

Н.И. СКУРАТОВСКИЙ

**Алгоритмы и программы
эргономической экспертизы
противошумов**

УДК 004.021; 331.101.1

Московский
научно-
исследовательский и
проектный институт
типологии,
экспериментального
проектирования,
г.Москва

Представлены алгоритмы и реализующие их программы обработки информации для исследования акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума, эргономической экспертизы противошумных наушников и средств индивидуальной противошумной виброзащиты.

По данным Роспотребнадзора неблагоприятному воздействию авиационного шума подвержено около 3% граждан России, жизнедеятельность которых осуществляется на территориях общей площадью около 6000 кв. км. [1, 12, 14]. Названные обстоятельства обуславливают необходимость интенсификации исследований по разработке средств индивидуальной защиты от шума [3, 11]. Важным моментом является эргономическая экспертиза таких средств на ранних этапах их жизненного цикла: от обоснования необходимости разработки до изготовления и проведения предварительных и государственных испытаний опытных образцов.

Технология эргономической экспертизы должна отвечать следующим требованиям: методики анализа, применяемые для исследования эргономических характеристик должны быть взаимосогласованными; собираемые данные должны приводиться к унифицированному виду; все данные и результаты анализа должны накапливаться в единой базе данных [4, 12, 15]. Для обеспечения эргономической экспертизы средств индивидуальной защиты от авиационного шума разработан комплекс программ, объединяющих пять программных комплексов, которые можно применять как автономно, так и в составе единой автоматизированной системы.

При разработке математического обеспечения программ выполнялись следующие этапы:

- формирование группы экспертов, обладающей высокими (более 0,7) коэффициентами компетентности, осведомленности и аргументированности (определяемыми по [13]), объединяющей эргономистов, инженеров, психологов, врачей и других специалистов;

- методом «мозгового штурма» формирование максимально полного перечня показателей, характеризующих эргономичность средства индивидуальной защиты;

- с помощью методов сокращения пространства признаков (отбора информативных признаков) формирование набора характеристик, описывающих эргономичность средства индивидуальной защиты с последующим утверждением группой экспертов [1, 4];

- с помощью методов «круглого стола» формирование структуры интегрального показателя эргономичности с последующим ее утверждением группой экспертов;

- с помощью методов сбора и обработки экспертной информации определение весовых коэффициентов, позволяющих рассчитать сводные и интегральный показатель эргономичности как свертку первичных показателей;

- нормирование интегрального показателя эргономичности и разработка таблицы соответствий количественной (диапазонов изменения) и вербальной оценки интегрального показателя;

- реализация полученных результатов в виде программы и методик эргономической экспертизы с согласованием этих документов заказчиком разработки средства индивидуальной защиты.

Алгоритм исследования акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума

Сущность разработанного алгоритма заключается в следующем.

- 1) Измеряют уровни звукового давления (УЗД) на рабочих местах специалистов, для которых предназначено средство индивидуальной защиты (СИЗ), на каждой октавной частоте с определением максимальных УЗД – $УЗД_{max_i}$, дБ.

2) Для каждой нормируемой октавной частоты определяют значения требуемого снижения образцом СИЗ воздушной ($\Delta^e_{max i}$, дБ) и костной ($\Delta^K_{max i}$, дБ) проводимости:

$$\Delta^e_{max i} = \max \{0; \text{УЗД}_{max i} - \text{ПДУ}_i\},$$

$$\Delta^K_{max i} = \max \{0; \Delta^e_{max i} - 20\},$$

где ПДУ_i , дБ – предельно допустимый УЗД для соответствующей октавной частоты, установленный нормативными документами.

3) По величинам, полученным в п. 2, рассчитывают показатели, характеризующие акустическую эффективность СИЗ:

- Для шумозащитных наушников оценку коэффициента защиты (k_3^H) рассчитывают как логарифм от соотношения количества используемых октавных полос к сумме акустических эффективностей шумозащитных наушников в каждой используемой октавной полосе частот (в дБ):

$$k_3^H = 20 \cdot \lg \frac{n}{\sum_{i=1}^n 10^{0,05\Delta^e_i}},$$

где n – количество используемых октавных полос, $\Delta^e_i = \max\{0; \Delta^e_{max i} - \Delta^H_i\}$ – разность между требуемым и обеспечиваемым шумозащитными наушниками значением воздушной проводимости для каждой нормируемой октавной частоты, Δ^H_i – значение акустической эффективности в подчашечном пространстве шумозащитных наушников для каждой анализируемой октавной частоты (указываемое в паспорте шумозащитных наушников если это значение в паспорте не указано, то его определяют экспериментально). Чем больше величина k_3^H , тем лучше акустическая эффективность шумозащитных наушников.

