



DOI: 10.21005/pif.2024.58.B-04

HINGED DOOR SYSTEM WITH MULTIMEDIA – NEW SOLUTIONS **SYSTEM DRZWI UCHYLNYCH Z MULTIMEDIAMI, NOWE ROZWIĄZANIA**

Karolina Mitas-Kaczmarek

Mgr

Author's Orcid number: 0009-0000-6631-3905

Adam Duda

Inż.

Author's Orcid number: 0009-0001-8767-1012

Firma Zeromur Mitas sp.j. Szczecin / Poland

ABSTRACT

The aim of the research carried out as part of the research project was to develop and implement on the domestic and international market the door technology with a system of integrated multimedia elements, such as LED monitors, LCD and LED panels, a system of integrated speakers and communication ports in the creation of a door system with technical functions in the areas of information, security, marketing and design. The implementation of the innovative "ZEROMUR LCD" system will certainly contribute to the development of modern technologies in the field of modern constructions. As a result of this research, new technological solutions were developed in relation to traditional doors, eliminating limitations as to the possibility of expanding their existing function with new multimedia capabilities. The research was carried out according to the TRL scheme – Technology Readiness Levels.

Keywords: hidden aluminum door, door with LCD panel, door with monitor.

STRESZCZENIE

Celem badań realizowanych w ramach projektu badawczego, było opracowanie oraz wdrożenie na rynek krajowy oraz międzynarodowy technologii drzwi z systemem zintegrowanych multimedialnych elementów, takich jak monitory LED, panele LCD oraz LED, system głośników zintegrowanych oraz portów komunikacyjnych w stworzeniu systemu drzwi z funkcjami technicznymi w obszarach: informacyjnym, bezpieczeństwa, marketingowym, designu. Wdrożenie innowacyjnego systemu „ZEROMUR LCD”, z pewnością przyczyni się do rozwoju nowoczesnych technologii w dziedzinie nowoczesnego budownictwa. W wyniku tych badań powstały nowe rozwiązania technologiczne w stosunku do drzwi tradycyjnych likwidujące ograniczenia, co do możliwość rozszerzenia ich dotychczasowej funkcji o nowe – multimedialne możliwości. Badania zostały przeprowadzone według schematu TRL – poziomów gotowości technologicznej.

Słowa kluczowe: drzwi ukryte aluminiowe, drzwi z panelem LCD, drzwi z monitorem.

1. INTRODUCTION

The Door is such an obvious element of architecture that we do not notice them in everyday life. However, if we add a new functionality to them in the form of multimedia - an LCD touch panel, they become an interface for communication with the smart home and for its control.

The door functions as an object that we physically touch or move with our eyes, and it is a boundary that we can physically pass through (Doors, 2014). Doors as an element of consumer electronics is an innovative approach combining the functionality of doors as a barrier between rooms, but with the possibility of symbolically opening it through contact via an electronic interface with the person inside - calling the patient for an appointment.

The oldest known door is on display at the British Museum in London, it comes from Mesopotamia and dates back to 2,000 BC. The early doors, used throughout Mesopotamia and the ancient world, were merely leathers or fabrics. Parallel to the monumental architecture, doors made of rigid, durable materials appeared. The doors to important chambers were often made of stone or bronze. Wooden doors were undoubtedly the most common in antiquity. Archaeological and literary evidence points to its occurrence in Egypt and Mesopotamia. According to Pompeian murals and preserved fragments, contemporary doors looked very much like modern wood-panel doors; they were constructed of stiles (vertical beams) and rails (horizontal beams) fixed together to support the panels and sometimes with locks and hinges. This Roman type of door was adopted in Islamic countries. In China, a wooden door usually consisted of two panels, the lower one being a solid one and the upper one being a wooden grating covered with paper. The typical western medieval door consisted of vertical planks supported by horizontal or diagonal stiffeners. It was reinforced with long iron hinges and nailed afterwards. The panel effect was simplified until single hollow core doors became the most popular in the 20th century (Britannica, 2008). Historically, doors as a partition have evolved from simple fabric, through complex entrance systems to temples or tombs, to modern doors, the next stage of development of which is a step towards their integration with everyday electronics.

2. DISCUSSION

The door is about to open and you can experience a different world upon entering. Since a different world begins when we open a book, the door is a limitation at the beginning of another world. A door whose front and back are completely different. The size, color and material on both sides are so different that I think I have entered a completely different world. Dr. Jekyll and Mr. Hyde are the same person, but they look completely different. Similarly, a door to another world is the mantle of another world that is different. (Doors, 2014)

For years, doors have been used to separate spaces between rooms and that have been their main function. The new system designed by Zeromur opens the door to another world - the virtual world, the door in its function, instead of being just a barrier, has become a complement to the building's IT system. Integration of multimedia elements in the door, starting with an LCD monitor – serving as a carrier of information and advertising, and continuing through a touch monitor that allows interaction with the user inside and outside the room - ensures safety in the face of the pandemic. However, the Zeromur solution is not only monitors, but also an audio system - a system of built-in speakers, thanks to which the door can serve as a carrier of audio signals or commands can be issued through the door.

It is also possible to install a microphone in the door - which makes it possible to communicate through it, even if the recipient of the conversation is not in the room - even through a telephone connection via the network to which the door is connected. The door leaf also has communication ports - USB and HDMI inputs - which enable quick data transfer between the user and the internal network. All these functions are completely new on the market, it is a revolution in doors and a completely innovative approach to the door function - no longer a barrier, but an opening to a completely different dimension of use. An additional advantage is full integration with door leaf finishes consistent with the room finishes - this is what Zeromur has been famous for years.

3. MATERIALS AND METHODS

The basic assumptions for individual systems have been defined by analysis of the domestic and foreign market in terms of available finishing solutions. The research¹ was conducted in the form of direct interviews, in particular in the field of door system solutions with the target group - final recipients - individual users, designers, architects and designers. Due to the fact that such solutions are not available on the market, the guidelines were developed by Zeromur employees based on a blank sheet of paper and ideas on how to turn a door into a multimedia platform. Years of presence on the door market also made it possible, through contact with individual users, to get to know their needs and expectations towards the door, their current possibilities and what is expected. By analysis and carefully listening to the needs and ideas of the target groups, the form decided to introduce a series of new products that take them into account. The remaining materials and research methods are described in the following chapters.

4. STAGE OF DEFINING THE BASIC ASSUMPTIONS OF THE PROJECT OBJECTIVES

During this stage, the basic requirements for each system were defined. The entire system was divided into subsystems and in individual subsystems analyses of the existing solutions were carried out and the scope and assumptions were determined by groups.

- 1) ZEROMUR LCD door system in the version opened through door frames - this is a system where the door leaf is flush with the wall from the outside of the room and opens to its interior, the door leaf contains a built-in monitor
- 2) The ZEROMUR LCD door system in the frame-opening version is a system in which the leaf is flush with the wall from the outside of the room and opens to the outside of the room, the leaf contains a built-in monitor
- 3) 3. ZEROMUR LCD door system in an interactive version – a leaf with a built-in system allowing interaction via external equipment
- 4) ZEROMUR LCD door system in a version with an information function - a door leaf with a built-in monitor that can display various types of information, e.g. class schedule, office hours
- 5) ZEROMUR LCD door system in a version with a security function - a door leaf with a built-in monitor that can display various types of warnings or evacuation direction
- 6) ZEROMUR LCD door system with a video function – a door leaf with a built-in monitor that can display videos and photos
- 7) ZEROMUR LCD door system in a version with an audio function (speaker and microphone) - a door leaf with a built-in audio system that can play sound and collect sound
- 8) ZEROMUR LCD door system in a version with audio and video function - a door leaf with a built-in LCD and audio system that can play image and sound
- 9) ZEROMUR LCD door system in a version with physical input ports, such as a USB port, HDMI - a door leaf with built-in ports that allow you to connect external sources to connect portable memories or other devices
- 10) ZEROMUR LCD door system in a version with on-line input/output ports, WIFI, Bluetooth – door leaf with a built-in Bluetooth and WIFI modem for wireless connection or as a network source
- 11) ZEROMUR LCD door system in the version with a WIFI signal amplifier - the door as a WIFI signal amplifier.
- 12) ZEROMUR LCD door system in the version with finishes:
 - a) Made of polymer glass

¹ As part of the research project "Research and development work in order to implement product and process innovation in ZEROMUR MITAS SPÓŁKA JAWNA" - number RPZP.01.01.00-32-009/20 - co-financed from European Funds under Measure 1.1 Research and development projects of enterprises of the Regional Operational Program of the West Pomeranian Voivodeship for 2014-2020, research was carried out and the described door systems were implemented.

