

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 331.101.1:621.396.6

На правах рукописи

СТАРОВОЙТОВ
Александр Юрьевич

**МОДЕЛИ, МЕТОДИКИ И СРЕДСТВА КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА
И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра

по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии
(профилизация «Компьютерные технологии проектирования
электронных систем»)

Минск 2021

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **АЛЕФИРЕНКО Виктор Михайлович**,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **МАДВЕЙКО Сергей Игоревич**,
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «27» апреля 2021 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, E-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

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 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). Каждая 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.

Таким образом, предлагается:

- рассмотреть и систематизировать возможные методы анализа эргономических, инженерно-психологических и эстетических характеристик технических средств;
- провести анализ и классификацию технических средств с учетом их целевого применения, конструктивного исполнения и особенностей композиционного построения панелей управления с целью выбора типовых представителей в своих категориях;
- провести анализ соответствия характеристик типовых представителей технических средств эргономическим, инженерно-психологическим требованиям.

Автор выражает благодарность Алефиренко В.М. – научному руководителю, кандидату технических наук, доценту кафедры ПИКС за квалифицированную помощь и консультации во время подготовки магистерской диссертации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

На сегодняшний день существует очень много типов и видов различных технических и радиоэлектронных средств (РЭС). Очевидно, что часть таких технических средств с точки зрения инженерно-психологических, эргономических и эстетических характеристик могут не соответствовать требованиям, что в свою очередь увеличивает время считывания и обработки информации. Панель управления любого технического средства должна обеспечивать быстрое нахождение и удобство использования любого органа управления, необходимую скорость и точность выполнения движения. С точки зрения обеспечения эффективности деятельности человека важное значение имеют такие факторы, как утомление, монотонность операций, перцептивная и интеллектуальная нагрузка, условия работы, физические факторы окружающей среды, биомеханические и физиологические факторы. Следовательно, при проектировании панелей управления технических средств необходимо учитывать человеческий фактор.

Таким образом, необходимо провести исследование инженерно-психологических характеристик различных технических средств для внедрения полученных результатов в процесс проектирования новых моделей, что в свою очередь увеличит скорость и эффективность работы оператора при взаимодействии с ними.

Степень разработанности проблемы

Исследование методов для проведения анализа инженерно-психологических характеристик технических средств осуществлялась на основании теоретических работ отечественных и зарубежных специалистов. В частности, стоит отметить работы таких научных специалистов, как Ломов Б.Ф., Стахов А. П., Алефиренко В.М.

Одним из недостатков исследований, представленных в современной технической литературе, является отсутствие комплексного метода анализа, учитывающего в максимальной степени инженерно-психологические и эстетические требования при проектировании панелей управления технических средств.

Предложенное исследование направлено на анализ существующих методов, выбор наиболее полно учитывающего инженерно-психологические и эстетические требования при проектировании панелей управления технических средств и практическую проверку выбранного метода.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработка рекомендаций при проектировании технических средств по результатам инженерно-психологического анализа выбранных типовых технических средств различного функционального назначения.

Поставленная цель работы определяет следующие основные задачи:

– провести классификацию технических средств с целью выбора типовых представителей для анализа инженерно-психологических, эргономических характеристик их панелей управления, а также провести анализ и выбрать метод определения инженерно-психологических и эргономических характеристик;

– провести анализ инженерно-психологических характеристик панелей управления выбранных технических средств.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 80 03-2019 специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии (профилизация «Компьютерные технологии проектирования электронных систем»).

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли исследования ученых работы белорусских и зарубежных авторов в области проектирования технических средств, а также в области анализа инженерно-психологических и эстетических характеристик приборов.

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы состоит в разработке методики анализа панелей управления технических средств, комплексно учитывающей инженерно-психологические требования.

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании и выборе критериев, позволяющих классифицировать технические средства и выборе типовых технических средств, и детальном анализе их инженерно-психологических характеристик.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке рекомендаций для проектирования панелей управления технических средств, основанных на результатах исследований инженерно-психологических характеристик.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Метод анализа панелей управления технических средств, позволяющий комплексно определить соответствия параметров приборов требованиям инженерной психологии.

2. Критерии, позволяющие провести классификацию технических средств и выбрать типовые категории для проведения анализа на соответствие требованиям инженерной психологии.

3. Результаты анализа технических средств и рекомендации для проектирования панелей управления, позволяющие улучшить информационное взаимодействие человека-оператора с интерфейсами технических средств.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 56-57-ой студенческой научно-технической конференции БГУИР (Минск, УО «БГУИР», 2020-2021 гг.); публиковались в международных рецензируемых научных журналах: «*Austria-science*» (Австрия, 2021 г.), «*Scientific pages*» (Чехия, 2021 г.), «*Danish Scientific Journal*» (Дания, 2020-2021 гг.).