- Для шумозащитного шлема оценку коэффициента защиты (k_3^W) рассчитывают как логарифм от соотношения количества используемых октавных полос к сумме акустических эффективностей образца шумозащитного шлема в каждой используемой октавной полосе частот (в дБ):

$$k_3^W = 20 \cdot \lg \frac{n}{\sum_{i=1}^n 10^{0,05\Delta^K_i}},$$

где n – количество используемых октавных полос, $\Delta^K_i = \max\{0; \Delta^K_{max i} - \Delta^W_i\}$ – разность между требуемым и обеспечиваемым шумо-

защитным шлемом значением костной проводимости для каждой нормируемой октавной частоты, Δ_i^w – значение акустической эффективности в подшлемном пространстве для каждой анализируемой октавной частоты (указываемое в паспорте шумозащитного шлема; если это значение в паспорте не указано, то его определяют экспериментально). Чем больше величина k_3^w , тем лучше акустическая эффективность шумозащитного шлема.

- Для комбинации шумозащитного шлема с шумозащитными наушниками рассчитывают величину коэффициента k_3 :

$$k_3 = 20 \cdot \lg \frac{2n}{\sum_{i=1}^n 10^{0,05\Delta_i^e} + \sum_{i=1}^n 10^{0,05\Delta_i^k}}.$$

Чем больше величина k_3 , тем лучше акустическая эффективность комплекта шумозащитного шлема с шумозащитными наушниками.

Алгоритм обработки информации для эргономической экспертизы противошумных наушников

В соответствии с разработанной технологией автоматизированной поддержки эргономической экспертизы противошумных наушников в качестве объективных (непосредственно измеряемых) характеристик используют эффективность защиты от шума для семи октавных частот: 125 Гц, 250 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц и 8000 Гц (x_i $i=1...7$ – доля респондентов, у которых использование противошумных наушников не привело к снижению порогов слуха после смены на октавной частоте 125 Гц, 250 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц и 8000 Гц соответственно),

а в качестве субъективных (получаемых анкетированием респондентов) характеристик используют:

- звон (шум) в ушах (x_8 – доля респондентов, отметивших отсутствие звона (шума) в ушах),

- давление и тяжесть в ушах (x_9 – доля респондентов, отметивших отсутствие давления и тяжести в ушах),

- головную боль (x_{10} – доля респондентов, отметивших отсутствие головной боли),

- шум и тяжесть в голове (x_{11} – доля респондентов, отметивших отсутствие шума и тяжести в голове),

- снижение работоспособности (x_{12} – доля респондентов, отметивших отсутствие снижения работоспособности),
 - нарушение режима сна (x_{13} – доля респондентов, отметивших отсутствие нарушения режима сна),
 - массогабаритные характеристики (x_{14} – доля респондентов, оценивших массогабаритные характеристики как «нормальные»),
 - эффективность крепёжной системы (x_{15} – доля респондентов, оценивших эффективность крепёжной системы как «удовлетворительную»),
 - удобство использования (комфортность) (x_{16} – доля респондентов, оценивших удобство использования (комфортность) как «удовлетворительную»),
 - удобство хранения в неиспользуемом состоянии (x_{17} – доля респондентов, оценивших удобство хранения в неиспользуемом состоянии как «удовлетворительное»),
 - качество оголовья (x_{18} – доля респондентов, оценивших качество оголовья как «удовлетворительное»),
 - помехи профессиональной деятельности в противошумных наушниках (x_{19} – доля респондентов, отметивших отсутствие помех профессиональной деятельности в противошумных наушниках),
 - безопасность использования (x_{20} – доля респондентов, оценивших безопасность использования как «удовлетворительную»),
 - сочетаемость противошумных наушников с образцами экипировки (x_{21} – доля респондентов, оценивших сочетаемость противошумных наушников с образцами экипировки как «удовлетворительную»),
 - неприятные ощущения в околоушной области (x_{22} – доля респондентов, отметивших отсутствие неприятных ощущений в околоушной области),
 - покраснение кожи в околоушной области (x_{23} – доля респондентов, отметивших отсутствие покраснения кожи в околоушной области),
 - достаточность снижения шума (x_{24} – доля респондентов, оценивших степень снижения шума противошумными наушниками как достаточную),
- и на основе полученных оценок рассчитывают коэффициент эргономичности противошумных наушников