- b) Natural glass 6mm
 - c) Mirrors
 - d) Large format sintered tiles
 - e) Dibond sandwich panels
 - f) Doors with Corten finish
- 13) ZEROMUR LCD door system in a version with dimensions grouped by leaf width – 70-80 and 90-100
- 14) ZEROMUR LCD door system in version with dimensions grouped by height – 220 and 250 cm

5. STAGE OF THE COMPUTER DESIGN OF ZEROMUR KOMPAKT SYSTEM PROFILES

The basic parameters of the project during III TRL stage were transferred to a specialized 3D program, allowing for accurate drawing and modelling of each profile. Thanks to a wide database of materials, this program enabled the analysis of the weight of individual system elements, which will allow the selection of profiles - system 50 or 65, on the basis of which individual models of systems created as part of the project will be developed. Another advantage of 3D modelling is that after determining the mass of the entire door leaf, it will be possible to select appropriate fittings, especially hinges, which will optimally transfer the load on the door leaf with system elements and finishing elements. It was possible to initially determine the mechanical fastening system - threaded connections or rivet nuts, depending on the location in the leaf, the size of the fastened element and the thickness of the wall in which the element will be mounted. This is important because the profile walls are 1.5 to 4.5 mm thick, which means that for wall thicknesses below 4 mm, the active part of the thread is too small and will not provide adequate fastening force.

3D modelling also made it possible to obtain a cross-section through any plane or wall of the model, which allowed for accurate design of the model and its internal part.

This program made it possible to create a model using methods similar to real ones, made it possible to check which of the ZEROMUR "50" or "65" door systems a given element can be used for, and allowed for their arrangement inside the door leaf, taking into account the dimensions of the monitor, panel and connection elements. at the design stage. This will make it possible to eliminate errors before assembling individual system elements. An additional advantage of this program is the possibility of modifying the settings of individual system elements, as well as modifying the wing frame profiles (by modelling the milling) with appropriate assumptions without losing the integrity of the design.

The program made it possible to model the cooperation between individual elements of the system, finishing claddings and door leaf frame profiles, as well as to model what cooperation with other components would look like in a virtual environment.

At this stage, modifications to the ZEROUR 50 and ZEROMUR 65 lines systems for the purposes of the project were initially outlined.

Also based on the existing library of 3D designs, current series of ZEROMUR products (including the leaves of the ZEROMUR GEOMETRIC series sliding systems and integration with the skirting board system), SECRET and Sandra, the possibility of optimizing current products using elements from new products was analysed, which will result in unification structures, elements common to them, thanks to the use of the same connecting systems. In turn, this will allow for greater stiffness of the entire structure of door leaves and frames. Greater stiffness will provide greater comfort of use and higher durability of the systems.

The result of this stage was the computer design of the ZEROMUR LCD system wing in variants and possible modifications and improvements of new products.

6. STAGE OF VERIFICATION OF THE PROJECT PROFILES FEASIBILITY FOR THE PROJECT IMPLEMENTATION, 3D PRINTINGS FOR THE ACTUAL ANALYSIS AND INTRODUCTION OF MODIFICATIONS, PRELIMINARY PARAMETERS FOR THE PROCESS OF PROFILE PROCESSING

At stage IV, the feasibility of individual variants was initially checked - it was verified whether a given variant of the ZEROMUR LCD system could be manufactured in accordance with the design and use of a given "50" or "65" door leaf, and critical points that may arise during the assembly of individual system elements were analysed. At this stage, it was determined that the maximum wing weight for the system based on the "50" series models would be 70 kg, and heavier models would be developed based on the "65" model. This is dictated by the load-bearing capacity of the hinges and the structure of the leaf itself - where for the "65" system it is more massive and allows for greater loads. This is important due to the durability of operation and its reliability. It should also be remembered that acoustic elements will be placed in the door leaves - loudspeakers, which introduce additional vibrations in the system, which may cause phenomena that have not previously occurred in door leaves. Therefore, the attachment of connectors to the crossbeams in the wings, which were previously attached with screws tightened to the profiles, will be replaced by chemical welding. Additionally, LCD screen mounting elements and other peripherals using threaded connections - both for rivet nuts and for threads made in profiles - will have thread glue applied to the threaded surface when screwed in, which will prevent spontaneous loosening of the mounting screws. These are solutions taken again from the automotive industry, where they ensure reliable connections of connected elements over time and due to the occurrence of vibrations. At this stage, gripping elements for 3D printing were designed to realistically check whether the designed system corresponds to real elements and whether they work together as intended. Some elements from other systems were checked using 3D prints as additional cable trays, and 3D prints also checked whether cables could be placed in channels in the profiles. The photo below shows a profile that is an element of the sliding glass system, where the channels are used as channels for cables, and the profile itself, thanks to its large side surface, can be effectively glued into the door leaf structure, additionally having a stiffening function. Additionally, thanks to the possibility of 3D printing, the elements were analysed in their natural sizes. After distribution, the cables will be attached using special glued holders and, if placed in ducts, they will be additionally fixed with foam glue, which will prevent the cable from moving in the duct, which would create an undesirable sound inside the door leaf and disrupt or distort the sound coming from the speakers.

At this stage, the fastening elements (screws, sockets for them, the method of connecting the screws - threading in profiles, rivet nuts, gluing, connecting with technical Velcro, etc.), system elements, and sockets for the system elements were selected. Fixing elements such as amplifiers and routers will be tested using technical Velcro, double-sided tapes, polyurethane adhesives - they will be developed in the next stages. The loudspeaker mounting will be tested with polyurethane adhesives, double-sided foam tapes and polyurethane adhesives in the form of tape, to ensure flexibility of the connection and dampen vibrations at the connection. Additionally, there will be empty spaces around the speakers, which will act as a kind of resonance boxes to improve the sound. However, foam glue or low-expansion foam will be applied to the joints in places where materials are exposed to vibrations - these types of fillers also have very good acoustic properties, which improves the sound produced by the loudspeaker system and prevents accidental movement of the wires. Inside the structure as a result of the operation of the door leaf. The same elements and materials stabilizing and fastening the cables will be in the door frames, which, also thanks to the multi-chamber structure, can be used to guide the cables.

The fastening elements created as a result of this stage will be implemented into the current systems of all ZEROMUR 5.0, 6.5 product series, including the leaves of the ZEROMUR GEOMETRIC series sliding systems, where they will replace the currently used connector connections via screws – as a chemically welded connection, which will translate into higher stiffness structure and will allow for smoother and quieter operation of the entire assembly, which will translate into higher durability and ensure higher product reliability.

The result of this stage is checking the feasibility of the system design elements for project implementation, 3D prints for actual analysis and modifications.

7. STAGE OF THE FIRST PROTOTYPES IN THE WING FRAMEWORK

In stage V, thanks to 3D prints and designs in the 3D program, it was possible to start the first attempts at placing monitors and peripherals in the door leaf frame, both in the ZEROMUR "50" system and in the ZEROMUR "65" system. Theoretical research and research using modern technologies made it possible to move more quickly from the theoretical stage to the production of prototypes.



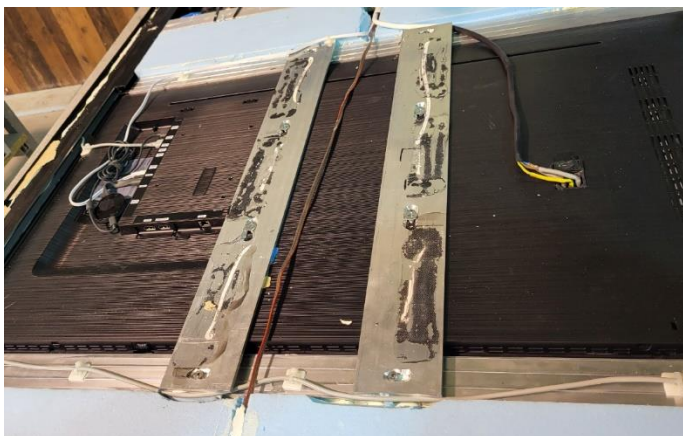
Fig. 1. Prototype monitor mounting in the door leaf. Source: authors

Ryc. 1. Prototypowe mocowania monitora w skrzydle drzwiowym. Źródło: autorzy

The photo (Fig. 1) shows the prototype mounting of the monitor in the door leaf; oblong holes are visible, allowing the position of the monitor to be adjusted after installation in the door leaf, both vertically and horizontally. The wing frame profiles feature holes that dissipate heat from the monitor and direct it towards the rear of the assembly.

