



DOI: 10.21005/pif.2024.60.B-08

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF ALUMINUM AND GLASS MOBILE WALLS – THE COURSE OF RESEARCH AND IMPLEMENTATION

INNOWACYJNA TECHNOLOGIA ŚCIAN MOBILNYCH ALUMINIOWYCH I SZKLANYCH – PRZEBIEG BADAŃ I WDROŻENIE

Michał Teres

Mgr inż.

Author's Orcid number: 0009-0009-4015-9415

Anna Włoszczyńska-Lewińska

Mgr

Author's Orcid number: 0000-0002-1093-0581

PIU DESIGN Sp.z o.o. Szczecin, Poland

ABSTRACT

The aim of the research was to create innovative, modular systems for aluminum and glass movable walls developed by PIU Design. The project focused on designing sliding wall systems that meet high aesthetic and technical standards, ensuring durability and ease of installation. The process included 3D modeling, strength testing, 3D printing, and prototype verification. Studies confirmed the systems' robustness, functionality, and alignment with modern architectural trends. The walls demonstrated adaptability to various spatial configurations, making them suitable for office and residential applications.

Key words: aluminium mobile walls, Glass mobile walls, mobile walls, product innovation, test and research

STRESZCZENIE

Celem badań było stworzenie innowacyjnych, modułowych systemów mobilnych ścian aluminiowych i szklanych, realizowanych przez PIU Design. Projekt miał na celu opracowanie ścian przesuwanych spełniających najwyższe standardy estetyczne i techniczne, wytrzymałych oraz łatwych w montażu. Proces obejmował modelowanie 3D, testy wytrzymałościowe, wydruki 3D oraz weryfikację prototypów. Badania potwierdziły wysoką odporność konstrukcji, ich funkcjonalność oraz zgodność z nowoczesnymi trendami architektonicznymi. Systemy wykazały zdolność do adaptacji do różnych konfiguracji przestrzennych, co czyni je odpowiednimi dla obiektów biurowych i mieszkalnych.

Słowa kluczowe: aluminiowe ściany mobilne, badania i testy, innowacje produktowe, szklane ściany mobilne, ściany przesuwne

1. INTRODUCTION

Contemporary interior architecture and construction demand flexible solutions for space division. Mobile walls, which enable dynamic interior arrangement while maintaining aesthetics and functionality, are gaining increasing popularity. The aim of the research described in this article was to develop modern mobile systems of aluminium and glass walls, which enable flexible spatial configurations in office buildings, commercial spaces and single-family homes.

The project carried out by PIU Design sp. z o.o. was aimed at developing two main wall systems: an aluminium-glass system with an aluminium frame and a glass pane, and a fully aluminium system capable of being clad with heavy materials. These systems were meant to meet high technical standards, including durability, and were also to be easy to assemble and disassemble. The key premise of the project was modularity, which was intended to allow for the free adaptation of systems to various spatial configurations – sliding, fixed, linear, corner and cubic.

The purpose of this article is to present the research and implementation of aluminium and glass mobile walls.

2. DISCUSSION

Sliding partition systems and doors have been known in Western culture, with archaeological finds in Pompeii (Sliding door), and in Eastern cultures, including Japanese and Chinese, for over two thousand years. These types of solutions were primarily aimed at making it possible to temporarily partition space, especially in situations with limited space, conserving space, and providing flexibility in the use of space (by temporarily opening and closing it). In ancient Rome, the most common function was to separate private spaces from public ones, thereby providing a level of expected privacy (Innovative, 2023). In ancient China, apart from creating private spaces, sliding doors were an integral part of the architecture of the Chinese courtyard house, serving the function of separating rooms and courtyards. The sliding doors were closely linked to the Chinese philosophy of harmony and balance, achieved by adjusting the flow of space between the interior and the exterior, which also influenced lighting and ventilation. In this manner, the ancient Chinese concept of sliding doors has influenced the widespread use of sliding solutions in contemporary interiors. Equally important elements of architecture and design were doors and sliding partitions (i.e., *fusuma* or *shoji*) (Japanese Architecture), which were used to open up a space to other interiors or to the outside, namely the inner courtyard. Thanks to these types of partition walls, the division of space is not rigidly fixed, and at the same time, due to their translucency, they allow for the flow of light, ensuring privacy, but without suppressing sounds. Traditionally, sliding doors are not locked. The next stage of development involves mobile walls inspired by Eastern styles while maintaining the aesthetics and trends of the West.

3. MATERIALS AND METHODS

The individual chapters present practical methods and materials that led to the creation of aluminium and glass mobile walls.

The main research methods used in this article include literature analysis and various practical studies, including computer simulations.

Existing systems often fail to meet the expectations of flexibility and functionality in modern interiors. In particular, existing solutions demonstrate limitations in the area of:

- **Performance:** Sliding doors currently available on the market are often unable to quickly and effectively adapt the space to the dynamically changing needs of users.
- **Aesthetics:** Many solutions available on the market do not meet contemporary aesthetic trends, design standards, and the needs of architects who emphasise minimalist design and high-quality finishes.

- **Functionality:** Existing solutions often present issues with assembly and disassembly, which affects their practical application in changing spaces.

Additionally, it is extremely important to use lightweight materials in mobile constructions, which would not only increase the efficiency of these systems but also ease of use or the possibility of finishing with heavier wall materials. Systems based on aluminium and tempered glass, designed as part of the ongoing project, are a response to the growing market needs, emphasising the importance of innovation and aesthetics in modern interior design. They also emphasise ecological issues, through the use of natural materials such as aluminium and glass, which is extremely important in the context of contemporary challenges related to environmental protection.

The main challenge in designing these new systems was to develop innovative mobile walls that would meet the following requirements:

1. **Mechanical durability** – Mobile wall systems must withstand dynamic loads and prolonged usage without losing structural stability (vertical and horizontal).
2. **Aesthetics** – The use of high-quality materials, such as aluminium, tempered glass and finishing materials used on walls, such as quartz sinter and polymer glass, ensures that these systems align with modern architectural standards.
3. **Modularity** – Systems must allow for free adaptation to various spatial configurations, whether in linear, corner or cubic arrangements.
4. **Ease of assembly and disassembly** – Systems must be easy to install, allowing for their use in a wide range of applications, from apartments and houses to public investments.

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

At this stage, the focus was on defining the assumptions regarding the market needs for such a product as mobile wall systems. An analysis of the literature, along with consultations with architects and users, enabled the identification of gaps and deficiencies in available solutions, as well as the definition of technical specifications for new mobile systems. This stage also encompassed the study of existing technologies and their limitations. The primary goal of this stage was to understand which characteristics should define innovative systems so that they can meet the needs of contemporary users. As part of market research, interviews were conducted with professionals from the architectural and construction industries, which enabled the collection of practical tips on expectations and preferences. Several significant aspects have been identified, such as:

- **Functionality:** Mobile walls should be easy and safe to use, with mechanisms that are either reliable or relatively easy to maintain.
- **Aesthetics:** Newly designed products should be not only functional but also aesthetic, fitting into modern trends and design.
- **Ecology:** The importance of using ecological materials and technologies that have a minimal impact on the environment is increasing.

At this stage, the design team has developed a concept for innovative mobile systems. Using advanced 3D modelling software, such as AutoCAD and SolidWorks, digital models of aluminium and glass systems were created. These models have undergone preliminary technical and aesthetic analyses, which facilitated further optimisation of the designs. The analysis of the models allowed for the identification of potential issues related to the durability and stability of the systems. At this stage, computer analyses were also conducted, simulating the load conditions that the systems might encounter in actual use. As a result of this phase, detailed requirements for individual system components were defined, such as:

1. Fixed guide rail – a system for mounting sliding wall panels to the ceiling, which depending on the type of ceiling attachment will be in the form of a ceiling-mounted system, a concealed system, or a flush system.

