

УДК 658.512.2

А. Э. Юницкий, В. Н. Гаранин, А. В. КулайЗакрытое акционерное общество «Струнные технологии», ул. Железнодорожная, 33,
220089 Минск, Республика Беларусь, v.garanin@unitsky.com**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕРЬЕРА
НА ПРИМЕРЕ РУКОЯТКИ САЛОНА UNIBUS U4-365**

Статья посвящена получению закономерностей влияния эргономических факторов пассажиров на геометрию боковой рукоятки беспилотного рельсового электромобиля на стальных колёсах uST Unibus U4-365 (Unibus). В работе выполнена оценка влияния эргономических факторов на геометрию рукоятки салона Unibus. Изготовлен опытный образец рукоятки с учетом функциональных особенностей элемента интерьера салона электромобиля с его последующей доработкой на основании проведенных функциональных испытаний. Обоснованы отдельные элементы рукоятки с учетом функциональных и антропологических факторов пассажиров. Уделено внимание особенностям элементов рукоятки с разработкой путей дальнейшего совершенствования объекта исследования.

Ключевые слова: транспорт; рукоятка; эргономика; параметр; высота; пассажир; салон.

Рис. 13. Табл. 2. Библиогр.: 11 назв.

A. E. Unitsky, V. N. Garanin, A. V. KulaiUnitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya Str., 220089 Minsk,
the Republic of Belarus, v.garanin@unitsky.com**STUDY OF ERGONOMIC FACTORS INFLUENCE ON GEOMETRIC PARAMETERS
OF INTERIOR ELEMENTS ON THE EXAMPLE OF UNIBUS U4-365 CABIN HANDLE**

The article is devoted to obtaining patterns of the ergonomic factors influence of passengers on the side handle geometry of an unmanned electric rail vehicle on steel wheels uST Unibus U4-365 (Unibus). The research evaluated the influence of ergonomic factors on the geometry of the Unibus cabin handle. A prototype of the handle was made based on the interior element functional features of the electric car interior with its subsequent refinement based on the functional tests carried out. The individual elements of the handle are justified based on passengers functional and anthropological factors. Attention was paid on the handle elements features, along with the development of ways to further improving the object of research.

Key words: transport; handle; ergonomics; parameter; height; passenger; interior.

Fig. 13. Table 2. Ref.: 11 titles.

Введение. Повышение потребительских свойств любого товара является важным фактором, определяющим его стоимость. Использование надёжных деталей и узлов в конструкции, а также различных конструктивных наработок способствуют этому направлению. Не следует исключать здесь и роль промышленного дизайна (далее — ПД), который в значительной степени позволяет улучшать внешний вид товаров и тем самым делает их более востребованными и привлекательными на рынках. В свою очередь ПД как отдельное направление прошёл путь своего исторического развития [1]. Начиная от раннего художественного ремесла и прикладного искусства, пройдя через конструктивизм в технике, художественное конструирование изделий промышленности преобразилось в современный ПД, которым занимаются специальные дизайнерские бюро; их главная задача — с помощью современных методов дизайн-концепций повысить потребительские свойства различных товаров. Согласно

А. Г. Малину, выделяют следующие факторы и концепции ПД: экономические, социокультурные, эргономические и экологические факторы, а также геометрическую, органическую, метафорическую и техноинформационную концепции формы [2].

В данной работе на примере разработки ручки (объекта исследования) для Unibus обращено внимание на эргономические факторы геометрии и места установки рукоятки. Необходимость данных исследований обоснована развитием рельсо-струнного транспорта uST, поскольку ПД способен дополнительно повысить потребительские качества инновационного транспорта и сделать его более привлекательным для потребителей. Следует отметить, что при разработке дизайна любого изделия дизайнер, как творческая личность, зачастую использует интуицию в качестве инструмента, определяющего выбор той или иной концепции или результата. С научной позиции имеется интерес оценить данный выбор с математической точки зрения, тем самым подтвердить интуитивный подход дизайнера математическими формулами и получить в результате более предсказуемый результат.

Материалы и методы исследования. При рассмотрении литературных источников в первую очередь обратим внимание на научные исследования в области ПД, акцентируя внимание на направлениях исследований и решаемых задачах.

ПД как научным направлением занимаются различные учёные. Так, в работе «Опыт дизайн-проектирования промышленного оборудования: к вопросу о стандартизации в промышленном дизайне» предметом исследования является специфика применения принципов стандартизации в проектной практике ПД [3]. В ходе анализа автор обращается как к современным исследованиям в области ПД, так и ставшими классикой работам по теории дизайна, одновременно опираясь в своем исследовании на такие методы, как наблюдение, проектное моделирование, проектно-экспериментальный. Особенность исследования заключается в определении и уточнении места стандартизации в современном ПД, которое сегодня лежит в поле проектирования опыта пользовательского взаимодействия. Результатом применения принципов стандартизации в ходе дизайн-проектирования органов управления и защитных элементов испытательных машин стало комплексное решение таких задач, как обеспечение стилистического единства всего модельного ряда оборудования, эргономика рабочих мест операторов, экономия материальных, человеческих и временных ресурсов.

