

**THE METHODS OF ANALYSIS OF ERGONOMIC, ENGINEERING-PSYCHOLOGICAL AND AESTHETIC CHARACTERISTICS OF TECHNICAL MEANS****Alefirenko V.,***«Belarus State University of Informatics and Radioelectronics», Ph.D, associate Professor  
Minsk***Starovoytov A.***«Belarus State University of Informatics and Radioelectronics», master student,  
Minsk***МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭРГОНОМИЧЕСКИХ, ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ И ЭСТЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ****Алефиренко В.М.,***«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», канд. техн. наук, доцент,  
г. Минск***Старовойтов А.Ю.***«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистрант,  
г. Минск***Abstract**

The review and systematization of the analysis methods of ergonomic, engineering-psychological and aesthetic characteristics of technical means, allowing to carry out their complex assessment of corresponding requirements, taking into account the human factor, are given in this article.

**Аннотация**

В работе проведен обзор и систематизация методов анализа эргономических, инженерно-психологических и эстетических характеристик технических средств, позволяющих провести их комплексную оценку соответствия требованиям, учитывающим человеческий фактор.

**Keywords:** technical means, ergonomics, engineering psychology, technical aesthetics, analysis methods.**Ключевые слова:** технические средства, эргономика, инженерная психология, техническая эстетика, методы анализа.

Изделия, производимые человеком для использования в повседневной жизни, должны соответствовать определенным требованиям, учитывающим соответствующие параметры человека, его возможности по приему и переработке информации, а также условия, в которых осуществляется их эксплуатация. Особенно это касается производства сложных технических изделий, представляющих собой комплекс, состоящий из механических, пневматических, гидравлических, электрических, электронных, оптических и других компонентов и их комбинаций (электромеханических, радиотехнических, оптоэлектронных и т.п.). Управление такими техническими средствами (самолет, автомобиль, радиоэлектронный прибор) осуществляется с помощью панели управления (ПУ), являющейся основным средством коммуникативной связи с человеком-оператором. От того, насколько параметры ПУ будут соответствовать необходимым требованиям, будет зависеть скорость и точность работы оператора, эффективность и безопасность работы с техническим средством. Для решения такой задачи используются теоретические материалы таких научных дисциплин, как эргономика, инженерная психология и техническая эстетика (дизайн). Каж-

дая из этих дисциплин имеет свою область исследования, однако при решении ряда вопросов по обеспечению совместимости ПУ с человеком-оператором необходимо одновременно учитывать требования всех трех дисциплин, которые к тому же могут находиться в некотором противоречии между собой. Все это не позволяет создать некую «оптимальную» ПУ, которая бы по своим параметрам полностью удовлетворяла необходимым требованиям. Так как при проектировании ПУ технических средств полностью учесть все требования невозможно, то проведя анализ готовых ПУ на соответствие тем или иным требованиям в конкретных условиях эксплуатации технических средств, можно в дальнейшем использовать полученные результаты для соответствующей доработки ПУ или при разработке новых. В связи с этим необходимо рассмотреть и систематизировать возможные методы анализа эргономических, инженерно-психологических и эстетических характеристик технических средств. Эти характеристики наряду с другими характеристиками, могут использоваться для определения качественных характеристик изделий, производимых человеком.

Все методы анализа условно можно разделить на две группы: аналитические и расчетно-аналитические. К аналитическим методам анализа можно отнести:

- экспериментальный метод;
- социологический метод;
- экспертный метод (метод экспертных оценок);
- комбинированный метод;
- метод анализа композиционного построения изделия;
- метод анализа цветового решения изделия.

**Экспериментальный метод** используется при изучении взаимодействия человека с изделием или устройством в конкретных условиях эксплуатации или применения. Для этого привлекаются специально отобранные испытуемые, у которых с помощью специального оборудования регистрируются психофизиологические показатели. Вынесение оценочных суждений осуществляется на основе сопоставления характеристик состояний испытуемых при использовании анализируемого изделия и выбранного базового образца [1].