2. Tracks with specialised carriages and self-closing mechanisms (available in 1, 2, 3-track versions).
3. Aluminium-glass mobile wall constructions made of an aluminium perimeter structural frame and glass panes.
4. Parameters for the thickness of tempered glass sheets to be used in the newly designed structure.
5. Connectors for the aluminium-glass system that allow for the joining of guides and running tracks in a corner or cubic solution.
6. Full aluminium mobile wall constructions made with an aluminium structural frame.
7. Wall materials that can be used in a full aluminium structure.

By defining the basic assumptions and objectives of the project, it became possible to identify potential areas for further development of mobile wall technology.

5. STAGE OF COMPUTER-AIDED DESIGN OF SYSTEM ELEMENTS AND PROJECT FEASIBILITY ASSESSMENT

The assumptions developed in the previous stage have been transferred to 3D software, which allowed for the precise drafting and modelling of each system element. This resulted in the creation of the first virtual models of the newly designed mobile walls. The 3D modelling software also facilitated testing of the compatibility of individual profiles and their interaction with other components in a real-world environment. This was especially important for smaller elements such as connectors and corner pieces. This also made it possible to determine which components could be used from existing off-the-shelf systems, and which elements would need to be strictly designed for the intended product. Furthermore, as part of testing the concept, virtual durability and functional tests were conducted on the designed models to ensure that they meet the specified requirements. These tests included assessments of load-bearing capacity and resistance to various loads. Virtual durability tests analysed the behaviour of the systems under static and dynamic loads. A series of computer simulations assessed how the systems would perform under different operating conditions. The results of these tests were crucial for further structural optimisation and ensuring user safety. One of the most important aspects at this stage were the ready virtual models operating as expected. To reach this outcome, numerous tests were conducted, including functionality assessments of sliding mechanisms, which enabled necessary adjustments. At this stage, assumptions for testing individual system components were also established, such as testing the mounting type for the ceiling support element depending on ceiling type, mounting method and mounting durability; testing the efficiency of tracks, integration with self-closing and slow-down systems, track multiplication and connection methods; evaluating the ease of assembly and disassembly of the mobile wall system; testing masking brush systems, mechanical parameters and mechanical resistance to deformation; assessing aesthetic qualities, guiding element shape and the method of installation to the wall based on substrate type; evaluating the possibility of integrating handles into the side profile of the aluminium-glass mobile wall; examining and selecting hook-lock closing systems; testing various gaskets for different types of glass; verifying the potential to incorporate flat and spatial mullions; testing the opening and closing cycles of the system; and conducting design tests for selecting glass combined with aluminium and aluminium combined with different wall finishing materials.

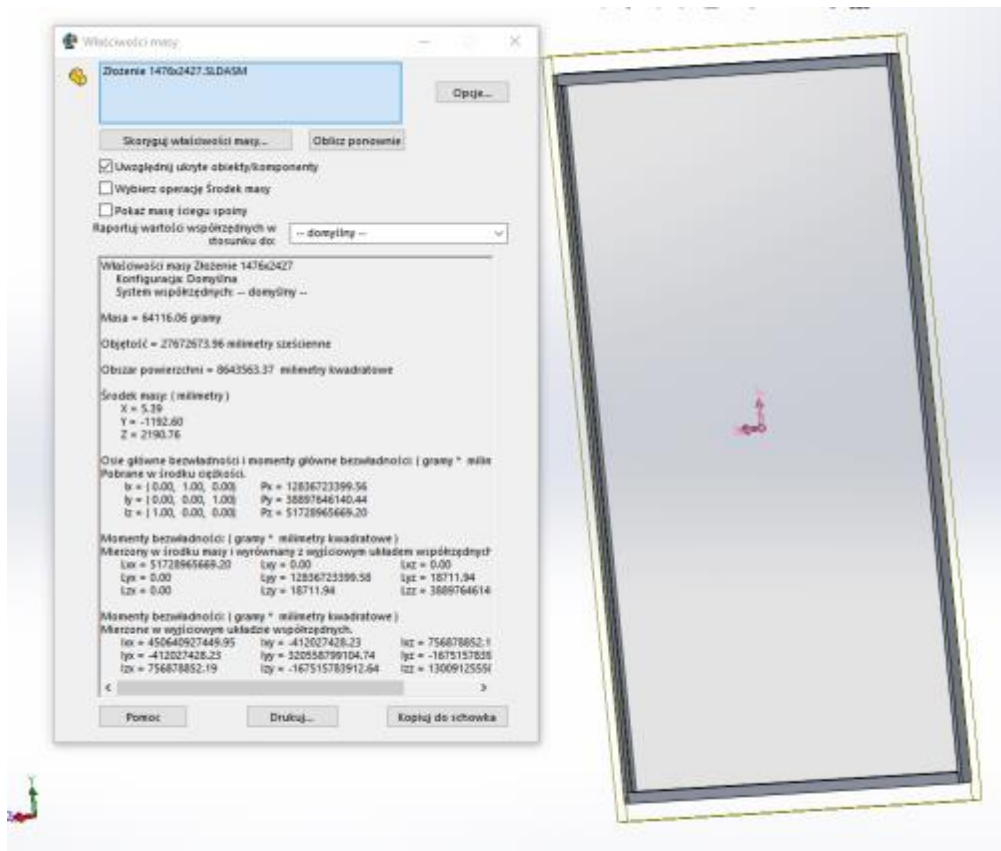


Fig.1 Screenshot showing the weight of the designed system element. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc.1 Zrzut z ekranu z określeniem wagi zaprojektowanego elementu systemu. Source /Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

6. STAGE OF PROJECT FEASIBILITY CHECK FOR PROFILE DESIGNS, 3D PRINTS FOR ANALYSIS AND CORRECTION INTRODUCTION, ASSUMPTIONS FOR PROCESSING

The next step after creating the 3D models involved a thorough analysis of the received designs in collaboration with aluminium extrusion specialists to evaluate their feasibility. This specifically included verifying the possibility of extrusion according to the design and optimising the extrusion process. The behaviour of potential finishing coatings on aluminium profiles in critical areas was also checked to prevent the occurrence of defects that might arise during the application of these coatings in later project stages. Any detected discrepancies led to adjustments in the designs of individual profiles. A rapid analysis of the corrections indicated by the extrusion press was possible. Additionally, the final structural designs of the pressure connector components were also developed at this stage in collaboration with the company manufacturing these elements, to assess feasibility and optimise production.

At this stage, it was also possible to perform 3D printing of individual profile elements, which allowed for the analysis of the profiles and supplementary components in their natural sizes. It was also verified whether the individual elements of the system connected to each other meet the design assumptions of the planned mobile wall system. It was agreed that a detailed technical analysis of transparent glass and wall materials would be a critical subsequent step. At this stage, systems for tracks were also selected based on the estimated weight of future elements.



