

Селективная компенсация наведенных искажений виброизображения лица оператора управления опасным объектом при наличии внешних помех

М. В. Алюшин, Л. В. Колобашкина

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
MVAlyushin@mephi.ru, LVKolobashkina@mephi.ru

Аннотация. Наличие внешних вибропомех высокой интенсивности в ряде случаев делает практически невозможным применение технологии диагностики состояния стресса на основе анализа виброизображения лица (ВИЛ) у оперативного персонала управления опасными объектами. Типичными примерами являются реальные производственные условия работы операторов в машинных залах тепловых и атомных станций, в кабине самолета, либо скоростного поезда. С целью минимизации влияния внешних вибропомех на достоверность измерения текущего уровня стресса у оператора на основе анализа ВИЛ в работе предлагается подход, основанный на селективной компенсации наведенных искажений для наиболее виброчувствительных областей лица с учетом амплитудных и частотных параметров помех. Анализируется алгоритм селективной компенсации. Представлены и анализируются экспериментальные результаты.

Ключевые слова: измерение уровня стресса; виброизображение лица; помехи

I. ВВЕДЕНИЕ

Как показал анализ техногенных аварий и катастроф последнего времени, человеческий фактор следует считать одной из основных причин их возникновения. Достоверная диагностика стрессовых состояний у операторов управления опасными объектами, как правило, являющаяся причиной их несвоевременных, либо неправильных действий, является одним из необходимых условий обеспечения безопасности таких объектов [1].

Наиболее актуальной является задача измерения уровня стресса у операторов непосредственно в процессе управления ими опасным объектом. Данное обстоятельство имеет принципиальный характер. Только реализация на практике такого подхода позволяет существенным образом минимизировать возможное негативное влияние человеческого фактора на безопасность функционирования опасного объекта. Это обстоятельство накладывает ряд принципиальных требований к техническим средствам, применяемым для этой цели. Наиболее существенными из них следует считать [2]:

- отсутствие помех свободному движению операторов;
- полностью пассивный режим регистрации биопараметров оператора;
- отсутствие наводок и помех работающему оборудованию опасного объекта.

Наиболее подходящими в этом плане являются пассивные оптические [3] и акустические технологии, позволяющие осуществить измерение в режиме реального времени целой совокупности биопараметров оператора, что позволяет сделать обоснованный вывод о его текущем психоэмоциональном состоянии.

Анализ ВИЛ оператора является одной из таких оптических технологий. Однако наличие, как правило, достаточно высокого уровня вибрационных и акустических помех в зале управления опасным объектом делают прямое применение данной технологии либо малоприменимым, либо малоэффективным. Типичными примерами таких рабочих условий являются, например, условия работы летчика в кабине самолета, машиниста скоростного поезда, водителя автобуса, оператора управления в машинном зале тепловых и атомных станций. По этой причине применимость данной технологии в настоящее время ограничивается преимущественно случаями с квазистатическим расположением человека [4–7].

Целью исследования является расширение возможностей по применению технологии анализа ВИЛ за счет использования селективной компенсации наведенных виброискажений.

II. СУЩНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМОГО ПОДХОДА

Сущность предлагаемого подхода заключается в компенсации в регистрируемом ВИЛ оператора вибраций, вызванных внешними источниками, присутствующими в зале управления. Как показали проведенные лабораторные исследования, основными факторами, затрудняющими практическую реализацию такого подхода, являются:

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-18-00069

- частотная зависимость уровня наведенных вибрационных помех в ВИЛ оператора;
- зависимость уровня наведенных вибрационных помех в ВИЛ оператора от индивидуальных особенностей конституции его лица;
- зависимость уровня и характера наведенных вибрационных помех от направления их внешнего воздействия.

Для учета вышеперечисленных факторов в работе предлагается создание и использование индивидуальной модели координатной вибросушительности лица (ИМКВЛ) каждого оператора управления. При этом данная модель также должна учитывать частотную зависимость различных областей лица к внешним воздействиям различной частоты.

Для создания ИМКВЛ был разработан и изготовлен специализированный программно-аппаратный стенд, позволяющий провести исследование зависимости вибросушительности отдельных областей лица к внешним воздействиям различной частоты и амплитуды. При этом предполагалось, что уровень внешнего воздействия по мощности должен быть существенно меньшим, чем это разрешено соответствующими медицинскими и санитарными нормами (ГОСТ 12.1.012, ИСО 9611, ИСО 13332 и др.).

На рис. 1 показана часть стенда, обеспечивающая фиксацию головы тестируемого с целью минимизации движений головы, которые могут исказить ВИЛ (1 – фиксатор подбородка; 2, 3 – фиксаторы головы, регулируемые по высоте с помощью штанг 4, 5; 6, 7 – регуляторы горизонтальности).