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 7 печатных работах. В их числе 2 работы опубликована в сборнике материалов научных конференций и 5 работ опубликованы в международных рецензируемых научных журналах.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 40 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе проведен обзор методов анализа эргономических, инженерно-психологических характеристик технических средств, обоснован и выбран метод, который наиболее полно учитывает инженерно-психологические требования.

Во второй главе проведен анализ и классификация технических средств с учетом их особенностей и условий применения, и выбраны устройства из наиболее актуальных категорий, которые будут использоваться как базовые для анализа и расчетов.

В третьей главе проведен анализ исходных данных, учитывающие параметры панелей управления технических средств и внешние условия. По выбранному методу проведен анализ инженерно-психологических характеристик выбранных технических средств.

В приложении представлены основные параметры панелей управления выбранных технических средств, основные результаты исследования инженерно-психологических характеристик панелей управления приборов, публикации автора.

Общий объем диссертационной работы составляет 143 страниц. Из них 61 страницы основного текста, 14 иллюстрация, 9 таблиц, библиографический список из 37 наименований, список собственных публикаций соискателя из 7 наименований, 17 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы соответствия инженерно-психологическим и эстетическим требованиям при проектировании панелей управления технических средств, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований.

В **первой главе** проведен обзор методов анализа эргономических, инженерно-психологических характеристик технических средств, обоснован и выбран метод, который наиболее полно учитывает инженерно-психологические требования.

По итогам анализа методов оценки эргономических, инженерно-психологических и эстетических характеристик технических средств все методы можно разделить на две группы: аналитические, к которым относятся и расчетно-аналитические.

К аналитическим методам относятся:

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

К расчетно-аналитическим методам анализа относятся:

- 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.

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.

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.

Во **второй главе** проведен анализ и классификация технических средств с учетом их особенностей и условий применения, и выбраны устройства из наиболее актуальных категорий, которые будут использоваться как базовые для анализа и расчетов.

Проведена общая классификация радиоэлектронных средств и их классификация по более узким критериям таким, как:

- схмотехническое назначение;
- характер решаемых задач.

Классификации РЭС по схмотехническому назначению и характеру решаемых задач показаны на рисунке 1 и рисунке 2 соответственно.



Рисунок 1 – Классификация радиоэлектронных средств по схмотехническому назначению



Рисунок 2 – Классификация радиоэлектронных средств по характеру решаемых задач

В результате классификации для дальнейших исследований выделены три категории радиоэлектронных средств:

- медицинская электроника и радиотехника;
- измерительные приборы и электроника;
- приборы преобразования и генерации сигнала.

Среди вышеперечисленных категорий выбраны наиболее востребованные группы радиоэлектронных средств и проведен их анализ, при котором учитывались такие факторы, как виды и количество компонентов на панелях управления и их композиционное построение. У всех проанализированных радиоэлектронных средств можно выделить следующие компоненты:

- ЖК дисплей;
- цифровая клавиатура или кнопки;
- коннекторы (различные разъемы для внешних подключений);
- компоненты индикации;
- другие компоненты (опционально для каждого устройства).

Из каждой группы радиоэлектронных средств для проведения инженерно-психологического анализа были выбраны типовые представители:

– аппарат искусственной вентиляции лёгких портативный *MEDUMAT Transport*;

- осциллограф цифровой *Tektronix TBS1072B*;
- генератор сигналов специальной формы *AFG-72012*.

В третьей главе проведен анализ исходных данных, учитывающие параметры панелей управления технических средств и внешние условия. По выбранному методу проведен анализ инженерно-психологических характеристик выбранных технических средств.

Исходные данные условно можно разделить на три группы:

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

– данные, определяемые условиями работы оператора с конкретным РЭС;

– данные, относящиеся к самому РЭС.

К первой группе исходных данных относятся:

- угловые размеры соответствующих зон обзора оператора;
- угол зрения оператора;
- объем зрительного восприятия;
- пределы контраста;
- допустимые усилия;
- время фиксации и др.

Ко второй группе исходных данных относятся:

- расстояние до ПУ;
- минимальная и максимальная освещенность рабочего места оператора;
- сила источника освещения рабочего места оператора;
- расстояние от источника света до рабочего места оператора;
- угол, под которым освещается рабочее место оператора источником освещения;

– факторы, влияющие на работу оператора (шум, вибрации, влажность, температура, давление, электромагнитные и ионизирующие излучения) и др.

К третьей группе исходных данных относятся:

- размеры ПУ;
- размеры компонентов ПУ;
- количества компонентов на ПУ;
- цветовые характеристики компонентов ПУ (коэффициенты отражения);
- яркость индикаторов;
- размеры (площадь) индикаторов;
- число знаков индикаторного устройства.

