

УДК 612.656-62-185.4.351.814.2

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ДВИЖЕНИИ

Живаев А.С.

ФГУП ВНИИ железнодорожной гигиены, г. Москва

Эксплуатация одного из самых престижных и комфортабельных экспрессов России – «Аврора» показывает предпочтение пассажиров по выбору вида транспорта для сообщения между двух столиц. И при, казалось бы, более быстром авиаперелете, нежелание пассажиров заранее добираться по загруженной трассе до аэропорта, проходить обязательный досмотр, и зависеть от погодных условий, задерживаться по дороге из аэропорта Пулково до Санкт-Петербурга, предпочтение отдается железнодорожным экспрессам, отправление и прибытие которых в центр столиц может быть принят за эталон точности.

В связи с этим в пассажирском движении это выражается в развитии и дальнейшем распространении скоростного движения по иным направлениям следования поездов. Можно предположить, что управление локомотивом на более высоких скоростях движения может привести к появлению новых негативных факторов и увеличить отрицательное воздействие уже имеющихся факторов труда на функциональное состояние машинистов. Это предположение основывается на том, что высокоскоростное движение потребует от машиниста более высокого напряжения различных функциональных систем, обеспечивающих необходимый уровень работоспособности для безаварийного ведения поезда.

С целью изучения влияния работы машиниста в скоростном движении на его функциональное состояние были выполнены исследования, направленные на изучение факторов сложности работы по этой технологии, плотности информационного потока, коэффициента загруженности машиниста, динамики измене-

ния уровня работоспособности. В случае получения данных свидетельствующих о развитии негативных процессов в функциональном состоянии организма, которые могут привести к развитию преморбидных состояний, а также отрицательно влиять на безопасность движения необходимо разработать соответствующие рекомендации.

Изучение труда машинистов скоростного движения проводилось с использованием психофизиологических методов исследования изменения функционального состояния сердечно-сосудистой, нервно-мышечной систем, объема памяти и внимания, а также с использованием метода прямого хронометражного наблюдения с подсчетом коэффициента загрузки оператора управляющими и контролирующими действиями. Исследование было выполнено на Октябрьской ж.д. в динамике 26 поездов на участке обращения Москва – Санкт-Петербург. В исследовании приняли участие 7 локомотивных бригад.

Изучение трудового процесса показало, что высокоскоростное движение характеризуется следующими факторами труда: высокой степенью нервно-эмоционального напряжения, необходимостью длительного сохранения вынужденной позы и высокого уровня внимания, очень высоким уровнем монотонии труда, физиологически энергоёмким алгоритмом работы локомотивной бригады, предъявляющими жесткие требования к функциональному состоянию организма. Здесь следует отметить, что в высокоскоростном движении степень негативного воздействия на машиниста вышперечисленных факторов труда значительно превосходит таковые при работе по дру-

гим технологиям вождения пассажирских поездов. При этом их совокупность значимо влияет на способность сохранения у них необходимого уровня бодрствования, работоспособности, и готовности к экстренным действиям на протяжении всей длительности поездки. Снижение функционального состояния основных систем организма в динамике поездной работы снижает уровень обеспечения безопасности по человеческому фактору.

Хронометражные исследования выявили, что в поездной работе машиниста имеются сложные по режиму ведения участки, когда состав следует на верхней границе разрешенной скорости 160 км/час, а от машиниста требуются активные действия по управлению локомотивом. Коэффициент загрузки машиниста управляющими действиями при этом составлял в среднем 0,88 ед., в то время как оптимальным уровнем загрузки для операторского труда считается интервал от 0,3 до 0,6 ед. При работе на обычных по сложности участках пути загруженность машиниста снижается до 0,78 ед., что также не попадает в пределы оптимума. На этом фоне 4,3 % времени, затрачиваемого непосредственно на работу по управлению локомотивом в штатном режиме и 12,1% времени, при максимально разрешенной скорости, свидетельствует об очень низком моторном уровне, т.е. об очень низкой двигательной активности машиниста в период ведения поезда.

