий изменяется соответственно изменениям в выполнении работы из-за дремоты и потери бдительности.
<b>Как производятся измерения?</b>	Измерения скорости морганий может проводиться с помощью камер, следящих за глазами (видео или инфракрасных), помещенных перед пользователем или на нем (головное крепление), или используя метод ЭОГ. 2 - 6 электродов крепятся к голове, чтобы регистрировать сигналы, генерируемые мышцами, вовлеченными в сокращение глаза.
<b>Какой порог измерения?</b>	Обычно, в литературе предполагается, что длительность морганий и их частота коррелируют с уменьшением производительности из-за усталости. Однако, пороги дремоты и уменьшения бдительности не известны.
<b>Проблемы с этим параметром</b>	Применение этого параметра зависит от того, как измеряется активность морганий и как определено появление моргания. Требуются "стандарты моргания" для определения моргания. Например, моргание может быть определено как длительность закрывания века или процент закрытия зрачка. Необходимо принимать во внимание вариации размера зрачка или глазного яблока. На частоту морганий могут влиять внешние факторы, такие как влажность или скорость ветра, а также индивидуальные факторы, например, аллергия. Определение моргания может меняться из-за размера зрачка.
<b>Источник информации</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dinges, D.F., Mallis, M.M., Maislin, G., and Walker Powell IV, J. 1998 'Evaluation of techniques for ocular measurement as an index of fatigue and as the basis for alertness management', National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 808 762, Springfield, VA,</li> <li>2. Stern, J.A., Boyer, D., Schroeder, D. 1994. 'Blink rate: a possible measure of fatigue', Human Factors, 36, 285-297.</li> <li>3. Orden, K.F., Jung, Tzyu -Ping, Makeig, S., 2000 'Combined eye activity measures accurately estimate changes in sustained visual task performance', Biological Psychology, 52, 221 -240, Elsevier.</li> </ol>

## Движения глаз

Название	Движения глаз
<b>Описание</b>	Движение глаз включает саккадную частоту (быстрое скачкообразное движение глаз, связанное с фиксацией взгляда), время фиксации, длительность, амплитуды и скорости саккадного движения. Все они меняются при выполнении работы и при низких уровнях возбуждения.
<b>Как параметр измеряет бдительность / дремоту / готовность?</b>	Частота саккады - это частота, с которой движется глаз. Амплитуда саккадного движения – это величина движения глаза из обычного положения. Они обычно измеряются за некоторый период времени. Движения глаз измеряются для бодрствующего человека, обычно во время работы. Затем, движения глаз измеряются и сравниваются с основными движениями.
<b>Как параметр коррелирует с работой?</b>	Показано, что частота и высокоамплитудные движения глаз уменьшаются за время вождения автомобиля ( <i>ссылка 1</i> ). Время изменения амплитуды - хороший индикатор сна или дремотных состояний ( <i>ссылка 2</i> ). Продолжительность саккадного движения увеличивается по мере выполнения работы, за счет усталости ( <i>ссылка 3</i> ).
<b>Как производятся измерения?</b>	Измерения движений глаз может быть произведено с помощью камеры, следящей за глазами (видимой или инфракрасной) помещенной перед пользователем или на нем (установка на голове), или с использованием техники ЭОГ. 2 - 6 электродов крепятся к голове, чтобы регистрировать сигналы, генерируемые мышцами, вовлеченными в сокращение глаза
<b>Какой порог измерения?</b>	Измерения ЭОГ коррелируют с измерениями бдительности с помощью ЭЭГ. Скорости движения изменяются для разных уровней возбуждения.
<b>Проблемы с этим параметром</b>	Движения глаз могут рассматриваться как индикаторы усталости, но на них может влиять характер работы. Например, когда производится визуальная работа с экраном, амплитуда движения глаз может меняться с расстоянием до экрана. Кроме того, моргания и их длительность могут быть более чувствительной мерой усталости и времени работы, чем движения глаз ( <i>ссылка 3</i> ).
<b>Источник информации</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ceder, A., Driver's eye movements as related to attention in simulated traffic flow conditions, Human Factors, 1977, 19, 571-581.</li> <li>2. Wright, N. and McGown, A., Vigilance on the civil flight deck: incidence of sleepiness and sleep during long-haul flights and associated changes in physiological parameters.</li> <li>3. McGregor, D. K. and Stern, J. A., 1996, Time on task and blink effects on saccade duration, Ergonomics, 39, 4, 649-660.</li> </ol>

## PERCLOS

Название	PERCLOS
<b>Описание</b>	PERCLOS основан на исследованиях на автомобильных симуляторах. У водителей происходит отчетливое изменение лица и глаз при усталости. Было отмечено, что у дремлющих водителей снижен тон мускулов лица, замедлены движения глаз и более длительны периоды, когда глаза закрыты по сравнению с бодрыми водителями.
<b>Как параметр измеряет бдительность / дремоту / готовность?</b>	PERCLOS - это измерение доли времени, в течение которого веки испытуемого частично закрыты по оценкам наблюдателя или соответствующей прикладной программы. Критерием дремоты является состояние, когда глаза закрыты >80% за минуту. У дремлющих испытуемых уменьшен тонус мышц лица, замедлены движения глаз и увеличено время закрытых глаз (2+ сек).
<b>Как параметр коррелирует с работой?</b>	В работе ( <i>ссылка 1</i> ) описан эксперимент, проведенный для Администрации Безопасности Движения США, который продемонстрировал что измерения бодрствования/дремоты с помощью PERCLOS сильно коррелируют с пропусками при выполнении задач психомоторной бдительности (PVT). Параметр хорошо работал для разных испытуемых (в течение нескольких тестовых сеансов) и предсказывал пропуски в течение первых 22 часов эксперимента.
<b>Как производятся измерения?</b>	Процесс регистрации закрывания глаз был автоматизирован с использованием цифровых камер, следящих за глазами и специально разработанных программ.
<b>Какой порог измерения?</b>	Порог для определения дремоты – когда процент закрывания глаз оценивается как превышающий >80% в течение 1 минуты. Если этот порог превышен, человек считается дремлющим.
<b>Проблемы с этим параметром</b>	Лабораторными исследованиями доказано, что параметр PERCLOS является прекрасным параметром для определения усталости и дремоты. Однако, может оказаться, что параметр пригоден только для предсказания близкого появления засыпания. Также существуют проблемы, связанные с разным размером зрачка, типом морганий, а также влиянием окружающей и персональных факторов.
<b>Источник информации</b>	1. David F. Dinges, Ph.D., Malissa M. Mallis, Greg Maislin, MA, MS., John Walker Powell, IV, M.A. Final Report: Evaluation of Techniques for Ocular Measurement as an Index of Fatigue and as the Basis of Alertness Management, US National Highway Traffic Safety Administration, Report no DOT HS 808 762, April 1998.