Рис. 1. Фиксация головы тестируемого в разработанном стенде

В качестве источника вибрации был использован электродвигатель с регулируемой частотой вращения, соединенный с редуктором и эксцентриком, который мог осуществлять перемещения только в горизонтальном, либо вертикальном направлениях. Такая конструкция позволила обеспечить получение вибропомехи в частотном диапазоне 0,1–50 Гц и в заданном направлении.

III. МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ИМКВЛ

На рис. 2 представлена последовательность операций, необходимых для получения компонента ИМКВЛ для

заданных частоты и направления воздействия вибропомехи. ИМКВЛ в полном объеме формируется в результате перебора возможных частот воздействия а также задания различных направлений воздействия вибропомехи.

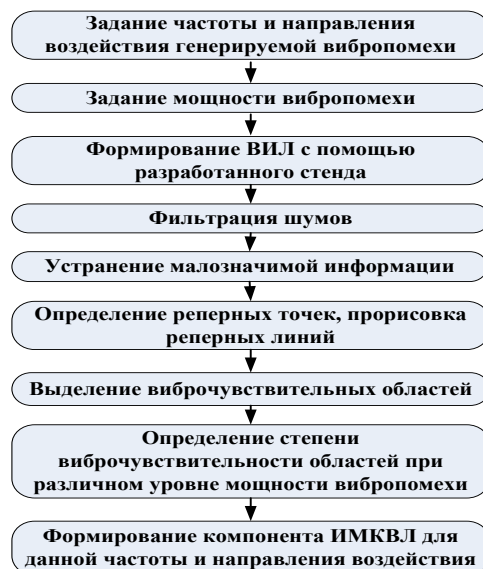


Рис. 2. Получения компонента ИМКВЛ

В качестве направлений воздействия вибропомехи в работе исследовались только горизонтальное (по оси X) и вертикальное (по оси Y). Для оценки воздействия вибропомехи по другим направлениям в плоскости XOY могут быть использованы координатные компоненты такого воздействия.

На рис. 3 показан типичный вид ВИЛ до выполнения процедур фильтрации и устранения малозначимой информации при различных уровнях воздействия вибропомехи для случаев чисто вертикального (а) и горизонтального воздействия (б).

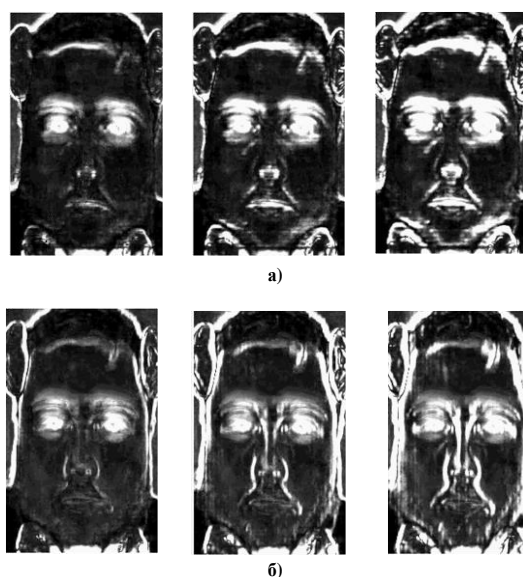


Рис. 3. Горизонтальное и вертикальное воздействия вибропомехи

Полученные ВИЛ содержат помехи, обусловленные шумами аппаратуры, а также ряд малоинформативных областей (волосы, уши, элементы стелда, границы лица). На рис. 4 показаны ВИЛ после выполнения процедур фильтрации, устранения малоинформативных деталей и прорисовки реперных линий.

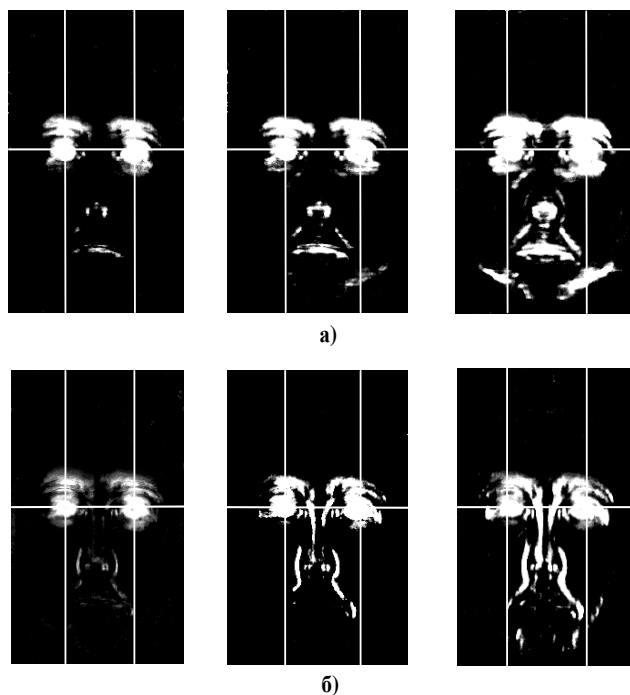


Рис. 4. Типичные ВИЛ после выполнения операций фильтрации и удаления малоинформативных деталей

Реперные линии выделяют реперные точки – центры глаз, которые используются для масштабирования ВИЛ при привязке к конкретному графическому формату.