Fig. 2. Photo showing another solution for mounting the monitor to the wing structure with pre-distributed cables (without mounting them yet). Source: authors

Ryc. 2. Zdjęcie przedstawiające inne rozwiązanie mocowania monitora do konstrukcji skrzydła z wstępnie rozprowadzonymi przewodami (jeszcze bez ich mocowania). Źródło: autorzy



The photo (Fig. 2) shows a different monitor mounting system, which is very important; the mountings must be flat - due to the limited space in the sash, they must also be stable and light - hence the use of aluminium flat bars with a large width to thickness ratio. This provides them with stiffness and will prevent the monitor from moving when opening and closing the door leaf.

Also at this stage, it turned out that this model of monitor had a power cube that took up too much space, so it was replaced with plugs with heat-shrink insulation. Tests were carried out involving gluing stiffening cross-sections instead of screwing them in. This eliminates the possibility of the connecting elements unscrewing from the door frame and may cause vibrations when the loudspeakers are operating, but over time it may also cause, in other systems, an additional sound produced when the door is closed - a kind of clanging of the aluminium profile, or in extreme cases when the screw unscrews. completely "rattle" effect. Of course, these are only acoustic values, and a more important aspect is the weakening of the door leaf structure - this change will be applied to all ZEROMUR systems using transverse elements permanently built into the aluminium frames of the door leaf - from system 5.0, through 6.5 to sliding systems.

Fig. 3. Photo showing the milled hole for external connections in the leaf structure. Source: authors

Ryc. 3. Zdjęcie przedstawiające wyfrezowany otwór na łącza zewnętrzne w konstrukcji skrzydła. Źródło: autorzy



Photo (Fig. 3) showing holes for external connections, in the background a USB connector, not yet attached - placed to check the correctness of the workmanship and the size of the element.



Fig. 4. A photo showing the loudspeakers placed in the wing structure along with their wiring. Source: authors

Ryc. 4. Zdjęcie przedstawiające umieszczone głośniki w konstrukcji skrzydła wraz z ich okablowaniem. Źródło: autorzy

Photo (Fig. 4) showing the loudspeakers placed in the wing with the initial distribution of wires to the conduit passing through the transverse element.



Fig. 5. A photo showing a router and a WiFi signal amplifier in the wing structure. Source: authors

Ryc. 5. Zdjęcie przedstawiające router i wzmacniacz sygnału wifi w konstrukcji skrzydła. Źródło: autorzy

Photo (Fig. 5) showing the router and the WiFi signal amplifier placed with the cables.

To save space, it is placed directly on the back of the monitor – attached with polyurethane glue.

The result of this stage was the receipt of the wing frame with mounted elements as a basic semi-finished product for the system, and the development of assembly brackets and production aids.

8. STAGE OF RESEARCH OF DIFFERENT VARIANTS OF THE SYSTEM

During the 6th stage of TRL, various dimensional variants of the system were tested, both for the entire leaves (for both systems "50" and "65") and for various sizes of system elements (different diagonals of LCD and LED panels, loudspeakers of different power, different number of speakers, location of ports, communication between ports and system elements).

USB and HDMI sockets can be placed in any plane of the door but from the point of use they will be placed on the rear or front part and on the lock side. The possibility of connecting on the rear and lock parts protects the data stored in the system - you cannot get into the system when the door is closed, data is available only when the door is opened (on the lock part and only when the door is open, while the rear part is accessible from the inside of the room). This solution, in turn, allows you to connect a USB memory stick or Bluetooth or Wi-Fi input via USB (if it is not available in the door leaf) and download the necessary information that can be displayed on the other side. In turn, the

possibility of placing the input port on the front of the wing gives the option of obtaining an open system from which data can be downloaded or uploaded.

Of course, it is possible to install a Wi-Fi and Bluetooth router in the system as separate devices or integrated in an LCD monitor or tablet.



Fig. 6. A photo showing the monitor installation along with the cooling channel holes made in the wing structure. Source: authors

Ryc. 6. Zdjęcie przedstawiające osadzenie monitora wraz z wykonanymi otworami kanałów chłodzących w konstrukcji skrzydła. Źródło: autorzy

Photo (Fig. 6) showing the monitor installation in the door leaf along with the outlets from the cooling channels.

Cooling channels of the wings, for the version that can be mounted in the wall, where the undoubted advantage is the ability to open the wing with a monitor, connect peripherals to it, and the fact that when closed it creates a perfect plane with the wall (this will be visible at a later stage, where this solution will be placed in the door frame and wall construction). For solutions where the door leaf is visible from both sides, these channels are placed on the hinge, upper or lock part - depending on the possibility of hiding this system.

For systems equipped with loudspeakers, tests were carried out on the vibrations produced during sound reproduction. The impact of these vibrations on the mounting system thanks to the placement of an insulating layer between the mounting site and the loudspeaker results in virtually complete elimination of vibrations. However, mounting the wires in the channel using foam glue and special holders eliminated the possibility of resonance wings forming in the frame. At this stage, vibration dampening elements were introduced (foam glue, Styrodur XPS foam) and directing the sound in the desired direction. Tests were carried out on the influence of the magnetic field coming from the speaker system on LED and LCD screens - no image distortions were observed on the monitors.

Data transfer via physical ports such as USB and wireless ports was also tested - the wing design does not cause any disruptions to the operation of the elements. The effect of this stage was the verification of the cooperation of the system, depending on the size and equipment with the other elements of the system, the possibility of making the first prototypes, and testing the impact of finishes on the vibrations generated in the wings during operation.

9. PILOT STAGE EXECUTION OF A FULL SET OF INDIVIDUAL SYSTEMS TOGETHER WITH THEIR COMBINATION INTO ONE COOPERATING ENTIRE AND WITH TESTING THE FUNCTIONALITY AND CORRECTNESS OF OPERATION

In stage VII, finishing elements were placed on the door leaves of the "50" and "65" systems and tests were carried out for all variants of decorative/finishing materials. The stage of connecting the

decorative plates itself took place by connecting LCD monitors and LCD and LED panels with a decorative panel depending on the variant:

a) gluing to glass/mirror;

Photo (Fig. 7) showing an LCD monitor glued under a mirror (unfortunately, it is difficult to take a photo of the mirror without the reflection of the photographer).

Photo (Fig. 8) showing glass glued to black gloss acrylic with space for a tablet.



Fig. 7. A photo showing the monitor being mounted under the mirror in the wing structure. Source: authors

Ryc. 7. Zdjęcie przedstawiające osadzenie monitora pod lustrem w konstrukcji skrzydła. Źródło: autorzy



Fig. 8. Photo showing glass glued to black glossy acrylic with space for a tablet. Source: authors

Ryc. 8. Zdjęcie przedstawiające szycbę wklejoną w akryl czarny połysk z miejscem na tablet. Źródło: autorzy

b) placement between other materials;

c) combination of various materials and glass with a glued monitor;

At this stage, the optical clarity of the displayed messages was checked depending on the type of LCD monitor or LED panel placed at different angles and from different distances.

The influence of the type and intensity of light was also verified:

a) daily;

b) fluorescent;

c) Led.

As a result of the research, it turned out that the best results are achieved on glasses with a highly reflective coating and when using monitors with a light intensity sensor. This sensor adjusts the brightness of the matrix to the prevailing lighting conditions. In turn, the highly reflective coating of the glass allows the elimination of light reflections produced by the light source. This is especially important when a leaf equipped with a monitor is mounted in a place where sunlight falls directly on it - the coating on the glass disperses them, and the light intensity sensor adjusts the brightness of the matrix, making the image clear.

Tinted glass also gives a very good effect, especially in very strong lighting such as LED lighting.