Наружное и внутреннее наблюдение за контрольно-измерительными приборами и поездной обстановкой, составляет от 52,5 до 54%, что оценивается как достаточный визуальный контроль поездной обстановки показаний приборов локомотива. Если подойти с позиции общепризнанных законов психофизиологии и эргономики, то положение известное в психологии под названием «закон Миллера» определяет, что объем непосредственного восприятия не зависит от количества информации в отдельном стимуле, а определяется длиной ряда

предъявляемых единиц, предел которого составляет 7 ± 2 . По мнению других авторов, этот ряд оценивается в 5 ± 2 . Работа машиниста скоростного движения при работе в безаварийном режиме включает в себя 7 единиц одновременного наблюдения:

1. состояние пути и околопутевого пространства,
2. состояние состава по боковым зеркалам,
3. показания внутренней и внешней световой сигнализации,
4. информация по ограничениям скорости и опасным местам из регламентирующей документации,
5. фактическая скорость движения по скоростемеру, допустимая скорость и ускорение,
6. давление в пневматических системах состава по манометрам,
7. сила тока тяговых двигателей и напряжение питающей сети.

В отдельные моменты этот ряд увеличивается до 9 за счет необходимости восприятия и оценки показаний дополнительных контрольно-измерительных приборов. Таким образом, объем непосредственного восприятия машиниста скоростного движения загружен до верхнего физиологического предела и, безусловно, нуждается в оптимизации представляемых данных и облегчении их считывания. Одним из путей оптимизации труда машиниста является перераспределение информации за счет увеличения доли восприятия звуковых сигналов при работе с вспомогательными системами безопасности, что не будет способствовать развитию утомления, а наоборот активизирует операторскую деятельность машиниста.

Данные психофизиологического обследования с достаточной степенью достоверности показали, что при работе в режиме ручного управления не обнаружено ярко выраженных различий в функциональном состоянии организма в динамике поездной работы. На основании

результатов исследования можно, говорить о достаточно благоприятной реакции со стороны сердечно-сосудистой системы на предъявляемую работу. По-видимому, это во многом связано с высокими требованиями медицинского профессионального отбора, предъявляемого к кандидатам в машинисты скоростного движения. Тем не менее, полученные данные свидетельствуют о развитии утомления в динамике прямого рейса в конце поездки, на 5 часе поездной работы. В динамике обратного рейса признаки утомления начинают появляться на 4 часе поездной работы и особенно резко после его окончания, что подтверждают сами машинисты.

Аппаратурные методы обследования подтвердили данное предположение о снижении умственной работоспособности. Если в динамике прямого рейса величина этого показателя по методике Ландольта снизилась на 10,4%, то в обратном рейсе на 15,0%. При этом следует учитывать тот факт, что после продолжительного ночного отдыха в пункте оборота у машинистов регистрируется остаточное утомление, что выражается не в полном восстановлении уровня умственной работоспособности.

На развитие выраженного утомления при работе в режиме ручного утомления в динамике обратного рейса указывают данные скорости простой зрительно-моторной реакции. Если в динамике прямого рейса скоростные качества машинистов практически не изменились, то после окончания обратного рейса они снизились на 8,3%.

В функциональном состоянии сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем критические изменения отсутствовали, а выраженные изменения были зафиксированы в функциональном состоянии зрительного анализатора. Как в прямом, так и обратном рейсах происходит выраженное, достигающее 15,7%, снижение аккомодационной способности хрусталика. Вместе со снижением функционального состояния перифери-

ческого звена зрительного анализатора, зафиксированы выраженные изменения и его центрального звена. Так, величина критического восприятия частоты слияний световых мельканий (КЧСМ) в динамике прямого рейса ухудшается в среднем на 3,6 Гц, что составляет 10,3%. Более того, за время отдыха в пункте оборота не происходит полного восстановления функционального состояния центрального звена зрительного анализатора, что указывает на глубину после-рейсового утомления.

Такая реакция зрительного анализатора на рабочую нагрузку однозначно указывает на то, что при внедрении новой техники, особенно систем безопасности, следует избегать повышения нагрузки зрительного анализатора и информационный поток следует перераспределить путем повышения нагрузки на слуховой анализатор.

Напряженный труд машинистов скоростного движения в силу необходимости переработки большого объема информации характеризуется наибольшим воздействием на анализаторные системы организма, а также функции памяти и внимания. Именно поэтому оценка и, по возможности корректировка, информационного потока воспринимаемого машинистом локомотива при различных типах ведения поезда позволит решить вопрос организации эргономичных условий работы и обеспечения безопасности движения. Как неполная, т. е. недостаточная для принятия правильного решения, так и избыточная информация снижают эффективность принимаемых решений. Разрабатываемые системы безопасности должны выполнять задачу обеспечения кумулятивности информации путём применения формально-технических приемов. Эти и другие формальные приемы должны быть направлены на построение моделей типа «многое в одном», когда действительность отображается с помощью малого числа символов. Корректной и предпочтительной является концепция индика-

ции, предусматривающая интеграцию и стандартизацию отображаемой информации, что позволит машинисту комфортно пользоваться различными системами и, в конечном счете, будет способствовать повышению надежности железнодорожных перевозок.

