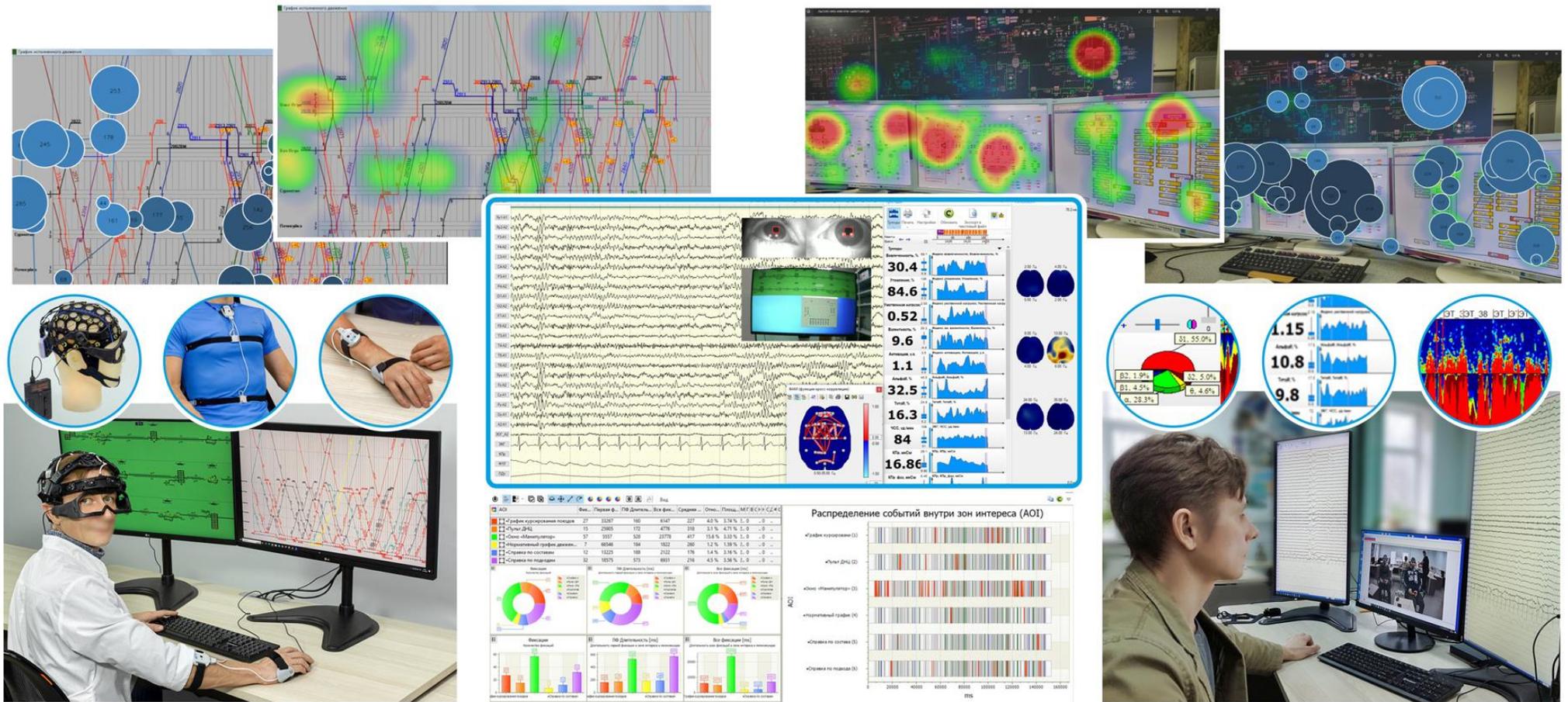


Комплекс анализа и контроля психофизиологической информации КАПИ в исполнении «Энцефалан-Next-24» шифр «Профконтроль»



Назначение и основные функциональные возможности Комплекса

Комплекс анализа и контроля психофизиологической информации КАПИ в исполнении «**Энцефалан-Next-24**» для исследования функционального состояния (ФС) человека в процессе выполнения операторской деятельности, шифр комплектности «**Профконтроль**», является программно-аппаратным комплексом (ПАК) в комплекте с программным обеспечением (ПО).

Основное назначение Комплекса в исполнении «Энцефалан-Next-24», шифр «Профконтроль» исследование функционального состояния (ФС), эмоциональных реакций, резервов внимания человека в процессе выполнения операторской деятельности с целью установления определенных принципов, закономерностей и механизмов деятельности человека-оператора и разработки инновационной модели нормирования трудовых процессов сотрудников, которая необходима для определения оптимальной величины численности персонала с учетом продолжительности, интенсивности работы и других факторов.

Важное значение имеет оценка уровня когнитивной нагрузки и умственного утомления человека-оператора в процессе выполнения работы. Под когнитивной нагрузкой понимается количество умственных усилий или ресурсов, необходимых для успешного выполнения задачи. Нагрузка охватывает различные когнитивные процессы, такие как внимание, память, решение проблем, принятие решений и восприятие. Чем сложнее задача, тем выше рабочая нагрузка, необходимая для ее эффективного исполнения.

Использование специализированного оборудования и программного обеспечения позволяет регистрировать динамику нейрофизиологических и соматовегетативных показателей человека-оператора, особенности распределения его зрительного внимания на контенте, предъявляемом на мониторах, мнемосхемах и информационных панелях.

Вид человека-оператора со всем установленным на него оборудованием для регистрации физиологических сигналов (ЭЭГ, ЭКГ, ФПГ, КПр, рекурсия дыхания, двигательная активность), глазодвигательной активности, контента с «камеры сцены» (то, что видит оператор в процессе работы) и звукового потока с микрофона, установленного в очках-айтрекере приведен на рисунке.

Исследования с мультимодальным набором данных обеспечивают наиболее всеобъемлющую стратегию для раскрытия сложной природы человеческого поведения и как частный случай, особенностей поведения и эффективности работы человека-оператора в процессе выполнения операторской деятельности. Объединение разнообразных потоков данных позволяет учесть большее количество факторов, влияющих на деятельность оператора.

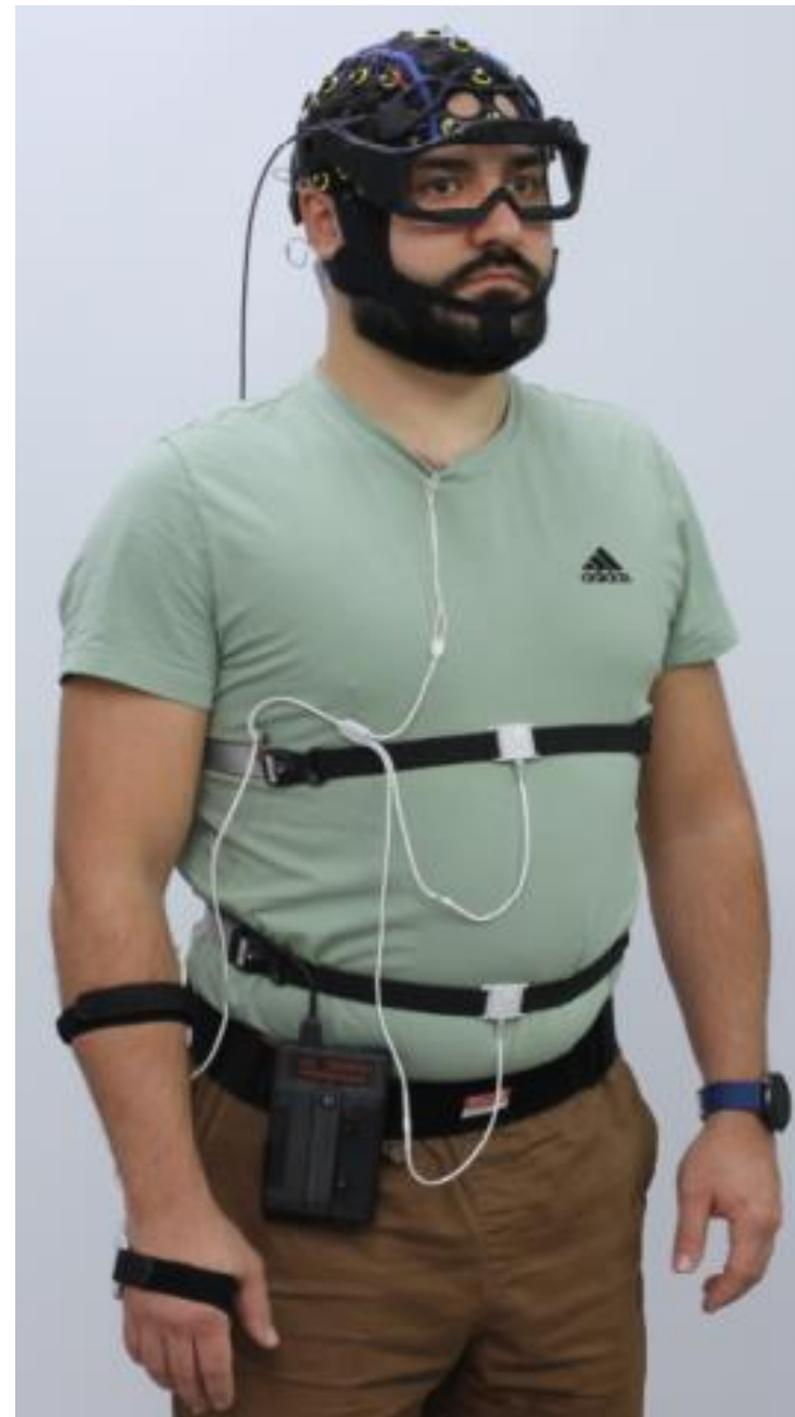
В качестве данных для регистрации и последующего анализа используются:

1. Данные от очков-айтрекера: видеопоток с «камеры сцены», глазодвигательная активность, направление взгляда в координатах контента «камеры сцены», расстояние до точки фиксации взгляда, диаметр зрачка, видеопоток глаз с детектированными зрачками и роговичными бликами, аудиопоток, получаемый с микрофона, встроенного в очки-айтрекер и отражающий возможные переговоры оператора и различные звуковые сообщения.