Photo (Figure 9) showing the subsurface speakers before being glued to the trim piece in the wing (on the inside of the wing, of course).

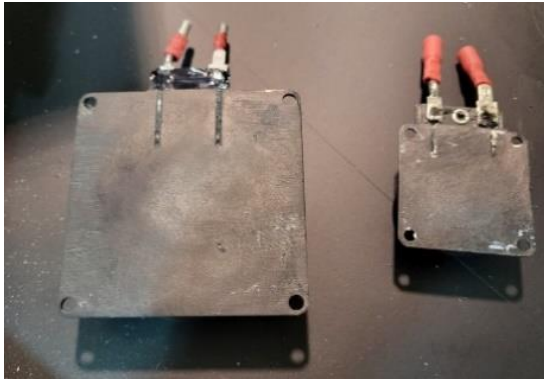


Fig. 9. A photo showing the subsurface speakers before being glued to the finishing element in the wing. Source: authors

Ryc. 9. Zdjęcie przedstawiające głośniki podpowierzchniowe przed przyklejeniem do elementu wykończeniowego w skrzydle. Źródło: autorzy



Fig. 10. Photos showing the monitor being placed in a wing finished with 4th generation sintered steel on a test stand. Source: authors

Ryc. 10. Zdjęcia pokazujące umieszczenie monitora w skrzydle wykończonym spiekem 4 generacji na stanowisku testowym.. Źródło: autorzy

Photos (Fig. 10) showing the placement of the monitor in a sintered 4th generation wing on the test stand. It was also tested whether touch functions would work and this was also successful, although not every tablet responded properly. However, thanks to Bluetooth modules, it is possible to pair with an external keyboard and touchpad, making control problem-free.

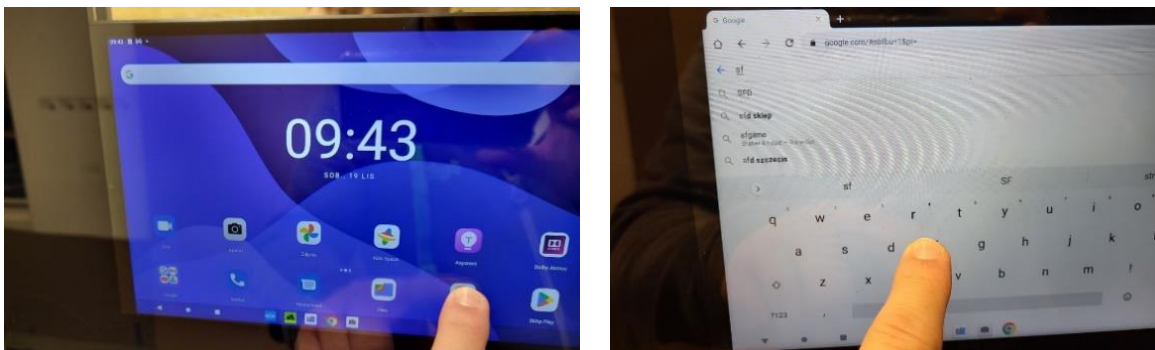


Fig.11 Photos showing the placement of a tablet under the glass with touch function in the wing. Source: authors.
Ryc.11 Zdjęcia pokazujące umieszczenie tabletu pod szybą z funkcją dotykową w skrzydle. Źródło: autorzy

Photos (Fig.11) Photos showing the tablet placed under the glass with touch function in the wing. The result of this stage was the production of product assemblies and placing finishing and decorative elements on them.

10. PILOT STAGE EXECUTION OF A FULL SET OF INDIVIDUAL SYSTEMS TOGETHER WITH THEIR COMBINATION INTO ONE COOPERATING ENTIRE AND WITH TESTING THE FUNCTIONALITY AND CORRECTNESS OF OPERATION

At stage VIII, the door leaves with installed system elements and finishes were built into frames in the versions opened through the frames and from the frame and placed on test stands. The systems installed in the sashes and frames of the "50" and "65" systems were tested at the stands.



Fig.12. Photo showing test stands. Source: authors
Ryc.12. Zdjęcie przedstawiające stanowiska do testów. Źródło: autorzy

Photos of the station (Fig. 12) for testing (before final finishing - this is to test in conditions as close to real as possible). Photo showing the placement of a monitor in a wing finished with 4th generation sinter on a test stand and a natural sinter plate.

The electrical connection between the frame and the door leaf was checked, as well as its functioning when opening and closing the door leaf - this was done via a cable gland.



Fig. 13 Photo showing a cable gland placed in the door leaf and frame. Source: authors

Ryc. 13 Zdjęcie przedstawiające przepust kablowy umieszczony w skrzydle i ościeżnicy. Źródło: autorzy

Photo (Fig.13) of the cable gland located in the door frame and door leaf, which ensures failure-free operation of the cables during operation of the door leaf. The cables are placed in a special element that looks like a spring, which rotates and bends slightly when opening/closing the door, but its contents - the cables - move very little inside and are protected against twisting and crushing by the door and frame.

The normal operation of the entire assembly as a door was simulated and the resistance of the door leaf and systems to dynamic closing and opening of the door was tested.

The normal operation of the entire assembly as a door was simulated and the resistance of the door leaf and systems to dynamic closing and opening of the door was tested. As a result of the use of connecting substances such as chemical welding and foams, VHB foam adhesive tapes, polyurethane adhesives for attaching finishes and system elements, tests did not reveal any problems or defects in the system. The experience of ZEROMUR staff in the construction of door leaves resulted in the use of aluminium frames and door leaves as a base, extended with finishing elements with electronic and multimedia elements placed inside them, which, despite the additional load, function as intended. This was made possible thanks to the appropriate construction of door frames and the supporting frame of the door leaf based on aluminum profiles, which were previously designed as carriers of heavy finishing panels. The fittings that were used were also selected so that, depending on the system, they could withstand loads of up to 100 kg (overloads up to over 120 kg of continuous load).

11. STAGE OF MANUFACTURING PRODUCT SETS AND PLACING ON THEM FINISHING AND DECORATIVE ELEMENTS

As part of the final stage IX, the products of individual ZEROMUR LCD series systems were assembled at their intended locations.



Fig. 14. Photos showing fully finished door leaf and frame assemblies with LCD monitors. Source: authors

Ryc. 14. Zdjęcia przedstawiające w pełni wykończone zespoły skrzydła drzwiowego w ościeżnicy wraz z monitorami LCD. Źródło: autorzy

Photos (Fig. 14) showing fully installed door leaves in frames fully built into the wall.

Testing the technology in real conditions achieved the intended effect. This showed that the demonstrated technology is already in its final form and can be implemented in the target system.

12. SUMMARY

The ZEROMUR has conducted a number of studies aimed at creating a line of new products consistent with the requirements of the target group. As a result of this research, new technological solutions have been created in relation to traditional doors, extending them with new functions – multimedia - the possibility of installing LCD monitors, touch monitors, speakers and microphones, as well as inputs such as USB or HDMI. A product line of modern hinged doors with a completely new purpose has been created. This approach made it possible to obtain individualized door systems tailored to a given user using aluminium technology, used on a large scale as a construction material, giving low weight, high stiffness and is a highly processable material obtained by pressing with a low carbon footprint.