Fig. 2 3D prints of the glass system profiles with inserted glass panels – assessing the compatibility of profiles, glass sealing systems for 6 mm and 8 mm versions (also as a component printed from a flexible material using a special 3D technique) along with the node – corner connector. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 2 Wydruki 3D profili systemu szklanego z umieszczoną w nich szybą – sprawdzenie współpracy profili, systemu uszczelek do szkła w wersji 6 i 8mm (również jako elementu wydrukowanego specjalną techniką 3D z materiału elastycznego) wraz z węzłem – łącznikiem narożnym. Source / Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

7. STAGE OF VERIFYING RECEIVED PROFILES, VERIFYING THEIR INTERACTION WITH OTHER SYSTEM ELEMENTS AND INITIAL CONNECTIONS

At this stage, the production of a prototype batch of profiles at the press shop was commissioned. This allowed for the testing of the real components of subsystems in laboratory conditions alongside previously selected support elements, and evaluating the correctness of their interaction. It also facilitated making necessary adjustments, such as modifying insert slots for screws, which required thicker mounting walls. At this stage, tests were also performed on the strength of this connection, which showed that the connection only tore when the aluminium profile was deformed, ensuring that this component of the joint was designed with a safety margin that guarantees fault-free operation. The first assembly of subsystem elements into a complete unit and further analyses of the system's critical points were also performed. Moreover, finishing coatings were applied to check their real appearance and functionality. The coated aluminium profiles were also tested for connectivity with other system components to assess any potential surface flaws on anodised and painted finishes. The finishing of anodising and brushing processes of the profiles were also analysed – the profiles showed no tendency to develop defects such as chalky streaks or surface scratches.

8. STAGE OF EXTRUDED PROFILES TESTING AND PROCESSING VERIFICATION; PROFILES RECEIVED AS BASIC SYSTEM SEMI-FINISHED PRODUCTS

During this stage, the individual system components were checked for the previously selected machining fixtures, and it was verified whether the predispositions for the fittings were achieved within the established tolerances. Various tests of profile machining, pocket milling and hole drilling were conducted. After conducting these tests, no deformations of the profiles were found during the pro-

cessing, whether cutting or milling. No violation of the finishing coat layers of the profiles was also found – which means that the assumptions of these processes have been met and there are no machining vibrations that could affect the low quality of the surface or damage the profile being machined.

At this stage, the first integration of system components into a cohesive unit was conducted, including the first near-real assembly of load-bearing elements of the system with the system of mobile wall panels, where the tracking system elements were mounted in tracks and secured in the upper load-bearing profile. A prototype of a mobile wall made from aluminium profiles was also constructed and mounted in the guide rail. The next test was the first assembly of the real profile system joined as a prototype frame panel with finishing elements. Testing also covered the selection of bonding agents for attaching finishing panels to the system and the compatibility of the system of plastic profiles with various types of translucent glass elements of different thicknesses and fillings.



Fig. 3 Photo of profiles with various anodised colours in high-quality bronze and black brushed finishes and more. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 2 Wydruki 3D profili systemu szklanego z umieszczoną w nich szybą – sprawdzenie współpracy profili, systemu uszczelek do szkła w wersji 6 i 8mm (również jako elementu wydrukowanego specjalną techniką 3D z materiału elastycznego) wraz z węzłem – łącznikiem narożnym. Source / Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

The next step involved assessing mechanical properties: testing track systems, testing the guide rail mounting systems and determining the position of the lower guide. Mechanical tests with different weights (10, 20, 25 kg) on rigid and soft objects were also successfully completed. Track system multiplications were also examined in multi-track and “collector” configurations. Prototype testing was conducted in near-real laboratory conditions.



Fig. 4 Photos showing profiles during cutting on double-head saws. Specified cutting accuracies were achieved. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 4 Zdjęcia przedstawiające profile podczas cięcia w piłach dwugłowicowych. Założone dokładności cięcia zostały osiągnięte. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

9. STAGE OF CONDUCTING TESTS OF FINISHING MATERIALS AND EXECUTION

After verifying the extruded aluminium profiles and their interconnections, the team proceeded to conduct trials for creating a complete prototype set of the mobile wall system. For this purpose, various types of glass filling for aluminium-glass mobile walls were tested:

1. Tempered glass – in thicknesses of 6-8.5 mm, where mounting feasibility was verified. Tests were conducted on glass in various colours and coatings. Based on these trials, two standard thicknesses for glass panes were established – 5-6.5 mm and 7-8.5 mm.
2. Laminated glass – with a thickness of 6-8.5 mm, selected as a type of safety glass that remains bonded to a film upon shattering.
3. Glass with aluminium lamellas – with a thickness of 6-8.5 mm, onto which flat or spatial aluminium bars were adhered. A weight limit for the entire panel was also established at a maximum of 80 kg.

At this stage, additional mechanical and durability tests were conducted on the entire system finished with glass or other finishing materials (in the version with a full aluminium frame). The necessary glass expansions relative to aluminium were determined. The material for the bottom guide and filling of the lower profile of the mobile wall frame was specified to ensure appropriate sliding for the panel. Suitable adhesives were also selected, taking into account various stages of the product's life cycle – from manufacturing, through transport and installation, to operational use. A decision was made to use two-component adhesives for chemical welding, offering the widest temperature range (from -10°C to +80°C). Another type of chemical adhesive was chosen for mounting the finishing panels in the aluminium structure of the mobile wall. These adhesives were selected with a broad range of products enabling mobile wall finishing. The outcome of this stage was a complete prototype system set, functional testing and validation of performance under operational conditions.

10. STAGE OF PRODUCT TESTING AND MEETING DESIGN ASSUMPTIONS UNDER CONDITIONS CLOSE TO REALITY

After successfully assembling the mobile wall prototypes, the research team initiated product testing to confirm target technological levels. In particular, compliance with design assumptions was verified in prototypes with all supplementary and finishing elements installed. The operation was tested through repeated opening and closing of single and multiple panels in corner, cubic and linear configurations, including pull-back and damping systems as well as drive systems – verifying whether the arrangement of open panels aligns in a single line. The descent to the corners in corner and cubic systems was also verified – it was consistent with the design assumptions. A series of resistance tests on dynamic opening and closing were successfully completed. This also confirmed the proper selection of pressure connectors and finishing placement systems – both in the full aluminium system with finishing panels using chemical adhesives and in the aluminium-glass system by embedding panes in suitably selected seals. System overloads were also tested by placing additional weight in the sliding wall panel. At this stage, products were also reviewed in terms of design – verifying that previously chosen finishes for aluminium profiles – including selected anode colours, brushing density and powder coatings – integrate well with the finishing panels. The possibilities for quick panel disassembly and replacement of the guiding system were also evaluated, enabling the mobile wall system's design to be adapted to current trends. This verification applied to both aluminium and aluminium-glass mobile walls. Additional independent adjustments of both trolleys in each corner allow the ceiling or floor curvature to be corrected.

11. FULLY FUNCTIONAL, READY-TO-USE PRODUCTS, TESTED IN REAL-LIFE CONDITIONS, DEVELOPMENT OF IMPLEMENTATION CONDITIONS

The final testing stage involved preparing mobile wall systems for commercialisation. The team developed the implementation conditions for production, including economic analyses related to launching the systems onto the market. Individual system products were installed at designated locations. Guides and tracks were embedded in the ceiling, allowing verification of their connection with the main structure. Panels were installed to assess how the model could be incorporated into a suspended ceiling. The system components' impact on the connection to the ceiling during operation was examined. It must be emphasised that the selected systems for securing fixed rails to ceilings provide sufficiently rigid connections, preventing any guide movement due to mobile wall displacement. It was also determined that moving the mobile wall does not require significant effort, and the pull-back and damping system function as per the design assumptions. The demonstrated final product is safe, and all mobile wall variants can be safely used in real-world conditions, allowing the product to be added to the company's offerings. Preliminary assumptions for the system implementation into production were developed, along with the requirements for the implementation process. It was also possible to complete all necessary adjustments as specified on the CNC machine for aluminium machining. Additionally, the profiles themselves showed no tendency to vibrate during machining, which is beneficial for precision. Properly selected machining fixtures made it possible to clamp the profiles correctly in the CNC machine. The finish coatings placed on the profiles did not become distorted, broken or damaged as a result of the machining, indicating that they were correctly applied, the alloy was correctly selected and the machining parameters were accurate. The basic machining assumptions for the introduction were selected appropriately.