При **социологическом методе** мнения потребителей рассматриваются как основной источник информации о качестве изделия. Сбор мнений осуществляется в ходе реализации, эксплуатации или применения изделия. При этом могут использоваться различные процедуры опроса, например, такие как интервьюирование, анкетирование и т.п., проводятся различные презентации, выставки-мотры, осуществляются пробная эксплуатация опытной партии изделий потребителями и т.д. [1].

Оценка показателей качества изделий **экспертным методом** имеет две разновидности, различающиеся по составу экспертов и процедурам оценки: метод эксперта и группы и метод экспертной комиссии. Он применяется при определении значений оценок неизмеримых показателей качества изделий (например, эстетических, некоторых эргономических и др.) и при определении значений оценок комплексных показателей, в состав которых входят неизмеримые или единичные показатели, значения которых не определены. Кроме того, этот метод может быть применен в других случаях для упрощения процедуры оценки, снижения ее сложности и трудоемкости при одновременном и безусловном сохранении заданной точности значений оценок [1].

Оценка показателей качества изделий может осуществляться и **комбинированным методом**. При экспертизе потребительских свойств изделий, в зависимости от вида показателей (измеримые, неизмеримые) или условий оценки (ограниченное время и трудозатраты, отсутствие экспериментальной базы и т.п.) результаты оценок могут существенно отличаться. Иногда значения оценок одних показателей или группы показателей могут определяться, например, с помощью измерительно-расчетных методов, других – с использованием экспертных методов, а итоговое оценочное суждение выносится на основе мнений специалистов-экспер-

тов. Комбинированный метод обеспечивает получение более точных и объективных результатов, а также увеличивает эффективность оценки уровня качества изделий [1].

**Метод анализа композиционного построения изделия** включает в себя:

- анализ систем пропорционирования, используемых в композиционном построении изделия (панели управления);
- анализ метрических и ритмических повторов, используемых в композиционном построении компонентов на панели управления;

**Метод анализа цветового решения изделия** включает в себя:

- анализ психологического воздействия цветов, используемых в цветовом решении изделия (панели управления);
- анализ совместимости цветов, используемых в цветовом решении изделия (панели управления).

**Анализ систем пропорционирования.** Пропорции представляют собой систему отношений частей формы изделия между собой и целым, придающую изделию гармоничную целостность и художественную завершенность. Пропорции выражают связь формы и конструкции изделия, т.е. обеспечивают выражение таких категорий композиции как тектоничности и характера объемно-пространственной структуры изделия. Существуют различные виды пропорций. Для образования обычной математической пропорции требуется четыре входящие в равенство величины:  $a/b = c/d$ . Геометрическая пропорция состоит из трех величин:  $a/b = b/c$ . Общая величина  $b$  называется средней пропорциональной или средней геометрической величиной. Кроме арифметической и геометрической пропорций существуют также пропорции, объединенные общим названием – гармонические пропорции. В гармонические пропорции, также как и в геометрическую, входят три величины:  $a, b, u c$ .

Особую роль в пропорциях играет пропорция «золотое сечение». В отличие от арифметической, геометрической и гармонической пропорций «золотое сечение» образуется при сочетании только двух величин:  $a/b = b/(a-b)$ , т.е. деление целого на две неравные части пропорционально, когда меньшая часть целого так относится к большей, как большая часть к целому, и наоборот. Это отношение постоянно и выражается бесконечной десятичной дробью, где больший отрезок равен 0,618, а меньший – 0,382. Анализ форм технических средств и их частей показывает, что в большинстве случаев они представляют собой прямоугольники. Различают два ряда прямоугольников: статические и динамические. К статическим относятся прямоугольники, отношение сторон которых выражается в простых целых числах – квадрат, прямоугольник, состоящий из двух квадратов и т.д. К динамическим относятся прямоугольники с соотношением сторон, выраженными в иррациональных числах:  $\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{5}$  и т.д. Правильно найденные пропорции способствуют не только достижению гармоничной

формы, но и улучшению функциональных и конструктивных показателей изделия [2–4].