SYSTEM DRZWI UCHYLNÝCH Z MULTIMEDIAMI, NOWE ROZWIĄZANIA

1. WSTĘP

Drzwi, są elementem architektury tak oczywistym, że nie zauważamy ich w dniu codziennym. Jednakże jeśli dodamy do nich nową funkcjonalność w postaci multimediów – panelu dotykowego LCD, umożliwi nam to wykorzystanie ich jako interfejsu do łączności i sterowania domem inteligentnym, czy też do przekazywania informacji w momencie gdy są drzwiami do biura czy gabinetu lekarskiego. Drzwi funkcjonują jako obiekt, którego fizycznie dotykamy lub poruszamy oczami, i jest to granica, przez którą fizycznie możemy przejść. (Doors, 2014. Drzwi jako element elektroniki użytkowej jest to nowatorskie podejście łączące funkcjonalność drzwi jako bariery między pomieszczeniami, ale z możliwością jej symbolicznego uchylenia poprzez kontakt poprzez interfejs elektroniczny z osoba wewnątrz – przywołanie pacjenta na wizytę. Najstarsze znane drzwi są eksponatem w londyńskim British Museum, pochodzą z Mezopotamii i datuje się je na 2 tysiące lat przed naszą erą. Wczesne drzwi, używane w całej Mezopotamii i starożytnym świecie, były jedynie skórą lub tkaninami. Równoległe z monumentalną architekturą pojawiły się drzwi ze sztywnych, trwałych materiałów. Drzwi do ważnych komnat były często wykonane z kamienia lub brązu. Drewniane drzwi były niewątpliwie najczęstsze w starożytności. Dowody archeologiczne i literackie wskazują na jego występowanie w Egipcie i Mezopotamii. Według pompejańskich malowideł ściennych i zachowanych fragmentów współczesne drzwi wyglądały bardzo podobnie do nowoczesnych drzwi wyłożonych drewnem; były one zbudowane z ramiaków (belek pionowych) i szyn (belek poziomych) połączonych ze sobą w celu podparcia paneli i czasami wyposażone w zamki i zawiasy. Ten rzymski typ drzwi został przyjęty w krajach islamskich. W Chinach drewniane drzwi zwykle składały się z dwóch paneli, dolnego solidnego, a górnego drewnianej kraty pokrytej papierem. Typowe zachodnie średniowieczne drzwi składały się z pionowych desek podpartych poziomymi lub ukośnymi usztywnieniami. Został wzmocniony długimi żelaznymi zawiasami i nabity gwoździami. Efekt paneli został uproszczony, aż w XX wieku najbardziej popularne stały się pojedyncze drzwi z pustym rdzeniem. (Britannica, 2008). Historycznie drzwi jako przegroda ewoluowały od prostej tkaniny, poprzez skomplikowane systemy wejściowe do świątyń czy też grobowców, aż do drzwi współczesnych, których kolejnym etapem rozwoju jest krok w kierunku ich integracji z elektroniką użytkową, dnia codziennego.

2. DISCUSSION

Drzwi mają się otworzyć, a po wejściu można doświadczyć innego świata. Ponieważ inny świat zaczyna się, gdy otwieramy książkę, drzwi są granicą na początku innego świata. Drzwi, których przód i tył są zupełnie inne. Rozmiar, kolor i materiał po obu stronach są tak różne, że wydaje mi się, że

weszłam w zupełnie inny świat. Dr Jekyll i Mr. Hyde to ta sama osoba, ale wyglądają zupełnie inaczej. Podobnie drzwi do innego świata to płaszczyzna innego świata, który jest inny. (Doors, 2014)

Na przestrzeni wieków drzwi były granicą pomiędzy pomieszczeniami i to była ich główna funkcja. Nowy system zaprojektowany przez firmą Zeromur daje otwarcie się drzwi na inny świat – świat wirtualny, drzwi w swej funkcji zamiast być tylko barierą. Stały się uzupełnieniem systemu teleinformatycznego budynku. Integracja w drzwiach elementów multimedialnych zaczynając od monitora LCD – służącego jako nośnik informacji, reklamy, idąc dalej poprzez monitor dotykowy, który umożliwia interakcję z użytkownikiem wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia – co w obliczu pandemii daje bezpieczeństwo. Jednakże rozwiązanie Zeromur to nie tylko monitory, ale również system audio – system głośników wbudowanych, dzięki czemu drzwi mogą służyć jako nośnik sygnałów audio lub poprzez drzwi można wydawać komendy. Możliwe jest również zamontowanie mikrofonu w drzwiach – co daje możliwość komunikacji poprzez nie, nawet jeśli nie ma w pomieszczeniu adresata rozmowy – nawet poprzez połączenie telefoniczne poprzez sieć, w którą drzwi są wpięte. W skrzydle drzwiowym również zostały umieszczone porty komunikacyjne – czyli wejścia USB, HDMI – które umożliwiają szybki transfer danych pomiędzy użytkownikiem a siecią wewnętrzną. Wszystkie te funkcje są całkowitą nowością na rynku, jest to rewolucja w drzwiach i całkowicie nowatorskie podejście do funkcji drzwi – już nie bariery, ale otwarcia na całkiem inny wymiar użytkowania. Dodatkową zaletą jest pełna integracja z wykończeniami skrzydeł zgodnymi z wykończeniem pomieszczeń – to z czego od lat słynie firma Zeromur.

3. MATERIAŁY I METODY

Podstawowe założenia dla poszczególnych systemów zostały określone poprzez analizę rynku krajowego i zagranicznego w zakresie dostępnych rozwiązań wykończeniowych. Przeprowadzone zostały badania² w formie wywiadów bezpośrednich, w szczególności w zakresie rozwiązań systemów drzwiowych z grupą docelową – odbiorców ostatecznych – użytkowników indywidualnych, projektantów, architektów i designerów. Z racji, iż takie rozwiązania nie są spotykane na rynku, wytyczne zostały opracowane przez pracowników firmy Zeromur na zasadzie czystej kartki i pomysłów jak można z drzwi zrobić platformę multimedialną. Wspomnieć również należy, że lata obecności na rynku drzwiowym umożliwiły poprzez kontakt z użytkownikami indywidualnymi poznanie ich potrzeb i oczekiwań wobec drzwi, ich możliwości obecnych oraz tego co jest oczekiwane. Poprzez analizę i wsłuchanie się w potrzeby i pomysły grup docelowych forma postanowiła wprowadzić serię nowych produktów je uwzględniających. Pozostałe materiały i metody badań zostały opisane w następujących rozdziałach.

4. ETAP OKREŚLENIA PODSTAWOWYCH ZAŁOŻEŃ CELÓW PROJEKTU.

W trakcie tego etapu określono podstawowe wymagania dotyczące poszczególnych systemów.

Całość systemu podzielono na podsystemy i w poszczególnych podsystemach przeprowadzono analizy istniejących rozwiązań i określono zakres i założenia według grup.

- 1) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji otwieranej przez ościeżnice – jest to system, gdzie skrzydło jest licowane ze ścianą od strony zewnętrznej pomieszczenia i otwiera się do jego wnętrza, skrzydło zawiera w sobie wbudowany monitor
- 2) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji otwieranej z ościeżnicy jest to system gdzie skrzydło jest licowane ze ścianą od strony zewnętrznej pomieszczenia i otwiera się na zewnątrz pomieszczenia, skrzydło zawiera w sobie wbudowany monitor
- 3) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji interaktywnej – skrzydło z wbudowanym systemem pozwalającym na interakcje poprzez sprzęt zewnętrzny

² W ramach projektu badawczego „Prace badawczo – rozwojowe w celu wdrożenia w ZEROMUR MITAS SPÓŁKA JAWNA innowacji produktowej i procesowej” – numer RPZP.01.01.00-32-009/20- dofinansowany z Funduszy Europejskich w ramach Działania 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Zachodniopomorskiego na lata 2014-2020 przeprowadzono badania i zrealizowano opisane systemy drzwi.

- 4) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z funkcją informacyjną – skrzydło z wbudowanym monitorem, który może wyświetlać różnego rodzaju informacje np. rozkład zajęć, godziny przyjęć
- 5) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z funkcją bezpieczeństwa– skrzydło z wbudowanym monitorem, który może wyświetlać różnego rodzaju ostrzeżenia czy kierunek ewakuacji
- 6) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z funkcją wideo– skrzydło z wbudowanym monitorem, który może wyświetlać filmy, zdjęcia
- 7) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z funkcją audio (głośnik i mikrofon) – skrzydło z wbudowanym systemem audio, który może odtwarzać dźwięk i zbierać dźwięk
- 8) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z funkcją audio i wideo - skrzydło z wbudowanym systemem LCD oraz audio, który może odtwarzać obraz i dźwięk
- 9) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z portami wejścia fizycznymi, takimi jak port usb, hdmi – skrzydło z wbudowanymi portami, które pozwalają na podłączenie źródeł zewnętrznych w celu podłączenia przenośnych pamięci czy też innych urządzeń
- 10) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z portami wejścia/ wyjścia on-line, wifi, Bluetooth – skrzydło z wbudowanym modemem Bluetooth i wifi dla podłączenia bezprzewodowego lub jako źródło sieci
- 11) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji ze wzmacniaczem sygnału wifi – skrzydło jako wzmacniacz sygnału wifi.
- 12) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z wykończeniami:
 - a) Ze szkła polimerowego
 - b) Szkła naturalnego 6mm
 - c) Lustro
 - d) Płytek spiekowych wielkoformatowych
 - e) Płyt warstwowych typu dibond
 - f) Drzwi z wykończeniem cortenowym
- 13) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji o wymiarach pogrupowanych według szerokość skrzydła – 70-80 oraz 90-100
- 14) System drzwi ZEROMUR LCD w wersji z o wymiarach pogrupowanych pod względem wysokości – 220 i 250cm