2. Физиологические данные от блоков регистрации физиологических сигналов (электроэнцефалограмма, электрокардиограмма, фотоплетизмограмма, кожная проводимость, рекурсия дыхания, двигательная активность).

3. Детектированные действия оператора с клавиатурой и мышью при выполнении операторской деятельности (какие кнопки и в какой момент нажимались на клавиатуре и мыши, координаты перемещения мыши).

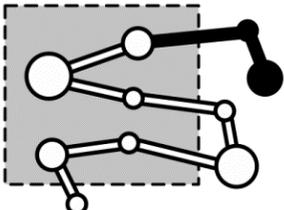
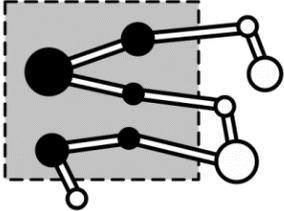
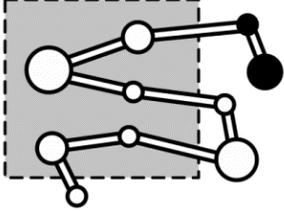
4. Видеопоток, отражающий рабочее место человека-оператора и выполняемые им действия.



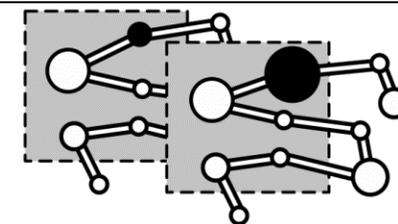
5. Данные от «блока резервов внимания» (БРВ), отражающие моменты появления внешних событий (загорания светодиодов разного цвета) и данные по нажатию на кнопки 2-кнопочного датчика (какая кнопка и когда была нажата).

Комплекс обеспечивает документирование всех процессов, характеризующих работу человека-оператора при выполнении им своих производственных обязанностей и моделируемых дополнительных внешних событий. Все эти потоки данных синхронизированы между собой, и в любой момент времени отражают согласованную информацию, относящуюся к выбранному временному срезу.

Данные от очков-айтрекера используются для расчета параметров глазодвигательной активности (ГДА), учитываемых при оценке функционального состояния оператора. Описание расчета параметров ГДА и иллюстрации по ним отражены в таблице. В правом столбце отражены мнемосхемы параметров, показывающие условные «зоны интереса» (пунктирным прямоугольником), фиксации (кружки разного диаметра) и саккады (линии, соединяющие кружки).

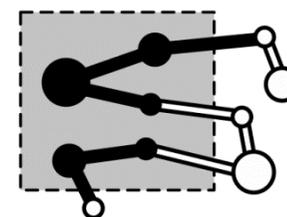
<ul style="list-style-type: none"> • Время до первой фиксации (Time to first fixation) показывает время, затрачиваемое оператором от начала предъявления зрительного стимула (например, загорания какого-то индикатора на панели или в окне «Манипулятор») до начала перемещения взгляда на этот стимул. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Количество фиксаций в определенной зоне (Fixation count)— сколько раз оператор возвращался взглядом (с наличием события фиксация) в данную зону интереса. Количество фиксаций в зоне интереса отражает степень привлекательности или сложности контента, соответствующего этой зоне. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Количество фиксаций, которое было зарегистрировано до того, как появилась первая фиксация в выделенной зоне интереса (Fixations Before), находится в обратной корреляции со степенью заметности стимула в анализируемой зоне интереса. 	

- Длительность первой фиксации, которая показывает не только, насколько целевой стимул заметен, но и насколько он занимает внимание оператора. Сочетание короткого промежутка до первой фиксации и длительной первой фиксации говорит о высокой заинтересованности оператора в информации, находящейся в данной области.

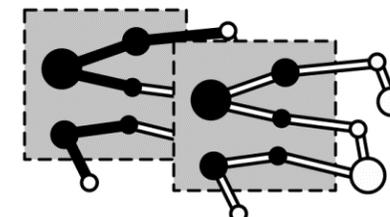


Короткая длительность 1-й фиксации (слева), высокая длительность 1-й фиксации (справа)

- Суммарная длительность фиксации связана с семантикой рассматриваемой зоны интереса и поставленной перед оператором задачей. Характерно удлинение суммарной длительности для зон, содержащих высокоинформативные объекты или объекты, динамично изменяющиеся в ходе экспозиции. Также высокая длительность рассматривания может быть связана с отсутствием опыта в решении поставленной задачи и затруднениями в переработке получаемой информации.



- Средняя длительность фиксации в зоне интереса — это отношение суммарной длительности фиксации к количеству фиксаций в этой же зоне интереса. Средняя длительность несет ту же смысловую нагрузку, что и суммарная длительность и характеризует степень зрительного интереса к объекту, соответствующую этой зоне.

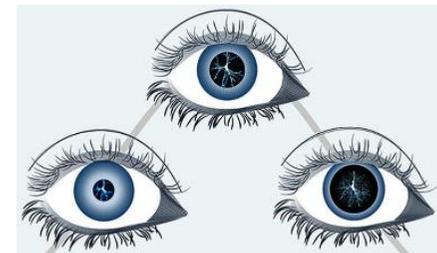
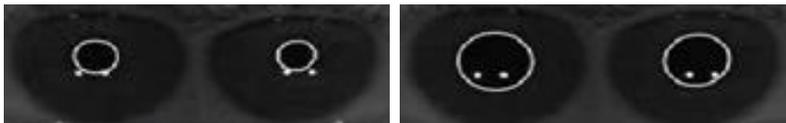


Отношение общей длительности (слева) к количеству фиксаций (справа).

- Частота моргания (ЧМ), чувствительная к зрительной нагрузке, является ценным инструментом когнитивной оценки. Чем важнее визуальная информация для оператора, тем более вероятно, что будет подавляться моргание, т.е. снижение ЧМ коррелирует с вовлеченностью в процесс получения информации. ЧМ обычно падает, когда человек воспринимает новую важную информацию или концентрируется. Отрицательные или положительные эмоции заставляют человека мигать чаще (при стрессе) или реже соответственно.



• Диаметр зрачков глаз связан с большим количеством факторов, в том числе, с уровнем освещения, сложностью выполняемых заданий, коррелирует с когнитивной нагрузкой и эмоциональным состоянием. Диаметр зрачка увеличивается с повышением когнитивной нагрузки и усилением эмоциональных реакций. Пример увеличения диаметра зрачков:



На основе регистрируемых физиологических сигналов рассчитываются различные показатели, используемые для оценки функционального состояния оператора в процессе операторской деятельности:

• Нейрофизиологические показатели рассчитываются на основе анализа биопотенциалов головного мозга – электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и сверхмедленной активности мозга (СМА). К ним относятся такие показатели, как индекс активации (Activation Index), вовлеченности (Engagement Index), умственной нагрузки (Mental workload index), умственного утомления (Mental fatigue index), эмоциональной валентности (Valency), различные спектральные индексы ЭЭГ и их отношения, а также изменения потенциалов сверхмедленной активности мозга, коррелирующей с метаболическими процессами мозга.

• Соматовегетативные показатели, рассчитываемые на основе анализа сигналов, характеризующих взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС): частота сердечных сокращений (ЧСС) и параметры variability сердечного ритма (VCP) на основе сигнала ЭКГ, кожная проводимость (КПр) тоническая и фазическая, амплитуда систолической волны (АСВ) и перфузионный индекс по сигналу фотоплетизмограммы (ФПГ), частота и глубина дыхания по сигналу с датчиков рекурсии дыхания (РД) и пр.

Краткая информация по информативной значимости некоторых из этих показателей:

• ЭЭГ «индекс вовлеченности» коррелирует с требованиями задачи, включая уровень и сложность сенсорной обработки стимулов и потребность в распределении ресурсов внимания. Этот индекс коррелирует с нагрузкой в простых задачах на бдительность и память, а также в более сложных задачах моделирования.

• ЭЭГ «Индекс умственной нагрузки» коррелирует с уровнем когнитивной обработки, связанной с задачами, включающими исполнительную функцию, рабочую память и аналитическое мышление.

• «Индекс эмоциональной валентности» отражает эмоциональную окраску активности мозга и коррелирует, в том числе, с умственным утомлением.

• Динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС), полученная на основе сигнала ЭКГ, служит надежным индикатором, демонстрируя положительную корреляцию с увеличением требований к выполнению задач.

• Частота дыхания (ЧД), отражающая метаболические потребности, коррелирует с когнитивной нагрузкой, особенно в задачах операторской деятельности, как диспетчеризация движения ЖД-составов.