## Электродермальная активность (ЭДА)

Название	Электродермальная активность (ЭДА)
Описание	ЭДА - это электрическая активность, сопротивление и разность потенциалов, на поверхности кожи. Уровень активности отражает определенное внутреннее состояние.
Как параметр измеряет бдительность / дремоту / готовность?	Было показано, что электрическое сопротивление кожи не постоянно, но подвержено изменениям двух типов: 1. Медленные изменения электродермального сопротивления, которые меняются на протяжении минут и часов. Они отражают нервную стимуляцию мышц. 2. Быстрые изменения на несколько сот Ом или Ком в ответ на чувственную или эмоциональную стимуляцию. Эти электродермальные реакции являются производной электродермального сопротивления, и как было показано, чувствительны к падению бодрствования и возможно к потере внимания.
Как параметр коррелирует с работой?	Соотношение между электродермальной активностью и возбуждением было установлено в работе ( <i>ссылка 1</i> ). В работе ( <i>ссылка 2</i> ) показано, что электродермальная активность (потенциал кожи) уменьшалась в соответствии с потерей производительности при исполнении работы. В работе ( <i>ссылка 3</i> ) показано, что частота электродермальных реакций уменьшается перед ошибкой в работе. Кроме того, уменьшение ЭДР коррелировало со временем реакции во время выполнения теста визуального распознавания.
Как производятся измерения?	ЭДА измеряется с помощью электродов на коже. Они измеряют электрическую активность кожи во времени. Измерения обычно усиливаются предварительным усилителем и затем регистрируются полиграфом.
Какой порог измерения?	ЭДА полезна для измерения уровня возбуждения, когда испытуемый чувствует сонливость, но не в момент засыпания. Работы ( <i>ссылки 2 и 3</i> ) показывают, что ЭДА является надежным критерием определения ошибок, до того как измерения ЭЭГ показывают присутствие индикаторов сна (например, ритмичная альфа активность и тета активность).
Проблемы с этим параметром	На электродермальные реакции на чувственные или эмоциональные стимулы влияет электрическая активность мышц и спонтанные электрические ответы. Эти артефакты должны быть устранены, чтобы выделить сигнал, связанный с возбуждением.
Источник информации	1. Mental activity and electrodermal phenomena, in J.L. Andreassi (ed.), Psychophysiology: Human Behaviour and Physiological Response, 3rd edn (Hillsdale p175-180). 2. Nishimura, C., and Nagumo, Jin-Ichi, 'Feedback control of the level of arousal using skin potential level as an index' 1985, Ergonomics, 28, 6, 905-913. 3. Dorokhov, V.B., Dementienko, V.V., Koreneva, L.G., Markov, A.G., Shakhnarovitch, V.M., Zakharov, P.V., 1998, International Journal of Psychophysiology, 30, 1 -2, p267.

## Сердечные измерения

Название	Измерения параметров сердца
<b>Описание</b>	Измерения параметров сердца включают частоту сердечных сокращений (число сердечных биений в единицу времени), время между последовательными сокращениями, пиковые частоты в ЭКГ и компоненты пиковых частот.
<b>Как параметр измеряет бдительность / дремоту / готовность?</b>	Частота сердечных сокращений и пиковые компоненты спектра частот использовались как индикаторы в различных экспериментах.
<b>Как параметр коррелирует с работой?</b>	Исследования показали, что определенная компонента в спектре частот коррелирует с усталостью при работе машиниста ( <i>ссылка 1</i> ). В лабораторных монотонных работах ( <i>ссылка 2</i> ), возбуждение центральной нервной системы в ЭЭГ спектре соответствовало отчетливому увеличению числа сердечных сокращений. Однако, это не коррелировало с выполнением работы. В работе ( <i>ссылка 3</i> ) было показано, что частота сердечных сокращений коррелирует с волновой активностью мозга, показывая дремотное состояние при исследовании пилотов. Измерения параметров сердца могут быть скорее индикатором возбуждения, чем прямым измерением исполнения работы.
<b>Как производятся измерения?</b>	Электроды устанавливаются на поверхности груди для регистрации характеристик сердечных сокращений. Прибор, используемый для измерения биений, - это электрокардиограф (ЭКГ).
<b>Какой порог измерения?</b>	Средняя частота сердечных сокращений убывает с увеличением дремотных состояний в характеристиках ЭЭГ, и увеличивается при бодрствующих характеристиках ЭЭГ. Из исследований по измерениям параметров сердца пороги не ясны.
<b>Проблемы с этим параметром</b>	Не ясно, насколько чувствительна частота сердечных сокращений, и насколько быстро изменяется эта частота при возбуждении. На частоту сердечных сокращений могут влиять многие психологические процессы, такие как страх или волнение. Она не может быть надежным измерением на практике.
<b>Источник информации</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Egelund, N. Spectral analysis of heart rate variability as an indicator of driver fatigue, <i>Ergonomics</i>, 1982, 25, 663-672.</li> <li>2. Occupational Performance of a Paced Secondary Task under Conditions of Sensory Deprivation. I. Heart Rate Changes in Train Drivers as a Result of Monotony, Peter, J.H., Cassel, W. Ehrig, B.; Faust, M.; Fuchs, E.; Langanke, P.; Meinzer, K.; Pfaff, U, <i>European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology</i>, 1990, 60, 4, 309-314</li> </ol>