5. ETAP PROJEKTU KOMPUTEROWEGO PROFILI SYSTEMU ZEROMUR KOMPAKT SYSTEM

Podstawowe założenia projektu podczas etapu III TRL zostały przeniesione do specjalistycznego programu 3D, umożliwiającego dokładne narysowanie i zamodelowanie każdego z wariantów. Program ten dzięki szerokiej bazie materiałów, umożliwił analizę wagi poszczególnych elementów systemu, co pozwoli na dobór profili – systemu 50 lub 65, na bazie których zostaną opracowane poszczególne modele systemów tworzonych w ramach projektu. Kolejną zaletą modelowania 3D jest to, że po określeniu masy całego skrzydła będzie możliwy dobór odpowiednich okuć, w szczególności zawiasów, które optymalnie przeniosą obciążenie skrzydła elementami systemu i formatkami wykończeniowymi. Było możliwe wstępne określenie systemu mocowań mechanicznych – połączeń gwintowych lub też nitonakrętek, w zależności od miejsca w skrzydle, wielkości mocowanego elementu oraz grubości ścianki, w której będzie osadzany element. Jest to istotne, gdyż ścianki profili mają od 1,5 do 4,5mm grubości, co powoduje, że dla grubości ścianki poniżej 4mm część czynna gwintu jest zbyt mała i nie zapewni ona odpowiedniej siły zamocowania.

Modelowanie 3D dało również możliwość uzyskania przekroju przez dowolną płaszczyznę czy też ścianę modelu, co pozwoliło na dokładne zaprojektowanie modelu wraz z jego częścią wewnętrzną.

Program ten umożliwił wykonanie modelu używając metod podobnych do rzeczywistych, umożliwił sprawdzenie, do którego z systemów drzwi ZEROMUR „50” lub „65” można zastosować dany element, pozwolił na ich rozplanowanie wewnątrz skrzydła drzwiowego z uwzględnieniem gabarytów

monitora, panelu, elementów przyłączeniowych na etapie projektu. Da to możliwość eliminacji błędów przed montażem poszczególnych elementów systemu. Dodatkową zaletą tego programu jest możliwość modyfikacji ustawienia poszczególnych elementów systemu, jak również modyfikacje profili szkieletu skrzydła (poprzez zamodelowanie od frezowania) przy odpowiednich założeniach bez utraty integralności projektu.

Program umożliwił zamodelowanie współpracy pomiędzy poszczególnymi elementami systemu, okładzin wykończeniowych oraz profilami szkieletu skrzydła drzwiowego, jak również pozwolił zamodelować ja będzie wyglądać współpraca z innymi komponentami w wirtualnym środowisku.

Na tym etapie wstępnie zarysowano modyfikacje systemów linii ZEROMUR 50 oraz ZEROMUR 65 na cele projektu. Również bazując na posiadanej bibliotece projektów 3D, obecnych serii produktów ZEROMUR (łącznie ze skrzydłami systemów przesuwanych serii ZEROMUR GEOMETRIC oraz integracje z systemem listew przypodłogowych), SEKRET oraz Sandra, przeanalizowano możliwość optymalizacji obecnych produktów przy użyciu elementów z nowych produktów, co spowoduje unifikację konstrukcji, elementów wspólnych dla nich, dzięki zastosowaniu tych samych systemów łącznikowych. Z kolei to pozwoli na uzyskanie większej sztywności całej konstrukcji skrzydeł jak i ościeżnic. Większa sztywność da wyższy komfort użytkowania oraz wyższą trwałość systemów.

Efektom tego etapu był projekt komputerowy skrzydła systemu ZEROMUR LCD w wariantach oraz możliwe modyfikacje i ulepszenia nowych produktów.

6. ETAP SPRAWDZENIA WYKONALNOŚCI PROJEKTU PROFILI DO REALIZACJI PROJEKTU, WYDRUKI 3D DO RZECZYWISTEJ ANALIZY I WPROWADZENIA MODYFIKACJI, WSTĘPNE ZAŁOŻENIA PROCESU OBRÓBEK PROFILI

Na etapie IV wstępnie sprawdzono wykonalność poszczególnych wariantów – zweryfikowano, czy dany wariant systemu ZEROMUR LCD da się wykonać zgodnie z projektem i użyciem danego skrzydła drzwiowego „50” lub „65” oraz przeanalizowano punkty krytyczne mogące powstać w procesie montażu poszczególnych elementów systemu. W tym etapie określono, że maksymalna waga skrzydła dla systemu opartego na modelach serii „50” będzie wynosiła 70kg, a modele cięższe będą opracowywane na bazie modelu „65”. Jest to podyktowane nośnością zawiasów oraz konstrukcją samego skrzydła – gdzie dla systemu „65” jest ona masywniejsza i pozwala na większe obciążenia. Jest to istotne ze względu na trwałość działania oraz jego niezawodność. Również należy pamiętać, o tym, że w skrzydłach będą umieszczane elementy akustyczne – głośniki, które wprowadzają dodatkowe wibracje w systemie, co może powodować powstanie zjawisk niewystępujących do tej pory w skrzydłach drzwiowych. Dlatego też mocowanie łączników do belek poprzecznych w skrzydłach, które do tej pory były mocowane poprzez wkręty dokręcane do profili, zostanie zastąpione spawaniem chemicznym. Dodatkowo, elementy mocujące ekrany LCD oraz inne peryferia wykorzystujące połączenia gwintowane – zarówno dla nitonakrętek jak i dla gwintów wykonanych w profilach, będą miały przy wkręcaniu na powierzchni gwintowanej naniesiony klej do gwintów, który zapobiegnie samoistnemu wykręcaniu się śrub mocujących. Są to rozwiązania zaczerpnięte ponownie z branży motoryzacyjnej, gdzie zapewniają pewne w czasie i ze względu na występowanie drgań połączenia elementów łączonych. Na tym etapie zaprojektowano elementy uchwytowe do wydruku 3D, żeby realnie sprawdzić czy zaprojektowany system odpowiada realnym elementom i czy współpracują one ze sobą w założony sposób. Część elementów z innych systemów, dzięki wydrukowi 3D zostało sprawdzone, jako dodatkowe tory kablowe oraz również na wydrukach 3D sprawdzono, czy przewody mogą być umieszczane w kanałach w profilach. Na zdjęciu poniżej widać profil będący elementem systemu przesuwanego szklanego, gdzie kanały zostały wykorzystane jako kanały na przewody, a sam profil dzięki dużej powierzchni bocznej może być skutecznie wklejony w konstrukcję skrzydła, pełniąc dodatkowo funkcje usztywniające konstrukcję. Dodatkowo, dzięki możliwości wydruku 3D, przeanalizowano elementy w jego naturalnych rozmiarach. Przewody po rozprowadzeniu będą mocowane przy pomocy specjalnych przyklejanych uchwytów oraz, w przypadku umieszczenia w kanałach, będą dodatkowo zamocowane przy pomocy piany klejowej, który będzie zapobiegał ruchowi przewodu w kanale, co powodowałoby powstanie niepożądanego dźwięku wewnątrz skrzydła i zakłócało bądź zniekształcałoby dźwięk płynący z głośników.