Повышение ЧСС, снижение вариабельности сердечного ритма, повышение значений кожной проводимости (КПр), частоты и глубины дыхания свидетельствуют об активации (возбуждении) или стрессе, в том числе при повышении когнитивной нагрузки, а обратные тенденции - о расслабленности или усталости.

На основе анализа событий (моменты времени загорания светодиодов разного цвета в периферической области зрения оператора, а также действия оператора по нажатию красной или зеленой кнопки на дополнительном 2-кнопочном датчике) от «Блока резервов внимания» БРВ осуществляется расчет показателей, отражающих общее число реакций (нажатий на кнопки БРВ), число правильных реакций, число ошибочных реакций и показатель резервов внимания, характеризующий имеющиеся у оператора резервы внимания, т.е. возможность отвлекаться на выполнение дополнительных задач.

Технология оценивания резервов внимания оператора, которая предназначена для использования в процессе тренажерной подготовки операторов, направлена на расширение возможностей оператора в процессе выполнения операторской деятельности, что имеет большое значение для повышения надежности этой деятельности и снижения вероятности аварийных ситуаций. Процесс тренировки на тренажере сопровождается повышением качества операторской деятельности и оптимизацией нервно-эмоциональных реакций оператора.

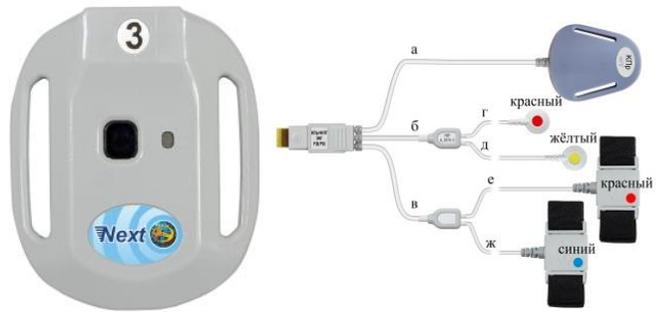
Дополнительное повышение надежности операторов может быть обеспечено за счет проведения с ними тренингов с биологической обратной связью (БОС-тренинга) с использованием Комплекса КАПИ в исполнении «РЕАКОР-NEXT», предназначенного для проведения тренингов с биологической обратной связью (БОС), основанных на принципах аутотренинга и психической саморегуляции. Комплекс используется для контроля функционального состояния, объективного психологического и психофизиологического тестирования лиц напряженных профессий, спортсменов, студентов, менеджеров, а также персонала различных предприятий и организаций.

Для психодиагностики персонала, занятого в операторской деятельности, может использоваться Комплекс контроля и анализа психофизиологической информации КАПИ с программным обеспечением «Энцефалан-ПНТ». Комплекс обеспечивает проведение тестирования с использованием психологических, психофизиологических, когнитивных, проективных и нейропсихологических методик с одновременной многоканальной регистрацией мультимодальных данных: глазодвигательной активности обследуемого лица, его действий с клавиатурой и мышью, нейрофизиологических и соматовегетативных показателей при выполнении тестирования, видеопотоков контента (стимульного материала тестирования), лица и глаз респондента.

Основные компоненты исполнения «Энцефалан-Next-24» шифр «Профконтроль»

№	Наименование	Фото
1.	<p>Беспроводной базовый блок исполнение «Энцефалан-Next-24» - АБП-24 имеет разъем для подключения 20-канальной, или 22-канальной нейрогарнитуры для регистрации ЭЭГ, встроенный датчик движения и multifunctional кнопку. В случае регистрации ЭЭГ по 22 каналам имеется 1 референтный канал (А1-А2), 1 канал регистрации ЭКГ. В случае регистрации ЭЭГ по 20 каналам - 1 референтный канал (А1-А2), 2 канала регистрации ЭОГ и 1 канал ЭКГ.</p>	 A blue, rectangular wireless base unit with a white label on top. The label contains text in Russian: 'Контроль качества и защита от электромагнитных помех (АБП) - Энцефалан-Next', 'Автоматический блок регистрации АБП-24', and 'Иллюстрация: Нейромет-24'. There is a small black square on the front and a red circular logo with a white symbol.
2.	<p>Пластиковая трансформируемая (ПТ) нейрогарнитура с установленным комплектом хлорсеребряных электродов с твердотельными вставками. Блок регистрации ЭЭГ АБП-24 закрепляется на нейрогарнитуре.</p>	 A white mannequin head wearing a black plastic EEG headset. The headset has several electrodes attached to the top and sides of the head. A small white rectangular block (the АБП-24 unit) is attached to the side of the head. Wires connect the electrodes to the block.

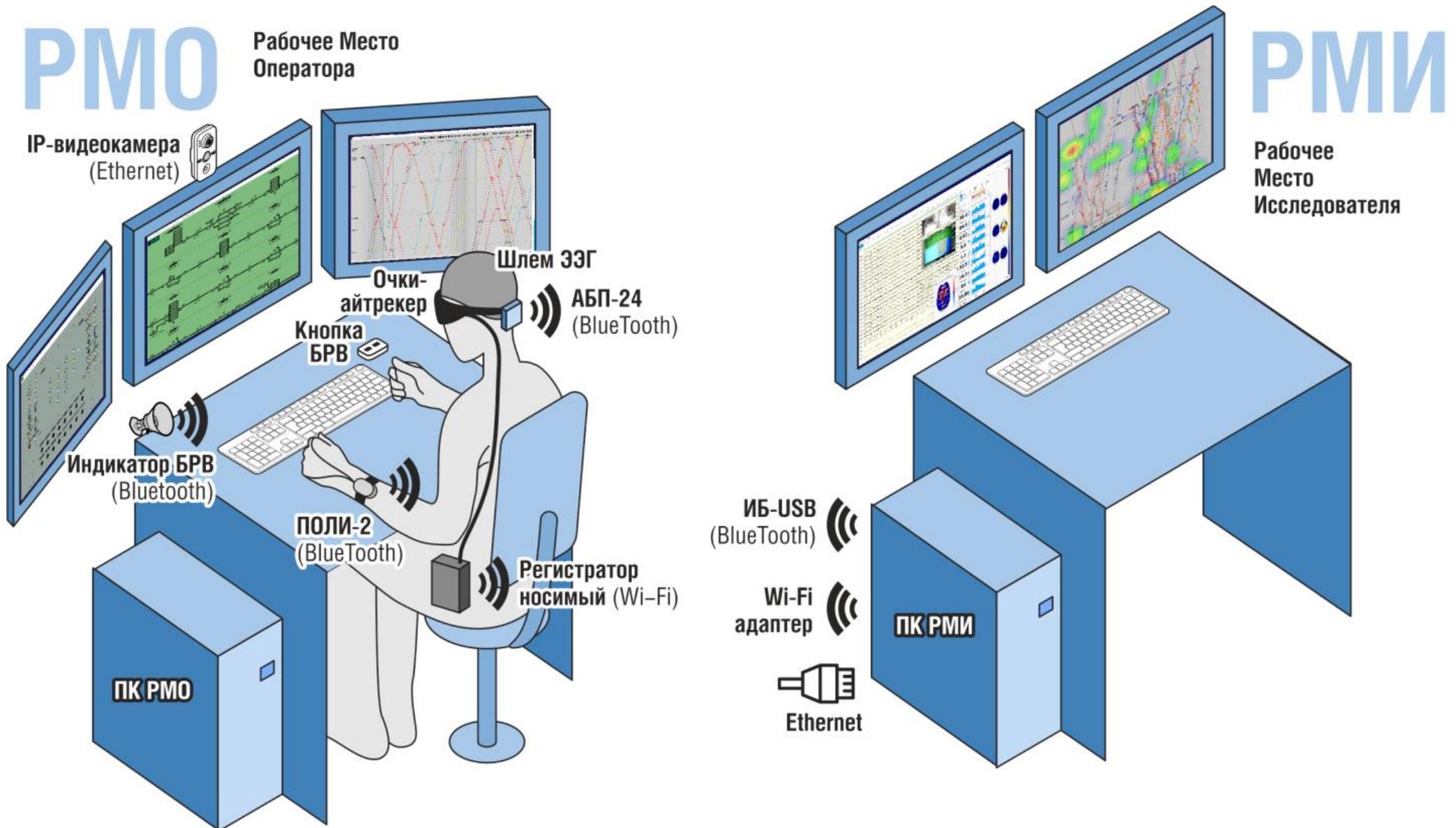
№	Наименование	Фото
3.	<p>Очки-айтрекер АТВ-2-200 закрепляются на нейрогарнитуре, имеют встроенные акселерометрические и гироскопические датчики, а также микрофон для регистрации звука.</p>	
4.	<p>От очков-айтрекера отходит кабель для подключения к носимому регистратору айтрекера, который обрабатывает данные, рассчитывает направление взгляда оператора, транслирует результаты по WiFi для их контроля в режиме реального времени, и сохраняет все регистрируемые данные на карте памяти.</p>	

№	Наименование	Фото
5.	<p>Беспроводной полиграфический модуль регистрации физиологических сигналов с тенора кисти со специальной укладкой, с комбинированными датчиками для съема сигналов от датчиков КПр, ФПГ, ЭКГ, рекурсии дыхания (РД) грудной и абдоминальной, а также с необходимыми принадлежностями.</p>	
6.	<p>Компоненты «блока резервов внимания» (БРВ), включающего в себя модуль светодиодной индикации БРВ и 2-кнопочный датчик БРВ. БРВ подключается к дополнительному беспроводному модулю ПОЛИ-2, передающему данные по bluetooth на РМИ.</p>	

№	Наименование	Фото
7.	Интерфейсный блок ИБ-USB для приема данных с блоков регистрации физиологических сигналов.	
8.	Электронный ключ ЭКПО для возможности обработки записанных исследований на другом ПК и для запуска ПО для объективного психологического анализа и тестирования на другом ПК.	
9.	Комплект необходимых аксессуаров, гелей, принадлежностей для функционирования Комплекса по назначению.	
10.	Персональный компьютер станции контроля (ПК исследователя) с 2-мя мониторами.	
11.	Комплект видеоборудования для видеорегистрации рабочего места человека-оператора и выполняемых им действий. Видеокамера может закрепляться на одном из мониторов, с которыми работает человек-оператор или на специальной стойке с кронштейном.	