Помимо изучения влияния принципов стандартизации на дизайн-проектирование, некоторые учёные уделяют внимание роли ПД в повышении конкурентоспособности продукции. Так, в определенном исследовании на примере оценки продукции фирм Philips и Apple, а также производства домашней мебели и прецизионного инструмента показывается, насколько важна интеграция ПД в процесс разработки продукта в повышении конкурентоспособности компании [4]. Основная предпосылка заключается в том, что влияние ПД на деятельность компании не является безусловным, а зависит от развития отрасли и стратегии дизайна. Авторами определён ПД в общем, а именно как деятельность, которая преобразует набор требований к продукту в конфигурацию материалов, элементов и комплектующих. Эта деятельность может повлиять на внешний вид продукта, удобство применения, лёгкость производства, эффективное использование материалов, функциональные характеристики. Главным выводом следует считать то, что при разработке новых продуктов должны учитываться меняющийся характер конкуренции и стратегия дизайна, что в конечном счёте может помочь повысить конкурентоспособность независимо от эволюции отрасли [4].

Использование метода опроса для изучения роли ПД при выборе высокотехнологического продукта (к которому также относится транспорт uST) рассматривается в работе «Промышленный дизайн как фактор конкурентоспособности высокотехнологичных товаров в условиях современного рынка» [5].

В некоторых работах показывается связь типичности и новизны с эстетическими предпочтениями человека [6]. Поскольку типичный продукт редко бывает новым и, наоборот, но-

вый продукт редко называют типичным, положительные эффекты обеих характеристик кажутся несовместимыми. В трёх исследованиях было показано, что типичность (используемая как «хороший пример») и новизна вместе и в равной степени эффективны в объяснении эстетических предпочтений потребительских товаров. Типичность и новизна могут и подавлять друг друга, что является нежелательным. Исследования показали, что люди предпочитают новый дизайн, пока новизна не влияет на типичность, т. е. они предпочитают типичность, если это не в ущерб новизне. По этой причине очень важно сочетание в продукте типичности с новизной, на что и будет уделено основное внимание при разработке рукоятки для Unibus.

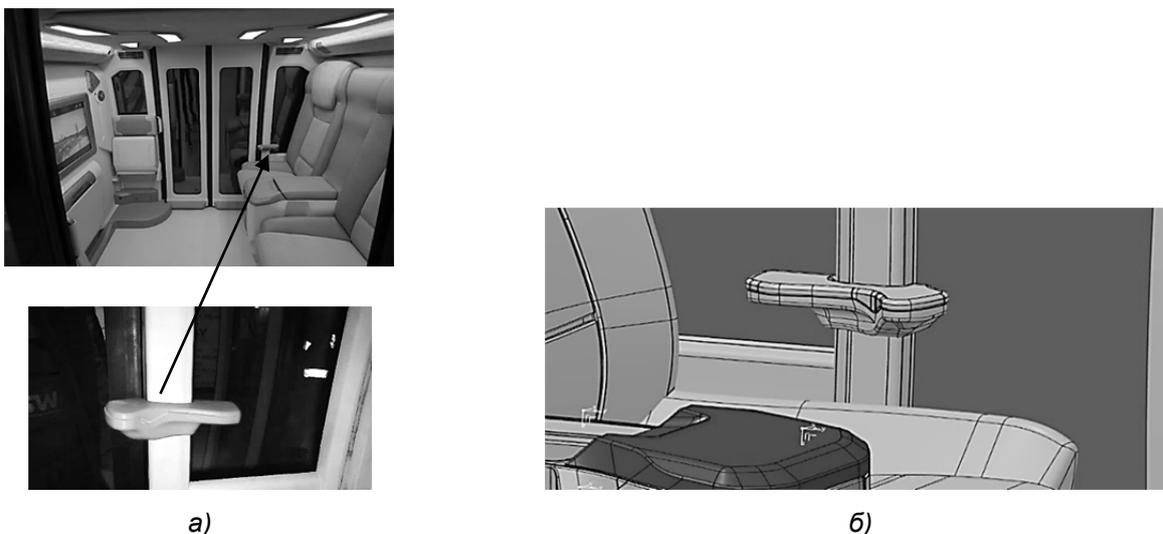
Таким образом, на основании проделанных исследований можно сделать вывод, что ПД уделяется особое внимание при продвижении продуктов на рынки. Отсутствие единых закономерностей доказывает связь большинства факторов и концепций дизайна с культурными ценностями и особенностями людей (в том числе морфологическими). С учетом эргономических факторов использование тех или иных размеров при установке и проектировании объектов салона транспортного средства будет выражаться в основном зависимостью геометрических параметров объекта исследования (в нашем случае рукоятки) от антропологических данных пассажиров, которые будут пользоваться электромобилем Unibus.

Таким образом, в данной работе уделено внимание нахождению теоретических зависимостей геометрии рукоятки и места её установки в Unibus от морфологических (точнее, соматологических) параметров пассажиров рассматриваемого транспорта. Для оценки результатов предполагается сравнить данные, полученные с использованием зависимостей, с практическими результатами монтажа ручки, которые были получены субъективным способом (разработчиком Unibus) до проведения теоретических расчётов, а также с требованиями нормативных документов.

Используемый метод исследования основан на анализе полезных свойств объекта (рукоятки) с обоснованием её геометрических параметров конструкции и монтажа.