## Время реакции на стимул

Название	Время реакции на стимул
Описание	Кроме основной работы (т.е. вождение автомобиля или поезда), испытуемый выполняет дополнительную работы по принятию решений (время реакции). Измеряется время реакции и сравнивается со средним.
Как параметр измеряет бдительность / дремоту / готовность?	Работы по принятию решения имеют одновременно познавательные и психомоторные (мышечные) компоненты. Познавательные функции уменьшаются при усталости. Испытуемому труднее выполнять умственную работу, такую как устный счет, запоминание объектов или цифр, или принятие решений. Параметр включает компоненту принятия решения (т.е. выбор стимула, на который следует ответить) для исследования влияния усталости на познавательную функцию, и следовательно на бдительность испытуемого.
Как параметр коррелирует с работой?	Применение этого метода было описано в работе ( <i>ссылка 1</i> ). Прибор испытывался более 18 месяцев в четырех ситуациях, позволив получить достаточно данных для оценки практической применимости прибора и в меньшей степени – научную обоснованность метода. Прибор демонстрирует высокую надежность при обнаружении бодрствования и состояния большой усталости, как показано по измерениям глаз во время испытаний.
Как производятся измерения?	Измерения производятся с использованием прибора, который предоставляет испытуемому выбор стимулов (зрительных или слуховых), на которые он должен ответить правильно и за ограниченное время, выбрав соответствующие кнопки.
Какой порог измерения?	Порог, приведенный в <i>ссылке 1</i> – это время реакции, превышающее среднее время реакции во время бодрствования на 2 стандартных отклонения.
Проблемы с этим параметром	Тесты времени реакции представляют собой дополнительную работу, которая может отвлекать испытуемого от основной работы.
Источник информации	1. Mabbott, N., Procedures and Devices to Monitor Operator Alertness Whilst Operating Machinery in Open Cut Coal Mines -Stage 3: Trial of the Fatigue Monitor, 2002, Contract report for Australian Coal Association Research Program - Contract C9032.

## Движение головы

Название	Движение головы
Описание	Движение головы или ее положение на шее относительно нейтрального положения и относительно тела, по-видимому, меняется при изменении бдительности и усталости.
Как параметр измеряет бдительность / дремоту / готовность?	При увеличении усталости напряжение в шее человека начинает уменьшаться, в результате чего голова начинает покачиваться, опускается или поворачивается. Эти движения измеряются для получения индикаторов уровня дремоты.
Как параметр коррелирует с работой?	По-видимому, имеется немного исследований движения головы во время пробелов в работе. В работе ( <a href="#">ссылка 1</a> ) дается сравнение 6-ти технологий мониторинга дремоты (включая движение головы) на симуляторе вождения. Было обнаружено, что только закрывание глаз последовательно предсказывало пробелы в выполнении в работы. Это согласуется с другими результатами ( <a href="#">ссылка 2</a> ).
Как производятся измерения?	Активность мышц может измеряться поверхностными электродами, помещенными вблизи мышц шеи. В настоящее время доступен прибор, который регистрирует x,y, и z координаты головы, используя магнитные поля.
Какой порог измерения?	Компания MINDs описывает 5 типов движений головы, которые характеризуют уровень бдительности. Они были описаны математически и использованы для определения бдительности по движениям головы, определяемым датчиком. Этот метод специфичен для прибора MINDs, но может оказаться подходящим для других измерений движений головы.
Проблемы с этим параметром	В эксперименте, сравнивающем технологии мониторинга бдительности ( <a href="#">ссылка 2</a> ), датчик, регистрировавший положение головы отмечал кивания перед зарегистрированными периодами микросна, но показывал также, что периоды микросна появлялись без киваний головы. Это свидетельствует, что только движения головы могут не быть хорошим индикатором сонливости.
Источник информации	1. David F. Dinges, Ph.D., Malissa M. Mallis, Greg Maislin, MA, MS., John Walker Powell, IV, M.A. Final Report: Evaluation of Techniques for Ocular Measurement as an Index of Fatigue and as the Basis of Alertness Management, US National Highway Traffic Safety Administration, Report no DOT HS 808 762, April 1998. 2. Anneke Heitmann, A., Rainer Guttkuhn, R., Acacia Aguirre, A., Udo Trutschel, U. and Martin Moore-Ede, E., Technologies for the monitorin and prevention of driver fatigue, Proceedings of the First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design

## Приложение С: Оценка приборов по критериям принятия пользователем

		Eye Tracking Alertness monitor	ABM Drowsiness Monitoring Device (DMD)	Photo Driven Alert System (Patent 0208247.7)	Engine Driver Vigilance Telemetric Control System (EDVTCS), 3rd Generation	Hypovigilance Diagnosis Module (HDM) and Driver Warning System
No	Критерий	Future of Technology and Health	Advanced Brain Monitoring Inc	Michael Myronko	J-S Co. NEUROCOM	Part of the EU's Information Society Technologies (IST) research programme
UA1.	Прибор не должен отвлекать машиниста от основной работы или ответа другим приборам бдительности	Прибор может дать ложную тревогу, если машинист смотрит на свои колени	Выполнение критерия требует полной научной проверки и испытаний	Выполнение критерия требует полной научной проверки и испытаний	Выполнение критерия требует полной научной проверки и испытаний	
UA2.	Прибор не должен быть инвазивным	Удовлетворяет критерию – не инвазивен	Не удовлетворяет критерию. Прибор использует проводящий гель для улучшения контакта между пользователем и датчиком	Удовлетворяет критерию	Удовлетворяет критерию	
UA3.	Носимые приборы должны приспособляться к антропометрическим данным машиниста	Неприменим	Удовлетворяет критерию. Шлем прибора доступен в четырех различных размерах.	Должна быть достигнута приспособляемость прибора для данного проекта	Удовлетворяет критерию	
UA4.	Приборы, которые измеряют на расстоянии, должны быть приспособлены к различной высоте сидящего машиниста	Получится, если планировка и выполнение кабины поезда таковы, что выбор положения прибора ограничен	Неприменим	Неприменим	Неприменим	
UA5.	Приборы должны приспособляться к вариациям положения машиниста и его поведению во время	Приспособлен к движениям головы на 30 см в любом направлении. Это может не соответствовать активности при	Критерий выполнен. Крепления на голове должны быть не далее 6м от процессор-анализатора	Критерий выполнен. Прибор носится на ухе.	Критерий выполнен. Прибор расположен в 2 м от приемника.	