Все вышеперечисленное требует внедрения более совершенных приборов безопасности, однако данный вопрос является весьма сложным и нерешенным до настоящего времени. Разработка систем безопасности ведется на протяжении многих десятилетий по двум направлениям. Первое направлено на создание приборов максимально исключаящих возможность вмешательства человека, как слабого по надежности звена по сравнению с системами автоматики, из контура управления и контроля. Второе – на разработку систем поддержания у машиниста состояния бодрствования в целях выполнения управленческой деятельности или контроля над ней, а в случае возникновения нештатных или нестандартных ситуаций осуществления вмешательства в работу автоматизированной системы управления, так как в настоящее время преимущественно управление локомотивом осуществляет машинист. Очевидно, что наибольший успех от внедрения приборов безопасности можно достигнуть только при одновременном использовании обоих вариантов, т.е. полной автоматизации процесса управления локомотивом при осуществлении непрерывного контроля уровня бодрствования машиниста.

Выводы

На основании полученного материала можно сделать следующие выводы и предложения:

1. Высокий уровень загрузки равный 0,78-0,88 ед., обусловленный большим информационным потоком, необходимость проведения постоянного его анализа и принятия решений, часто в дефиците времени, ответственность за жизнь пассажиров оп-

ределяет высокую степень нервно-эмоционального напряжения.

2. Это приводит к негативным изменениям функционального состояния машинистов выразившимся:
 - в снижении умственной работоспособности в динамике прямого рейса на 10,4%, а в обратном рейсе на 15,0%.
 - в динамике прямого рейса скорость простой зрительно-моторной реакции практически не изменилась, тогда как в динамике обратного рейса она снижалась на 8,3%.
 - в динамике прямого и обратного рейсов происходит снижение аккомодационной способности хрусталика соответственно на 9,2% и 12,7%;
 - величина критической частоты слияния световых мельканий в динамике прямого и обратного рейсов соответственно в среднем по группе снижается на 3,6 Гц (10,3%) и на 1,0 Гц (2,8%).
3. Как видно из приведенных данных более выраженное снижение уровня функционального состояния организма машинистов в динамике обратного рейса, скорее всего, обусловлено наличием остаточного утомления после отдыха в пункте оборота.
4. В динамике прямого рейса признаки развития утомления регистрируется на 5 часе поездной работы, а в динамике обратного рейса - на 4 часе поездной, что подтверждается субъективной оценкой машинистов своего состояния.
5. Выраженная негативная реакция зрительного анализатора на рабочую нагрузку с учетом её значения в обеспечении безопасности движения в скоростном движении требует перераспределения части информационного потока на слуховой анализатор.
6. Механизм повышения безопасности в скоростном движении, по нашему

мнению, должен реализоваться за счет использования системы автоматизированного ведения поезда и оснащения локомотивов системами безопасности отвечающим следующим требованиям:

- она должна осуществлять постоянный контроль над уровнем бодрствования машиниста,
- в момент снижения уровня бодрствования система должна осуществлять не простую констатацию данного факта, а предлагать машинисту наиболее оптимальные варианты повышения функционального уровня;
- предоставлять машинисту в визуальном и речевом виде поездную информацию на длину двух-трех блокучастков;
- предоставление информации не должно сопровождаться повышением коэффициента загрузки машиниста.

Литература

1. Лучшие психологические тесты для профотбора и профориентации. Под ред А.Ф.Кудряшова, Петрозаводск, «Петроком», 1992 г., 320 с.
2. Баевский Р.М. Прогнозирование состояния на грани нормы и патологии.- М.:Медицина, 1979. – 296 с.
3. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клещкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе.- М.: Наука, 1984.-221 с.
4. М. А. Котик, А. М. Емельянов Природа ошибок человека – оператора. М, Транспорт, 1993г.
5. С. В. Борисов и др. Справочник по инженерной психологии. М., Машиностроение, 1982г. 157 с.
6. Горецкий О.С., Максимович В.А., Мухин В.В. и др. Изменение психофизиологического состояния у работников операторского труда в результате профессиональной нагрузки. // Медицина труда и промышленная экология. -1995. - № 4. – С. 12 – 13.