Таким образом проанализированы и подготовлены исходные данные, необходимые для проведения инженерно-психологического анализа панелей управления выбранных технических средств.

В результате анализа размеров панелей управления всех выбранных технических средств, было определено, что фактические значения размеров ПУ лежат в требуемых пределах (минимально и максимально допустимой площади), что говорит о полном соответствии их размеров требованиям инженерной психологии. Результаты анализа размеров ПУ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Фактическая, минимально и максимально допустимая площади ПУ

Наименование устройства	Количество элементов, N	Минимальная площадь ПУ, $S_{ПУmin}$, мм ²	Фактическая площадь ПУ, $S_{ПУ ф}$, мм ²	Максимальная площадь ПУ, $S_{ПУmax}$, мм ²
Аппарат ИВЛ <i>MEDUMAT Transport</i>	20	7625,11	56235	767000
Генератор сигналов <i>AFG-72012</i>	40	15250,2	31351	
Осциллограф <i>Tektronix TBS1072B</i>	43	16394	51555,4	

По результатам анализа размеров компонентов ПУ выбранных технических средств, было выявлено, что у всех приборов (аппарат ИВЛ *MEDUMAT Transport*, осциллограф *Tektronix TBS1072B*, генератор сигналов *AFG-72012*) высота сложных знаков не соответствует требованиям инженерной психологии. Результаты анализа размеров компонентов ПУ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение фактических и минимально допустимых размеров надписей

Наименование	Тип знака	Фактическая высота знака, $H_{зф}$, мм	Минимально допустимая высота знака, $H_{зmin}$, мм	Фактическая ширина знака, $B_{зф}$, мм	Минимально допустимая ширина знака, $B_{зmin}$, мм	Проверка выполнения условия
Аппарат ИВЛ <i>MEDUMAT Transport</i>	простой	–	2,2	–	1,47	–
	сложный	4	4,4	4	2,93	Не выполняется
Генератор сигналов <i>AFG-72012</i>	простой	2,2	2,2	2	1,47	Выполняется
	сложный	3	4,4	3	2,93	Не выполняется
Осциллограф <i>Tektronix TBS1072B</i>	простой	2,2	2,2	2	1,47	Выполняется
	сложный	3	4,4	3	2,93	Не выполняется

В результате исследования фактических значений размеров индикаторных устройств технических средств было определено, что ни на одном из рассмотренных технических средств сложные знаки и изображения на дисплее не будут соответствовать требованиям инженерной психологии при их отображении на дисплее.

В результате анализа светотехнических характеристик пассивных компонентов панели управления выбранных устройств, было выявлено, что коэффициенты контраста лежат в пределах допустимых значений только у аппарата ИВЛ *MEDUMAT Transport*. Для остальных технических средств условие не выполняется для множества компонентов в пассивном режиме. Важно отметить, что условие порогового контраста для надписей выполнилось для всех выбранных технических средств.

Таким образом проведен анализ инженерно-психологических характеристик выбранных технических средств. Было определено, что ни одно из них по тем или иным характеристикам не соответствует требованиям инженерной психологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

В результате работы был проведен анализ методов оценки инженерно-психологических характеристик с учетом особенностей и условия их применения и выбран метод, который позволил объективно оценить соответствие параметров технических средств требованиям инженерной психологии.

Проведена общая классификация радиоэлектронных средств и их классификация по более узким критериям: схемотехническое назначение; характер решаемых задач. В результате классификации выделены три категории радиоэлектронных средств:

- медицинская электроника и радиотехника;
- измерительные приборы и электроника;
- приборы преобразования и генерации сигнала.

Из каждой группы радиоэлектронных средств для проведения инженерно-психологического анализа были выбраны типовые представители:

- аппарат искусственной вентиляции лёгких портативный *MEDUMAT Transport*;
- осциллограф цифровой *Tektronix TBS1072B*;
- генератор сигналов специальной формы *AFG-72012*.

Проведен анализ исходных данных, учитывающие параметры панелей управления выбранных технических средств и внешние условия. Исходя из технической информации, по каждому устройству были сформированы таблицы основных параметров панелей управления.

Проведен анализ размеров панелей управления технических средств с учетом вертикальных и горизонтальных углов зрения оператора, рабочего расстояния до панели, а также с учетом объема зрительного восприятия и оперативного поля зрения, который позволил определить максимально и минимально допустимые размеры панели управления. Проведен анализ размеров компонентов с учетом минимально допустимого оперативного углового размера знака, воспринимаемого человеком, и рабочего расстояния до панели, что позволило определить минимально допустимые размеры компонентов. Проведен анализ светотехнических характеристик панелей управления.