**Анализ метрических и ритмических повторов.** Метрический повтор – это многократное повторение элемента формы при одинаковом интервале. При организации метрического повтора необходимо иметь в виду, что небольшое количество повторяемых элементов (3...5) воспринимается как отдельные элементы, т.е. подсознательно еще считаются, а 6 и более элементов начинают уже восприниматься как группа и в этом случае начинает проявляться свойство метрического повтора. Восприятие метрического повтора зависит от активности самих элементов. Объемные элементы, воспринимаемые в перспективе, вызывают ощущение многократного повтора раньше, чем плоскостные. Для того чтобы композиция на основе метрического повтора была законченной, ряд должен иметь начало и конец. Метрические ряды могут иметь различную сложность. Простые основаны на одинаковом повторе одного элемента, а в более сложных могут сочетаться несколько рядов. В этом случае между системами повторов необходимо находить такие связи и переходы, чтобы композиция не теряла стройности и ясности. Количество элементов метрического ряда и размеры пространства, в котором организуется метрическая композиция, могут быть различными. Если повторяющиеся элементы должны располагаться близко друг от друга, то метрический ряд может оказаться перенасыщенным. В этом случае элементам тесно, фон их не держит и повтор не воспринимается. Сохранить целостность ряда в этом случае, может, например, уменьшение насыщенности цвета элементов. При разреженной композиции элементы ряда будут теряться. Чтобы повтор в этом случае как закономерность смог выполнить свою роль, элементы должны быть насыщенными, предельно активными. Это особенно важно в тех случаях, когда метрический ряд является основой композиции. Если же повтор играет второстепенную роль, то элементы можно не выделять. Метрический повтор является как средством композиции, так и ее закономерностью. Квалифицированное его использование помогает успешно решать не только задачи композиции, но и функциональные.

Ритмический повтор основан на постепенных количественных изменениях в ряду чередующихся элементов, например, нарастание или убывание площади элементов, сгущение или разрежение структуры и т.п. Активность ритма в композиции зависит от силы проявления закономерности. Если изменения чередований незначительны, то проявление ритма выражено слабо. При сильном изменении чередований элементов ритм может служить главным началом композиции. Многие зависят также от протяженности ряда. Ритмический ряд предполагает наличие не менее 4...5 элементов. При использовании ритма как средства композиции необходимо правильно завершить ряд, иначе может возникнуть впечатление случайного его обрыва. Задача здесь решается сложнее, чем при использовании метрического повтора [2–4].

**Анализ психологического воздействия цветов.** При восприятии цвета человек может ощущать различные его свойства и ассоциации. Так, существует понятие «тяжелые» и «легкие» цвета. «Тяжесть» и «легкость» цвета зависят от его светлоты, чем темнее цвет, тем он зрительно «тяжелее». И наоборот, светлый цвет воспринимается как «легкий».

Явления «выступания» и «отступания» цвета зависят от цветового тона. Поверхности, имеющие цвета длинноволновой части спектра, зрительно как бы «выступают» вперед, а имеющие цвета коротковолновой части спектра (особенно синий), как бы «отступают» назад.

Цвет способен также вызывать различные эмоциональные реакции человека: он может успокаивать и волновать, радовать и печалить, угнетать и веселить. Цвет может вызвать чувство теплоты и холода, бодрости и усталости, расширять и сужать пространство и т.п. Цвета длинноволновой части спектра оказывают возбуждающее и стимулирующее воздействие, а цвета коротковолновой части – успокаивающее или угнетающее воздействие. Наиболее благоприятно влияют цвета средней части спектра. Группа фиолетовых и пурпурных цветов оказывает раздражающее, беспокоящее влияние. Перечисленные особенности психологического воздействия цвета на человека являются наиболее характерными. Однако это не значит, что цвет одинаково воздействует на человека во всех случаях или на всех людей одинаково. Это зависит от среды и обстановки, наличия сочетания с другими цветами, психологического состояния человека [3,4].