$$k = 7x_1 + 7x_2 + 7x_3 + 7x_4 + 7x_5 + 5x_6 + 5x_7 + 4x_8 + 5x_9 + 3x_{10} + 4x_{11} + \\ + 2x_{12} + 2x_{13} + 3x_{14} + 4x_{15} + 4x_{16} + 2x_{17} + 2x_{18} + 2x_{19} + 3x_{20} + \\ + 2x_{21} + 5x_{22} + 5x_{23} + 3x_{24},$$

по величине которого оценивают эргономический уровень противошумных наушников как низкий ($k < 40$); удовлетворительный ($40 \leq k < 70$), хороший ($70 \leq k < 90$) или отличный ($k \geq 90$).

Алгоритмы обработки информации для эргономической экспертизы противошумных вкладышей и противошумных шлемов построены по аналогичной схеме и отличаются названием некоторых показателей и весовыми коэффициентами, используемыми для расчета интегрального показателя – коэффициента эргономичности.

Алгоритм обработки информации для эргономической экспертизы средств индивидуальной противошумной виброзащиты

Для автоматизированной поддержки эргономической экспертизы противошумных виброзащитных поясов, жилетов, комбинезонов и костюмов, предназначенных для использования специалистами, подвергающимися воздействию авиационного шума, в качестве объективных характеристик используют:

- снижение вибротактильной чувствительности, обусловленное использованием средства индивидуальной защиты (y_1 – доля респондентов, у которых не отмечено снижение вибротактильной чувствительности после использования средства индивидуальной защиты в течение смены),

- состояние кожи человека под средством индивидуальной защиты (y_2 – доля респондентов, у которых отмечено отсутствие покраснения кожи после использования средства индивидуальной защиты в течение смены),

- влажность кожных покровов человека под средством индивидуальной защиты (y_3 – доля респондентов, влажность кожных покровов которых оценена как «нормальная»);

в качестве субъективных характеристик используют:

- массогабаритные характеристики средства индивидуальной защиты (y_4 – доля респондентов, оценивших массогабаритные характеристики как «удовлетворительные»),

- эффективность крепёжной системы средства индивидуальной защиты (y_5 – доля респондентов, оценивших эффективность крепёжной системы как «удовлетворительная»),

- удобство (комфортность) использования средства индивидуальной защиты (y_6 – доля респондентов, оценивших удобство (комфортность) использования как «удовлетворительное»);

- удобство хранения средства индивидуальной защиты в неиспользованном состоянии (y_7 – доля респондентов, оценивших удобство хранения в неиспользованном состоянии как «удовлетворительное»),

- отсутствие помех профессиональной деятельности в средстве индивидуальной защиты (y_8 – доля респондентов, отметивших отсутствие помех профессиональной деятельности с использованием средства индивидуальной защиты),

- безопасность использования средства индивидуальной защиты (y_9 – доля респондентов, оценивших безопасность использования как «удовлетворительную»),

- сочетаемость средства индивидуальной защиты с другими элементами экипировки (y_{10} – доля респондентов, оценивших сочетаемость средства индивидуальной защиты с образцами экипировки как «удовлетворительная»),

- неприятные ощущения при использовании средства индивидуальной защиты (y_{11} – доля респондентов, отметивших отсутствие неприятных ощущений, вызванных использованием средства индивидуальной защиты),

- защитные свойства средства индивидуальной защиты (y_{12} – доля респондентов, отметивших высокие защитные свойства средства индивидуальной защиты),

- удобство одевания/съема средства индивидуальной защиты (y_{13} – доля респондентов, оценивших удобство одевания/съема средства индивидуальной защиты как «удовлетворительно»),

и на основе полученных оценок рассчитывают коэффициент эргономичности средства индивидуальной защиты человека от воздушной акустической вибрации

$$ke = 0,15y_1 + 0,13y_2 + 0,04y_3 + 0,07y_4 + 0,1y_5 + 0,1y_6 + 0,02y_7 + 0,12y_8 + 0,1y_9 + 0,03y_{10} + 0,05y_{11} + 0,04y_{12} + 0,05y_{13},$$

по величине которого оценивают эргономичность средств индивидуальной защиты человека от воздушной акустической вибрации как низкую ($ke < 0,4$); удовлетворительную ($0,4 \leq ke < 0,7$), хорошую ($0,7 \leq ke < 0,9$) или отличную ($ke \geq 0,9$).