Fig. 5 Photos of the assembly of mobile wall panels for the corner and cubic system. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 5 Zdjęcia złożenia paneli ścian mobilnych systemu narożnego oraz kubikowego Source /Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

12. SUMMARY

The results of the durability tests confirmed that the developed mobile wall systems are highly resistant to dynamic loads. The aluminium frames were able to withstand loads of up to 80 kg/m², which meets the requirements of modern building standards. The glass panes made of tempered glass with thicknesses of 6-8.5 mm demonstrated impact resistance without cracking or deformation. The systems also passed long-term endurance tests, including 10,000 cycles of panel opening and closing. The guide mechanisms operated smoothly throughout the testing period without signs of wear. Furthermore, quality and quantity assessments indicated that the systems meet safety and quality standards, which makes them suitable for use in public utility buildings.

The developed systems are highly modular, enabling adaptation to various spatial configurations. Cubic and linear systems can be easily assembled and disassembled, allowing for their extensive use in open-space offices as well as in single-family homes. The modularity of the systems allows for walls to be created in any configuration, greatly enhancing flexibility.

One key finding from the research was the high aesthetic rating of the systems. The use of aluminium frames in conjunction with glass panes has enabled the creation of modern solutions that perfectly fit into contemporary architectural trends. The aluminium frames are available in various finishes, allowing customisation to meet individual client needs.

The test results confirm that the developed systems of mobile aluminium and glass walls meet all the established criteria. Compared to existing solutions, these new systems offer greater mechanical strength, ease of assembly and aesthetic appeal. Their modularity allows them to be used in both large office buildings and smaller residential spaces. When comparing the developed systems with other solutions available on the market, it can be concluded that they offer a unique combination of durability, aesthetics and flexibility. For instance, glass door systems are typically limited to internal applications, while the new systems can be used both indoors and outdoors.

The development of innovative aluminium and glass mobile wall systems in corner, cubic and linear formats has provided significant benefits in spatial arrangement flexibility. The test results confirm that these systems can be applied in a wide range of settings, from apartments to public investments. The systems are characterised by high mechanical strength, aesthetic appeal and automation potential, making them ideal for modern interiors. Future work is planned to further develop

mobile wall systems, including expanding the range of finishing materials and integrating with intelligent building management systems. Further research may also include new technological solutions, such as composite materials, which could enhance the systems' energy efficiency.

INNOWACYJNA TECHNOLOGIA ŚCIAN MOBILNYCH ALUMINIOWYCH I SZKLANYCH – PRZEBIEG BADAŃ I WDROŻENIE

1. WSTĘP

Współczesna architektura wnętrz oraz budownictwo wymagają elastycznych rozwiązań w zakresie podziału przestrzeni. Mobilne ściany, które umożliwiają dynamiczną aranżację wnętrza przy jednoczesnym zachowaniu estetyki i funkcjonalności, zysują coraz większą popularność. Celem badań, które opisano w niniejszym artykule, było opracowanie nowoczesnych systemów mobilnych ścian aluminiowych i szklanych, umożliwiających elastyczne kształtowanie przestrzeni w obiektach biurowych, komercyjnych, a także w domach jednorodzinnych.

Projekt realizowany przez PIU Design sp. z o.o. miał na celu opracowanie dwóch głównych systemów ścian: systemu aluminiowo-szklanego z ramą aluminiową i taflą szklaną oraz systemu w pełni aluminiowego, zdolnego do obłożenia materiałami ciężkimi. Systemy te miały spełniać wysokie standardy techniczne, w tym wytrzymałościowe, a także być łatwe w montażu i demontażu. Kluczowym założeniem projektu była modularność, co miało umożliwić swobodną adaptację systemów do różnych konfiguracji przestrzennych – przesuwnych, stałych, liniowych, narożnych oraz kubikowych.

Celem artykułu jest przedstawienie badań i wdrożenia mobilnych ścian aluminiowych i szklanych.

2. DYSKUSJA

Systemy przesuwnych ścianek działowych i drzwi były znane w kulturze zachodniej, znaleziska archeologiczne w Pompejach (Sliding door) i wschodniej (m.in. japońskiej i chińskiej) od ponad dwu tysięcy lat. Tego typu rozwiązania miały na celu przede wszystkim możliwość czasowego wydzielenia przestrzeni zwłaszcza w sytuacji małej przestrzeni, oszczędności miejsca i zapewnienia elastyczności w użytkowaniu przestrzeni (czasowo je otwierając i zamykając). W starożytnym Rzymie, najczęstszą funkcją było oddzielanie przestrzeni prywatnych od publicznych, dając tym samym poziom oczekiwanej prywatności (Innovative, 2023). Z kolei w starożytnych Chinach oprócz wydzielenia przestrzeni prywatnych drzwi przesuwne stanowiły integralną część architektury chińskiego domu z dziedzińcem, której funkcją było wydzielenie pokoi i dziedzińców. Drzwi przesuwne miały ścisłe powiązanie z chińską filozofią harmonii i równowagi, osiąganą poprzez dostosowanie przepływu przestrzeni między wnętrzem a częścią zewnętrzną, co wpływało również na oświetlenie i wentylację. W ten sposób starożytna chińska koncepcja drzwi przesuwnych wpłynęła na obecnie powszechne stosowanie rozwiązań przesuwnych we wnętrzach. Równie ważnym elementem architektury i wzornictwa były drzwi, ścianki działowe przesuwne (tj. *fusuma* czy *shoji*) (Japanese architecture), służące do otwierania pomieszczenia na inne wnętrza, lub na zewnątrz, czyli wewnętrzny dziedziniec. Dzięki tego typu ściankom działowym, podział przestrzeni nie jest sztywno podzielony, a jednocześnie dzięki półprzezierności pozwalają na dopływ światła, zapewniając prywatność, ale bez tłumienia dźwięków. Tradycyjnie drzwi przesuwne nie są zamykane na klucz. Kolejnym etapem rozwoju są ściany mobilne inspirowane stylami wschodnimi przy zachowaniu estetyki i trendów zachodnich.

3. MATERIAŁY I METODY

W poszczególnych rozdziałach przedstawiono praktyczne metody i materiały, które doprowadziły do stworzenia mobilnych ścian aluminiowych i szklanych.

Główne metody badawcze zastosowane w tym artykule to analiza literatury oraz wiele badań praktycznych, w tym również symulacji komputerowej

Istniejące systemy często nie spełniają oczekiwań dotyczących elastyczności i funkcjonalności w nowoczesnych wnętrzach. W szczególności, istniejące rozwiązania wykazują ograniczenia w zakresie:

- **Wydajności:** Obecne na rynku drzwi przesuwne nie są w stanie szybko i efektywnie dostosować przestrzeni do dynamicznie zmieniających się potrzeb użytkowników.
- **Estetyki:** Wiele z dostępnych na rynku rozwiązań nie spełnia współczesnych trendów estetycznych, wzorniczych i odpowiadających na potrzeby architektów, które kładą nacisk na minimalistyczny design i wysoką jakość wykończenia.
- **Funkcjonalności:** W przypadku istniejących obecnie rozwiązań często obserwuje się problemy z montażem i demontażem, co wpływa na ich praktyczne zastosowanie w zmieniających się przestrzeniach.