**Анализ совместимости цветов.** При цветовой композиции надо стремиться к использованию гармоничного сочетания цветов. При этом цветовая гармония может строиться по следующим схемам:

- контрастная гармония основывается на сочетании взаимно-дополнительных цветов, лежащих на противоположных сторонах цветового круга (красный – зеленый, оранжевый – синий и т.п.);

- нюансная гармония основывается на сочетании близкорасположенных оттенков одного цвета разной насыщенности или разных цветов одной насыщенности (зеленый и сине-зеленый, желтый – оранжевый и т.п.);

- гармония «цветовая триада» основывается на сочетании трех цветов, равностоящих на цветовом круге (красного – синего – желтого, оранжевого – зеленого – фиолетового и т.п.).

Для гармонизации цветовых сочетаний необходимо наличие между цветовыми компонентами определенной взаимосвязи (контраст или сходство по цветовому тону, светлоте или насыщенности).

При этом возможны три варианта сочетаний:

- одного тона и равной насыщенности, но разной светлоты;

- одного тона и равной светлоты, но разной насыщенности;

- одного тона, но разной насыщенности и светлоты.

Важным показателем гармонии является доминирующий цвет, являющийся основным в композиции. В контрастных гармониях остальные цвета противопоставляются доминирующему, а в нюансных – приближаются к нему [3,4].

К расчетно-аналитическим методам анализа можно отнести:

- анализ (расчет) размеров панелей управления и компонентов;
- анализ (расчет) светотехнических характеристик компонентов;
- анализ (расчет) времени информационного поиска компонентов;
- анализ (расчет) размеров приводных элементов органов управления.

**Анализ размеров панелей управления и компонентов** предусматривает проведение следующих расчетов:

- определение максимально допустимых размеров ПУ с учетом горизонтального и вертикального угловых размеров поля зрения оператора и рабочего расстояния до ПУ;
- определение минимально допустимых размеров ПУ с учетом размеров центрального поля зрения, объема восприятия (объема оперативной памяти) оператора и рабочего расстояния до ПУ;
- определение минимально допустимых размеров компонентов ПУ с учетом допустимых угловых размеров знаков, формата знака и рабочего расстояния до ПУ;
- определение минимально допустимых размеров индикаторных устройств ПУ с учетом минимально допустимых размеров знаков, количества знаков по горизонтали и вертикали.

Максимально допустимый размер ПУ рассчитывается исходя из горизонтального и вертикального угловых размеров зоны периферического зрения оператора и расстояния  $l$  до ПУ по следующим формулам:

$$L_{\text{ПУ max}} = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\Gamma}}{2} \quad (1)$$

$$H_{\text{ПУ max}} = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{В}}}{2} \quad (2)$$

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

где  $l$  – расстояние до ПУ;

$\alpha_{\Gamma}$  – 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:

$$S_{\text{ПЗ}} = h \cdot h = (2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{ПЗ}}}{2})^2 \quad (4)$$

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

Минимальная площадь ПУ, удовлетворяющая требованиям инженерной психологии, равна:

$$S_{\text{ПУ min}} = \frac{N}{N_{\text{ПЗ}}} \cdot S_{\text{ПЗ}} \quad (5)$$

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

$N_{\text{ПЗ}}$  – объем оперативной памяти оператора.