Результаты анализа рассмотренных технических средств, показали, что ни одно из рассмотренных технических средств по тем или иным характеристикам не соответствует требованиям инженерной психологии.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Проектирование электронных систем безопасности».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в международных рецензируемых журналах

1. Алефиренко, В.М. Методы анализа эргономических, инженерно-психологических и эстетических характеристик технических средств / В.М. Алефиренко, А.Ю. Старовойтов // *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. Алефиренко, В.М. Анализ инженерно-психологических характеристик осциллографа *Tektronix TBS1072B*/ В.М. Алефиренко, А.Ю. Старовойтов // *Danish Scientific Journal*. – 2021. – Vol. 1, № 44. – С. 54–61.
4. Алефиренко, В.М. Анализ инженерно-психологических характеристик генератора сигналов специальной формы *AFG-72012*/ В.М. Алефиренко, А.Ю. Старовойтов // *Scientific Pages Journal*. – 2021. – Vol. 1, № 30. – С. 15–21.
5. Алефиренко, В.М. Анализ инженерно-психологических характеристик аппарата искусственной вентиляции легких *Medumat Transport*/ В.М. Алефиренко, А.Ю. Старовойтов // *Austria-science Journal*. – 2021. – Vol. 1, № 39. – С. 16–22.

Тезисы конференций

6. Старовойтов, А. Ю. Аналитические методы оценки эргономических, инженерно - психологических и эстетических характеристик технических средств / А. Ю. Старовойтов // *Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 20 мая 2020 г.* / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 234 - 235.
7. Старовойтов, А. Ю. Анализ размеров компонентов аппарата искусственной вентиляции легких *Medumat Transport* / А. Ю. Старовойтов // *Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 57-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19 – 23 апреля 2021 г.* / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2021. – С. 438 – 442.

РЭЗІЮМЭ

Старавойтаў Аляксандр Юр'евіч

Мадэлі, методыкі і сродкі комплекснага аналізу і забеспячэння
эрганамічных паказчыкаў радыёэлектронных сродкаў

Ключавыя словы: тэхнічныя сродкі, панэль кіравання, інжынерна-псіхалагічныя характарыстыкі, аналіз.

Мэта працы: распрацоўка рэкамендацый пры праектаванні тэхнічных сродкаў па рэзультате інжынерна-псіхалагічнага аналізу выбраных тыпавых тэхнічных сродкаў рознага функцыянальнага прызначэння.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: праведзена класіфікацыя тэхнічных сродкаў з мэтай выбару тыпавых прадставіцелей для аналізу інжынерна-псіхалагічных, эрганамічных характарыстык іх панэляў кіравання, праведзены аналіз панэляў кіравання на аснове абранага комплекснага метаду, які дазваляе аб'ектыўна вызначыць адпаведнасць характарыстык панэляў кіравання патрабаванням інжынернай псіхалогіі.

Ступень выкарыстання: вынікі даследавання выбраных тэхнічных сродкаў на адпаведнасць патрабаванням інжынернай псіхалогіі неабходна ўлічваць пры праектаванні новых мадэляў тыпавых тэхнічных сродкаў..

Вобласць ужывання: распрацоўка новых мадэляў тыпавых тэхнічных сродкаў.

РЕЗЮМЕ

Старовойтов Александр Юрьевич

Модели, методики и средства комплексного анализа и обеспечения эргономических показателей радиоэлектронных средств

Ключевые слова: технические средства, панель управления, инженерно-психологические характеристики, анализ.

Цель работы: разработка рекомендаций при проектировании технических средств по результатам инженерно-психологического анализа выбранных типовых технических средств различного функционального назначения.

Полученные результаты и их новизна: проведена классификация технических средств с целью выбора типовых представителей для анализа инженерно-психологических, эргономических характеристик их панелей управления, проведен анализ панелей управления на основе выбранного комплексного метода, который позволяет объективно определить соответствие характеристик панелей управления требованиям инженерной психологии.

Степень использования: результаты исследования выбранных технических средств на соответствие требованиям инженерной психологии необходимо учитывать при проектировании новых моделей типовых технических средств.

Область применения: разработка новых моделей типовых технических средств.

SUMMARY

Starovoitov Alexander Yurievich

Models, techniques and tools for complex analysis and provision of ergonomic indicators of radio electronic means

Keywords: technical means, control panel, engineering and psychological characteristics, analysis.

The object of study: development of recommendations for the design of technical means based on the results of the engineering and psychological analysis of the selected standard technical means of various functional purposes.

The results and novelty: classification of technical means was carried out in order to select typical representatives for the analysis of engineering-psychological, ergonomic characteristics of their control panels, analysis of control panels based on the selected complex method was carried out, which allows to objectively determine the correspondence of the characteristics of control panels to the requirements of engineering psychology.

Degree of use: the results of the study of the selected technical means for compliance with the requirements of engineering psychology must be taken into account when designing new models of typical technical means.

Sphere of application: development of new models of typical technical means.