Dodatkowo niezwykle istotne jest zastosowanie lekkich materiałów w konstrukcjach mobilnych, co zwiększyłoby nie tylko wydajność tych systemów, ale i łatwość w użytkowaniu czy możliwość wykończenia cięższymi materiałami ściennymi. Systemy oparte na aluminium i szkło hartowanym, zostały zaprojektowane w ramach prowadzonego projektu, są odpowiedzią na rosnące potrzeby rynku, podkreślając znaczenie innowacyjności i estetyki w nowoczesnych aranżacjach wnętrz. Podkreślają one także kwestie ekologiczne, poprzez zastosowanie materiałów naturalnych tj. aluminium i szkło, co jest niezmiernie ważne w kontekście współczesnych wyzwań związanych z ochroną środowiska.

Głównym wyzwaniem nowo projektowanych systemów było takie opracowanie innowacyjnych ścian mobilnych, aby spełniały następujące założenia:

1. **Wytrzymałość mechaniczna** – systemy ścian mobilnych muszą wytrzymywać obciążenia dynamiczne oraz długotrwałe użytkowanie bez utraty stabilności strukturalnej (pionowej i poziomej).
2. **Estetyka** – wykorzystanie materiałów wysokiej jakości, takich jak aluminium, szkło hartowane oraz materiały wykończeniowe stosowane na ścianach typu: spieki kwarcowe, szkło polimerowowe, aby systemy te mogły wpisywać się w nowoczesne standardy architektoniczne.
3. **Modularność** – systemy muszą umożliwiać swobodną adaptację do różnych konfiguracji przestrzennych, zarówno w układzie liniowym, narożnym i kubikowym.
4. **Łatwość montażu i demontażu** – systemy muszą być łatwe w instalacji, co pozwoli na ich stosowanie w szerokim zakresie zastosowania, od apartamentów, przez domy, a na inwestycjach publicznych skończywszy.

4. ETAP OKREŚLENIA PODSTAWOWYCH ZAŁOŻEŃ CELÓW PROJEKTU

Na tym etapie skoncentrowano się określeniu założeń dotyczących potrzeb rynku w zakresie takiego produktu jakim mają być systemy ścian mobilnych. Analiza literatury oraz konsultacje z architektami i użytkownikami pozwoliły na zidentyfikowanie luk i braków w dostępnych rozwiązaniach oraz określenie specyfikacji technicznych nowych systemów mobilnych. Etap ten obejmował także badanie istniejących technologii oraz ich ograniczeń. Kluczowym celem tego etapu było zrozumienie, jakie cechy powinny charakteryzować innowacyjne systemy, aby mogły one zaspokoić potrzeby współczesnych użytkowników. W ramach badań rynkowych przeprowadzono wywiady z profesjo-

nalistami z branży architektonicznej oraz wykonawczej, co umożliwiło zebranie praktycznych wskazań na temat oczekiwań i preferencji. Zidentyfikowano szereg istotnych aspektów, takich jak:

- **Funkcjonalność:** mobilne ściany powinny być łatwe i bezpieczne w użyciu, a ich mechanizmy niezawodne lub stosunkowo łatwe w konserwacji.
- **Estetyka:** nowo projektowane produkty powinny być nie tylko funkcjonalne, ale również estetyczne i wpisujące się w nowoczesne trendy oraz wzornictwo.
- **Ekologia:** rośnie znaczenie zastosowania ekologicznych materiałów oraz technologii, które mają minimalny wpływ na środowisko.

Na tym etapie zespół projektowy opracował koncepcję innowacyjnych systemów mobilnych. Przy użyciu zaawansowanego oprogramowania do modelowania 3D, takiego jak AutoCAD i SolidWorks, stworzono cyfrowe modele systemów aluminiowych i szklanych. Modele te zostały poddane wstępnym analizom technicznym oraz estetycznym, co umożliwiło dalszą optymalizację projektów. Analiza modeli pozwoliła na zidentyfikowanie potencjalnych problemów związanych z wytrzymałością i stabilnością systemów. Na tym etapie przeprowadzono również analizy komputerowe, które symulowały warunki obciążeniowe, jakie systemy mogłyby napotkać w rzeczywistym użytkowaniu. W wyniku tego etapu zdefiniowano szczegółowe wymagania dotyczące poszczególnych komponentów systemów, takich jak:

1. Prowadnica stała – system mocowania paneli ścian przesuwnych do sufitu, która w zależności od rodzaju mocowania w stropie będzie w formie systemu do sufitowego, systemu ukrytego, systemu zlicowanego
2. Tory jezdne wraz ze specjalistycznymi wózkami oraz samodociągaczami (w wersjach 1, 2, 3 torowych)
3. Konstrukcje ściany mobilnej aluminiowo-szklanej wykonane z aluminiowej ramy konstrukcyjnej obwodowej oraz tafli szklanej
4. Parametry grubości tafli szklanych ze szkła hartowanego, które będą mogły zostać wykorzystane w nowo projektowanej konstrukcji.
5. Łączniki do systemu aluminiowo-szklanego pozwalające na łączenie prowadnic oraz torów jezdnych w rozwiązaniu narożnym lub kubikowym
6. Konstrukcje ściany mobilnej aluminiowej pełnej wykonane z aluminiowej ramy konstrukcyjnej
7. Materiały ściennie, które mogą zostać umieszczone w konstrukcji aluminiowej pełnej

Dzięki określeniu podstawowych założeń i celów projektu możliwe stało się wskazanie potencjalnych obszarów do dalszego rozwoju technologii mobilnych ścian.

5. ETAP PROJEKTU KOMPUTEROWEGO ELEMENTÓW SYSTEMU ORAZ SPRAWDZENIA WYKONALNOŚCI PROJEKTU

Opracowane w poprzednim etapie założenia zostały przeniesione do programów 3D, co pozwoliło na dokładne rozrysowanie i zamodelowanie każdego elementu systemu. W ten sposób powstały pierwsze wirtualne modele nowo projektowanych ścian mobilnych. Program modelowania 3D pozwolił również przeprowadzić testy współpracy poszczególnych profili oraz ich współpracę z innymi komponentami w środowisku naturalnym. Było to niezwykle istotne z uwagi na mniejsze elementy tj. łączniki czy narożniki. Pozwoliło to również określić które elementy będzie można zastosować z istniejących gotowych systemów, a które elementy będą musiały być zaprojektowane stricte pod projektowany produkt. Ponadto w ramach testowania koncepcji przeprowadzono wirtualne badania wytrzymałościowe i funkcjonalne zaprojektowanych modeli, aby upewnić się, że spełniają one założone wymagania. Testy te obejmowały sprawdzenie nośności oraz odporności na różne obciążenia. W ramach wirtualnych testów wytrzymałościowych dokonano analizy zachowania systemów pod wpływem obciążeń statycznych i dynamicznych. Przeprowadzono szereg symulacji komputerowych, które pozwoliły na ocenę, jak systemy zachowują się w różnych warunkach eksploatacyjnych. Wyniki tych testów były kluczowe dla dalszej optymalizacji konstrukcji, a także dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika. Jednym z najważniejszych aspektów na tym etapie były gotowe modele wirtualne działające zgodnie z przewidywaniami. Aby ten efekt osiągnąć przeprowadzono

szereg testów, w tym oceny funkcjonalności mechanizmów przesuwanych, co pozwoliło na dokonanie niezbędnych korekt. Na tym etapie opracowano również założenia do badań nad poszczególnymi elementami systemu, tj. badania rodzaju mocowania do elementu nośnego sufitu w zależności od typu stropu, rodzaju, sposobu oraz wytrzymałości mocowania; badania sprawności działania torów jezdnych, współpracy z systemem dociągaczy i spowalniaczy, multiplikacji torów oraz sposobu ich łączenia; badania sprawności montażu i demontażu systemu ścian mobilnych, systemu szczotek maskujących, parametrów mechanicznych oraz wytrzymałości mechanicznej na odkształcenia, walory estetyczne, kształt elementu prowadzącego do ściany oraz sposób jego osadzania w zależności od rodzaju podłoża; badanie możliwości zintegrowania pochwyty z konstrukcją profilu bocznego ściany mobilnej aluminiowo-szklanej; zbadanie i dobranie systemów zamykania w postaci zamków hakowych; zbadanie różnych uszczelnień do różnych typów szkła; weryfikacja możliwości uzupełnienia systemu o szprosły płaskie i przestrzenne; badanie cykli otwierania i zamykania systemu; badania wzornicze w zakresie doboru szkła łączonego z aluminium oraz aluminium łączonego z różnymi materiałami wykończeniowymi ściennymi.