	работы	управлении поездом				
UA6.	Прибор должен приспособляться к физиологическим и поведенческим изменениям машиниста в связи с температурой и освещенностью в кабине	Прибор может выдать тревогу в случае, если машинист прищурится в связи с ярким солнцем	Критерий выполнен	Прибор может выдать тревогу, если машинист прищурится на яркий солнечный свет	Критерий выполнен. На электроды прибора не влияет потение	
UA7.	Прибор должен приспособляться к религиозным головным уборам и ношению шлемов	Неприменим	Критерий не выполнен. Прибор должен носиться на голове машиниста	Критерий выполнен	Критерий выполнен	
UA8.	Прибор должен приспособляться к корректирующим и солнечным очкам	Критерий не выполнен. Прибор не приспособлен к солнцезащитным очкам	Неприменим	Критерий не выполнен. Прибор носится на ухе, поэтому неудобно носить очки	Критерий выполнен	
UA9.	Калибровка прибора должна проводиться только один раз за смену	Критерий выполнен. Прибор калибруется автоматически при запуске. Требуется перекалибровка для нового машиниста	Критерий выполнен. Прибор требует однократной калибровки для нового машиниста	Критерий выполнен. Калибровка не требуется	Критерий выполнен	
UA10	Калибровка к физиологическому состоянию машиниста должна занимать не более 5 мин.	Критерий выполнен. Настройка оценивается в несколько минут	Критерий выполнен. Аппликация электродов занимает 3-5 минут	Критерий выполнен	Критерий выполнен. Калибровка занимает 10-20 сек.	
UA11	Если прибор требует новейших данных о физиологии машиниста, то они должны обновляться каждые 5 лет	Критерий выполнен	Влияние физиологических изменений на ЭЭГ активность еще нужно установить для этого прибора.	Неприменим	Неприменим	
UA12	Прибор должен давать в кабине звуковой сигнал тревоги	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен	

	для машиниста					
UA13	Сигнал тревоги должен отличаться от других сигналов внутри кабины	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	
UA14	Сигнал тревоги не должен маскироваться другими сигналами, гудками и шумами в кабине	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	
UA15	Прибор должен иметь контроль над отменой/подтверждением сигнала тревоги	Критерий выполнен. Сигнал тревог прекращается, когда глаза открываются полностью или по прошествии некоторого времени	Неизвестно во время составления отчета	Критерий выполнен	Критерий выполнен	

		<b>Device for monitoring haul truck operator alertness</b>	<b>ETS-PC Eye tracking system</b>	<b>faceLAB™ 2.0</b>	<b>MicroNod Detection System (MINDStm)</b>	<b>Vehicle Driver's Anti-Dozing Aid (VDADA)</b>	<b>Copilot PERCLOS Monitor</b>
No.	Критерий	<b>Australian Coal Association Research Programme (ACARP)</b>	<b>Applied Science Laboratories</b>	<b>Seeing Machines</b>	<b>Advanced Safety Concepts, Inc (ASCI)</b>	<b>BRTRC Technology Research Corporation</b>	<b>Driving Research Center</b>
UA1.	Прибор не должен отвлекать машиниста от основной работы или ответа другим приборам бдительности	Критерий не выполнен. Прибор требует дополнительной работы	Выполнение критерия требует полной научной проверки и испытаний	Выполнение критерия требует полной научной проверки и испытаний	Выполнение критерия требует полной научной проверки и испытаний	Выполнение критерия требует полной научной проверки и испытаний	Выполнение критерия требует полной научной проверки и испытаний
UA2.	Прибор не должен быть инвазивным	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен
UA3.	Носимые приборы должны приспособливаться к антропометрическим данным машиниста	Неприменим	Неприменим	Неприменим	Неприменим	Не известно на время написания отчета	Неприменим

UA4.	Приборы, которые измеряют на расстоянии, должны быть приспособлены к различной высоте сидящего машиниста	Неприменим	Будут проблемы, если исполнение кабины ограничивает возможную локализацию прибора	Будут проблемы, если исполнение кабины ограничивает возможную локализацию прибора	Радиус действия прибора 45 см от центра датчика. Если прибор смонтирован на потолке, он может не принимать движений машиниста	Неприменим	Будут проблемы, если исполнение кабины ограничивает возможную локализацию прибора. Прибор работает в 2 м от машиниста
UA5.	Приборы должны приспособляться к вариациям положения машиниста и его поведению во время работы	Положение прибора в кабине должно учитывать это затруднение	Критерий выполнен	Не известно на время написания отчета	Не известно на время написания отчета	Неизвестно на время написания отчета	Не известно на время написания отчета
UA6.	Прибор должен приспособляться к физиологическим и поведенческим изменениям машиниста в связи с температурой и освещенностью в кабине	Критерий выполнен	Прибор может дать тревогу в случае, если машинист прищурится от яркого солнца	Не известно на время написания отчета	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен
UA7.	Прибор должен приспособляться к религиозным головным уборам и ношению шлемов	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Влияние головных уборов и шлемов на движение головы не известно в момент написания	Критерий не выполнен. Прибор прикрепляется на повязку, которая носится на голове.	Критерий выполнен
UA8.	Прибор должен приспособляться к корректирующим и солнечным очкам	Неприменим	92% корректирующих очков и линз. Солнцезащитные очки хорошего качества, дешевые отражают ИК	Неизвестно на время написания отчета	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий не выполнен. Прибор работает только ночью
UA9.	Калибровка прибора должна проводиться только один раз за смену	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Неизвестно на время написания отчета	Критерий выполнен	Неизвестно на время написания отчета	Критерий выполнен. Калибровка не требуется.
UA10.	Калибровка к физио-	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Не известно на	Критерий выполнен	Неизвестно на	Критерий выполнен

	логическому состоянию машиниста должна занимать не более 5 мин.		Калибровка занимает примерно 20 сек.	время написания отчета	Калибровка проводится без участия машиниста	время написания отчета	
UA11.	Если прибор требует новейших данных о физиологии машиниста, то они должны обновляться каждые 5 лет	Прибор требует основных данных о машинисте. Частота получения таких данных требует исследования	Неприменим	Неприменим	Неприменим	Неприменим	Неприменим
UA12.	Прибор должен давать в кабине звуковой сигнал тревоги для машиниста	Критерий выполнен	Критерий не выполнен. Прибор, в настоящее время не предусматривает сигнала тревоги	Критерий не выполнен. Прибор, в настоящее время не предусматривает сигнала тревоги	Критерий выполнен	Критерий выполнен	Критерий выполнен
UA13.	Сигнал тревоги должен отличаться от других сигналов внутри кабины	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Неприменим	Неприменим	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам
UA14.	Сигнал тревоги не должен маскироваться другими сигналами, гудками и шумами в кабине	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Неприменим	Неприменим	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам	Должна быть выработана совместимость со стандартом GM/RT2161 по шумам
UA15.	Прибор должен иметь контроль над отменой/подтверждением сигнала тревоги	Критерий выполнен	Неприменим	Неприменим	Критерий выполнен. Контроль обеспечивается	Неизвестно на время написания отчета	Неизвестно на время написания отчета