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

$$S_{\text{ПУ min}} \leq S_{\text{ПУ ф}} \leq S_{\text{ПУ max}}$$

Размеры каждого отдельного компонента ПУ (надписей, символов, знаков) должны быть такими, чтобы с заданного до ПУ расстояния оператор мог безошибочно их распознавать и успешно считывать информацию с компонентов. Для расчета минимально допустимой высоты простого и сложного знаков используется формула:

$$H_{3 \text{ min}} = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} \quad (6)$$

где  $l$  – расстояние до ПУ, мм;

$\alpha_3$  – допустимый (минимальный) угловой размер знака, град.

Для расчета минимальной допустимой ширины простого и сложного знаков используется формула:

$$B_{3 \text{ min}} = F \cdot H_{3 \text{ min}} \quad (7)$$

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

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

Расчет минимальных размеров индикаторного устройства для простых и сложных знаков проводится по формулам:

$$H_{\text{И min}} = 1,5 \cdot (N_{\text{В}} + 1) \cdot H_{3 \text{ min}} \quad (8)$$

$$B_{\text{И min}} = 1,5 \cdot (N_{\Gamma} + 1) \cdot H_{3 \text{ min}} \quad (9)$$

где  $N_{\text{В}}$  и  $N_{\Gamma}$  – число знаков индикаторного устройства, расположенных соответственно по вертикали и горизонтали;

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

$B_{3 \text{ min}}$  – минимально допустимая ширина простого и сложного знаков.

Определив минимально допустимые размеры знаков и индикаторных многоэлементных устройств, проводят их сравнение с фактическими размерами компонентов ПУ, которые должны быть больше минимальных [5–7].

**Анализ светотехнических характеристик компонентов** предусматривает определение контрастов компонентов. В соответствии с требованиями инженерной психологии для обеспечения оптимального восприятия компонента (предмета) на некотором фоне необходимо обеспечить контрастность в пределах:

$$0,6 \leq K \leq 0,95, \quad (10)$$

где  $K$  – коэффициент контраста.

При этом различают прямой контраст, когда предмет темнее фона, и обратный контраст, когда предмет светлее фона.

Для прямого и обратного контраста коэффициент контраста определяется по формулам:

$$K_{\text{П}} = (B_{\text{Ф}} - B_{\text{П}}) / B_{\text{Ф}} \quad (11)$$

$$K_{\text{О}} = (B_{\text{П}} - B_{\text{Ф}}) / B_{\text{П}} \quad (12)$$

где  $B_{\text{Ф}}$  – яркость фона, кд/м<sup>2</sup>;

$B_{\text{П}}$  – яркость предмета (компонента, надписи, индикатора), кд/м<sup>2</sup>.

В общем случае яркость предмета или фона может состоять из двух составляющих – яркости отражения  $B_0$  и яркости излучения  $B_{и}$ :

$$B_{п(ф)} = B_0 + B_{и} \quad (13)$$

Для пассивных (несветящихся) компонентов  $B_{п} = B_0$ , для активных (светящихся) компонентов  $B_{п} = B_0 + B_{и}$ .

Яркость отражения  $B_0$  определяется уровнем внешней освещенности данной поверхности и ее отражающими свойствами:

$$B_0 = \frac{E \cdot \rho}{\pi} \quad (14)$$

где  $E$  – освещенность поверхности, лм/м<sup>2</sup>.

$\rho$  – коэффициент отражения поверхности.

Яркость излучения  $B_{и}$  определяется силой света источника излучения и величиной площади светящейся поверхности:

$$B_{и} = \frac{I}{S \cdot \cos \beta} \quad (15)$$

где  $I$  – сила источника освещения в рассматриваемом направлении,

$S$  – площадь светящейся поверхности,

$\cos \beta$  – угол, под которым видна светящаяся поверхность наблюдателю (угол между нормалью к светящейся поверхности и рассматриваемым направлением).