Для устранения «системных» искажений, обусловленных такими факторами, как различное положение головы, различное состояние кожи лица, а также различное физическое и психоэмоциональное состояние человека при различающихся по времени измерительных сеансах, в работе предлагается формирование усредненного ВИЛ (УВИЛ) на основе измеренных в различное время ВИЛ при различном уровне мощности вибропомехи. На рис. 5 дана иллюстрация данного подхода.

При этом в качестве показателя виброчувствительности каждого пикселя усредненного таким образом ВИЛ предлагается использовать значение яркости $I^*[x, y]$ для максимального уровня мощности W , реализованного при проведении виброиспытаний. Уровень мощности вибропомехи на рис. 5 представлен в относительных единицах. Значение $W=1,0$ соответствует максимальному реализованному уровню мощности. Измеренные значения виброчувствительности $I_{0,2}[x, y]$, $I_{0,4}[x, y]$, $I_{0,6}[x, y]$, $I_{0,8}[x, y]$ и $I_{1,0}[x, y]$ определяются при проведении виброиспытаний с мощностью действующей вибропомехи соответственно $W=0,2$; $W=0,4$; $W=0,6$; $W=0,8$ и $W=1,0$. В случаях выхода получаемых значений за верхнюю, либо нижнюю границы

разрешенного динамического диапазона для определяемого значения $I^*[x, y]$, ему присваивается значение для соответствующей разрешенной границы – $I^*[x, y] = 255$, либо $I^*[x, y] = 0$.

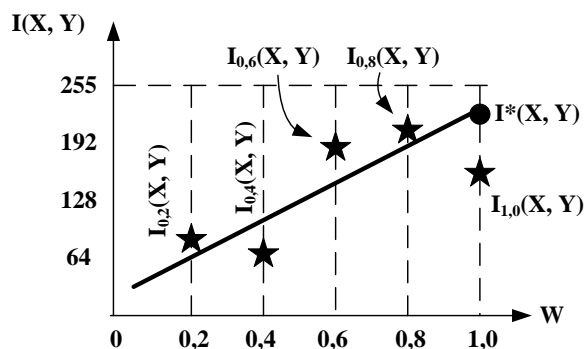


Рис. 5. Определение яркости пикселей УВИЛ

Полученные таким образом УВИЛ для различных частот вибропомехи и различного направления ее воздействия образуют ИМКВЛ. На рис. 6 показана структура такой ИМКВЛ. При этом УВИЛ_x и УВИЛ_y получены для случаев воздействия внешней вибропомехи только соответственно в горизонтальном и только в вертикальном направлениях.

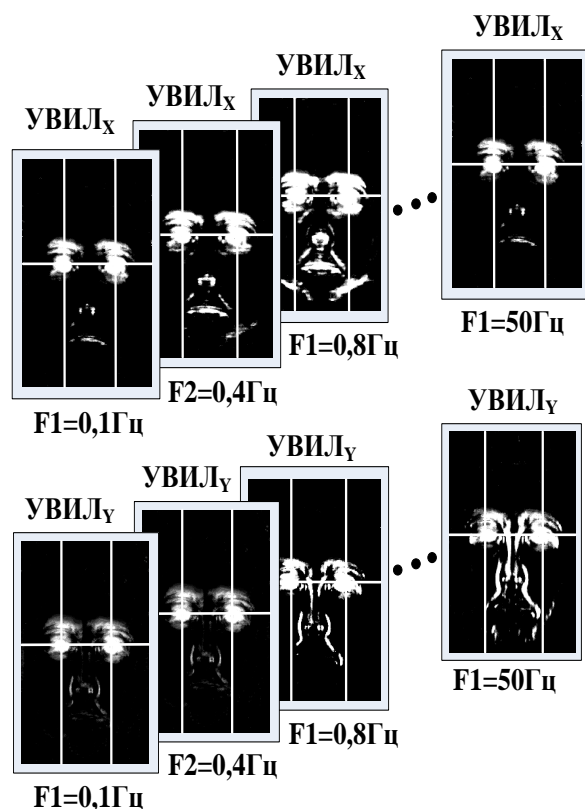


Рис. 6. Структура ИМКВЛ

Включение в состав ИМКВЛ УВИЛ для различных частот вибропомехи обусловлено сильной частотной зависимостью виброчувствительности различных областей

лица. С физической точки зрения это объясняется, прежде всего, конституционным строением человека и строением его лица. Так, более «пышные» лица, имеющие много жировых отложений, характеризуются значительно большей виброчувствительностью по сравнению с «сухими» лицами. При этом для первого типа лиц частоты вибропомех, для которых имеется максимум виброчувствительности, существенно ниже, чем у лиц второй категории телосложения.