Комплекс программ эргономической экспертизы противошумов

После выполнения изложенных этапов осуществлялась разработка программы (автоматизированной системы), обеспечивающей сбор и обработку информации в интересах эргономической экспертизы средства индивидуальной защиты. Автором разработаны пять программных комплексов [6-10]:

1. Автоматизированная система исследования акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума, предназначенная для автоматизации сбора и обработки информации при исследовании акустической эффективности любых образцов средств индивидуальной защиты от шума во всем диапазоне частот, заданном санитарными нормами (2 Гц ... 8 кГц) [6].

2. Автоматизированная система эргономической экспертизы противошумных наушников, предназначенная для автоматизации сбора и обработки информации при проведении их эргономической экспертизы в интересах обоснования, исследования и совершенствования эксплуатационно-технических и эргономических характеристик противошумных наушников, применяемых авиационными специалистами [7].

3. Автоматизированная система эргономической экспертизы противошумных вкладышей, предназначенная для автоматизации сбора и обработки информации при проведении их эргономической экспертизы в интересах обоснования, исследования и совершенствования эксплуатационно-технических и эргономических характеристик противошумных вкладышей, применяемых авиационными специалистами [8].

4. Автоматизированная система эргономической экспертизы противошумного шлема, предназначенная для автоматизации сбора и обработки информации при проведении его эргономической экспертизы, в интересах обоснования, исследования и совершенствования эксплуатационно-технических и эргономических характери-

стик противошумного шлема, применяемого авиационными специалистами [9].

5. Автоматизированная система эргономической экспертизы средств индивидуальной противошумной виброзащиты (поясов, жилетов, комбинезонов и костюмов), предназначенная для автоматизации сбора и обработки информации при проведении их эргономической экспертизы в интересах обоснования, исследования и совершенствования эксплуатационно-технических и эргономических характеристик средств индивидуальной противошумной виброзащиты, применяемых авиационными специалистами [10].

Функциональные возможности разработанных программ обеспечивают интерактивный ввод значений эксплуатационно-технических и эргономических характеристик средств индивидуальной защиты от шума, получаемых объективным (непосредственные измерения) и субъективным (анкетирование респондентов) способами, с последующим расчетом оценки интегрального показателя - коэффициента эргономичности (изменяется в диапазоне от «0» до «1»).

Интерфейс ввода первичных показателей автоматизированной системы исследования акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума реализован в виде диалогового окна, предусматривающего занесение значений характеристик в поля таблицы (рис 1), а для остальных программ – в виде диалогового окна, предусматривающего выбор одного из вариантов ответа на вопрос (рис. 2) [6-10].

	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц												
	2	4	8	16	31,5	63,5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Отметить нужные	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
УЗдтах, дБ				200	180	170	190	220					
ПДУ, дБ				180	180	180	180	160					
$\Delta^ш$, дБ				20	20	10	20						

УЗдтах - максимальный уровень звукового давления на рабочих местах специалистов, для которых предназначено СИЗ;

ПДУ - предельно допустимый уровень звукового давления, установленный нормативными документами;

$\Delta^ш$ - значение акустической эффективности в подшлемном пространстве каски для каждой анализируемой октавной частоты.

Расчет

Рис. 1. Экранная форма ввода характеристик акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума.

Константинопольский Константин Константинович <small>Ф.И.О.</small>		
6 разряд, инспекция двигателя <small>Примечание</small>		
По результатам тональной аудиометрии использование СИЗ не привело к снижению порогов слуха на следующих частотах:	ДА	НЕТ ?
- октавная частота 125 Гц:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
- октавная частота 250 Гц:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
- октавная частота 500 Гц:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>
- октавная частота 1000 Гц:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
- октавная частота 2000 Гц:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
- октавная частота 4000 Гц:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>
- октавная частота 8000 Гц:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>
Звон/шум в ушах отсутствует:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Давление и тяжесть в ушах отсутствуют:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Головная боль отсутствует:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Шум и тяжесть в голове отсутствуют:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Снижение работоспособности отсутствует:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Нарушение режима сна отсутствует:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Массогабаритные характеристики СИЗ "нормальные":	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Эффективность крепежной системы СИЗ удовлетворительная:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Удобство использования/комфортность СИЗ удовлетворительная:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Удобство хранения неиспользуемого СИЗ удовлетворительное:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Качество оголовья СИЗ удовлетворительное:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Помехи профессиональной деятельности в СИЗ отсутствуют:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Безопасность использования СИЗ удовлетворительная:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Сочетаемость СИЗ с образцами экипировки удовлетворительная:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Неприятные ощущения в околоушной области отсутствуют:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Покраснение кожи в околоушной области отсутствует:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Степень снижения шума наушниками достаточная:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Введено анкет: 0	Следующая анкета	Результат экспертизы

