

УДК 004.5

АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ КОМПОНЕНТОВ АППАРАТА ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ «MEDUMAT TRANSPORT»

Старовойтов А.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алефиренко В.М. – канд.техн.наук, доцент

Аннотация. Проведен анализ размеров панели управления и компонентов аппарата искусственной вентиляции легких *MEDUMAT Transport* на соответствие требованиям инженерной психологии.

Ключевые слова: медицинская электроника, аппарат искусственной вентиляции легких, панель управления, инженерная психология, анализ.

Введение. Спрос на аппараты искусственной вентиляции легких (ИВЛ) за последний год значительно вырос. Это связано прежде всего с тем, что показатели выживаемости при эпидемии коронавирусной инфекции напрямую зависят от количества ИВЛ, имеющих в распоряжении медиков страны. Приоритетом при выборе потребителем конкретной модели аппарата ИВЛ являются, как правило, в первую очередь его технические характеристики, в то время как характеристики, определяющие его совместимость с человеком-оператором, не учитываются. Это может приводить к ошибкам оператора, связанными с неверным считыванием информации с дисплея или неправильной установкой параметров при работе с аппаратом. Проведение исследований на соответствие параметров каждой модели ИВЛ требованиям инженерной психологии является достаточно трудоемкой задачей, так как предлагаемая для этого методика [1] достаточно объемна. Поэтому в [2] предлагается провести классификацию приборов по категориям и группам, выбрать конкретную группу приборов, провести предварительный анализ различных моделей каждой группы и выбрать для дальнейших исследований типовой представитель. Как показал проведенный анализ, типовым представителем аппаратов ИВЛ является портативный аппарат *MEDUMAT Transport* компании *WEINMANN* [2, 3], внешний вид которого представлен на рисунке 1.

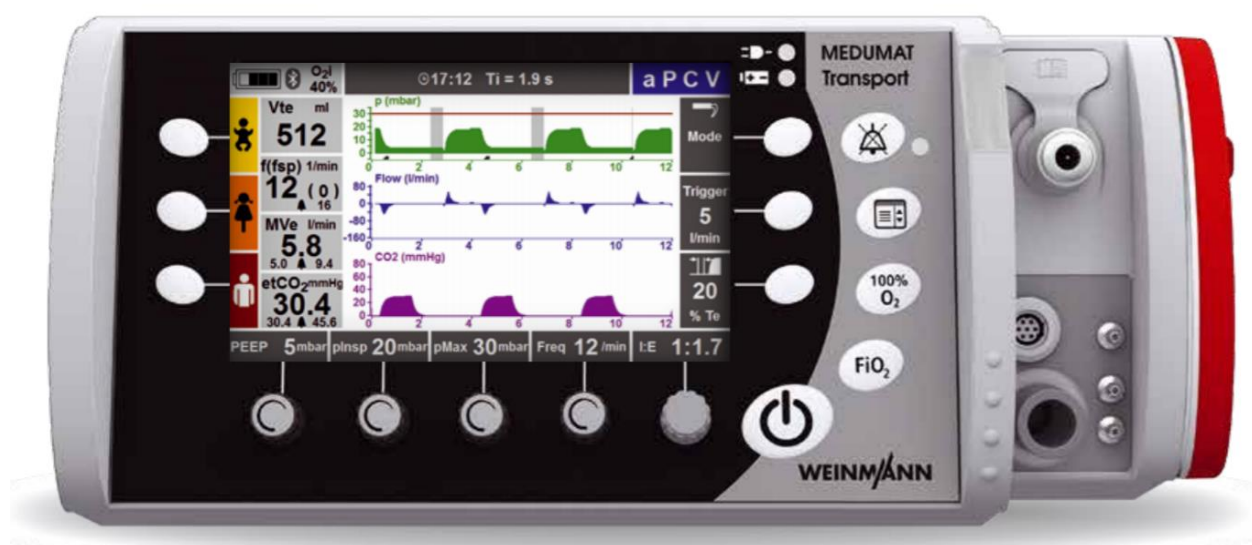


Рисунок 1 – Аппарат ИВЛ *MEDUMAT Transport*

Основная часть. Анализ размеров панели управления и ее компонентов на соответствие требованиям инженерной психологии включает в себя:

- расчет размеров ПУ;
- расчет размеров компонентов ПУ;

Результаты анализа в значительной степени будут зависеть от правильности подготовки и обоснования исходных данных, которые используются для расчетов.

Исходные данные условно можно разделить на три группы [4, 5]:

– данные, определяемые возможностями самого оператора по приему и переработке информации;

- данные, определяемые условиями работы оператора с конкретным прибором;
- данные, относящиеся к самому прибору.

К первой группе исходных данных относятся:

- угловые размеры соответствующих зон обзора оператора;
- оперативный угол зрения оператора;
- объем зрительного восприятия.