Результаты исследования и их обсуждения. К основным техническим требованиям к рукоятке салона электромобиля Unibus следует отнести: возможность монтажа на элементы жёсткости кузова; экологичность; возможность использования пассажиром (при посадке в Unibus, во время движения, а также при вставании с места).

Представим на рисунке 1 первоначальную модель размещения рукоятки в салоне Unibus.



**Рисунок 1. — Модель рукоятки в салоне Unibus:
а — место рукоятки в салоне Unibus; б — 3D-модель рукоятки**

Представим на рисунке 2 схему размещения пассажира с основными его морфологическими параметрами в двух положениях (сидя и стоя).

Высоту рукоятки от пола Unibus находим по зависимости согласно схеме, представленной на рисунке 2:

$$x = K + EA \cos \varphi - (CD \sin 2\varphi + BC \cos 2\varphi). \tag{1}$$

Зависимость горизонтальных параметров места установки рукоятки определяем исходя из системы уравнений:

$$\begin{cases} y^1 = FE - EA \sin \varphi - (CD \cos 2\varphi - BC \sin 2\varphi) \\ y = EA \sin \varphi + CD \cos 2\varphi - BC \sin 2\varphi - OE \sin \varphi. \end{cases} \tag{2}$$

В данной зависимости принято допущение, что при подъёме с места пассажир наклоняется на угол 2φ .

В целях определения относительных параметров пассажиров были проделаны измерения у 10 лиц (белорусы среднего возраста), средний рост которых составил 185 см. Ниже представлены основные усреднённые соматические параметры исследуемых лиц (потенциальных пассажиров), т. е. при $L^* = 185$ см – $BC = 38$ см, $CD = 29,5$ см, $GF = 51$ см, $OE = 35$ см, $EA = 67$ см, $FE = 51$ см.

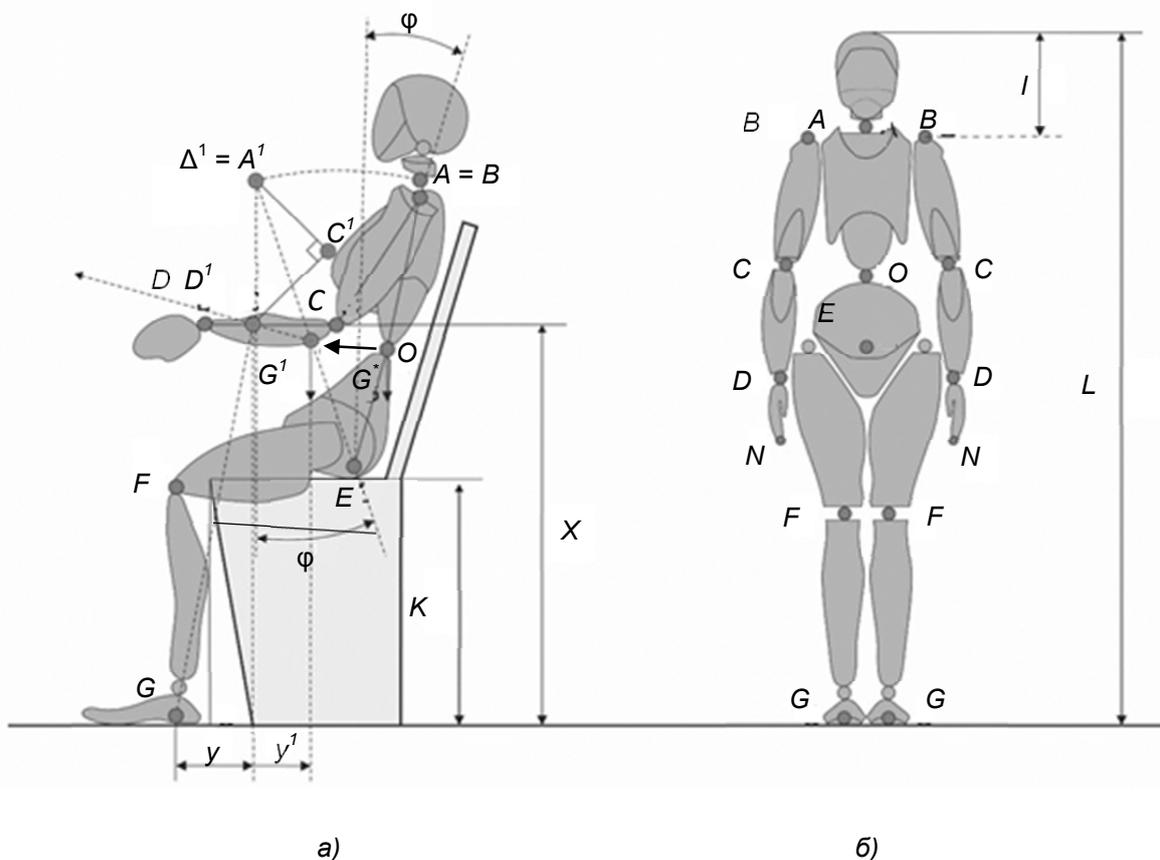


Рисунок 2. — Параметры пассажира:
а — положение сидя; б — положение стоя

Представим вышеуказанные значения в зависимости от роста человека L^* , приняв во внимание одинаковые пропорции тел пассажиров:

$$l = CD = \frac{L^*}{6,5}; \quad BC = \frac{L^*}{4,9}; \quad CD + DN = \frac{L^*}{4,1}; \quad GF = \frac{L^*}{3,7};$$

$$AO = OE = 0,19L^*; \quad K = 0,9FG = 0,24L^*; \quad EA = 0,36L^*; \quad FE = 0,27L^*.$$

На основании нормативных документов средний рост европейца $L^* = 188,1$ см [7; 8]. Подставим значения в вышепредставленные зависимости и получим следующие данные согласно (1) и (2) при $\varphi = 18$ град: $x = 62,1$ см, $y^1 = 29$ см, $y = 10,7$ см.