## Приложение D: Оценка приборов по ЖД критериям Великобритании

No	Критерий	Телеметрическая Система Контроля Бодрствования Машиниста (ТСКБМ) - Engine Driver Vigilance Telemetric Control System (EDVTCS).	Регистрация микронаклонов - MicroNod Detection System (MINDStm)
No	Критерий	<b>ЗАО «Нейроком»</b>	<b>Advanced Safety Concepts, Inc (ASCI)</b>
RC1	Устройство должно иметь приспособления для связи с другими компонентами интерфейса (например, контролером тормозов и АСБ).	Прибор в настоящее время используется на Российских железных дорогах и подключен к другим приборам безопасности	Неизвестно, есть ли у прибора какие-либо выходы
RC2	Прибор должен иметь возможность регистрировать и запоминать физиологические данные.	Непонятно из описания прибора, регистрирует ли он физиологические данные	Непонятно из описания прибора, регистрирует ли он физиологические данные
RC3	Зарегистрированные и сохраненные прибором данные должны быть легко воспроизводимы и интерпретируемы.	См. выше	См. выше
RC4	Прибор должен иметь приспособления для связи с РПД.	Для выполнения критерия нужна консультация с экспертом	Для выполнения критерия нужна консультация с экспертом
RC5	Приборы слежения за глазами должны быть совместимы с поведением машиниста в кабине в связи с внутрикабинной связью.	Неприменим	Неприменим
RC6	Если прибор использует телеметрию для передачи данных, передача данных не должна неблагоприятно сказываться на настоящих и будущих радиопередачах между поездом и линией ЖД.	Частота радиосвязи прибора 17000 МГц. Энергия сигнала 6 мкВт. Это согласовано с требованиями ЭМТ	Неприменим
RC7	Если прибор использует телеметрию для передачи данных, на передачу данных не должны неблагоприятно влиять на настоящие и будущие радиопередачи.	См. выше	Неприменим
RC8	Прибор должен быть невосприимчив к магнитным (и другим) полям от моторов, электропроводов и электрифицированного третьего провода.	Прибор в настоящее время используется в России, поэтому вероятно помехоустойчив относительно магнитных полей	Прибор может не быть помехоустойчивым к магнитному взаимодействию, т.к. он зависит от измерения емкости
RC9	Прибор должен быть согласован со стандартом GM/RT/2000 - «Инженерные требования для вагонов поезда».	Прибор нужно оценить относительно GMRT/2000	Прибор нужно оценить относительно GMRT/2000
RC10	Прибор должен работать как при наличии, так и при отсутствии движения.	Прибор работает в условиях Российской железной дороги	Прибор работает при температурах от 0 до 85 С
RC11	Прибор не должен добавлять	Неизвестно во время написания	Неизвестно во время напи-

	температурную нагрузку в кабине.		сания
RC12	Прибор должен работать при условиях освещенности дня и ночи.	Из описания прибора неясно, имеет ли дисплей контроль освещенности	Прибор дает видимое предупреждение, если падает бдительность, однако неизвестно, имеет ли дисплей контроль освещенности
RC13	Производитель прибора должен предоставить описание.	Критерий выполнен	Неизвестно во время написания
RC14		Неприменим	Необходимо определить, как прибор будет справляться с машинистом, следящим одновременно за движением, и индикацией приборов внутри кабины

## Приложение Е: Оценка прибора по научным критериям

No	Критерий	Телеметрическая система Контроля Бодрствования Машиниста - Engine Driver Vigilance Telemetric Control System (EDVTCS), ЗАО «Нейроком»
<b>Внутренняя достоверность</b>		
<b>Общие</b>		
SC1	Какие измерения выполнения работы использованы для проверки прибора? Соответствует ли работа и измерение ее выполнения работе машиниста?	Используемые для валидации прибора тесты, были лабораторными, основанными на заданиях бдительности (SC9). Прибор, тем не менее, используется на Российских железных дорогах.
SC2	Измеряет ли прибор то, что должен измерять? Что еще он может измерять?	Прибор измеряет электрическую активность на поверхности кожи с помощью электродов, расположенных в наручных часах, и вычисляет отклонение электродермального сопротивления в реальном времени (это называется электродермальной реакцией). Это типичный метод измерения электрической активности кожи. Прибор использует специальные алгоритмы для устранения артефактов, таких, как электрическая активность от движения мускул.
SC3	Прибор измеряет действительно то, что и предполагали производители?	Утверждается, что устройство измеряет бдительность. То есть способность людей отреагировать каким-то образом на возникновение нечастых и непредсказуемых стимулов (во времени, месте, или обоим) изменяется в течение длительных периоды времени. Предоставленная изготовителем устройства литература по исследованиям показала существенные связи между электродермальными реакциями (ЭДР) и временем реакции на стимул. Способность реагировать на стимул связана с бдительностью.
SC4	Имеет ли физиологический параметр, измеряемый прибором отношение к работе машиниста? Параметр, измеряемый устройством, имеет отношение к работе машиниста?	Проводились отдельные исследования, использующие визуальную монотонную задачу и психомоторную задачу бдительности. Эти эксперименты показали, что уменьшения ЭДР предшествовали ошибкам при выполнении задачи и увеличению времени реакции на стимул.
SC5	Как измерения прибора согласуются с субъективными оценками?	Субъективные критерии не сообщены в литературе.
SC6	Использование параметрических тестов.	Эксперименты, упомянутые в SC4, использовали 11 и 64 участников соответственно. В литературе, предоставленной производителем, утверждается, что в течение 20 лет исследовались 6500 испытуемых для подтверждения технологии.
<b>Критерии достоверности</b>		
SC7	Сравнивался ли параметр с другими проверенными параметрами, изменяющими ту же величину?	Результаты измерения ЭДР сравнивались с измерениями ЭЭГ во многих экспериментах с использованием прибора для верификации данных ЭДР. Показано, что изменения в количестве измеренных ЭДР соответствует сонливый цикл, полученным по измерениям ЭЭГ.
SC8	Верны ли предсказания тестов? Достоверны ли результаты?	В литературе, предоставленной производителем, подтверждается, что прибор измеряет уменьшение бдительности.
<b>Достоверность</b>		
SC9	Согласованы ли измерения прибора в серии измерений?	Из исследовательской литературы следует, что использовались два типа тестов бдительности в течение экспериментов – нажатие кнопки во время счета и тест визуального обнаружения. Результаты последовательны в тестах.