Принцип работы Комплекса в комплектности «Профконтроль»

На рис. ниже представлен состав и принцип работы Комплекса для исследования функционального состояния человека-оператора в процессе выполнения им производственной деятельности.



Рабочее место оператора (РМО) включает в себя персональный компьютер (ПК) с несколькими мониторами, на которых предьявляется оперативная информация для формирования и отправки железнодорожных составов и других диспетчерских задач. На операторе установлено оборудование для регистрации физиологических данных и данных глазодвигательной активности. Физиологические данные передаются на рабочее место исследователя (РМИ) по беспроводному каналу связи bluetooth (BLE), а данные глазодвигательной активности, видеопоток с «камеры сцены», аудиопоток с микрофона, а также данные инерциальных датчиков очков-айтрекера передаются по WiFi с регистратора на WiFi-приемник РМИ. Дополнительно на РМИ передается поток с видеокамеры, фиксирующей оператора и выполняемые им действия. Все эти потоки синхронизированы между собой, сохраняются на ПК рабочего места исследователя и могут показываться в режиме реального и постреального времени на экранах монитора РМИ.

Комплекс также предусматривает возможность контроля и оценки «резервов внимания». Под «резервами внимания» в данном случае понимается возможность оператора выполнять дополнительные действия, не связанные непосредственно с его основной операторской деятельностью, т.е. откликаться на дополнительные внешние раздражители. В периферической области зрения оператора устанавливается модуль индикации «блока резерва внимания» (БРВ), предназначенный для предьявления оператору световых стимулов красного и зеленого цвета по случайному закону. Рядом с оператором находится двухкнопочный датчик, кнопки которого обозначены красным и зеленым цветом. Оператор, не отрываясь от своей основной деятельности, старается отключить периодически возникающее свечение одного из 4-х светодиодов модуля индикации БРС нажатием соответствующего цвета на этом 2-кнопочном датчике. На загорание светодиода красного цвета должна нажиматься красная кнопка, а на загорание светодиода зеленого цвета должна нажиматься зеленая кнопка. Чем меньше окажется пропущенных стимулов, тем больше резервов внимания у оператора, выполняющего свою основную работу.

На панели модуля индикации БРВ установлены 4 стимульных светодиода (2 красных и 2 зеленых), которые загораются по случайному закону. Для их гашения требуется нажатие оператором на соответствующую кнопку модуля кнопок БРВ. Модуль индикации и 2-кнопочный датчик подключаются к дополнительному модулю ПОЛИ-2, который передает по каналу bluetooth на РМИ информацию о том, в какой момент какой светодиод загорался, и какая кнопка нажималась оператором на кнопочном датчике.

Рабочее место человека-оператора



Фото оператора, следящего за информацией на мониторах, и выполняющего свою работу по диспетчеризации поездов.

На человеке надеты очки-айтрекер, закрепленные на нейрогарнитуре с фиксированным на ней блоком регистрации ЭЭГ, а на предплечье закреплен модуль регистрации ПОЛИ-2, обеспечивающий регистрацию фотоплетизмограммы (ФПГ), кожной проводимости (КПр) и электрокардиограммы (ЭКГ).

Очки-айтрекер

Очки-айтрекер предназначены для регистрации динамики изменения направления взгляда человека (респондента, оператора) при его взаимодействии с реальным миром или искусственно организованной с помощью различных средств визуализации средой (тренажеры, симуляторы) с целью анализа распределения зрительного внимания при выполнении исследуемой операторской деятельности.

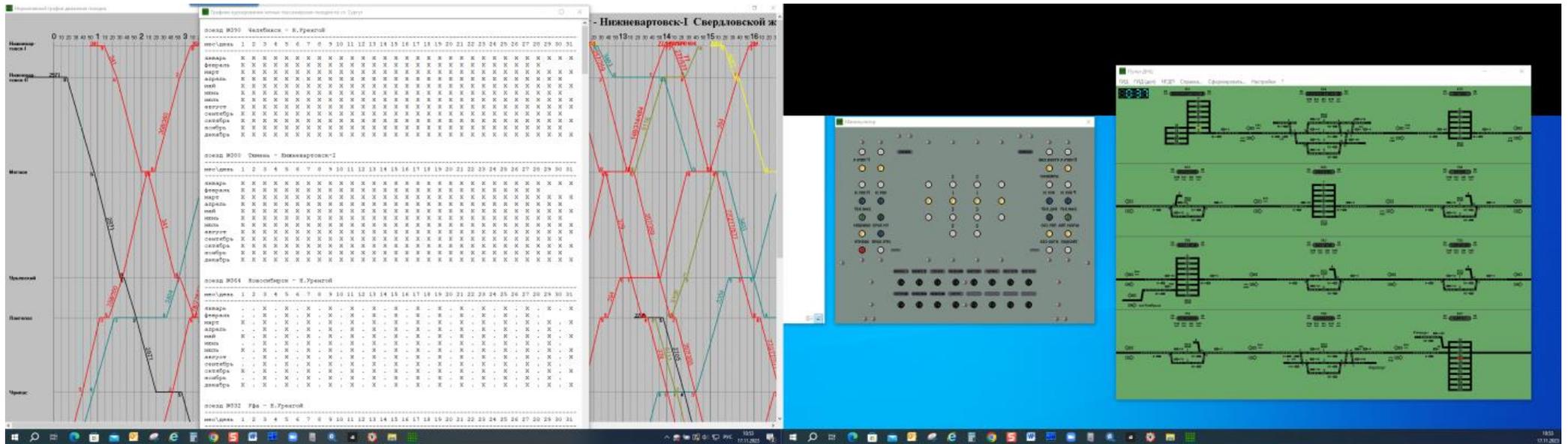
Принцип действия очков-айтрекера основан на вычислении направления взгляда на основе данных обработки видеоизображения глаз, и проецирования его на соответствующий кадр камеры сцены.

При помощи нейросети производится обнаружение и измерение параметров зрачка, вычисления направления взгляда с применением математической 3D модели глаз, определяется удаленность точки взгляда с учетом бинокулярности и компенсации параллакса. Изменения направления взгляда в поле зрения человека в сенсорных очках соотнесены и синхронизированы с кадрами, расположенной в сенсорных очках камеры сцены, фиксирующей происходящее перед глазами человека.

Диаметр зрачка глаза человека-оператора изменяется в зависимости от внешних (освещенность) и внутренних факторов (эмоциональное возбуждение, степень интереса, когнитивная нагрузка). Увеличение диаметра зрачка наблюдается при эмоциональных реакциях, росте когнитивной нагрузки, появлении неожиданных или значимых для человека стимулов.