Ниже представим требования нормативного документа (рисунок 3, таблица 1) [9].

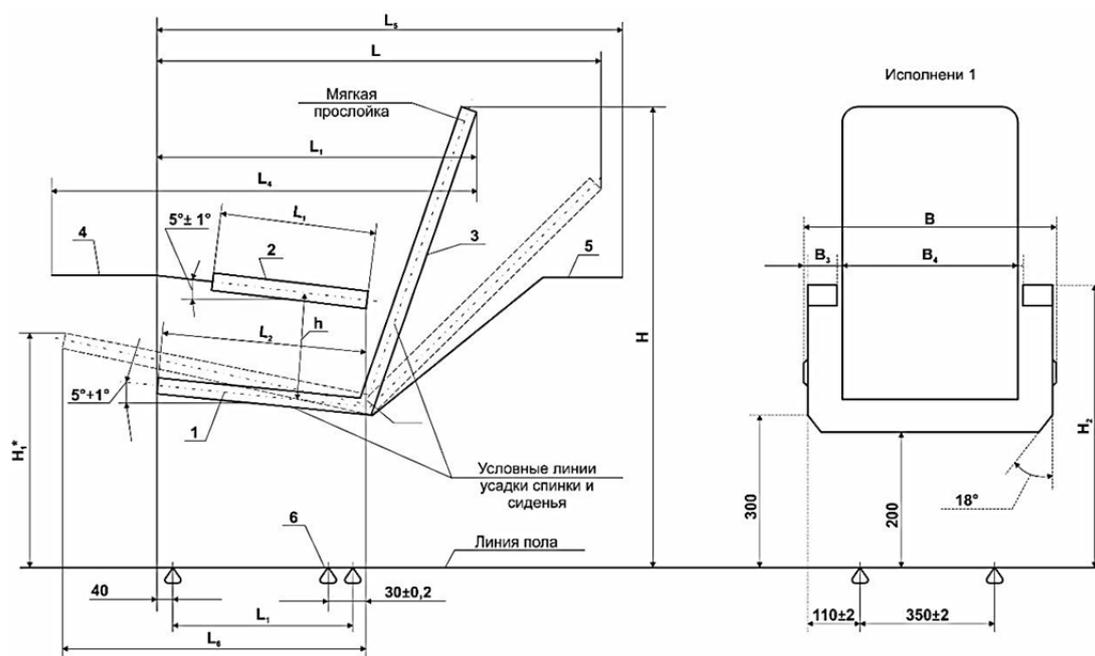


Рисунок 3. — Параметры кресла пассажира [9]

Т а б л и ц а 1. — Требования к креслам [9]

Обозначение размера, мм	Типы кресел			
	1	2	3	4
$L, (\max)$	1 120	950	950	—
$L_1, (\max)$	800	750	750	600
$L_2, (\max)$	500	480	470	440
$L_3, (\min)$	350	350	350	320
$L_4, (\max)$	1 050	1 000	1 000	—
$L_5, (\max)$	1 250	1 000	1 000	—
$L_6^*, (\max)$	—	—	760	650
$H, (\max)$	1 140	1 120	1 120	920
$H_1^*, (\max)$	—	—	550	450
$H_2, (\max)$	610	610	610	560

Окончание таблицы 1

Обозначение размера, мм	Типы кресел			
	1	2	3	4
B , (max)	720	590	—	550
B_1 , (max)	1 480	1 140	1 060	1 060
B_2 , (max)	—	—	1 550	—
B_3 , (min)	70	50	50	50
B_4 , (min)	500	470	440	440
B_5 , (min)	—	70	50	50
B_6	410 ± 2	430 ± 2	430 ± 2	—
h , (min)	180	180	180	180

Сравнивая параметр x с H_2 (см. таблицу 1), можно утверждать, что высота установки рукоятки незначительно выше требований нормативных документов, что указывает на правильность используемых зависимостей.

Сравним полученные данные с результатами известных исследований (таблица 2) [10].

Обратим внимание на субъективные предпочтения дизайнера Unibus по установке рукоятки в салоне транспорта (рисунок 4), который имеет рост 188 см, и представим результаты на рисунке 5.