SC10	Использовались ли повторные измерения?	Из документов об исследовании непонятно, были ли использованы повторные измерения.
<b>Чувствительность</b>		
SC11	Сколько раз прибор пропустит событие, которое должен замечать (ложное-отрицание)?	В литературе утверждается, что вероятность того, что прибор не предскажет состояние, предшествующее сну, равна 0.00001.
<b>Специфичность</b>		
SC12	Как часто прибор даст ложную тревогу (ложное-положительное)?	Вероятность ложной тревоги - 0.08. Литература утверждает, что если прибор отмечает уменьшение бдительности ниже приемлемого уровня, 8 из 100 будут ложными.
<b>Обобщение/ внешняя достоверность</b>		
<b>Популяционная достоверность</b>		
SC13	Измеряются ли одни и те же случаи для всех людей?	В экспериментах, проведенных для подтверждения теории, исследовались испытуемые в возрасте 16 – 69 лет, обоого пола. Были проведены эксперименты для определения индивидуальных, а также половых различий в измерении бодрствования, перехода к дремоте. Исследование приводит к выводу, что в период бодрствования нет различий, связанных с полом, а во время перехода к дремоте есть некоторые различия. Во время перехода к дремоте есть также и индивидуальные различия. Тенденции ЭДР во всех случаях одинаковы.
SC14	Как ведут себя результаты исследований для разных испытуемых?	
SC15	Как изменяются результаты исследований среди испытуемых?	
SC16	Принимается ли во внимание изменчивость популяции?	
SC17	Соответствуют ли характеристики выбранной популяции характеристикам машинистов?	Литература не указывает точно тип популяции в экспериментах.
<b>Экологическая достоверность</b>		
SC20	Какова длительность эксперимента?	Продолжительность теста, описываемая в исследовательской литературе примерно 30-40мин. Это можно сравнить со сменой машиниста длительностью 7- 8 часов. Однако, время между остановками намного короче.



## Приложение F: Подвижной состав Великобритании

Класс	Введен в эксплуатацию	Количество	Тип
8	1953	265	Дизель
9	1959	36	Дизель
20	1957	40	Дизель
31	1957	138	Дизель
33	1960	30	Дизель
37	1960	289	Дизель
43	1976	196	Дизель
47	1963	331	Дизель
56	1976	126	Дизель
58	1983	50	Дизель
59	1985	15	Дизель
60	1989	100	неизвестен
66	заказан	220	CoCo Локомотив
67	заказан	30	CoCo Локомотив
73	1965	44	Дизель и Электрический @ 750V DC 3rd Rail
86	1965	95	@ 25kV AC 50hz
87	1973	36	Электрический @ 25kV 50hz
89	1987	1	Электрический @ 25kV 50hz
90	1987	50	Электрический @ 25kV 50hz
91	1988	31	Электрический @ 25kV 50hz
92	1994	37	Электрический @ 750V DC & 25kV AC 50 Hz
101	1958	36	DMU 2
117	1959	17	DMU 3
121	1960	4	DMU 1
142	1984	9	DMU 2
142	1985	96	DMU 2
143	1985	25	DMU 2
144	1986	23	DMU 2
150	1986	131	DMU 2
153	1987	70	DMU 1
155	1988	7	DMU 2
156	1987	86	DMU 2
158	1990	182	DMU 2
159	1992	22	DMU 3
165	1990	76	DMU 2
166	1992	21	DMU 3
168	1998	5	DMU-4
170	заказан	33	DMU-3

170	заказан	40	DMU-2
205	1957	10	DEMU3
207	1962	4	DEMU2
302	1958	29	EMU 4
303	1959	46	EMU 3
305	1960	14	EMU 3
308	1961	21	EMU 3
309	1962	6	EMU 4
310	1965	48	EMU 3
312	1976	49	EMU 4
313	1976	64	EMU 3
314	1979	16	EMU 3
315	1980	59	EMU 4
317	1981	79	EMU 4
318	1985	21	EMU 3
319	1987	86	EMU 4
320	1990	22	EMU 3
321	1988	117	EMU 4
322	1990	5	EMU 4
323	1992	43	EMU 3
332	1997	14	EMU 4
333	заказан	16	EMU-3
334	заказан	40	EMU-3
357	заказан	44	EMU-4
365	1994	41	EMU 4
373	1993	11	EMU 20
411	1958	85	EMU 4
412	1960	7	EMU 4
421	1964	144	EMU 4
422	1970	13	EMU 4
423	1967	190	EMU 4
442	1988	24	EMU 5
455	1982	137	EMU 4
456	1990	24	EMU 2
458	заказан	16	EMU-4
458	заказан	30	EMU-4
465	1991	147	EMU 4
466	1991	43	EMU 2
489	1983	10	EMU 1
507	1978	33	EMU 3
508	1979	31	EMU 3

373/2	1995	7	EMU 16
488/2	1973	17	EMU 2
N/A	заказан	2	EMU-11
N/A	заказан	8	DMU-5
N/A	заказан	9	DMU-3
N/A	заказан	7	DMU-3
N/A	заказан	11	DMU-2
N/A	заказан	55	EMU-8
N/A	заказан	43	DMU-4
N/A	заказан	36	BoBo Locomotive
	Total	5077	

## Приложение G: Изучение случаев пропущенных сигналов при опасности

Определения категорий взяты из железнодорожного отчета ПСпО за май 2002, стр. 25

A = ПСпО, произошедшие на кодированном пути.

1 = Проезд от 0 до 25 ярдов<sup>5</sup>, без выезда на соседний путь, без повреждений, ран или смерти.

2 = Проезд от 26 до 200 ярдов, без выезда на соседний путь, без повреждений, ран или смерти.