6. ETAP SPRAWDZENIA WYKONALNOŚCI PROJEKTU PROFILI, WYDRUKI 3D DO ANALIZY I WPROWADZENIA KOREKT, ZAŁOŻENIA DO OBRÓBK

Kolejnym krokiem, po wykonaniu modeli 3D była dokładna analiza otrzymanych projektów wraz z technologiami z tłoczni aluminium i sprawdzenie wykonalności. W szczególności weryfikacja możliwości wytłoczenia zgodnie z projektem oraz optymalizacji procesu tłoczenia. Sprawdzone również zachowanie możliwych powłok wykończeniowych na profilach aluminiowych w miejscach krytycznych, aby zapobiec powstaniu wad możliwych przy nanoszeniu tych powłok na późniejszych etapach projektowych. W przypadku wykrycia nieprawidłowości wprowadzono korekty w projektach poszczególnych profili. Możliwa była szybka analiza poprawek wskazanych przez tłocznię. Dodatkowo na tym etapie zaprojektowano również ostateczne konstrukcje elementów łączników ciśnieniowych we współpracy z firmą wytwarzającą te elementy, pod kątem wykonalności i optymalizacji procesu wytwarzania.

Na tym etapie możliwe było również wykonanie wydruków 3D poszczególnych elementów profili, co dało możliwość analizy profili oraz elementów uzupełniających w naturalnych rozmiarach. Zweryfikowano również, czy poszczególne elementy systemu połączone ze sobą odpowiadają założeniom wzorniczemu projektowanego systemu ścian mobilnych. Przyjęto, że kolejnym bardzo istotnym etapem będzie wykonanie szczegółowej analizy technologicznej szkła przeziernego oraz materiałów ściennych. Na tym etapie dobrano również systemy jezdne pod kątem zakładanej wagi przyszłych elementów.

7. ETAP SPRAWDZENIA OTRZYMANYCH PROFILI, WERYFIKACJA ICH WSPÓŁPRACY Z INNYMI ELEMENTAMI SYSTEMU ORAZ PIERWSZE POŁĄCZENIA

Na tym etapie zlecono wykonanie partii prototypowej profili w tłoczni. Pozwoliło to na sprawdzenie w warunkach laboratoryjnych współpracy rzeczywistych elementów podsystemów z wcześniej dobranymi elementami wspomagającymi i oceny prawidłowości współpracy tychże elementów. Pozwoliło to na dokonanie niezbędnych korekt m.in. gniazd pod inserty pod śruby gdyż wymagają grubszych ścianek osadniczych. Na tym etapie wykonano również testy siły tego połączenia, które wykazały rozerwanie połączenia dopiero na etapie odkształcenia profilu aluminiowego, co dało pewność, że element tego węzła został zaprojektowany z zapasem bezpieczeństwa co gwarantuje bezawaryjną pracę. Wykonano pierwsze złożenia elementów podsystemów w całość i kolejne analizy punktów krytycznych systemu. Dokonano również nałożenia powłok wykończeniowych w celu sprawdzenia ich realnego wyglądu oraz funkcjonalności. Profile aluminiowe z powłokami również poddano testom połączenia z innymi elementami systemu w celu weryfikacji możliwości do wystąpienia wad powierzchni anodowanych i lakierowanych. Przeanalizowano również wykończenie procesów anodowania i szczotkowania profili – profile nie wykazały tendencji do powstawania wad typu smugi kredowe, rysy powierzchniowe.

8. ETAP SPRAWDZENIA WYTŁOCZONYCH PROFILI, WERYFIKACJA POD KĄTEM OBRÓBK- KI; OTRZYMANO PROFILE JAKO PODSTAWOWY PÓŁPRODUKT SYSTEMU

Podczas tego etapu sprawdzono na poszczególnych elementach systemu dobranych wcześniej uchwytów obróbkowych oraz zweryfikowano czy predyspozycje pod okucia zostały uzyskane w założonych tolerancjach. Dokonano różnorodnych prób obróbek profili, frezowania kieszeni oraz otworów. Po dokonaniu tych prób nie stwierdzono odkształceń profili podczas przeprowadzonych obróbek czy to cięcia czy frezowania. Nie stwierdzono również naruszenia warstwy powłok wykończeniowych profili – co oznacza, że założenia tych procesów zostały spełnione i nie występują drgania obróbkowe, które mogłyby wpłynąć na niską jakość powierzchni lub zniszczenie profilu obrabianego.

Na tym etapie dokonano pierwszego połączenia poszczególnych elementów systemów w jedną całość oraz po raz pierwszy przeprowadzono zbliżone do rzeczywistego połączenie elementów nośnych systemu wraz z systemem paneli ścian mobilnych, czyli zamontowanie elementów systemu jezdnego w torach oraz zamocowanie go w profilu nośnym górnym. Wykonano również prototyp ściany mobilnej z profili aluminiowych i zamontowano go w prowadnicy. Kolejnym testem było pierwsze połączenie rzeczywistego systemu profili połączonych w panel szkieletowy prototypowy z elementami wykończeniowymi. Przeprowadzono również badania doboru substancji spajających panele wykończeniowe z systemem oraz współpracę systemu profili z tworzyw sztucznych z umieszczonymi różnego rodzaju elementami szklanymi przeziernymi o różnych grubościach i wypełnieniu.

Kolejnym krokiem było wykonanie badania własności mechanicznych: próby systemów jezdnych, próby systemów mocowania prowadnic, określenie pozycji prowadnika dolnego. Wykonane zostały również próby mechaniczne ciałami stałymi i miękkimi o różnych wagach (10, 20, 25kg), zakończone wynikiem pozytywnym. Zbadano również multiplikacje elementów prowadnicowych systemu – w wersjach wielotorowych oraz w wersji tzw. zbierkowej. Przeprowadzono badania prototypu w warunkach laboratoryjnych zbliżonych do rzeczywistych.