Все исходные данные, относящиеся к первой группе, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Инженерно-психологические характеристики оператора

Наименование	Обозначение	Величина
Периферическое зрение оператора по горизонтали	α_{Γ}	90°
Периферическое зрение оператора по вертикали	$\alpha_{\text{В}}$	75°
Величина угла оперативного поля зрения	$\alpha_{\text{ОП}}$	5°
Объем зрительного восприятия	$N_{\text{ЗВ}}$	5
Допустимый угловой размер простых знаков	$\alpha_{\text{ПЗ}}$	15'
Допустимый угловой размер сложных знаков	$\alpha_{\text{СЗ}}$	30'
Пределы контраста	K	0,6 - 0,95

Ко второй группе исходных данных относится:

- расстояние до ПУ.

Исходные данные для анализа ПУ, определяемые условиями работы оператора, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные, определяемые условиями работы оператора

Наименование	Обозначение	Величина
Расстояние до панели управления	l	0,5 м

К третьей группе исходных данных относятся:

- размеры ПУ;
- размеры компонентов ПУ;
- количество компонентов на ПУ;
- число знаков индикаторного устройства (дисплея).

Исходные данные, относящиеся к самому прибору, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные, относящиеся к самому прибору

Наименование прибора	Размеры панели управления		Количество компонентов, шт	Количество знаков дисплея, расположенных по	
	Высота, мм	Ширина, мм		вертикали, $N_{\text{В}}$, шт	горизонтали $N_{\text{Г}}$, шт
Аппарат ИВЛ <i>MEDUMAT</i> <i>Transport</i>	163,0	345,0	20	21	51

Максимально допустимый размер ПУ исходя из горизонтального и вертикального угловых размеров зоны периферического зрения оператора и заданного расстояния l до ПУ определяется по следующим формулам [4, 5]:

$$L_{\text{П у max}} = 2 \cdot l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\Gamma}}{2}, \quad (1)$$

$$H_{\text{П у max}} = 2 \cdot l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\text{В}}}{2}, \quad (2)$$

$$S_{\text{П у max}} = L_{\text{П у max}} \cdot H_{\text{П у max}} \quad (3)$$

где l – расстояние до ПУ;

α_{Γ} – горизонтальный угол периферического зрения;

$\alpha_{\text{В}}$ – вертикальный угол периферического зрения.

Минимально допустимые размеры ПУ определяются исходя из объема оперативной памяти и оперативного (центрального) поля зрения оператора.

Площадь оперативного поля зрения может быть определена по формуле:

$$S_{\text{П з}} = h \cdot h = (2 \cdot l \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\text{ОП}}}{2})^2, \quad (4)$$

где h и $\alpha_{\text{ОП}}$ – линейный и угловой размеры оперативного поля зрения.

Тогда минимальная площадь ПУ, удовлетворяющая требованиям инженерной психологии, может быть определена как:

$$S_{\text{П у min}} = \frac{N}{N_{\text{ЗВ}}} \cdot S_{\text{П з}}, \quad (5)$$

где N – количество компонентов, расположенных на ПУ, шт;

$N_{\text{ЗВ}}$ – объем зрительного восприятия.

В количество принятых для расчетов компонентов входят следующие:

- дисплей;
- индикаторы;
- разъёмы;
- кнопки и надписи предназначения кнопок;
- фирменный знак или название производителя;
- название модели прибора.

Кнопка и надпись предназначения кнопки считается как один компонент, в независимости от того, где располагается надпись (на кнопке, под или над ней).

В соответствии с требованиями инженерной психологии для обеспечения оптимального восприятия компонента фактическая площадь ПУ должна лежать в пределах:

$$S_{\text{П у min}} \leq S_{\text{П у ф}} \leq S_{\text{П у max}}. \quad (6)$$

Результаты расчетов, проведенные по формулам (1) – (5), представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов размеров ПУ

Наименование прибора	N , шт	$L_{\text{П у max}}$, мм	$H_{\text{П у max}}$, мм	$S_{\text{П у min}}$, мм ²	$S_{\text{П у ф}}$, мм ²	$S_{\text{П у max}}$, мм ²
Аппарат ИВЛ <i>MEDUMAT Transport</i>	20	1000	767,32	15250,2	56235	767320

Как видно из таблицы фактические размеры панели управления прибора лежат в требуемых пределах, что говорит о полном соответствии размера ПУ требованиям инженерной психологии.

Размеры каждого отдельного компонента ПУ (надписей, символов, знаков) должны быть такими, чтобы с заданного до ПУ расстояния человек-оператор мог безошибочно их распознавать и своевременно считывать информацию с индикаторов и надписей.

Требуемая высота знака зависит как от расстояния до него, так и от освещенности. Для расчета минимально допустимой высоты простого и сложного знаков используется формула [4, 5]:

$$H_{3 \min} = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}, \quad (7)$$

где l – расстояние до ПУ, мм;

α_3 – допустимый (минимальный) угловой размер знака, град.

Для расчета минимальной допустимой ширины простого и сложного знаков используется формула [4, 5]:

$$B_{3 \min} = F \cdot H_{3 \min}, \quad (8)$$

где F – формат знака (обычно $F = 2/3, 3/5, 5/7 \dots$);

$H_{3 \min}$ – минимально допустимая высота простого и сложного знаков.

Результаты расчетов размеров компонентов (надписей) ПУ аппарата ИВЛ *MEDUMAT Transport* представлены в таблице 5. Для сравнения были выбраны наименьшие по размерам знаки.