3 = Проезд с выездом на соседний путь и все проезды более 200 ярдов, без повреждений, ран или смертей.

4 = Схождение с пути без столкновений и аварий.

5 = Столкновение (с или без схождения с пути) без аварии.

6 = Повреждения бригады или пассажиров без смерти.

7 = Смерть для бригады или пассажиров.

<b>Случай 1</b>	Ссылка 01/RSR/094, ноябрь 2001.
<b>Категория</b>	A, категория серьезности – 2.
<b>Заключение</b>	Машинист не среагировал на предупреждающий характер сигнала 1 и 2. Вследствие этого, при срабатывании САП, связанного с сигналом 3, он ехал со скоростью 61.39 миль <sup>6</sup> /час и не смог остановиться до проезда сигнала 3 опасности.
<b>Основные причины</b>	1. Машинист был занят и отвлечен неисправностью САП, которую заметил за 9 минут до этого. 2. Машинист был сравнительно неопытным (работал только 6 недель). 3. Машинист нарушил правила КЭЖД, не контролировал скорость поезда в соответствии с предупреждающими сигналами перед сигналом опасности 3.
<b>Источник причины</b>	1. Когда профессиональное соответствие машиниста было проверено в соответствии с правилами КЭЖД, не была отмечена склонность машиниста к отвлечению вследствие невнимательности. 2. Инспекция и обслуживание САП оборудования поезда не предотвратило его неисправности.
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, нет.

<b>Случай 2</b>	Ссылка 2001/RGW/083, октябрь 2001.
<b>Категория</b>	A, категория серьезности – 2.
<b>Заключение</b>	1. Машинист был уставшим, т.к. накануне был рано разбужен трехмесячным сыном. 2. Машинист был уставшим еще и потому, что это была его первая ночная смена, а он не мог поспать днем. Кроме того, он не смог спать во время переезда пассажиром между вокзалами, т.к. поезд, в котором он ехал, был переполнен.
<b>Основные причины</b>	Поезд не был снабжен Устройством бдительности машиниста, и поэтому дополнительной защиты машиниста от усталости не было.
<b>Источник причины</b>	Машинист пренебрег сигналом 1 (дальним), не смог соответственно отреагировать и вследствие этого проехал на сигнал 2 опасности без разрешения.
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, ПСпО могло бы быть предотвращено Устройством бдительности машиниста, если бы оно было.

<sup>5</sup> 1 ярд = 3 футам = 36 дюймам = 0,9144 м.

<sup>6</sup> В Великобритании 1 морская миля = 1,853184 км

<b>Случай 3</b>	Ссылка 00/RSR/035, июнь 2001.
<b>Категория</b>	А, категория серьезности- 3.
<b>Непосредственные причины</b>	Машинист, управляя пассажирским поездом, пропустил сигнал 1 опасности из-за невнимания или/и провала концентрации внимания. Хотя он знал, что едет на желтые сигналы, он как оказалось, не следовал осторожному методу езды, предусмотренному КЭЖД. (Машинист впервые заметил сигнал 1, когда он был желтым, после 30 сек от начала сигнала). Сигнал впоследствии переключился на опасность, который машинист не заметил, находясь от него в 20 м).
<b>Дополнительные причины</b>	1. Кажущаяся плохая техника вождения не была замечена в курсе его обучения и проверки. Обычные методы проверки, вероятно, не могут обнаружить недостаток концентрации и внимания, когда машинист знает, что его проверяют. 2. Из-за уверенности машиниста, его очевидной интеллигентности и энтузиазма, вероятно тенденция управления КЭЖД считать его более компетентным, чем на самом деле. Возможно, то что машинисту не дали штрафных очков за предыдущие нарушения безопасности, и вследствие его ошибок не дали ему категорию А по риску, внесло вклад в излишнее доверие к нему со стороны управления компании.
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, нет

<b>Случай 4</b>	Ссылка 01/RSR/052, июль 2001
<b>Категория</b>	А, категория серьезности - 2
<b>Непосредственные причины</b>	1. Непосредственной причиной происшествия было то, что машинист неправильно решил, что сигнал 1 относится к его поезду. Соответственно, он провел свой поезд через сигнал 2 опасности, т.к. он считал, что сигнал прохода с указателем сигнала 1 на платформу 5, которая была освобождена для проезда поезда с первой быстрой линии, относится к его поезду (на медленной линии).
<b>Источник причины</b>	Причины лежащие в основе, можно суммировать следующим образом: 1. Машинист не очень хорошо себя чувствовал и имел более низкий, чем в норме, уровень внимания, подъезжая к ПСпО сигналу, который очевидно был нетрудным. Из-за угла подъезда по S-образной кривой (что могло усиливаться позой машиниста при подъезде), машинист воспринял сигнал 1, который относился не к нему, как свой сигнал. Когда машинист увидел сигнал и понял его смысл, он не смог перепроверить смысл сигнала во время подхода к алатформе. Причины невнимательности не могут быть четко определены или объяснены. Главными причинами, по-видимому, было низкое возбуждение машиниста и его неспособность адекватно перепроверить смысл сигнала. 2. Эти оба фактора являются результатом личностного поведения машиниста и ошибок на инструктаже. Первое является следствием сломанного зуба и лекарств, не выписанных машинисту, которые он принял утром в день ПСпО. Эти таблетки привели к плохому самочувствию машиниста, и то, что он не сообщил об этом, было недопустимо. Хотя комиссия не считает это упущение намеренным, отсутствие адекватного объяснения, почему правильное значение сигнала не было понято на малой скорости, приводит к выводу, что машинист вел себя не достаточно ответственно, объявляя себя готовым к работе в этот день. 3. Плохие навыки в локализации и распознавании сигнала также должны быть возложены на обучение и инструктаж машиниста. КЭЖД следует решить, почему, несмотря на всестороннюю программу, машинист проявил небрежность при подходе к известному многофункциональному сигналу. Также, комиссия считает, что поведение машиниста и его положение стоя, возможно, увеличили вероятность происшествия. Но все это должно рассматриваться в контексте определения, что такое допустимое поведение машиниста. Возможно, эти поведенческие аспекты не учитываются в текущем материале. 4. Комиссия не считает, что сигнал 2 слишком трудно локализовать или увидеть. Находясь рядом с сигналом 1, два сигнала не находятся на соседних линиях и лают машинисту простые указания направо или налево ему ехать. Ол-