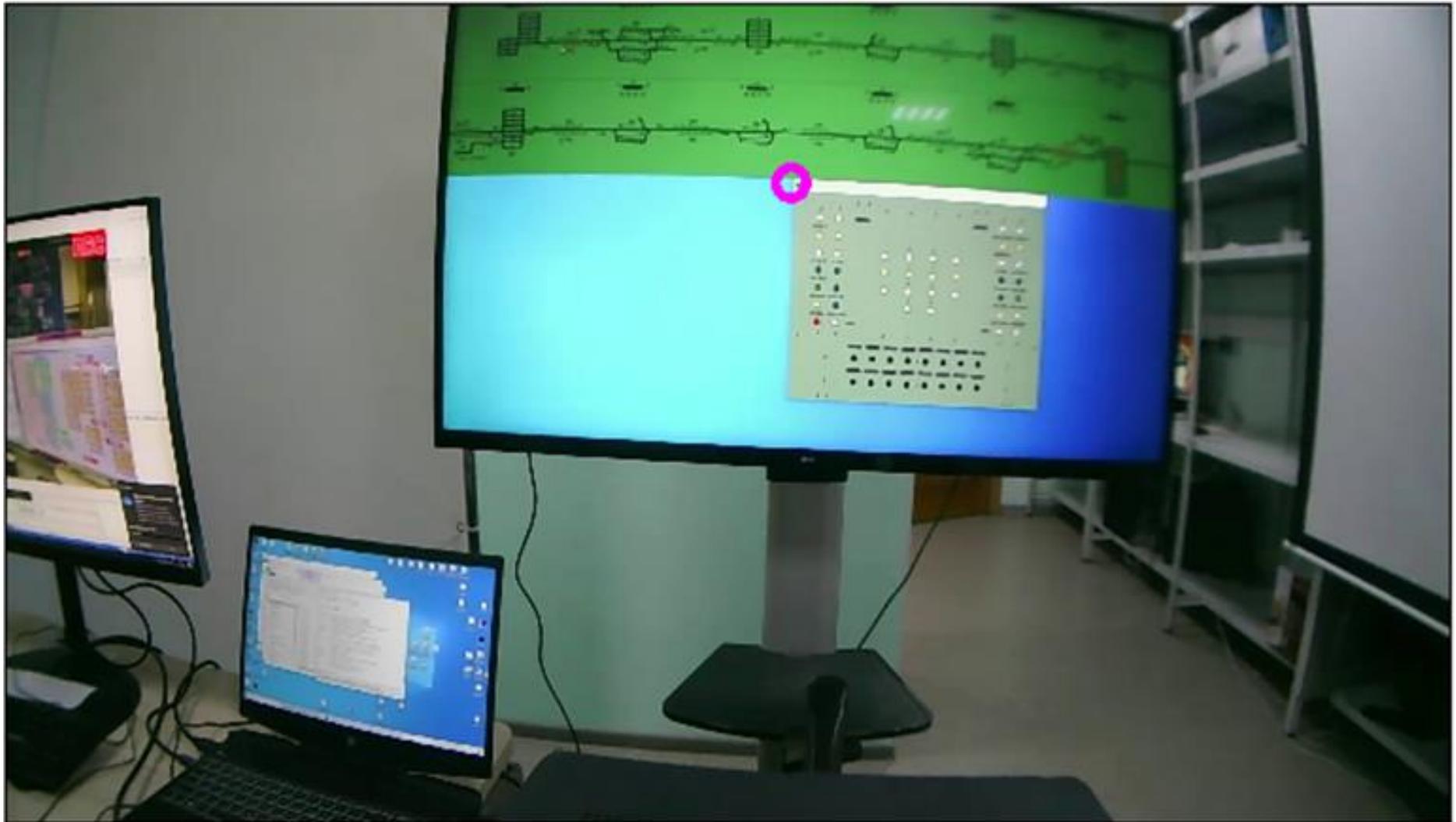
Информация, предъявляемая на мониторах оператора

Разнотипная информация, относящаяся к исследуемой операторской деятельности, может предъявляться человеку-оператору на нескольких (2-х -3-х) мониторах:



Видеопоток от «камеры сцены»

Исследователь на своем рабочем месте может наблюдать в режиме реального времени информацию, поступающую на его компьютер с регистратора очков-айтрекера по каналу WiFi.

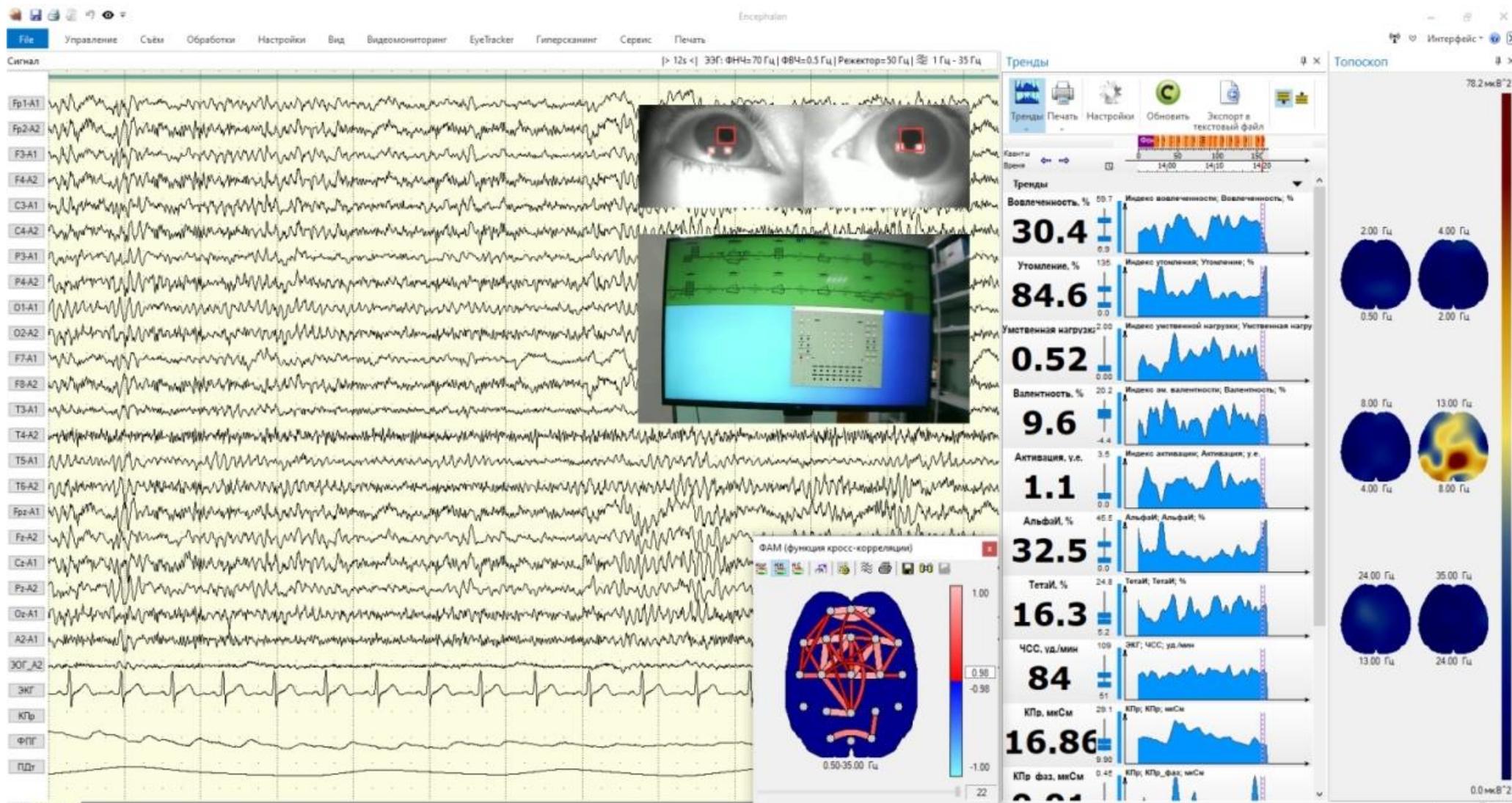


Видеопоток с «камеры сцены», передаваемый на РМИ для просмотра исследователем. Кадр показывает то, что видит оператор в данный момент времени. Окружность малинового цвета, перемещающаяся по видео, отражает изменение направления взгляда человека-оператора.

Варианты представления входных данных и результатов анализа

Представление входных данных и результатов анализа в режиме реального времени

Ниже показан один из вариантов представления исходных данных и результатов обработки, которые могут показываться на экране монитора рабочего места исследователя (РМИ) как в режиме реального времени (в процессе проведения исследования), так и в режиме анализа данных постреального времени, после завершения исследования.