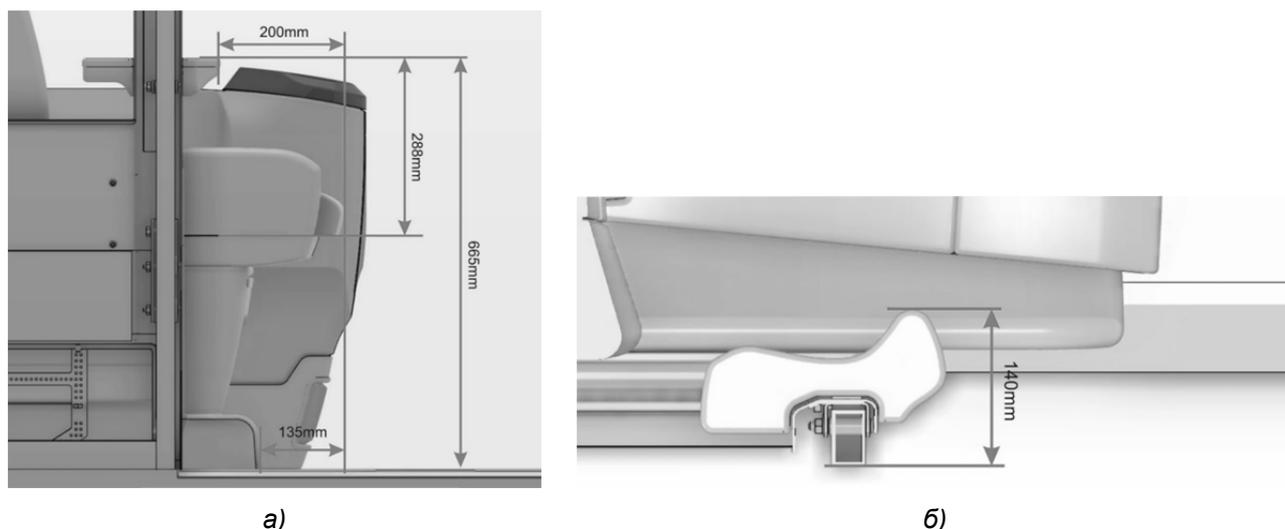
При монтаже рукоятки в салоне Unibus были выдержаны размеры, которые представлены на рисунке 5.

Т а б л и ц а 2. — Сравнительные данные размеров x и y^1

Показатель, см	Расчётные параметры, см	Источник [9]	Источник [10]
x	62,1	68	61
y^1	29	26	> 4



Рисунок 4. — Фотография установки рукоятки в салоне Unibus



**Рисунок 5. — Параметры установки рукоятки в салоне:
а — вид сбоку; б — вид сверху**

Сравнивая теоретические данные с результатом опытно-промышленной установки рукоятки на Unibus, можно утверждать, что предлагаемые в данной работе зависимости указывают на возможность их применения, поскольку полученные данные незначительно отличаются от параметров установки рукоятки.

На основании схемы, представленной на рисунке 2, усилие F , которое должен развить пассажир при вставании с места, определяется по зависимости

$$F = \frac{G^1 y}{x}, \quad (3)$$

где G^1 — это часть веса пассажира, которую при подъёме он преодолевает усилием руки, Н.

На основании данных, полученных при исследовании 10 лиц, средний вес пассажиров составил $G^* = 800$ Н. Учитывая, что рукоятка находится с одной стороны, принимаем допущение — 50 % веса может быть «перенесено» при подъёме на рукоятку, т. е. $G^1 = 400$ Н. Подставим полученные значения в (3) и получим $F = 69,0$ Н.

Допустимое усилие на органы управления рукой для человека не должны превышать 80 Н, что указывает на правильность предлагаемых зависимостей [11].

На основании вышепредставленной информации теоретическим методом обосновано место установки рукоятки в салоне в зависимости от среднего роста пассажиров.

Следующим этапом работы является обоснование основных геометрических параметров рукоятки. Представим предварительный вид рукоятки с указанием основных точек опоры (рисунок 6). Из схемы следует выделить следующие части рукоятки исходя из её функциональности и антропологических факторов: место захвата рукой при посадке; место расположения кисти при движении электромобиля (стационарное место расположения кисти от точки D); точка опоры при вставании с места (точка D^1); зона расположения руки пассажира во время движения.

На основании морфологических параметров руки человека (рисунок 7) выделим основной параметр Φ_5 , который в среднем составляет 120 мм [7]. Диаметр нижней части руки определяется умножением на 1,25 ширины кисти руки, т. е. $1,25 \cdot 120 = 150$ мм [8].