Na tym etapie dobrano elementy mocujące (śruby, gniazda pod nie, sposób łączenia śrub – gwintowanie w profilach, nitonakrętki, klejenie, łączenie za pomocą rzepów technicznych itp.) elementy systemu oraz wstępnie opracowano gniazda na elementy systemu. Mocowanie elementów, takich jak wzmacniacze, routery będzie testowane za pomocą rzepów technicznych, taśm dwustronnych, klejów poliuretanowymi - zostaną one opracowywane w następnych etapach. Mocowanie głośników będzie testowane z klejami poliuretanowymi oraz taśmami dwustronnymi piankowymi i klejami poliuretanowymi w formie taśmy, dla zapewnienia elastyczności połączenia i tłumienia drgań na połączeniu. Dodatkowo, wokół głośników pozostaną puste przestrzenie, które będą pełniły funkcję swego rodzaju pudeł rezonansowych dla polepszenia dźwięku. Natomiast na połączeniach w miejscach materiałów, w miejscach narażonych na drgania, będzie zaaplikowany piano klej lub pianka nisko rozprężna – tego rodzaju wypełniacze dodatkowo mają bardzo dobre właściwości akustyczne, co poprawia dźwięk, który będzie wytworzony przez system głośników oraz zapobiegają przypadkowemu przemieszczeniu się przewodów wewnątrz konstrukcji w wyniku pracy skrzydła drzwiowego. Takie same elementy i materiały stabilizujące oraz mocujące przewody będą w ościeżnicach, które również dzięki konstrukcji wielokomorowej, będą mogły służyć jako prowadzenie przewodów.

Elementy mocujące powstałe w wyniku tego etapu zostaną wdrożone do obecnych systemów wszystkich serii produktów ZEROMUR 5.0, 6.5, łącznie ze skrzydłami systemów przesuwnych serii ZEROMUR GEOMETRIC, gdzie zastąpią obecnie stosowane połączenia łączników poprzez wkręty, – jako połączenie spawane chemiczne, co przełoży się na wyższą sztywność konstrukcji i pozwoli na łagodniejszą i cichszą pracę całego zespołu, – co przełoży się na wyższą trwałość i dla zapewnienia wyższej niezawodności produktów.

Efekt tego etapu to sprawdzenie wykonalności elementów projektu systemu do realizacji projektu, wydruki 3D do rzeczywistej analizy i wprowadzenia modyfikacji.

7. ETAP PIERWSZYCH PROTOTYPÓW W SZKIELECIE SKRZYDŁA

W etapie V, dzięki wydrukowi 3D oraz projektowi w programie 3D można było przystąpić do pierwszych prób umieszczenia monitorów oraz peryferii w szkielecie skrzydła drzwiowego, zarówno w systemie ZEROMUR „50” jak i w systemie ZEROMUR „65”. Badania teoretyczne oraz z wykorzystaniem nowoczesnych technologii dały możliwość szybszej realizacji przejścia z etapu teoretycznego do wykonania prototypów.

Również na tym etapie okazało się, że ten model monitora ma kostkę zasilania, która zajmuje zbyt dużo miejsca, dlatego została ona zastąpiona wtyczkami z izolacją termokurczliwą.

Zostały przeprowadzone próby obejmujące wklejanie profili poprzecznych usztywniających zamiast ich wkręcania, co eliminuje możliwość rozkręcania się elementów łącznikowych od szkieletu skrzydła i może powodować wibracje przy pracy głośników, ale również z biegiem czasu może w innych systemach wywołać dodatkowy dźwięk powstający przy zamykaniu drzwi – swoiste brzdęknięcie profilu aluminiowego, lub w skrajnym wypadku, gdy wkręt wykręci się, całkowicie efekt „grzechotki”. Oczywiście, są to tylko walory akustyczne, a ważniejszym aspektem jest osłabienie struktury skrzydła drzwiowego – ta zmiana będzie zastosowana do wszystkich systemów ZEROMUR wykorzystujących elementy poprzeczne wbudowane na stałe w ramiach aluminiowych skrzydła – od systemu 5.0, przez 6.5 aż do systemów przesuwnych.

Efektom tego etapu było otrzymanie szkieletu skrzydła wraz z zamontowanymi elementami, jako podstawowego półproduktu do systemu, opracowanie uchwytów montażowych i pomocy produkcyjnych.

8. ETAP BADAŃ RÓŻNYCH WARIANTÓW WYIAROWYCH SYSTEMU

Podczas trwania VI etapu TRL zostały przetestowane różne warianty wymiarowe systemu, zarówno dla całych skrzydeł (dla obu systemów „50” i „65”), jak i dla różnych rozmiarów elementów systemu (różne przekątne paneli LCD i LED, głośniki o różnej mocy, różna ilość głośników, położenie portów,

komunikacja pomiędzy portami a elementami systemu). Gniazda USB, Hdmi mogą być umieszczone w dowolnej płaszczyźnie drzwi, ale z punktu użytkowego umieszczane będą na części tylnej lub przedniej oraz po stronie zamkowej. Możliwość podłączenia na części tylnej i zamkowej powoduje ochronę danych umieszczonych w systemie – nie można się dostać do systemu w momencie zamkniętych drzwi, dane dostępne są tylko po otwarciu drzwi – na części zamkowej i tylko przy otwartych drzwiach, natomiast tylna część jest dostępna ze środka pomieszczenie – to rozwiązanie z kolei umożliwia podłączenie pamięci usb lub też poprzez usb wejścia bluetooth lub wifi (w przypadku jego braku w skrzydle drzwiowym) i dogrania potrzebnych informacji, które mogą być wyświetlane z drugiej strony. Z kolei możliwość umieszczenia portu wejścia od frontu skrzydła daje opcje uzyskania otwartego systemu, z którego można zgrywać dane lub wgrywać dane.

Oczywiście, w systemie możliwe jest zamontowanie routera wifi i bluetooth jako osobne urządzenia lub zintegrowane w monitorze LCD lub też w tablecie.

Kanały chłodzące skrzydła, dla wersji, które może być zamontowana w ścianie, gdzie niewątpliwą zaletą jest możliwość otwarcia skrzydła z monitorem, podłączenie do niego peryferii oraz to, że po zamknięciu tworzy idealną płaszczyznę ze ścianą (będzie to widoczne w późniejszym etapie, gdzie to rozwiązanie będzie umieszczone w ościeżnicy i w zabudowie ściennej). Dla rozwiązań, gdzie skrzydło drzwiowe jest widoczne z oby stron, te kanały są umieszczane na części zawiasowej, górnej lub zamkowej – w zależności od możliwości ukrycia tego systemu. Dla systemów wyposażonych w głośniki zostały przeprowadzone badania wytwarzanych drgań podczas odtwarzania dźwięku. Wpływ tychże drgań na system mocowań dzięki umieszczeniu warstwy izolacyjnej pomiędzy miejscem montażu oraz głośnikiem powoduje praktycznie całkowitą eliminację drgań. Natomiast mocowanie przewodów w kanale przy pomocy pianki klejowej, oraz specjalnych uchwytów wyeliminowało możliwość powstawiania szkieletu skrzydła rezonansu. Na tym etapie zostały wprowadzone elementy tłumiące drgania (pianka klejowa, pianka styrodur XPS) oraz kierunkujące dźwięk w pożądanym kierunku. Przeprowadzono badania wpływu pola magnetycznego pochodzącego od systemu głośników na ekrany LED i LCD - nie zaobserwowano zniekształceń obrazu na monitorach.

Również zbadano przesył danych przy pomocy portów fizycznych takich jak usb, oraz portów bezprzewodowych - konstrukcja skrzydła nie powoduje żadnych zakłóceń pracy elementów.

Efektom tego etapu była weryfikacja współpracy systemu w zależności od wymiaru i wyposażenia z pozostałymi elementami systemu, możliwość wykonania pierwszych prototypów, badania wpływu wykończeń na drgania powstałe w skrzydłach podczas pracy.

9. ETAP PILOTAŻOWEGO WYKONANIE PEŁNEGO ZESPOŁU POSZCZEGÓLNYCH SYSTEMÓW WRAZ Z ICH POŁĄCZENIEM W JEDNĄ WSPÓŁPRACUJĄCĄ CAŁOŚĆ ORAZ Z BADANIEM FUNKCJONALNOŚCI I PRAWDŁOWOŚCI

W etapie VII zostały umieszczone elementy wykończeniowe na skrzydłach drzwiowych systemów „50” i „65” oraz zostały przeprowadzone próby dla wszystkich wariantów materiałów ozdobnych/wykończeniowych. Sam etap połączenia płyt ozdobnych odbył się poprzez połączenie monitorów LCD i paneli LCD i LED z panelem ozdobnym w zależności od wariantu:

- a) podklejenie do szkła/ lustra;
- b) umieszczenie pomiędzy innymi materiałami;
- c) połączenie różnych materiałów i szkła z wklejonym monitorem;

Na tym etapie sprawdzone zostały optyczne wyrazistości wyświetlanych komunikatów w zależności od umieszczonego rodzaju monitora LCD lub panelu LED pod różnymi kątami oraz z różnych odległości. Zweryfikowany został również wpływ rodzaju i natężenia światła:

- a) dziennego;
- b) jarzeniowego;
- c) Led.