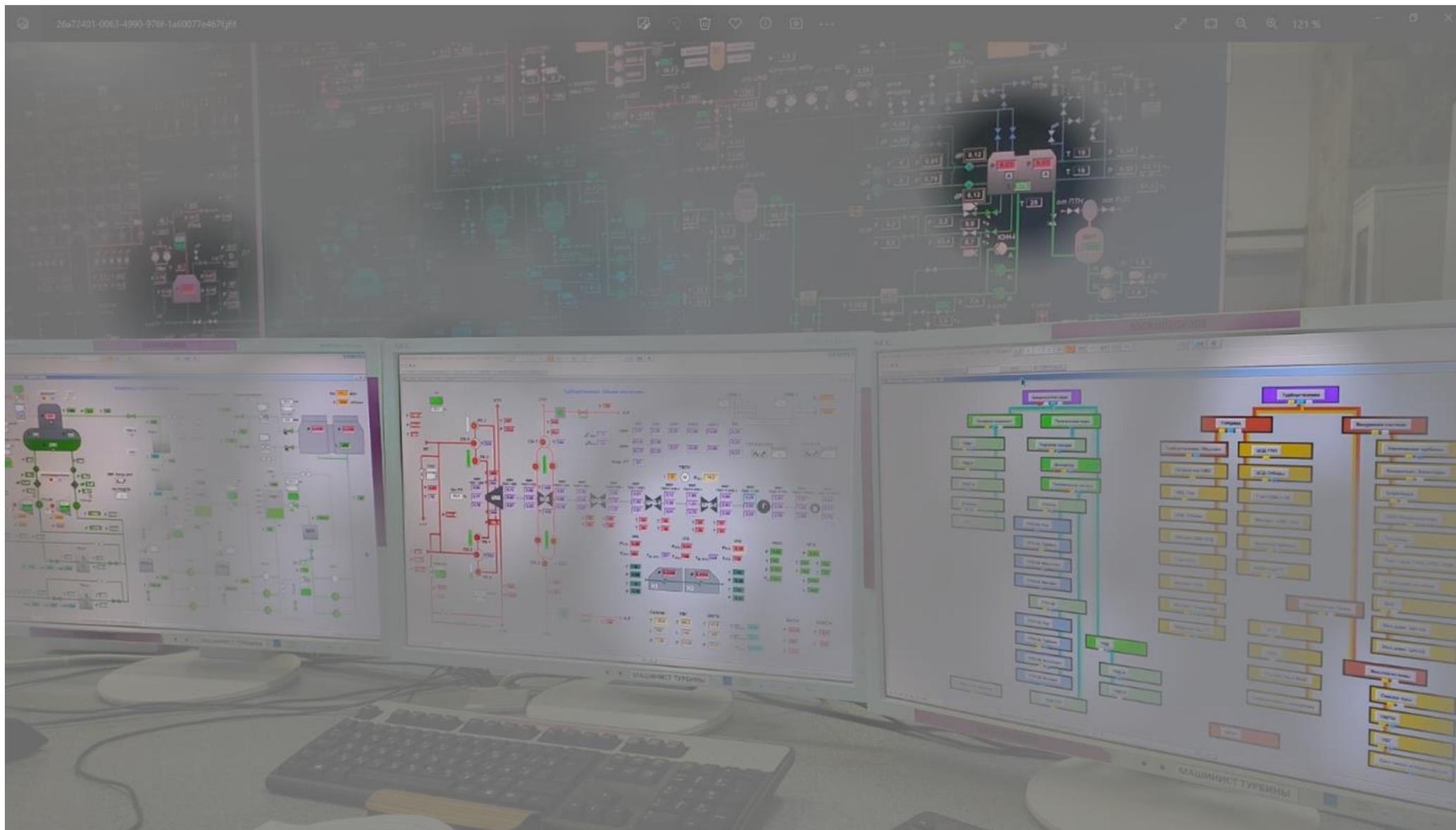


Оценка динамики изменения функционального состояния человека-оператора осуществляется на основе нейрофизиологических и соматовегетативных показателей, рассчитываемых по физиологическим сигналам (ЭЭГ, ЭКГ, ФПГ, КПр, РД и пр.), а также на основе диаметра зрачков, частоты морганий и параметров глазодвигательных событий (фиксаций и саккад). Способы представления результатов анализа более подробно описаны в следующих подразделах.

Визуализационные методы анализа глазодвигательной активности и распределения зрительного внимания человека-оператора

Последовательность распределения зрительного внимания человека-оператора и то, на какой конкретно информации он больше всего и чаще всего останавливает свой взгляд, отражается с помощью визуализационных методов глазодвигательной активности – «теплого» или «туманного» картирования (heat map, fog map), последовательности перемещения взгляда (Raw Path, Scan Path).

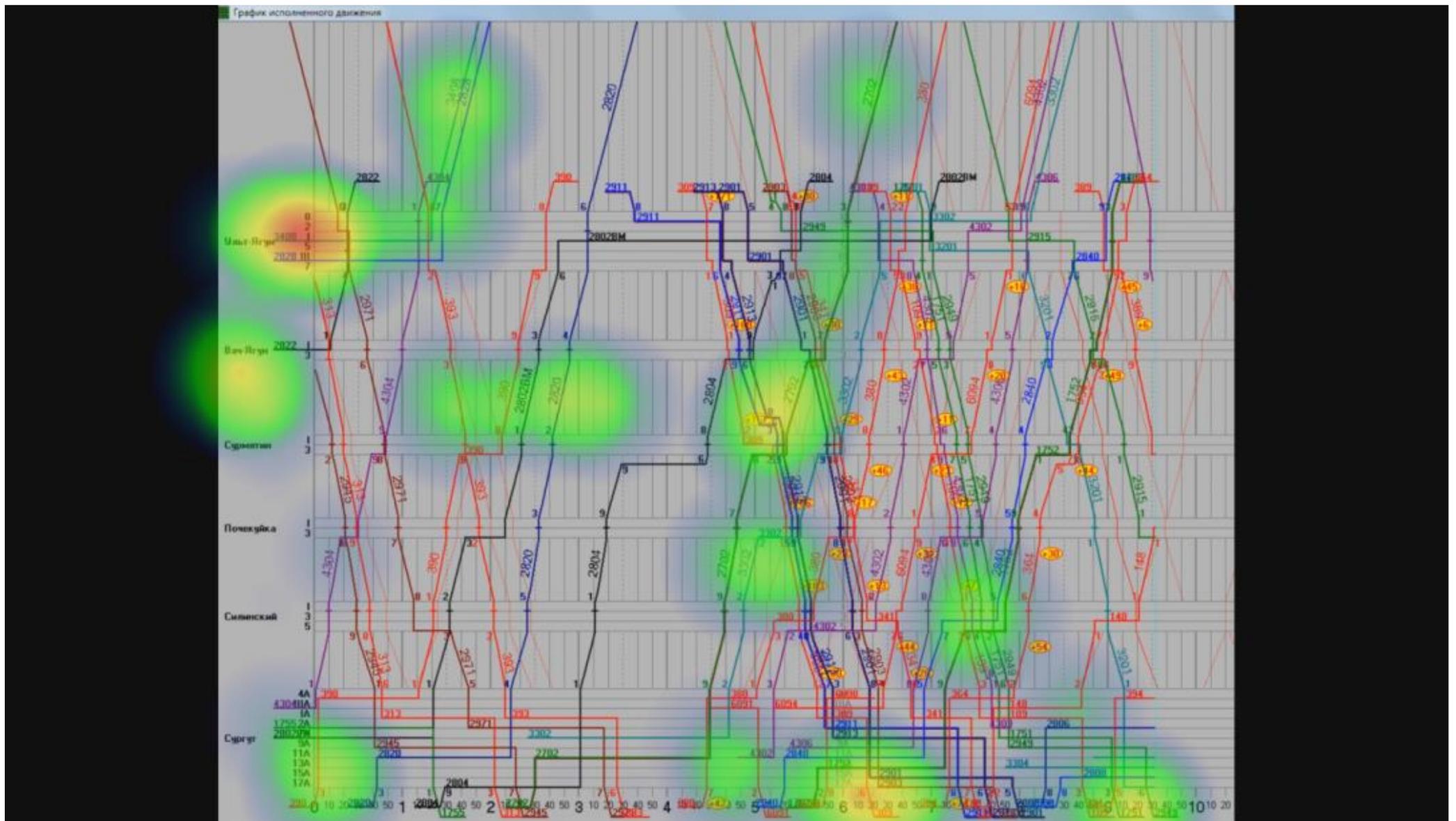
Примеры представления визуализационных типов анализа зрительного внимания в привязке к контенту диспетчера ЖД-станции приведены ниже.



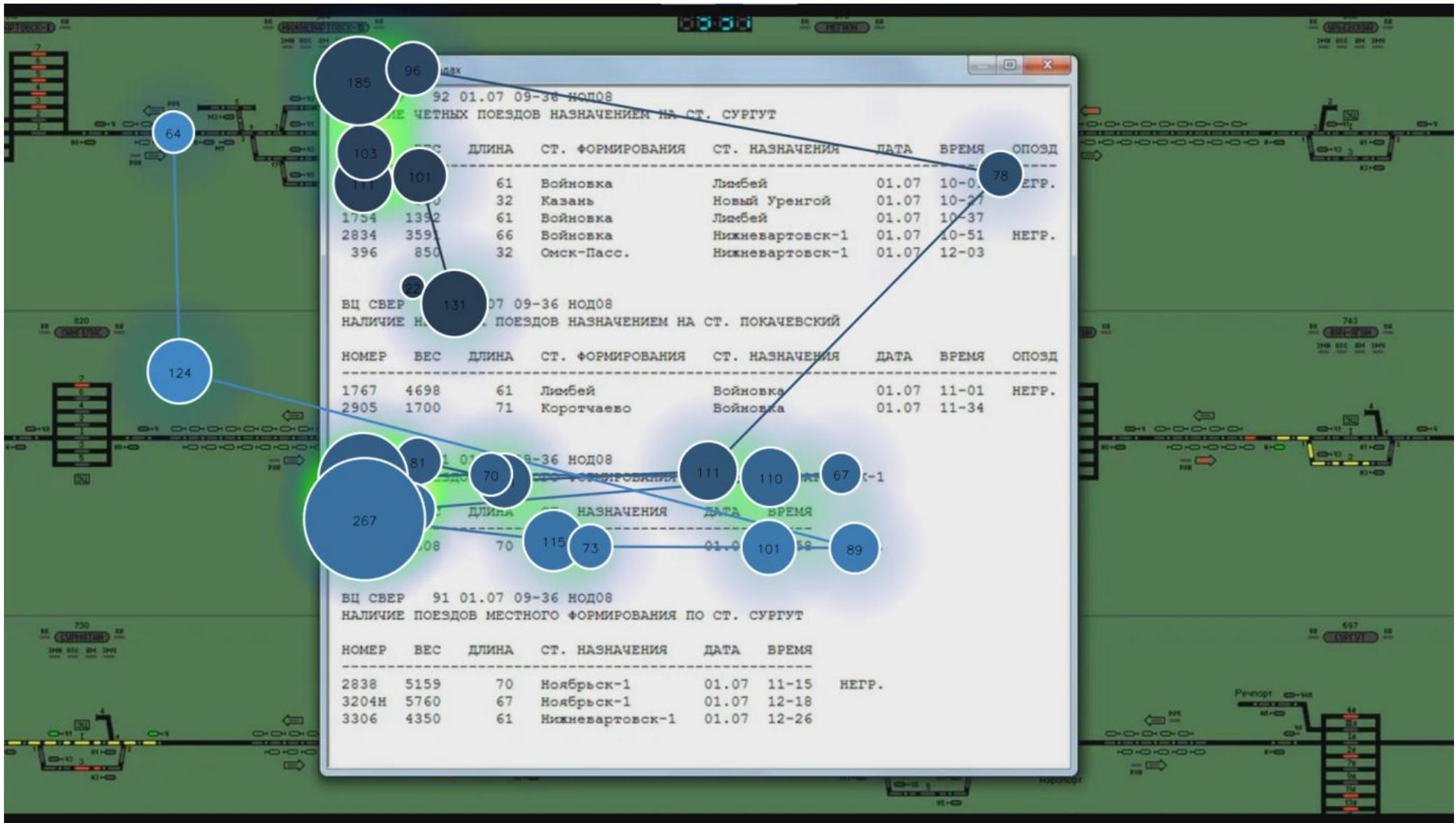
Наложение «туманной карты» на контент
- проявляются (лучше видны) те фрагменты общего зрительного поля,
на которые оператор обращал основное внимание при работе с мониторами.