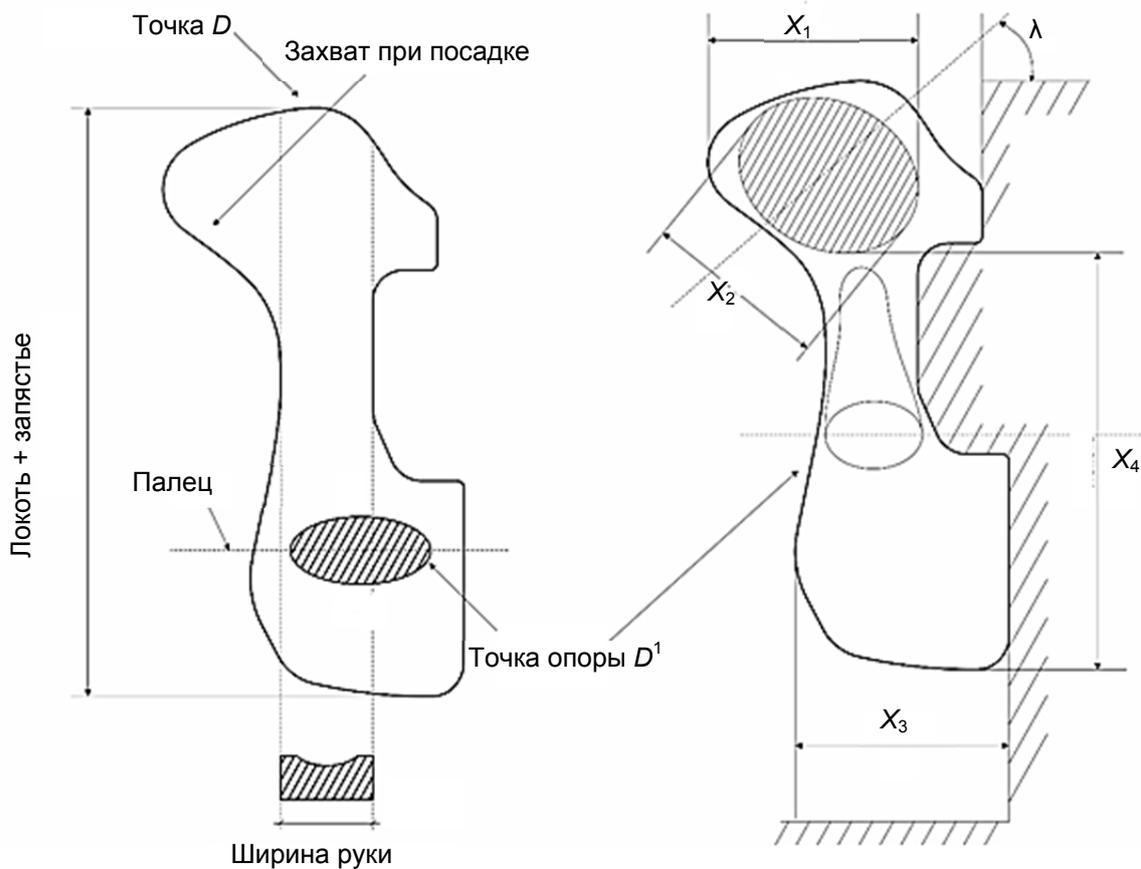


Рисунок 6. — Эскиз рукоятки

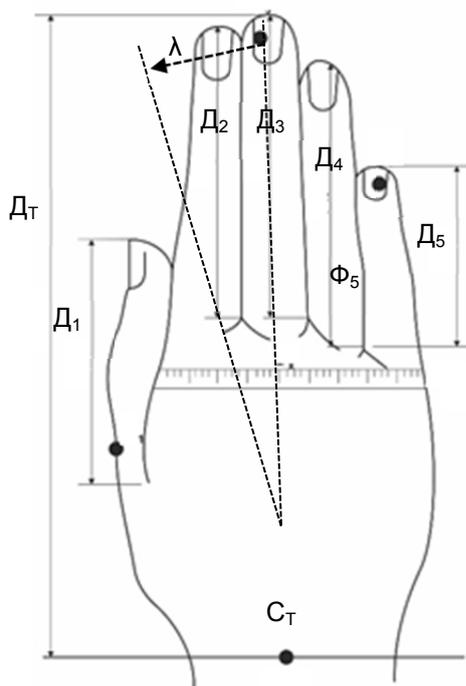


Рисунок 7. — Морфологические параметры руки человека [8]

Конструкцию рукоятки в месте её захвата при посадке определяем исходя из угла поворота кисти руки λ (10 град), а также ширины кисти (120 мм) (рисунок 8).

Угол наклона места расположения кисти от точки D определим исходя из угла λ (в целях минимального выделения при открытых дверях), а также угла поворота кисти руки (рисунок 9).

Площадка опоры при вставании с места (точка D^1) характеризуется удобством захвата, а также прочностными параметрами, поскольку на основании вышепредставленной зависимости место должно выдерживать минимальную нагрузку в 69 Н (рисунок 10, а).

Площадь рукоятки для расположения руки в состоянии покоя будет определяться диаметром нижней части руки (см. рисунок 10, б) [7].

С учётом отсутствия острых углов, а также на основании принятых выше параметров представим чертёж рукоятки для салона Unibus (рисунок 11) и её общий вид (рисунок 12).

Дальнейшим шагом развития ПД в данном направлении следует считать изучение других факторов и концепций (органическую, метафорическую, техно-информационную), влияющих на совершенство изделия (рукоятки), обладающего в конечном счёте повышенными потребительскими качествами (рисунок 13).