9. ETAP PRZEPROWADZENIA PROB MATERIAŁÓW WYKOŃCZENIOWYCH WYKONANIA

Po weryfikacji wytłoczonych profili aluminiowych, ich połączenia ze sobą, zespół przystąpił do prób wykonania pełnego prototypowego zespołu ściany mobilnej. W tym celu wykonano próby różnych rodzajów wypełnienia szklanego do ścian mobilnych aluminiowo-szklanych:

1. Szkła hartowanego – w grubościach 6-8,5mm i zweryfikowano możliwość mocowania. Prób dokonano na szklach w różnych kolorach i powłokach. Na bazie tej próby określono zakładane 2 grubości szyb – 5-6,5mm oraz 7-8,5mm.
2. Szkło laminowane – o grubości 6-8,5mm jako rodzaj szkła bezpiecznego, które po rozbiciu pozostaje zespolone na folii
3. Szkło z lamelami aluminiowymi – o grubości 6-8,5mm na którego tafli doklejo szprosy aluminiowe płaskie lub przestrzenne. Określono również parametr graniczny wagi całego panelu jako max. 80kg

Na tym etapie wykonano również kolejne badania mechaniczne, wytrzymałościowe – całego systemu wykończonego szkłem lub materiałami wykończeniowymi (wersja w pełnej aluminiowej konstrukcji). Określone zostały niezbędne dylatacje szkła względem aluminium. Określono materiał z którego należy wykonać prowadnik dolny oraz wypełnienie dolnego profilu konstrukcji ściany mobilnej, zapewniając odpowiedni ślizg dla panelu. Dobrano również odpowiednie kleje, uwzględniając różnorodne zmiany na każdym etapie życia produktu – od etapu wytworzenia, przez transport i montaż, a skończywszy na eksploatacji. Podjęta została decyzja o użyciu klei dwukomponentowych, typu spawania chemicznego które daje najszerszy przedział temperaturowy (od -10 do +80°C). Inny rodzaj spoiw chemiczny został dobrany do montażu paneli wykończeniowych w konstrukcji aluminiowej ściany mobilnej. Kleje te zostały dobrane pod kątem szerokiej gamy produktów umożliwiających wykończenie ścian mobilnych. Efektem tego etapu było otrzymanie pełnego proto-

typowego zespołu systemów, badanie funkcjonalności oraz prawidłowości działania w warunkach operacyjnych

10. ETAP BADAŃ PRODUKTÓW I SPEŁNIANIA ZAŁOŻEŃ PROJEKTOWYCH W WARUNKACH ZBLIŻONYCH DO RZECZYWISTYCH

Po złożeniu z sukcesem prototypów ścian mobilnych zespół badawczy przystąpił do przeprowadzenia badań produktów potwierdzających docelowego poziomu technologicznego. Przebadano w szczególności spełnianie założeń projektowych w prototypach z zamontowanymi wszystkimi elementami uzupełniającymi, wykończeniowymi. Sprawdzono funkcjonowanie trakcie wielokrotnego otwierania i zamykania paneli pojedynczych i multiplikowanych w wariantach narożnych, kubikowych, liniowych wraz z systemami dociągów i spowalniaczy oraz systemami zabierakowymi – sprawdzono czy układ skrzydeł otwartych ustawia się w jednej linii. Zweryfikowane zostało również zejście do narożników w systemach narożnych i kubikowych – było ono zgodne z założeniami projektowymi. Wykonano również szereg badań odpornościowych na dynamiczne zamykanie i otwieranie – zakończone sukcesem. Potwierdziło to również właściwie dobraną technologię łączników ciśnieniowych oraz systemów umieszczania wykończeń – zarówno w systemie aluminiowym pełnym z panelami wykończeniowymi z zastosowaniem spoiw chemicznych, jak i w systemie aluminiowo-szklanym poprzez osadzanie szyb w odpowiednio dobranych uszczelkach. Zbadane zostały również przeciążenia systemu poprzez umieszczenie dodatkowej masy w panelu ściany przesuwnej. Na tym etapie również zweryfikowano produkty pod względem designu – sprawdzono, czy wcześniej dobrane wykończenia profili aluminiowych – czyli dobrane kolory anod, gęstość szczotkowania oraz lakiery proszkowe integrują się z panelami wykończeniowymi. Sprawdzono zostały również możliwości szybkiego demontażu panelu i wymiany systemu prowadzącego – pozwoliło to również dostosowanie systemu ścian mobilnych do obecnych trendów. Weryfikacja ta nastąpiła zarówno w przypadku ściany mobilnej aluminiowej jak i aluminiowo-szklanej. Dodatkowa regulacja niezależna obu wózków, umieszczonych w każdym narożnikach umożliwia niwelowanie krzywizny sufitu lub podłogi.

11. GOTOWE W PEŁNI FUNKCJONALNE PRODUKTY, SPRAWDZONE W WARUNKACH RZECZYWISTYCH, OPACOWANIE WARUNKÓW WDROŻENIA

Ostatni etap badań dotyczy przygotowania systemów ścian mobilnych do komercjalizacji. Zespół opracował warunki wdrożenia systemu do produkcji, co obejmowało analizy ekonomiczne związane z wprowadzeniem systemów na rynek. Produkty poszczególnych systemów zostały zamontowane w miejscach przeznaczenia. Prowadnice i tory jezdne osadzono w suficie co pozwoliło sprawdzić ich połączenie ze stropem właściwym. Zamontowano w nich panele w celu sprawdzenia jak dany model może być zabudowany sufitem podwieszonym. Zbadano wpływ elementów systemu na połączenie ze stropem podczas działania. Należy podkreślić że dobrane systemy mocowania szyn stałych do stropów zapewniają odpowiednie sztywne połączenie, nie pozwalając prowadnicy na żaden ruch spowodowany przesunięciem ściany mobilnej. Zbadano również, że do przesunięcia ściany mobilnej nie jest wymagany duży wysiłek, a system dociągu i spowalniają działają w sposób zgodny z założeniami projektowymi. Zademonstrowany produkt finalny jest bezpieczny, wszystkie warianty ścian mobilnych mogą być bezpiecznie stosowane w warunkach rzeczywistych i produkt może zostać zaimplementowany do oferty firmy. Opracowano wstępne założenia wdrożenia systemu do produkcji oraz opracowano wymagania co do realizacji wdrożenia. Udało się również wykonać wszystkie predyspozycje zgodnie z założeniami na maszynie CNC do obróbki aluminium, a same profile nie wykazały tendencji do wibrowania w trakcie obróbki, co sprzyja dokładności wykonania. Właściwie dobrane uchwyty obróbkowe dały możliwość prawidłowego zamocowania profili na centrum CNC. Powłoki wykończeniowe umieszczone na profilach nie ulegały zniekształceniu, zerwaniu czy uszkodzeniu w wyniku obróbki, co wskazuje na prawidłowy sposób doboru ich naniesienia, właściwie dobrany stop oraz prawidłowe parametry obróbek. Podstawowe założenia obróbcze do wdrożenia zostały dobrane poprawnie.

12. PODSUMOWANIE

Wyniki testów wytrzymałościowych potwierdziły, że opracowane systemy mobilnych ścian charakteryzują się wysoką odpornością na obciążenia dynamiczne. Ramy aluminiowe wytrzymały obciążenia do 80 kg/m², co spełnia wymagania stawiane przez współczesne standardy budowlane. Tafle szklane, wykonane ze szkła hartowanego o grubości 6-8,5 mm, wykazały odporność na uderzenia i nie ulegały pęknięciom ani deformacjom. Systemy przeszły również testy długotrwałej eksploatacji, obejmujące 10 000 cykli otwierania i zamykania paneli. Mechanizmy prowadnic działały płynnie przez cały okres testów, nie wykazując oznak zużycia. Ponadto, przeprowadzone badania jakościowe i ilościowe wykazały, że systemy spełniają normy bezpieczeństwa i jakości, co czyni je odpowiednimi do zastosowania w obiektach użyteczności publicznej.