7. Суворов Г.А., Афанасьева Р.Ф., Бобров А.Ф. и др. Оценка влияния физических факторов на функциональное состояние человека, выполняющего умственную работу // Медицина труда и промышленная экология. -1997. - № 2.– С. 19 – 26.
8. Вудсон У., Конноверт Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников – конструкторов. Изд-во «Мир», М., 1967 г.

Резюме

ФІЗИОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДВІЖЕНІЯ У ВИСОКОШВИДКІСНОМУ РУСІ

Живаев А.С.

Високошвидкісний рух вимагає від машиніста більш високої напруги різних функціональних систем, що забезпечують необхідний рівень працездатності для безаварійного ведення потягу.

З метою вивчення впливу роботи машиніста в швидкісному русі на його функціональний стан були виконані дослідження, направлені на вивчення чинників складності роботи за цією технологією, густина інформаційного потоку, коефіцієнта завантаженості машиніста, динаміки зміни рівня працездатності. Вивчення праці машиністів швидкісного руху проводилося з використанням психофізіологічних методів дослідження зміни функціонального стану серцево-судинною, нервово-м'язовою систем, об'єму пам'яті і уваги, а також з використанням методу прямого хронометражного нагляду з підрахунком коефіцієнта завантаження оператора управляючими і контролюючими діями.

Summary

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF THE SAFETY AT HIGH-SPEED MOVEMENT OF TRAINS

Zhivaev A.S.

High-speed movement of a train is connected to a high nervous - emotional stress of the physiological functional systems providing a necessary level of serviceability driver for accident-free

conducting of a train. With the purpose of studying influence of engine-drivers' work at high-speed movement of a train on a functional condition of an organism the researches directed on studying of factors of complexity of work on this technology, density of an information stream, factor of congestion engine-driver, dynamics of a serviceability level are carried out. Studying of work engine-drivers high-speed movement of trains carried out with use of

psychophysiological methods of research, parameters of cardiovascular, nervous - muscular systems functional condition, a memory and attention volumes, and also chronometric direct supervision with calculation of loading factor of the operator managing and supervising actions.

*Впервые поступила в редакцию 22.11.2007 г.
Рекомендована к печати на заседании ученого совета НИИ медицины транспорта
(протокол № 1 от 18.01.2008 г.).*

УДК 612.8:611.8:159.9

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ КУРСАНТОВ МОРСКИХ ОПЕРАТОРСКИХ ПРОФЕССИЙ

Голикова В.В.

Украинский НИИ медицины транспорта, Одесса, Украина

Актуальность темы. Обучение в морском вузе призвано дать курсантам не только необходимую для успешной профессиональной деятельности на подвижных морских объектах (пассажирских и транспортных судах) сумму знаний, но и сформировать систему навыков и умений по безопасному управлению судном и его энергетической установкой [1]. Эта задача решается путем активации генетически обусловленных, выработки и развития приобретенных психофизиологических свойств у будущего оператора на уровне организма, индивидуума и личности [2]. Процесс обучения предполагает поэтапное последовательное усвоение и накопление знаний (преимущественно на первых курсах вуза), понимание и воспроизведение предмета при формировании соответствующих умений (на втором этапе обучения), появление индивидуально-личностных новообразований, как в содержательной стороне психики, так и в способах деятельности и характере поведения в конкретных производственных и жизненных ситуациях за счет комплекса знаний, умений и навыков, творческого элемента, а не простого воспроизведения инструментально-стереотипных сочетаний и комплексов (заклучи-

тельный этап обучения) [3,4]. На этом этапе происходит также формирование и накопление опыта эмоционально-ценностного отношения к миру. Последнее затрудняется при жестких программированных (компьютеризованных) формах обучения. Поэтому следует согласиться с мнением А.С. Мальцева [5], который считает физикалистские и кибернетические подходы при обучении судовых операторов решению задач безопасности судоходства необходимыми, но не достаточными для предотвращения аварийных ситуаций и гибели судов. Напомним в этой связи, что программой «Мирового морского усовершенствования» пристальное внимание обращается на систему МЕТ – «Морское образование и тренинг» (Marine Education and Training), основанную на требованиях Международной Конвенции ИМО по стандартам тренинга, сертификации и несения вахт моряками (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers - STCW). Последняя была согласована в 1978 г., вступила в силу в 1984 г. и существенно дополнена в 1995 г. Ее участниками являются 98% морских торговых судов, плавающих под флагами 133 государств