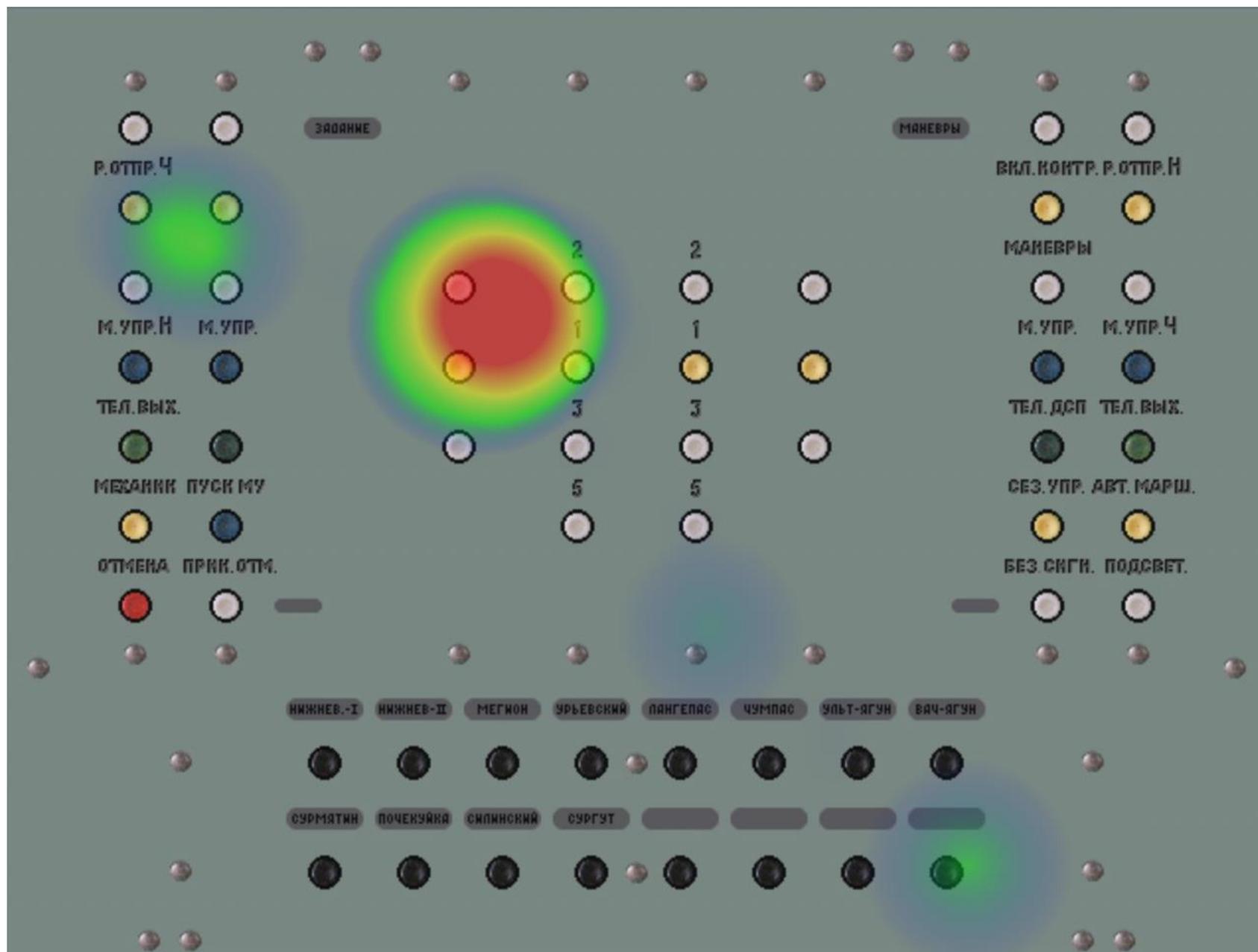
Наложение «тепловой карты» на контент
- красно-желтые оттенки отражают основные места фиксации взгляда оператора.



Пример распределения зрительного внимания человека-оператора при просмотре им «графиков исполненного движения» на основе наложенных «тепловых карт»



Пример представления последовательности перемещения взгляда при просмотре расписания поездов выбранной категории по выбранному направлению с использованием режима «Scan Path»



Пример представления «тепловых карт»
 для характеристики распределения зрительного внимания
 на примере работы человека-оператора с окном «Манипулятор»

Информационные панели, используемые на конкретных рабочих местах человека-оператора (или какие-то их части), могут быть заранее размечены так называемыми «зонами интереса», по которым может оцениваться статистика фиксации взгляда на различных фрагментах проводимого исследования. Распознавание этих информационных панелей потенциально возможно с помощью нейронных сетей, специально обученных на различных вариантах представления этих панелей, каждая из которых имеет свои специфические особенности.

Отчеты со статистическими параметрами фиксаций взгляда позволят предоставить исследователю объективную информацию о том, как реагировал человек-оператор на изменение оперативной обстановки и поступающие запросы от системы управления и от коллег по работе.

Пример отчета, базирующийся на анализе глазодвигательной активности

Программа предусматривает формирование отчетов, отражающих динамику нейрофизиологических и соматовегетативных показателей человека-оператора, а также их усредненные значения в привязке различным фрагментам записи.

Для оценки степени влияния внешних факторов на функциональное состояние человека-оператора, выполняющего свою деятельность, необходимо разметить фрагменты исследования с учетом их смыслового наполнения и, прежде всего, к некоторым критическим моментам, характеризующимся высокой информационной нагрузкой и необходимостью высокой степени распределения и переключения внимания человека-оператора в процессе выполнения своей деятельности.

Кроме того, для оценки оптимальности распределения зрительного внимания по информационным панелям, находящимся в распоряжении человека-оператора, требуется пространственная разметка «зон интереса», характеризующих основные объекты зрительного внимания в производственном процессе. Сочетание временной и пространственной разметки позволит существенно ускорить автоматическое формирование отчетов по статистическим параметрам направления взгляда человека-оператора на «зонах интереса» в границах времени их «жизни», т.е. их присутствия в контенте «камеры сцены», зависящего от положения головы человека-оператора.

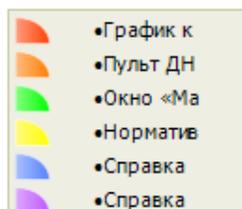
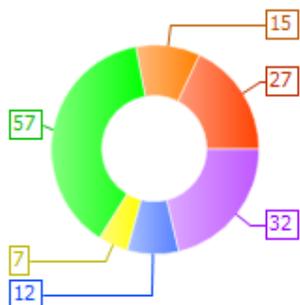
На рис. ниже представлен пример одного из вариантов отчета, показывающего значения показателей фиксации взгляда в привязке к зонам интереса, обозначенным как «График курсирования поездов», «Пульт ДНЦ», «Окно «Манипулятор» и пр. В средней части отчета показываються кольцевые диаграммы, отражающие относительные соотношения значений показателей фиксации взгляда к этим зонам интереса. Например, видно, что по количеству фиксаций доминирует зона «Окно «манипулятора». В нижней части отчета отражена информация по распределению глазодвигательных событий между всеми перечисленными зонами интереса. На графическом представлении АОИ цветовыми столбиками указаны моменты появления различных глазодвигательных событий в привязке к зонам интереса. Для саккад используется зеленый цвет, для фиксаций – оранжевый цвет, для морганий – синий цвет. Отчет делается на основе событий «фиксация», показанных оранжевым цветом.

AOI	Фиксации	Первая фиксац...	ПФ Длительнос...	Все фиксац...	Средняя фиксац...	Относитель...	Площ...	Мор...	В...	С Д...	П..	Н..	# Н...	О...	Относи...
•График курсирования поездов	27	33267	160	6147	227	4.0 %	3.74 %	22	15...	0	0	1...			
•Пульт ДНЦ	15	25905	172	4776	318	3.1 %	4.71 %	22	15...	0	0	1...			
•Окно «Манипулятор»	57	5557	528	23778	417	15.6 %	3.33 %	22	15...	0	0	1...			
•Нормативный график движения поезд...	7	66546	184	1822	260	1.2 %	1.59 %	22	15...	0	0	1...			
•Справка по составам	12	13225	188	2122	176	1.4 %	3.16 %	22	15...	0	0	1...			
•Справка по подходам	32	18575	573	6931	216	4.5 %	3.56 %	22	15...	0	0	1...			