Opracowane systemy charakteryzują się wysoką modularnością, co pozwala na ich adaptację do różnych układów przestrzennych. Systemy kubikowe oraz liniowe mogą być łatwo montowane i demontowane, co umożliwia ich szerokie zastosowanie w biurach typu open-space, a także w domach jednorodzinnych. Modułowość systemów pozwala na tworzenie ścian o dowolnych konfiguracjach, co znacznie zwiększa ich elastyczność.

Jednym z kluczowych wyników badań była wysoka ocena estetyki systemów. Zastosowanie ram aluminiowych w połączeniu z taflami szklanymi umożliwiło stworzenie nowoczesnych rozwiązań, które idealnie wpisują się w współczesne trendy architektoniczne. Ramy aluminiowe są dostępne w różnych wykończeniach, co pozwala na dostosowanie ich do indywidualnych potrzeb klienta.

Wyniki badań potwierdzają, że opracowane systemy mobilnych ścian aluminiowych i szklanych spełniają wszystkie założone kryteria. W porównaniu do istniejących rozwiązań, nowe systemy oferują większą wytrzymałość mechaniczną, łatwość montażu oraz estetykę. Ich modularność sprawia, że mogą być stosowane zarówno w dużych obiektach biurowych, jak i mniejszych przestrzeniach mieszkalnych. Porównując opracowane systemy z innymi rozwiązaniami dostępnymi na rynku, można stwierdzić, że oferują one unikalne połączenie wytrzymałości, estetyki i elastyczności. Na przykład systemy drzwi szklanych, które są ograniczone do zastosowań wewnętrznych, podczas gdy nowe systemy mogą być stosowane zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz budynków.

Opracowanie innowacyjnych systemów ścian mobilnych aluminiowych i szklanych w systemie narożnym, kubikowym i liniowym przyniosło znaczące korzyści w zakresie elastyczności aranżacji przestrzeni. Wyniki badań potwierdzają, że systemy te mogą być stosowane w szerokim spektrum aplikacji, od apartamentów po inwestycje publiczne. Systemy charakteryzują się wysoką wytrzymałością mechaniczną, estetyką oraz możliwością automatyzacji, co czyni je idealnym rozwiązaniem dla nowoczesnych wnętrz. W przyszłości planowane są dalsze prace nad rozwojem systemów mobilnych ścian, w tym rozszerzenie gamy materiałów wykończeniowych oraz integracja z inteligentnymi systemami zarządzania budynkiem. Dalsze badania mogą również obejmować nowe rozwiązania technologiczne, takie jak zastosowanie materiałów kompozytowych, które mogłyby zwiększyć efektywność energetyczną systemów.

BIBLIOGRAPHY

- Achramowicz, R. (2020). Architektura–współczesna hybrydyzacja profesji. Pretekst.
- Bąk, M. Projektowanie systemu produkcji drzwi aluminiowych na przykładzie firmy BUDMIX. <https://repo.agh.edu.pl/entities/publication/dfa767fe-f9b5-43e3-82d5-9fd912aee7d6> dostęp/access: 2024-09-26
- Bulwer Lytton Baron Lytton, Edward (1893). Ostatnie dni Pompejów . Estes i Lauriat.*
- Czajka, Z. (2021). Automatyczne napędy drzwi. Świat Szkła, 26.
- Das, S., Chattopadhyay, S., & Bose, P. (2013). Glass Sliding Door Hardware with Stainless Steel Track and Roller (HT-C006). *Indian Journal of Anaesthesia*, 57(5), 489.
- Innovative aluminium and glass (2023). Early Development of sliding doors in ancient civilizations. <https://aluminiumwindowsanddoors.net.au/early-development-of-sliding-doors-in-ancient-civilizations/> dostęp/access: 2024-09-26

- Friberg, E., & Walfridson, J. (2020). Floor Guide for Sliding Doors. <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9023201&fileId=9023209> dostęp/access: 2024-09-26
- Friberg, E., & Walfridson, J. Floor Guide for Sliding Doors Title on 1 row. <https://www.loewen.com/wp-content/uploads/2018/06/Loewen-WindowDoor-ProductGuide-2024-web.pdf> dostęp/access: 2024-09-26
- Janiga, J. (2002). Drzwi przesuwne. *Materiały Budowlane*, 53-53.
- Japanese architecture. https://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_architecture dostęp/access: 2024-09-26
- Krause-Brykalska, K. (2017). Ergonomia we współczesnej architekturze. *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, (3 (35)), 121-135.
- Machado e Moura, C., & Borges de Araujo, P. (2022). Szklane drzwi przesuwne-najwyższe i najcięższe-przykład realizacji. *Świat Szkła*, 27.
- Michałowski, T. (2007). Skrzydła, które jeżdżą na rolkach. Cz. 1. *Świat Szkła*, (9 [110]), 34-40.
- Michałowski, T. (2007). Skrzydła, które jeżdżą na rolkach. Część 2. *Świat Szkła*, (10 [111]), 43-49.
- Moeller, Walter O. (1976). *Handel wełną w starożytnych Pompejach*. s. 47.
- Nawrot, G., & Witeczek, A. (2022). Reinterpretacja treści przestrzeni Dawnego Kwartалу Królewskiego w Olkuszu. *Builder*, 26(3), 60-66.
- RAO, R., & SINGH, S. 07 DOORS AND DOOR TYPES. https://www.researchgate.net/profile/Roopa_Rao/publication/377576747_DOORS_AND_DOOR_TYPES/links/65ae3b6b6c7ad06ab417857d/DOORS-AND-DOOR-TYPES.pdf dostęp/access: 2024-09-26
- Roguska, A. (2024). Poznaj nowoczesne systemy aluminiowo-szklane vitrintec. <https://swiat-szkla.pl/article/18840-poznaj-nowoczesne-systemy-aluminiowo-szklane-vitrintec> dostęp/access: 2024-09-26
- Sędłak, B., & Jakimowicz, M. (2024). Wpływ cykli otwierania i zamykania na właściwości aluminiowych profilowych przeszklonych drzwi przeciwpożarowych. *Materiały Budowlane*.
- Shoji. <https://en.wikipedia.org/wiki/Shoji> dostęp/access: 2024-09-26
- Simmons, H. L. (1991). Windows and Sliding Glass Doors. *Repairing and Extending Doors and Windows*, 225-269.
- Sliding door. https://en.wikipedia.org/wiki/Sliding_door dostęp/access: 2024-09-26
- Szmigiera, E. D. (2000). Drzwi przesuwne i harmonijkowe. *Murator*, Article 4.
- Zieliński, (2024). Drzwi całoszklane przegląd. <https://swiat-szkla.pl/article/18784-drzwi-caloszklane-przeglad> dostęp/access: 2024-09-26

AUTHOR'S NOTE

The authors participated in the process of creating new products of the PIU Design system. They are experienced in developing products from the concept stage, prototyping, the final stage of the final product, all the way through to market launch. And they have experience in the design and selection of components and materials necessary for the product manufacturing process. Both authors have been professionally engaged in the architecture and interior design market for many years.

O AUTORACH

Autorzy uczestniczyli w procesie tworzenia nowych produktów systemu PIU Design. Posiadają doświadczenie w tworzeniu produktów od etapu pomysłu, przez prototypowanie, do ostatniego etapu produktu finalnego do wdrożenia na rynku. Posiadają doświadczenie w projektowaniu i doborze podzespołów oraz materiałów niezbędnych w procesie produkcyjnym produktu. Autorzy od wielu lat zawodowo związani są z rynkiem architektury i wyposażenia wnętrz.

Contact| Kontakt Michał Tereś: m.teres@piudesign.eu

Contact| Kontakt Anna Włoszczyńska-Lewińska: a.wloszczynska@piudesign.eu