Рис. 2. Экранная форма ввода ответов на вопросы анкеты.

Результаты эргономической экспертизы представляются в виде типовой экранной формы (рис. 3) [7-10].

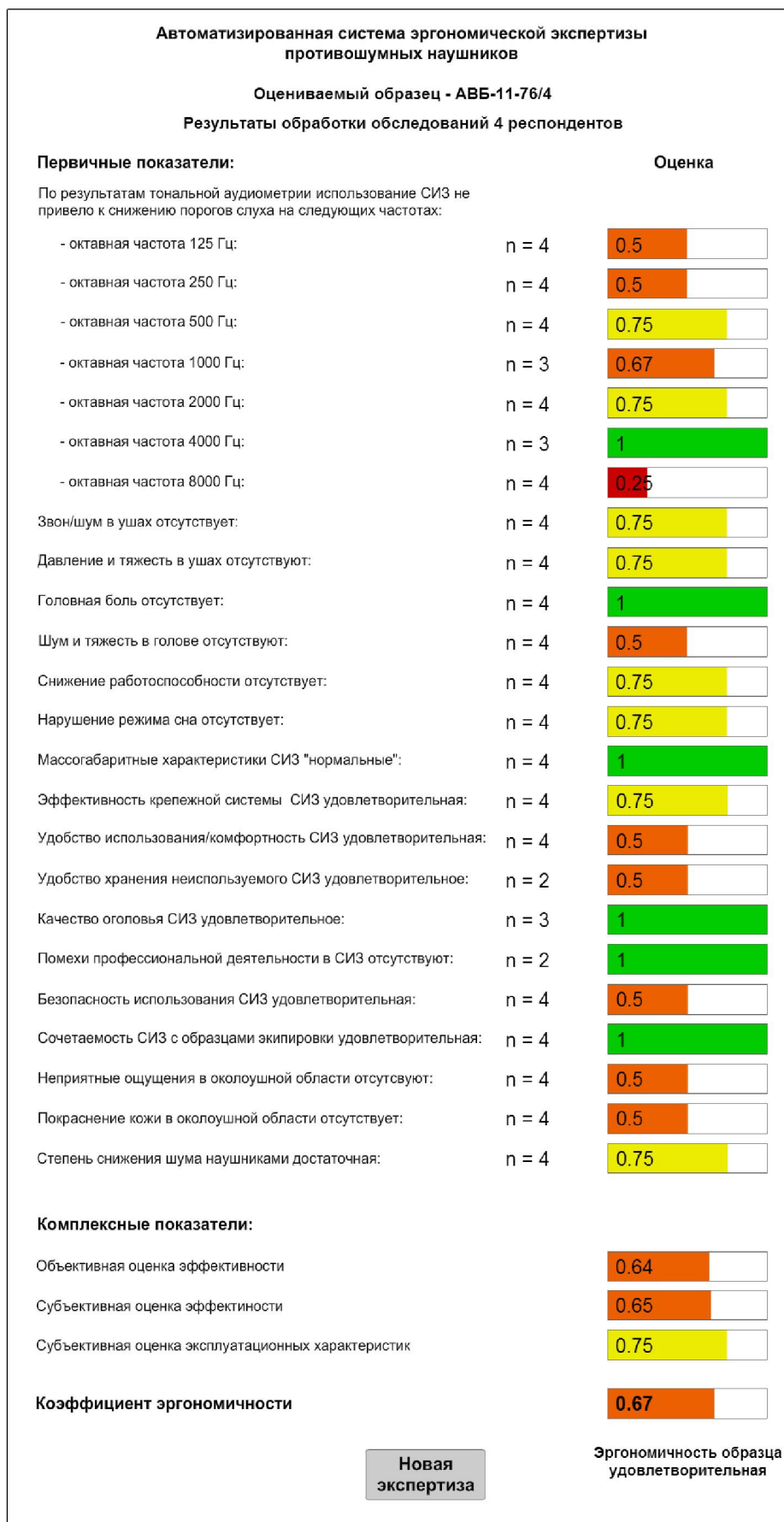


Рис. 3. Экранная форма результата эргономической экспертизы.