IV. АЛГОРИТМ СЕЛЕКТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИИ

Разработанный подход дает возможность осуществить селективную компенсацию наведенных виброискажений с учетом частотной виброчувствительности областей лица.

На рис. 7 представлена экспериментально апробированная версия реализации алгоритма селективной компенсации наведенных виброискажений на основе созданной ИМКВЛ.

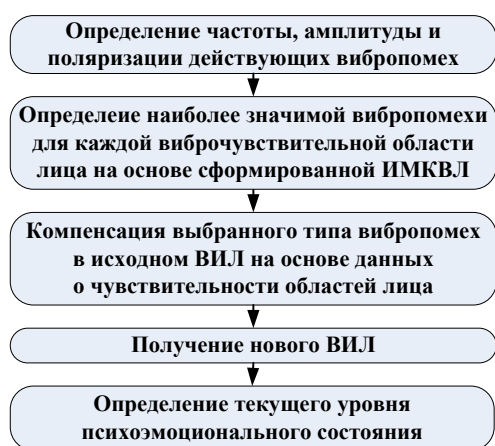


Рис. 7. Алгоритм селективной компенсации наведенных виброискажений

Созданная база ИМКВЛ содержит 53 индивидуальных модели. Как правило, высокая виброчувствительность проявляется в основном в районе низких частот порядка 0,1–10 Гц. При более высоких частотах наблюдается монотонный спад виброчувствительности у большинства тестируемых. Проведенные предварительные лабораторные исследования на 17-и тестируемых показали, что в частотном диапазоне 0,1–10 Гц при наличии только одной вибропомехи рассмотренный алгоритм селективной компенсации позволяет сохранить достаточно высокую достоверность диагностики состояния стресса в широком диапазоне изменения мощности вибропомехи. В этом случае для сравнения использовались данные, полученные

при диагностике стресса при отсутствии вибропомехи. Максимальная ошибка в определении уровня стресса на основе обработки виброизображения не превышала 15%.

Экспериментальное исследование включало в себя продолжительное выполнение тестируемым компьютерного задания со все возрастающей сложностью. При этом через равные промежутки времени осуществлялось включение и выключение вибропомехи различной мощности. Результаты двух смежных измерений уровня стресса сравнивались между собой.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предложенный метод селективной компенсации вибропомех на основе использования ИМКВЛ позволяет расширить границы возможного применения технологии измерения уровня стресса при обработке ВИЛ. Наиболее целесообразными сферами практического применения данного метода следует считать опасные предприятия с фиксированным кадровым составом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Алюшин М.В., Колобашкина Л.В., Хазов А.В. Профессиональный отбор персонала по психологическим качествам на основе методов, разработанных в рамках теории принятия решений // Вопросы психологии. 2015. № 2. С. 88–94.
- [2] Алюшин М.В., Колобашкина Л.В. Мониторинг биопараметров человека на основе дистанционных технологий // Вопросы психологии. 2014. № 6. С. 135–144.
- [3] Алюшин М.В., Алюшин А.В., Белопольский В.М., Колобашкина Л.В., Ушаков В.Л. Оптические технологии для систем мониторинга текущего функционального состояния оперативного состава управления объектами атомной энергетики // Глобальная ядерная безопасность. 2013. № 2(7). С. 69–77.
- [4] Blom P.M., Bakkes S., Tan C.T. et al. Towards personalized gaming via facial expression recognition // Proceedings of the 10th AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, AIIDE 2014, October 2014. P. 30–36.
- [5] Chang C.-Y., Tsai J.-S., Wang C.-J., Chung P.-C. Emotion recognition with consideration of facial expression and physiological signals // Proceedings of the 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology, CIBCB 2009, April 2009. P. 278–283. DOI: 10.1109/CIBCB.2009.4925739
- [6] Baltrusaitis T., Robinson P., Morency L.-P. OpenFace: An open source facial behavior analysis toolkit / Proceedings of the IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, WACV 2016, March 2016. P. 1–10. DOI: 10.1109/WACV.2016.7477553
- [7] Tang H., Huang T.S. 3D Facial expression recognition based on automatically selected features // Proceedings of the 2008 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, CVPR Workshops, June 2008. P. 1–8. DOI: 10.1109/CVPRW.2008.4563052