Выполнение условия (10) является необходимым, но еще недостаточным условием нормальной видимости компонентов. Необходимо также знать, как этот контраст воспринимается в конкретных условиях. Для этого используется пороговый контраст, который характеризует предельно возможное для глаза различие между яркостями предмета и фона для данной освещенности, и размера (высоты) предмета. Оперативный порог должен быть в 10...15 раз больше предельно возможного, то есть:

$$K_{п}, K_0 \geq (10...15) \cdot K_{пор} \quad (16)$$

Величина порогового контраста  $K_{пор}$  определяется по графику [5] для соответствующих значений яркости фона  $B_ф$ , рассчитанной по формуле (13), и углового размера компонента (знака), рассчитанного по формуле:

$$\alpha_3 = 2 \cdot \arctg \frac{H_3}{2 \cdot l} \quad (17)$$

где  $H_3$  – высота компонента ПУ;

$l$  – расстояние до ПУ.

Определив значения контрастов компонентов ПУ, проводят анализ их соответствия требованиям условий (10) и (16).

**Анализ времени информационного поиска компонентов.** Для некоторых видов деятельности оператора процесс восприятия сводится к информационному поиску – нахождению на ПУ компонента с заданными признаками. Такими признаками могут быть:

- проблесковое свечение (мигание) индикатора;
- загорание или погасание индикатора;
- изменение показаний цифрового индикатора;
- изменение показаний стрелочного индикатора;
- особая форма или цвет компонента ПУ и т. п.

Задача оператора заключается в нахождении на ПУ компонента с заданными признаками. На решение этой задачи оператор затрачивает определенное время, которое называется временем информационного поиска.

Общее время информационного поиска может быть определено по формуле:

$$t_{и п} = \frac{(N+1)}{M+1} \cdot t_{ф} \quad (18)$$

где  $N$  – объем информационного поля (число компонентов на ПУ);

$M$  – число компонентов, обладающих заданными для поиска признаками (одинаковая форма, цвет и т.п.);

$A$  – объем зрительного восприятия ( $6 \pm 2$  компонента).

На основании выражения (18) можно определить основные требования к организации информационного поля (размещению компонентов на ПУ) с точки зрения минимизации времени информационного поиска:

– компоненты следует располагать так, чтобы в центральное поле зрения (зона ясного видения), ограниченное зоной  $10 \times 10$  градусов, попадало не более 4...8 компонентов;

– следует по возможности уменьшать объем информационного поля, не допуская в нем нахождения ненужных (лишних) компонентов;

– искомые компоненты следует выделять таким образом, чтобы обеспечить наименьшее время фиксации (выделение компонента другим цветом, изменением размера или яркости и т.п.) [5–7].

**Анализ размеров приводных элементов органов управления.** Органы управления, являющиеся компонентами ПУ, должны быть не только хорошо различимы на ПУ, но и отвечать эргономическим требованиям. Их форма должна быть удобной для захвата рукой оператора, а размеры обеспечивать требуемые усилия для приведения их в действие.

К органам управления относятся тумблеры, переключатели (кнопочные, поворотные), компоненты с регулируемыми параметрами (переменные резисторы, конденсаторы и др.). Они состоят из самого компонента, выполняющего функцию управления, и приводного элемента (ПЭ) (ручки, кнопки). При этом на оси органа управления могут быть закреплены ПЭ различной формы и размеров. Это позволяет, не меняя типа органа управления, обеспечивать необходимые эргономические требования к нему.

Для определения требуемых размеров ПЭ необходимо знать величину усилия для переключения органа управления (сопротивление перемещению на его оси), диаметр оси и допустимое усилие, развиваемое на ПЭ рукой оператора. Очевидно, что размер ПЭ должен быть во столько раз больше размера оси, во сколько раз допустимое усилие меньше сопротивления перемещению. Тогда для ПЭ поворотного действия (ручек управления) их диаметр может быть определен как:

$$D_{п э} \geq \frac{F_c \cdot D_0}{D_d} \quad (19)$$

где  $F_C$  – сопротивление перемещению на оси органа управления;

$D_0$  – диаметр оси органа управления;

$F_d$  – допустимое усилие.