Таблица 5 – Фактические и минимально допустимые размеры надписей ПУ

Наименование прибора	Тип знака	Фактическая высота знака, $H_{3 \Phi}$, мм	Минимально допустимая высота знака, $H_{3 \min}$, мм	Фактическая ширина знака, $B_{3 \Phi}$, мм	Минимально допустимая ширина знака, $B_{3 \min}$, мм	Проверка выполнения условия
Аппарат ИВЛ <i>MEDUMAT Transport</i>	простой	–	2,2	–	1,47	–
	сложный	4	4,4	4	2,93	Не выполняется

Стоит отметить, что все знаки, размещенные на панели управления, относятся к сложному типу. Как видно из таблицы высота сложных знаков прибора не соответствует требованиям инженерной психологии.

Расчет минимальных размеров многокомпонентного индикаторного устройства для простых и сложных знаков проводится по формулам [4, 5]:

$$H_{И \min} = 1,5 \cdot (N_B + 1) \cdot H_{3 \min}, \quad (9)$$

$$B_{И \min} = 1,5 \cdot (N_\Gamma + 1) \cdot B_{3 \min}, \quad (10)$$

где N_B и N_Γ – число знаков многокомпонентного индикаторного устройства, расположенных соответственно по вертикали и горизонтали;

$H_{3 \min}$ – минимально допустимая высота простого или сложного знака;

$B_{3 \min}$ – минимально допустимая ширина простого или сложного знака.

Стоит отметить, что значения в N_B и N_Γ не указаны в технической документации устройства. Поэтому число знаков индикаторного устройства вычислили исходя из фактических наименьших высоты и ширины простого и сложного знака. Количество знаков индикаторного устройства рассчитывалось как отношение высоты и ширины индикаторного устройства к высоте и ширине простого знака. Значение промежутка между знаками считали равным половине значения высоты и ширина знака соответственно.

Результаты расчетов размеров многокомпонентного индикаторного устройства (дисплея) аппарата ИВЛ *MEDUMAT Transport* представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Фактические и минимально допустимые размеры дисплея

Фактические размеры дисплея		Количество знаков дисплея по		Минимально допустимая высота дисплея для показа		Минимально допустимая ширина дисплея для показа	
высота, $H_{ИФ}$, мм	ширина, $B_{ИФ}$, мм	вертикали, $N_{В}$, шт	горизонтали, $N_{Г}$, шт	простого знака, $H_{И min}$, мм	сложного знака, $H_{И min}$, мм	простого знака, $B_{И min}$, мм	сложного знака, $B_{И min}$, мм
97,5	154	21	51	72,6	145,2	114,66	228,54

В результате сравнения фактических значений размеров дисплея и рассчитанных минимально допустимых, можно отметить, что размеры дисплея не соответствуют требованиям инженерной психологии только для сложных знаков.

Заключение. Проведен анализ размеров панели управления и компонентов аппарата искусственной вентиляции легких *MEDUMAT Transport* на соответствие требованиям инженерной психологии. Определено, что фактические размеры панели управления прибора лежат в требуемых пределах, что говорит о полном соответствии размера ПУ требованиям инженерной психологии. Все знаки, размещенные на панели управления, относятся к сложному типу. Высота сложных знаков прибора не соответствует требованиям инженерной психологии. В результате расчетов размеров многокомпонентного индикаторного устройства (дисплея) аппарата ИВЛ *MEDUMAT Transport* определено, что размеры дисплея не соответствуют требованиям инженерной психологии только для сложных знаков.

Список литературы

1. Алефиренко, В. М. Методы анализа эргономических, инженерно-психологических и эстетических характеристик технических средств / Алефиренко В. М., Старовойтов А. Ю. // *Danish Scientific Journal*. – 2019. – Vol. 1, № 31. – С. 45 – 50.
2. Алефиренко, В. М. Выбор технических средств для анализа инженерно-психологических, эргономических и эстетических характеристик / В. М. Алефиренко, А. Ю. Старовойтов // *Danish Scientific Journal*. – 2020. – Vol. 1, № 37. – С. 64 – 71.
3. Аппарат искусственной вентиляции лёгких портативный *MEDUMAT Transport* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medcatalog.by/products/apparat-iskusstvennoy-ventilyatsii-lyogkih-portativniy-medumat-transport>.
4. Основы инженерной психологии: учеб. для тех. вузов / Б.А. Душков [и др.]; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1986. – 448 с.
5. Справочник по инженерной психологии / С.В. Борисов [и др.]; под ред. Б.Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.

UDC 004.5

ANALYSIS OF THE COMPONENTS DIMENSIONS OF THE ARTIFICIAL LUNG VENTILATION DEVICE «MEDUMAT TRANSPORT»

Starovoytov A.J.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus (style T-institution)

Alefirenko V.M. – PhD, associate professor

Annotation. The analysis of the dimensions of the control panel and components of the artificial lung ventilation device *MEDURANT Transport* for compliance with the requirements of engineering psychology is carried out.

Keywords. artificial lung ventilation device, medical electronics, control panel, engineering psychology, analysis.