Разработанные программные комплексы созданы на языке ActionScript (в среде Flash), предназначены для IBM PC-совместимых компьютеров и реализованы при проведении теоретико-экспериментальных исследований по формированию тактико-технических требований к средствам защиты от авиационного шума и при проведении предварительных и государственных испытаний более 10 образцов таких средств на всех этапах их жизненного цикла.

Заключение

За счет использования разработанных программ обеспечена стандартизация процедуры эргономической экспертизы средств индивидуальной защиты от авиационного шума, создание и наполнение базы данных эргономических экспертиз (первичной информации и интегральных оценок), а, главное, своевременное выявление и устранение конструктивных недостатков, снижающих эргономичность разрабатываемых средств защиты, что, в итоге, повысило комфортность их эксплуатации авиационными специалистами.

Литература

1. *Горячкина Т.Г.* Методико-методологические рекомендации авторам инноваций по диагностике функционального состояния человека-оператора / Т.Г.Горячкина, И.Б.Ушаков, В.И.Евдокимов, А.В.Богомолов // Технологии живых систем. 2006. Т. 3. № 3. С. 33-38.
2. *Зинкин В.Н.* Авиационный шум: специфические особенности биологического действия и защиты / В.Н.Зинкин, А.В.Богомолов, И.М.Ахметзянов, П.М.Шешегов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2012. Т. 46. № 2. С. 9-16.
3. *Зинкин В.Н.* Риски здоровью, обусловленные кумулятивным действием авиационного шума, и мероприятия по борьбе с ним / В.Н.Зинкин [и др.] // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2011. № 1. С. 80-88.
4. *Козлов В.Е.* Математическое обеспечение обработки рейтинговой информации в задачах экспертного оценивания / В.Е.Козлов, А.В.Богомолов, С.В.Рудаков, В.Т.Оленченко // Мир измерений. 2012. № 9. С. 42-49.
5. *Падерно П.И.* Эргономическая экспертиза: теория и практика, проблемы и трудности / П.И.Падерно // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. 2007. № 3. С. 122-124.
6. *Скуратовский Н.И.* Автоматизированная система исследования акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Н.И.Скуратовский [и др.]. 2013. 1 с.

7. *Скуратовский Н.И.* Автоматизированная система эргономической экспертизы противозумных наушников: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Н.И.Скуратовский [и др.]. 2013. 1 с.

8. *Скуратовский Н.И.* Автоматизированная система эргономической экспертизы противозумных вкладышей: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Н.И.Скуратовский [и др.]. 2013. 1 с.

9. *Скуратовский Н.И.* Автоматизированная система эргономической экспертизы противозумного шлема: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Н.И.Скуратовский [и др.]. 2013. 1 с.

10. *Скуратовский Н.И.* Автоматизированная система эргономической экспертизы средств индивидуальной противозумной виброзащиты: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Н.И.Скуратовский [и др.]. 2013. 1 с.

11. *Солдатов С.К.* Средства и методы защиты от авиационного шума: состояние и перспективы развития / С.К.Солдатов [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2011. Т. 45. № 5. С. 3-11.

12. *Солдатов С.К.* Человек и авиационный шум / С.К.Солдатов, В.Н.Зинкин, А.В.Богомолов, Ю.А.Кукушкин // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 9 (приложение). 24 с.

13. *Шибанов Г.П.* Порядок формирования экспертных групп и проведения коллективной экспертизы / Г.П.Шибанов // Информационные технологии, № 12, 2003. С. 26-29.

14. *Щербаков С.А.* Методическое обеспечение и результаты исследования акустической обстановки на рабочих местах специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С.А.Щербаков [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. 2007. № 12. С. 21-27.

15. *Щербаков С.А.* Результаты исследований акустической обстановки на рабочих местах инженерно-технического состава авиации / С.А.Щербаков [и др.] // Проблемы безопасности полетов. 2007. № 3. С. 27.

GNIIIVM-S@YANDEX.RU,

NIKSKUR@GMAIL.COM