Сопротивление перемещению на оси  $F_C$  и диаметр оси  $D_0$  задаются в технических условиях на ПЭ или указываются в справочной литературе. Величина допустимого усилия в соответствии с эргономическими требованиями для ПЭ поворотного действия должна лежать в пределах  $F_d = 5...50$  Н. Иногда вместо величины  $F_C$  задается величина крутящего момента  $M = (D_0 / 2) \cdot F_C$ . Тогда диаметр ПЭ определяется как:

$$D_{ПЭ} \geq \frac{2 \cdot M}{F_d} \quad (20)$$

Для ПЭ нажимного действия (кнопки управления) их размер (площадь) может быть определен как:

$$S_{ПЭ} \geq \frac{F_C \cdot S_0}{F_d} \quad (21)$$

где  $F_C$  – сопротивление нажатию на оси органа управления;

$S_0$  – площадь оси органа управления.

Величина допустимого усилия для ПЭ нажимного действия должна лежать в пределах  $F_d = 1,4...6$  Н. Определив требуемые значения размеров приводных элементов с учетом усилий, проводят их сравнение с исходными значениями [5–7].

Рассмотренные методы могут использоваться как для комплексного анализа соответствия характеристик технических средств эргономическим, инженерно-психологическим и эстетическим требованиям, так и в их комбинации для анализа соответствия отдельным требованиям [8–10]. При этом, использование расчетно-аналитических методов является предпочтительным, так как они, в отличие от аналитических методов, основанных на субъективном анализе свойств изделий, проводимом экспертами, в большей степени учитывают соответствующие параметры человека, определяющие восприятие, прием, переработку информации и процессы управления, а также конкретные условия работы с изделиями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Задисенец, Е.Е. Методы оценки потребительских показателей качества товаров / Е.Е. Задисенец, Е.И. Шипилов // *Техническая эстетика*. – 1985. – №4. – С. 23 – 25.
2. Сомов, Ю.С. Композиция в технике / Ю.С. Сомов. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.
3. Шпара, П.Е. Техническая эстетика и основы художественного конструирования / П.Е. Шпара. – Киев : Вища школа, 1984. – 200 с.
4. Барташевич, А.А. Основы художественного конструирования / А.А. Барташевич. – Минск : Вышэйшая школа, 1994. – 224 с.
5. Основы инженерной психологии: учеб. для тех. вузов / Б.А. Душков [и др.]; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1986. – 448 с.
6. Справочник по инженерной психологии / С.В. Борисов [и др.] ; под ред. Б.Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.
7. Алефиренко, В. М. Инженерно-психологический анализ панелей управления РЭС: метод. пособие по дисц. «Инженерная психология» для студ. спец. «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС», «Техническое обеспечение безопасности» заоч. формы обуч. / В.М. Алефиренко, С.М. Боровиков. – Минск : БГУИР, 2007. – 32 с.
8. Рыжковская, М.С. Анализ размеров компонентов биометрических терминалов систем контроля доступа / М.С. Рыжковская, В.М. Алефиренко // *Znanstvena misel journal*. – 2019. – Vol. 1, №30. – С. 36–41.
9. Рыжковская, М.С. Анализ светотехнических характеристик биометрических терминалов систем контроля доступа / М.С. Рыжковская, В.М. Алефиренко // *Журнал «Science Time»: Материалы Междунар. науч.-практ. конференций Общества Науки и Творчества за май 2019 года*. – Казань, 2019. – № 5 (65). – С. 73–85.
10. Алефиренко, В.М. Оценка соответствия параметров панелей управления контрольно-измерительных приборов требованиям инженерной психологии / В.М. Алефиренко, Е.М. Таранова // *Инженерно-педагогическое образование: проблемы и пути развития: материалы Международной науч.-практ. конф., Минск, 16–17 мая 2013 г.: в 2 ч.* / МГВРК. – Минск, 2013. – Ч.1. – С. 100 – 102.