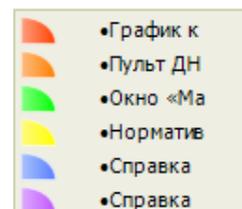
Фиксации

Количество фиксаций



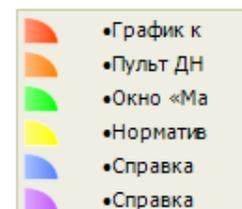
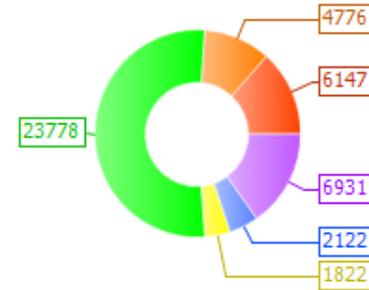
ПФ Длительность [ms]

Длительность первой фиксации в зоне интереса в миллисекундах

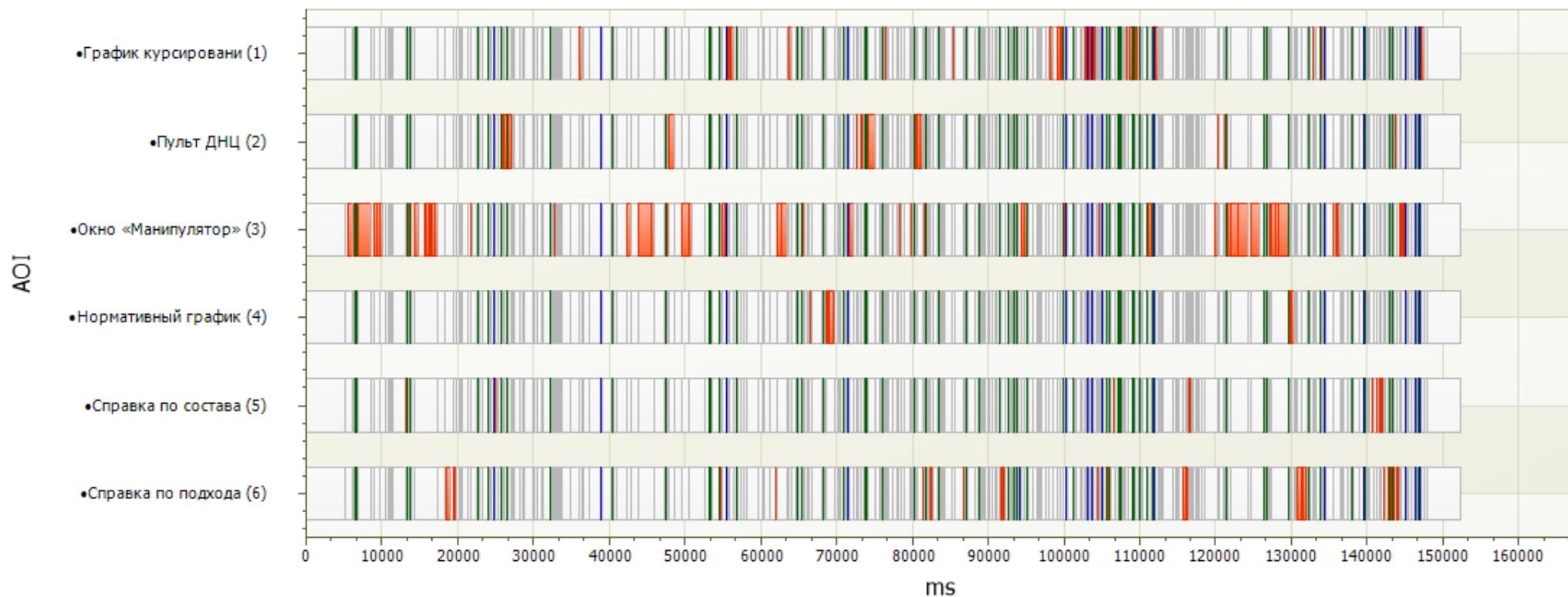


Все фиксации [ms]

Длительность всех фиксаций в зоне интереса в миллисекундах



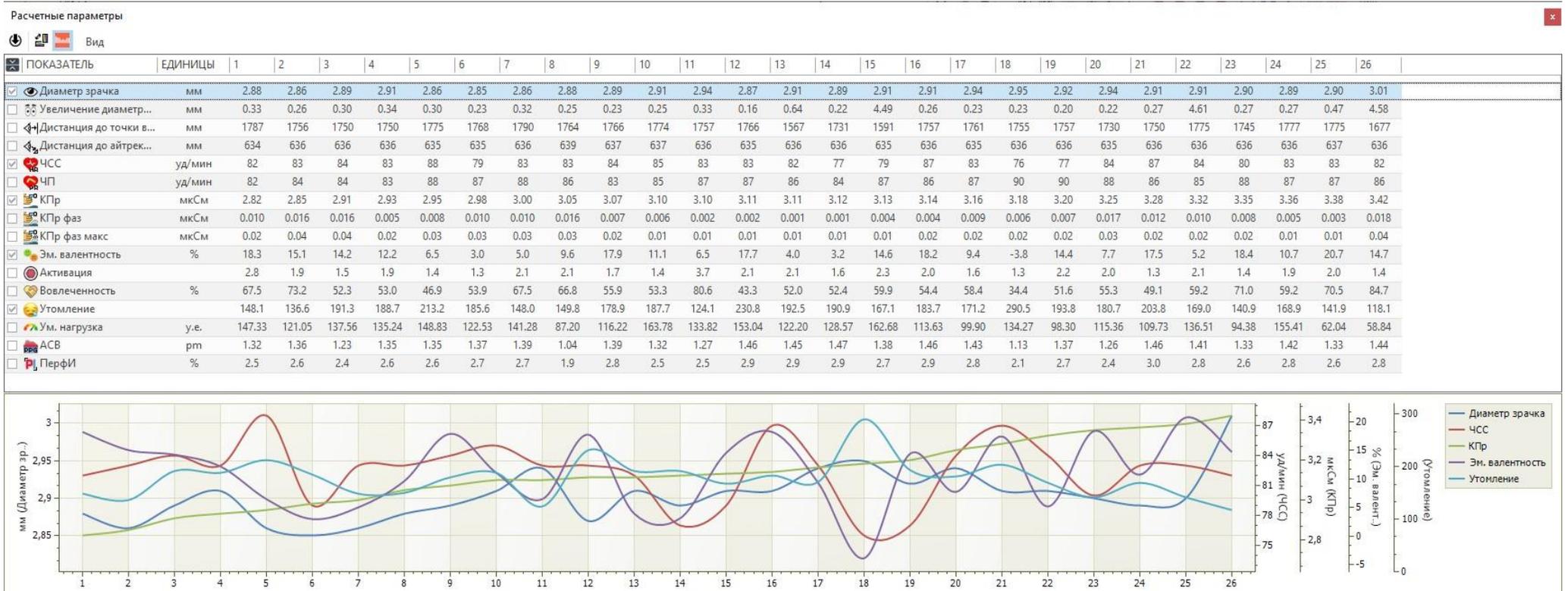
Распределение событий внутри зон интереса (AOI)



Контроль ФС на основе расчетных нейрофизиологических и соматовегетативных показателей

Оценка динамики изменения функционального состояния человека-оператора осуществляется на основе нейрофизиологических и соматовегетативных показателей, рассчитываемых по физиологическим сигналам (ЭЭГ, ЭКГ, ФПГ, КПр, РД и пр.). Рассчитываемые показатели были перечислены в первом разделе данной пояснительной записки.

Программой формируются тренды физиологических показателей в привязке к выбранным именованным фрагментам исследования. На рисунке ниже показан один из вариантов отчета с табличным и графическим представлением показателей, рассчитываемых по глазодвигательной активности и физиологическим данным. Отчет отражает временную динамику этих показателей, относящуюся к выбранному фрагменту исследования. Строки таблицы отражают средние значения каждого из расчетных показателей, а столбцы - номера временных интервалов анализируемого фрагмента. Исследователь может задать любую длительность временных интервалов (с шагом 1 с) или разметить исследование на интересующие фрагменты, требующие анализа. Ниже таблицы показаны графики динамики выбранных расчетных показателей и «легенда» с отражением наименований показателей, цветов графиков и индивидуальных шкал.



Анализ сочетания результатов обработки глазодвигательной активности, диаметра зрачков, частоты морганий, нейрофизиологических и соматовегетативных показателей с привязкой к ключевым фрагментам исследования, позволит выявить особенности и закономерности, которые могут использоваться для оценки эффективности деятельности, динамики степени утомления и «физиологической цены деятельности». Под «физиологической ценой деятельности» понимается напряженность физиологических функций и психических процессов, обеспечивающих реализацию какой-либо деятельности. Напряженность физиологических функций оценивается по степени и направленности изменений, происходящих в физиологических показателях, характеризующих функциональное состояние организма человека в процессе его целенаправленной деятельности в течение определенного времени.