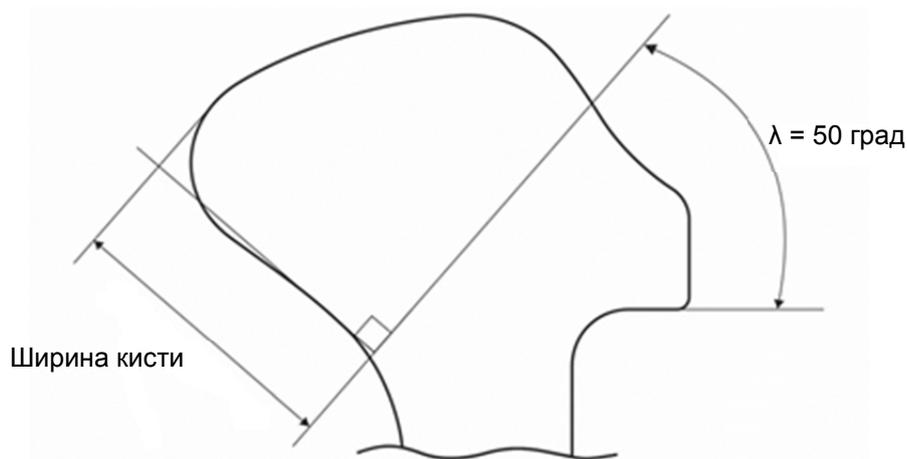


Рисунок 8. — Место захвата рукоятки при посадке

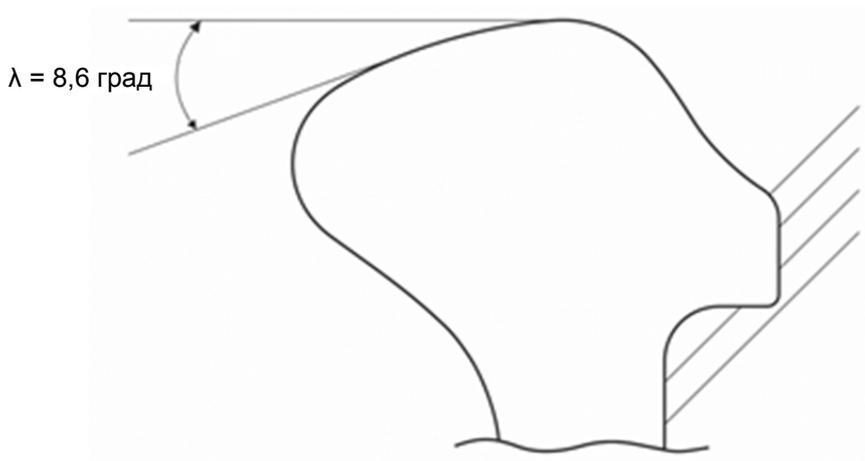


Рисунок 9. — Проектирование стационарного места расположения кисти

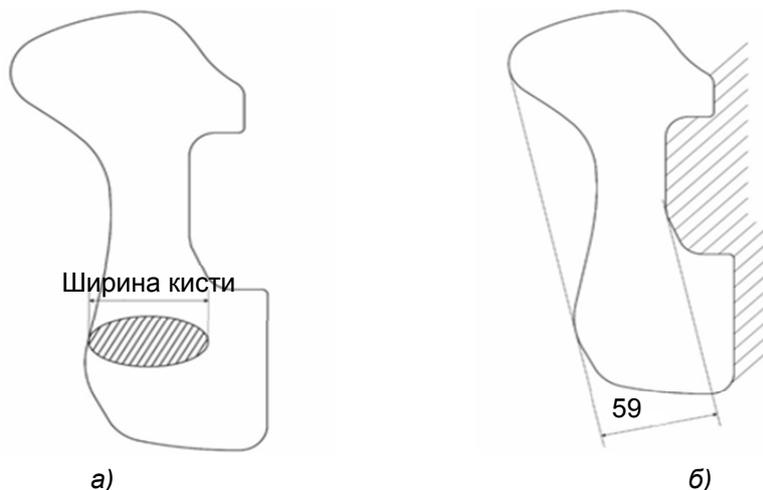


Рисунок 10. — Площадка опоры рукоятки: а — площадка опоры при вставании с места; б — место расположения руки в состоянии покоя