W wyniku badań okazało się, że najlepsze rezultaty osiągnęte są na szklach z powłoką wysoko refleksyjną oraz przy zastosowaniu monitorów z czujnikiem natężenia światła. Czujnik ten powoduje dostosowanie jasności matrycy do panujących warunków oświetleniowych. Z kolei powłoka wysoko refleksyjna szkła pozwala na eliminację refleksów świetlnych, które są wytworzone przez źródło światła. Jest to szczególnie ważne w przypadku, gdy skrzydło wyposażone w monitor jest zamontowane w miejscu, gdzie padają na nie bezpośrednio promienie słoneczne – powłoka na szkło rozprasza je, a czujnik natężenia światła dostosowuje jasność matrycy, przez co obraz jest wyraźny. Również szkła przyciemnione dają bardzo dobry efekt, zwłaszcza przy bardzo mocnym oświetleniu jakim są oświetlenia ledowe.

Zostało również sprawdzone, czy funkcje dotykowe będą działały, i to również zakończyło się powodzeniem, choć nie każdy tablet reagował właściwie. Jednakże, dzięki modułom bluetooth jest możliwe sparowanie z klawiaturą zewnętrzną i touchpadem, przez co sterowanie jest bezproblemowe.

Efektom tego etapu było wykonanie zespołów produktów i umieszczenie na nich elementów wykończeniowo – ozdobnych.

10. ETAP PILOTAŻOWEGO WYKONANIA PEŁNEGO ZESPOŁU POSZCZEGÓLNYCH SYSTEMÓW WRAZ Z ICH POŁĄCZENIEM W JEDNĄ WSPÓŁPRACUJĄCĄ CAŁOŚĆ WRAZ Z BADANIEM FUNKCJONALNOŚCI I PRAWIDŁOWOŚCI DZIAŁANIA

Na etapie VIII skrzydła z zamontowanymi elementami systemu oraz wykończeniami zostały wbudowane w ościeżnice w wersji otwieranej przez ościeżnice i z ościeżnicy oraz umieszczone na stanowiskach do przeprowadzania prób. Na stanowiskach zostały zbadane systemy umieszczone w skrzydłach i ościeżnicach systemów „50” i „65”.

Zostało sprawdzone połączenie elektryczne pomiędzy ościeżnicą a skrzydłem drzwiowym, jego funkcjonowanie w trakcie otwierania i zamykania skrzydła - zostało to zrealizowane poprzez przepust kablowy.

Została zasymulowana normalna praca całego zespołu w funkcji drzwi oraz zbadana została odporność skrzydła z systemami na dynamiczne zamykanie i otwieranie drzwi. W wyniku użycia substancji połączeniowych, takich jak spawanie chemiczne oraz pianek, taśm klejących VHB piankowych, klei poliuretanowych do mocowanie wykończeń oraz elementów systemu, testy te nie wykazały problemów lub wad systemu. Doświadczenie kadry firmy ZEROMUR w konstruowaniu skrzydeł zaowocowało uzyskaniem przy wykorzystaniu jako bazy ościeżnic i skrzydeł aluminiowych rozszerzonych o elementy wykończeniowe z umieszczonymi w ich wnętrzu elementami elektronicznymi i multimedialnymi, które mimo dodatkowego obciążenia funkcjonują zgodnie z założeniami. Stało się to możliwe dzięki odpowiedniej konstrukcji ościeżnic i szkieletu nośnego skrzydła opartego o profile aluminiowe, które zostały wcześniej zaprojektowane jako nośniki ciężkich paneli wykończeniowych. Okucia, które zostały użyte zostały również dobrane tak by w zależności do systemu były zdolne wytrzymać obciążenie do 100kg (przeciążenia do ponad 120kg obciążenia ciągłego).

11. ETAP PREZENTUJĄCY GOTOWE W PEŁNI FUNKCJONALNE PRODUKTY ZABUDOWANE I SPRAWDZONE W WARUNKACH RZECZYWISTYCH.

W ramach finalnego etapu IX produkty poszczególnych systemów serii ZEROMUR LCD montowano w miejscach przeznaczenia.

12. PODSUMOWANIE

Firma ZEROMUR przeprowadziła szereg badań mających na celu stworzenie linii nowych produktów zgodnych z wymaganiami grupy docelowej. W wyniku tych badań powstały nowe rozwiązania technologiczne w stosunku do drzwi tradycyjnych rozszerzające ich o nowe funkcje – multimedialne – możliwość instalacji monitorów LCD, monitorów dotykowych, głośników i mikrofonów oraz wejść takich jak usb czy też hmdi. Powstała linia produktów nowoczesnych drzwi rozwieranych o całkowicie

nowym przeznaczeniu. Takie podejście dało możliwość uzyskania zindywidualizowanych systemów drzwi szytych na miarę pod danego użytkownika przy zastosowaniu technologii aluminiowej, użytej na szeroką skalę, jako materiał konstrukcyjny, dający niską masę, wysoką sztywność oraz jest materiałem wysoko przetwarzalnym uzyskiwanym poprzez tłoczenie z niskim śladem węglowym.

BIBLIOGRAPHY

- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "door". *Encyclopedia Britannica*, 15 Sep. 2008, <https://www.britannica.com/technology/door>. dostęp/access 2021-12-09
- Dagmara Kasprzyk-Rogal, Drzwi ukryte - czym się charakteryzują i ile kosztują? <https://czasawnetrze.pl/wnetrza/pomieszczenia/zaplecze-domu/52843-drzwi-ukryte-czym-sie-charakteryzuja-i-ile-kosztuja> dostęp 14.12.2021
- Doors: Boundaries of Communication. https://artsandculture.google.com/exhibit/doors-boundaries-of-communication/gQZ_U5Ba Arumjigi Culture Keepers Foundation. 2014. dostęp/access 2021-12-09
- Drzwi ukryte – rozwiązanie inne niż wszystkie <https://martdom.pl/porady/drzwi-ukryte-rozwiazanie-inne-niz-wszystkie/> dostęp/access 15.12.2021
- Janson A., Tigges F. *Fundamental Concepts of Architecture*. ISBN 978-3-0346-0892-3. <https://www.hzu.edu.in/architecture/Fundamental%20Concepts%20of%20Architecture.pdf>. Birkhäuser Verlag GmbH, Base. 2014. dostęp/access 2021-12-09
- Kwiatkowski T., Charakterystyka i wykorzystanie stopów aluminium oraz taśm węglowych w budownictwie. *Budownictwo* 1/2011 vol. 17. Pp. 112-118
- Praca zbiorowa. *Podręcznik konstruktora, Jak radzić sobie z profilami aluminiowymi*, Wyd. Sapa. 2005
- Ricco. G. *Architecture elements: the door*. Published 20 February 2020. <https://www.domusweb.it/en/architecture/gallery/2020/02/19/architecture-elements-the-door.html>. Domus, 2020. dostęp/access 2021-12-09
- Wysokie drzwi we wnętrzach. Gdzie się sprawdzą. <https://magazif.com/design/wysokie-drzwi-we-wnetrzach-gdzie-sie-sprawdza/> MAGAZIF Publikacja: 08.05.2021, dostęp/access 16.12.2021

AUTHOR'S NOTE

The authors are experienced Zeromur employees who have participated in the process of creating new products of the Zeromur system, from the initial assumptions to the development of the entire system of the final product. They have extensive knowledge in designing system elements, selecting components and materials, as well as developing assumptions and conducting research.

O AUTORZE

Autorzy są doświadczonymi pracownikami firmy Zeromur, którzy uczestniczyli w procesie tworzenia nowych produktów systemu Zeromur, od momentu wstępnych założeń, do opracowania całego systemu produktu finalnego. Posiadają oni szeroką wiedzę w zakresie projektowania elementów systemu, doboru podzespołów i materiałów oraz opracowania założeń i do przeprowadzania badań.

Contact | Kontakt: karolina.mitas@zeromur.pl; adam.duda@zeromur.pl