	<p>нако, как говорилось раньше, S-образная кривая увеличивает вероятность ошибки.</p> <p>5. Вполне возможно, что машинист, на самом деле, забыл на какой он линии и принял сигнал 1 за свой сигнал. Комиссия поэтому считает, что снабжение сигналов 1 и 2 панелями назначения является первостепенным и должно быть введено срочно. Решение комиссии в декабре 1999 кажется неправильным. Если бы панели не были запрещены, вероятно, это ПСпО не произошло бы.</p>
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, нет

<b>Случай 5</b>	Ссылка 01/RMI/301, август 2001
<b>Категория</b>	A, категория серьезности - 4
<b>Непосредственные причины</b>	1. Машинист поезда проехал сигнал 1 в положении опасность, считая, что он видит желтый сигнал, в результате того, что он впервые увидел сигнал, когда солнце отражалось в сигнальных линзах, до того, как красный луч попал в его поле зрения. Затем, приблизившись к сигналу, он не сумел правильно распознать его смысл.
<b>Дополнительные причины</b>	1. Видимость сигнала, расположение линз и ярких лучей сигнала 1 было не идеальным и создало условия, в которых машинист мог сделать ошибку. Не было правильной регистрации и рекомендаций в связи с этим сигналом. АСБ оборудование поезда, возможно, работало неправильно и не дало машинисту дальнейшего напоминания о смысле сигнала 1, хотя при тестах это казалось невероятным.
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, нет

<b>Случай 6</b>	Ссылка 2001/RGW/060, июнь 2001
<b>Категория</b>	A, категория серьезности - 2
<b>Заключение</b>	
<b>Основные причины</b>	Пыль из вентиляции внутри кабины попала в глаза машиниста и одновременно вызвала чихание. Это отвлекло его и вызвало потерю внимания между одиночным желтым, принятым от сигнала 2 и красным на сигнале 1
<b>Источник причины</b>	Расстояние между сигналом 2 и 1 очень мало. Время, в течение которого поезд пересекает этот участок после получения одиночного желтого, очень мало. Это может привести к уменьшению внимания.
<b>Непосредственные причины</b>	Поезд проехал сигнал 1 в положении опасность из-за того, что машинист не обратил внимание на одиночный желтый сигнал у развилки. Машинист не смог контролировать скорость поезда в соответствии с правилами при подходе к сигналу 1 опасности из-за уменьшения внимания. Машинист включил вентиляционное оборудование кабины между получением одного желтого на сигнале 2 и подходом к сигналу 1 опасности.
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, нет

<b>Case 7</b>	Ссылка 2001/RGW/052, июнь 2001
<b>Категория</b>	A, категория серьезности - 1
<b>Основные причины</b>	1. Машинист не поступил в соответствии с правилами КЭЖД, ускорив поезд в тоннеле 7 до полной скорости 40 миль/час после отхода от станции при одиночном желтом свете сигнала 1.

	2. Машинист помнил зеленый цвет сигнала 2, т.к. стоял у этого сигнала несколько минут, ожидая, пока красный цвет сменится зеленым.
<b>Источник причины</b>	1. Машинист, исполняя обязанности на стоянке, был отвлечен от одиночного желтого на сигнале 1, перейдя на правую сторону кабины для проверки, полностью ли состав расположился на станции.
<b>Непосредственные причины</b>	Машинист пренебрег одиночным желтым характером сигнала 1 (и таким образом не ожидал красного сигнала на сигнале 3, который он проехал при опасности).
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, нет

<b>Случай 8</b>	Ссылка 2001/RGW/091, октябрь 2001
<b>Категория</b>	A, категория серьезности – 4
<b>Основные причины</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Свет сигнала 1, находящийся почти на уровне земли, меньше замечен машинистом.</li> <li>2. Свет сигнала 1 частично заслоняется листвой, уменьшая его видимость.</li> <li>3. Свет сигнала 1 не новейшей системы и не имел наиболее легко интерпретируемой системы двух красных сигналов для опасности.</li> <li>4. Машинист привык оставаться на пустом боковом пути почти до времени отправления, независимо от сигнала. Это привело к тому, что время отправления значило больше, чем сигналы.</li> </ol>
<b>Источник причины</b>	1. Поведение молодежи, шатающейся вокруг станций, приводят к тому, что некоторые машинисты остаются на боковых путях при пропускающем сигнале, чтобы избежать конфронтации с ними на станции.
<b>Непосредственные причины</b>	1. Машинист игнорировал сигнал 1 на поворотном боковом пути, проехал его без разрешения, это привело к сходу поезда с рельс на станции.
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, нет.

<b>Случай 9</b>	Ссылка 01/RSR/115, декабрь 2001.
<b>Категория</b>	A, категория серьезности – 2.
<b>Заключение</b>	Машинист не смог проверить смысл сигнала 1, что привело к проезду его при опасности.
<b>Основные причины</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изменение техники вождения и увеличение ускорения привело к увеличению тягового тока. Это, одновременно, с замораживанием проводящего рельса, привело к увеличению интервалов искрения, что привело машиниста к мысли о повреждении колодки тормозов.</li> <li>2. Придя к выводу, что сигнал должен быть заменен сигналом опасности, машинист не смог воспользоваться памяткой машиниста.</li> <li>3. Машинист отвлекся, когда высаживал пассажиров и своим мнением, что колодки поезда повреждены.</li> </ol>
<b>Источник причины</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Инструктаж машиниста, предпринятый КЭЖД, не остановился на трудностях, которые могут быть встречены при вождении в условиях, когда проводящий рельс загрязнен инеем или снегом.</li> <li>2. КЭЖД не проинструктировал своих машинистов о развитии ситуации, когда сигнал впереди поезда должен быть заменен сигналом опасности.</li> </ol>
<b>Возможность предотвращения с помощью нового прибора бдительности?</b>	Вероятно, нет.

Rail Safety and Standards Board Evergreen House 160 Euston Road London NW1 2DX

Reception Telephone +44 (0)20 7904 7777 Facsimile +44 (0)20 7904 7791

[www.rsssb.co.uk](http://www.rsssb.co.uk)

Rail Safety and Standards Board Evergreen House 160 Euston Road London NW1 2DX.

Rail Safety and Standards Board is a not-for-profit company limited by guarantee.

Registered in England and Wales № 04655675.