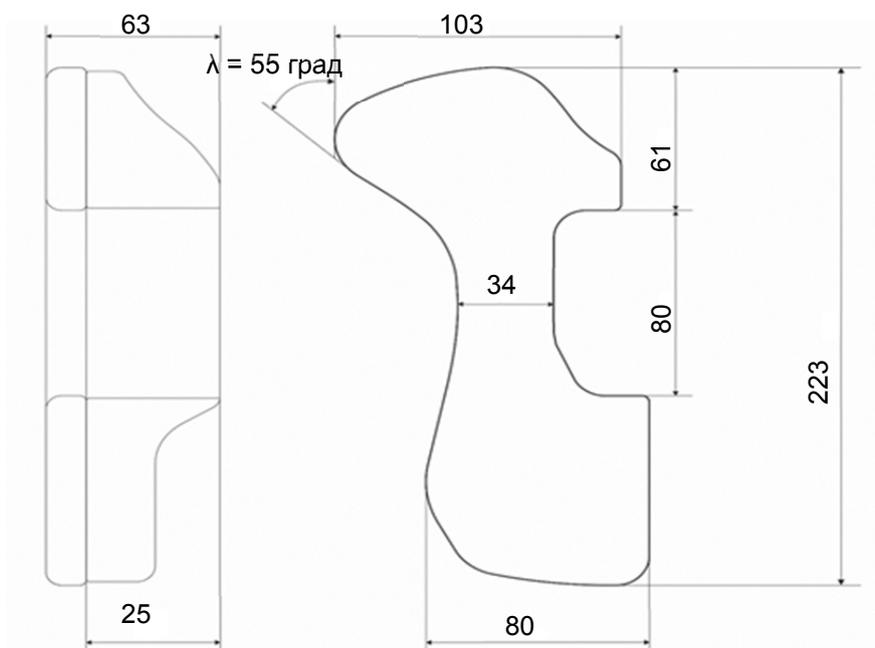


Рисунок 11. — Чертёж рукоятки салона Unibus

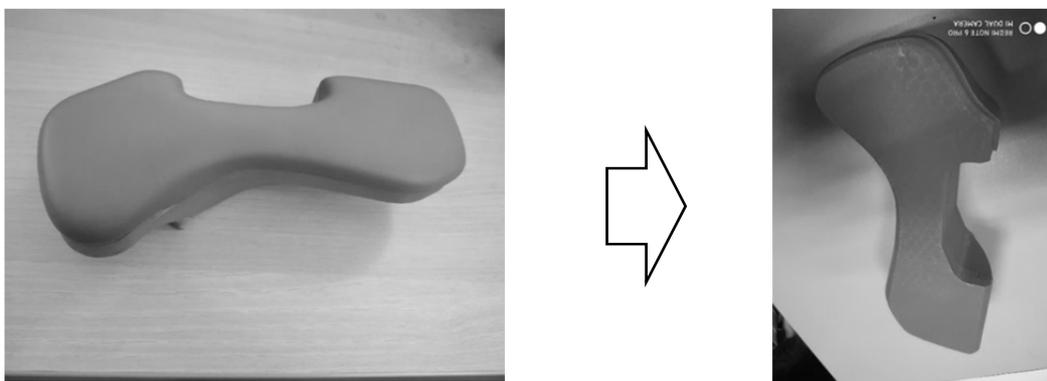


Рисунок 12. — Общий вид образца рукоятки салона Unibus



Рисунок 13. — Использование электромобиля uST с повышенными потребительскими качествами

Заключение. Проведенные работы позволили установить закономерности влияния роста пассажиров L на расположение рукоятки в салоне городского пассажирского электромобиля Unibus.

Также установлены закономерности влияния параметров кисти рук пассажиров на основные геометрические параметры рукоятки.

Следует отметить, что представленная методика позволяет обосновать геометрию элементов пассажирского салона с точки зрения эргономики без субъективной оценки дизайнера, а также упростить требования к дизайну и, как результат, удешевить процесс проектирования без ущерба качества ПД.

На основании полученной модели, учитывающей соматические особенности строения человека того или иного региона, можно оценить место установки рукоятки или возможность её переустановки/регулировки под конкретных пользователей.

Список цитированных источников

1. *Барташевич, А. А.* Основы художественного конструирования : учеб. для втузов / А. А. Барташевич. — Минск : Выш. шк., 1984. — 224 с.
2. *Малин, А. Г.* Теория и методология дизайна : конспект лекций / А. Г. Малин, И. М. Ушкина, И. С. Гурко. — Витебск : Витеб. гос. техн. ун-т, 2014. — 80 с.
3. Опыт дизайн-проектирования промышленного оборудования: к вопросу о стандартизации в промышленном дизайне (на материале проекта модернизации испытательного оборудования индийской компании BiSS) // Человек и культура. — 2020. — № 1. — С. 161—184.
4. How integrating industrial design in the product development process impacts on company performance [Электронный ресурс]. — Mode of access: [https://sci-hub.se/10.1016/s0737-6782\(00\)00069-2](https://sci-hub.se/10.1016/s0737-6782(00)00069-2) . — Date of access: 09.03.2023.
5. Промышленный дизайн как фактор конкурентоспособности высокотехнологичных товаров в условиях современного рынка [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennyy-dizayn-kak-faktor-konkurentosposobnosti-vysokotekhnologichnyh-tovarov-v-usloviyah-sovremennogo-rynka/viewer> . — Дата доступа: 09.03.2023.
6. *Hekkert, P.* Most advanced, yet acceptable: Typicality and novelty as joint predictors of aesthetic preference in industrial design / P. Hekkert, D. Snelders and P. C. W. van Wieringen // British J. of Psychology. — 2003. — № 94. — P. 111—124.
7. Безопасность машин. Размеры тела человека : ГОСТ Р ЕН 547-3-2009. — Введ. 14.12.2009. — М. : Стандартинформ, 2011. — 12 с.
8. Эргономика. Основные антропометрические измерения для технического проектирования. : ГОСТ Р ИСО 7250-1-2013. — Введ. 17.12.2013. — М. : Стандартинформ, 2014. — Ч. 1 : Определения и основные антропометрические точки. — 41 с.
9. Кресла пассажирские, авиационные. Типы. Основные параметры и размеры. Технические требования : ГОСТ 23079-78. — Введ. 01.01.1979. — М. : Госстандарт, 1978. — 9 с.
10. Möbelinstitutet och Möbelfakta 2.0 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://svenskform.se/175aravsvenskform/mobelinstitutet-och-mobelfakta-2-0/> . — Дата доступа: 09.03.2023.
11. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования : ГОСТ 12.2.049-80. — Введ. 01.01.1982. — М. : Госстандарт, 1980. — 15 с.

Поступила в редакцию 21.03.2023.