

Marek Ł. **GRABANIA**  
Antoni **KURZEJA**

## **SYMULATOR DO NAUKI OBSŁUGI SPRZĘTU INŻYNIERYJNEGO I MASZYN BUDOWLANYCH**

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono opracowane w Ośrodku symulatory do nauki obsługi maszyny inżyniersko - drogowej oraz mostu przewoźnego. Symulatory zbudowano w oparciu o koncepcję sprzężenia oryginalnego pulpitu operatora (interfejsu człowiek – maszyna) z systemem komputerowym, który posiada wbudowany model 3D użytkowanej maszyny. W warunkach pomieszczenia zamkniętego operator symulować może wszystkie funkcje i ruchy robocze testowanej maszyny.

Zaprojektowane rozwiązanie wykorzystać można do szkolenia operatorów maszyn roboczych zdalnie sterowanych.

**Słowa kluczowe:** symulator, trening, zdalne sterowanie maszyn, maszyny inżynierskie, maszyny budowlane.

### **1. WSTĘP**

Rozwój konstrukcji urządzeń techniki wojskowej zmierza w kierunku uniwersalności rozwiązań i zapewnienia jak najszerszych cech funkcjonalnych. Również współczesny sprzęt inżynierski to maszyny o znacznym stopniu skomplikowania, zawierające układy automatycznego sterowania, zbudowane w oparciu o sterowniki programowalne oraz systemy rejestracji i przetwarzania danych. Obsługa i eksploatacja wymaga od personelu posiadania niezbędnej wiedzy ogólnej, jak też specjalistycznego przeszkolenia w oparciu o materiały producenta.

Dążenie do obniżenia kosztów, skłania użytkowników do poszukiwania nowych form efektywnego nauczania i szkolenia wykorzystującego współczesne narzędzia informatyczne. Jest to szczególnie ważne w pierwszym etapie nauczania, gdzie prawdopodobieństwo popełnienia błędu jest najwyższe. Może to skutkować awarią i/lub uszkodzeniem drogiego sprzętu a nawet wypadkiem z narażeniem życia personelu.

#### **1.1. Maszyna inżyniersko-drogowa MID**

Maszyna MID przeznaczona jest do wykonywania czynności [1] związanych z zadaniami realizowanymi przez wojska inżynierskie.

Podstawowym wyposażeniem maszyny jest spychacz oraz wysięgnik prosty z wymiennym roboczym realizującym szereg funkcji roboczych.

Zaliczyć do nich możemy między innymi:

- usuwanie przeszkód terenowych – praca chwytakiem,
- wykonywanie rowów, transzei – prace koparkowe,
- podnoszenie przedmiotów, ładunków – prace dźwigowe,
- usuwanie przeszkód typu płyty betonowe, pręty, belki – praca zrywakiem.

Wysięgnik zabudowany jest na korpusie maszyny, na łożysku obrotowym. Zamontowana na członie wysuwnej głowica, pozwala na wymianę narzędzi przy zmianie charakteru pracy. Ruchy robocze osprzętu wywoływane są za pomocą układu hydraulicznego sterowanego z wykorzystaniem techniki proporcjonalnej.

Na rys. 1 pokazano widok ogólny maszyny inżynieryjno – drogowej MID.



**Rys. 1. Widok maszyny inżynieryjno – drogowej**

Operator maszyny steruje ruchami roboczymi przy pomocy pulpitu sterującego (interfejsu maszyna – człowiek). Sterowanie przez operatora może się odbywać z wnętrza maszyny lub na zewnątrz. Wtedy pulpit połączony jest z układami sterującymi za pomocą odpowiedniego kabla.

Podstawowymi elementami manipulacyjnymi pulpitu są dźwostki/manipulatory o dwóch stopniach swobody. Poprzez zmianę ich położenia w układzie X-Y wymuszane są ruchy układu roboczego chwytaka.

Widok płyty czołowej pulpitu przedstawia rys.2.



**Rys. 2. Pulpit sterujący maszyny MID**

## 1.2. Most samochodowy MS-20

Most MS-20 należy do grupy mostów towarzyszących mających za zadanie zabezpieczyć logistycznie ruch i transport wojsk poza strefą bezpośrednich działań wojennych.

Przęsło mostu może być z powodzeniem wykorzystane podczas różnego rodzaju klęsk żywiołowych (na przykład powodzi) - wszędzie tam, gdzie została uszkodzona infrastruktura drogowa, a szerokość przeszkody terenowej nie przekracza 20 metrów.

Most samochodowy MS-20 [2] jest to samojezdne urządzenie inżynierskie, którego zadaniem jest przewóz do miejsca przeznaczenia stalowego mostu (typu nożycowego) i jego ułożenie na przeszkodzie terenowej przy pomocy układacza, będącego integralną częścią naczepy mostu.

Proces układania przęsła na przeszkodzie oraz proces podejmowania odbywa się z wykorzystaniem przenośnego pulpitu sterującego połączonego przewodowo z układami sterowania na naczepie. Struktura zewnętrzna, w tym elementy obsługowe pulpitu, jest podobna do pulpitu maszyny inżyniersko – drogowej. Przy pomocy pulpitu operator może wykonywać i nadzorować wszystkie czynności - od poziomowania do rozłożenia mostu, wypięcia haków i złożenia układacza.

Również i w tym przypadku podstawowymi elementami manipulacyjnymi są umieszczone na płycie czołowej dźwojstiki/manipulatory, pracujące w układzie X-Y. W zależności od wybranej opcji pełnią one funkcje:

- rozkładanie - składanie mostu,
- zaczepianie - wyczepianie haków tylnych,
- podniesienie wypełnień.

Różne warunki pracy w terenie otwartym, jak nachylenie poprzeczne terenu, stabilność gruntu, wytrzymałość krawędzi przeszkody czy możliwość wypoziomowania zestawu mostowego, wymagają dużego doświadczenia i umiejętności przy operowaniu złożonym systemem mechaniczno-hydraulicznym mostu. Dodatkowym utrudnieniem - jednocześnie niosącym zagrożenie, jest znaczna masa przęsła mostowych rzędu 14 ton przemieszczana po łuku o promieniu ponad 10 m.

Widok mostu w trakcie procesu układania nad przeszkodą zobrażowano na rys. 3.



**Rys. 3. Układanie mostu MS-20 na przeszkodzie terenowej**

## 2. SYMULATORY DO NAUKI OBSŁUGI

W prowadzonych przez OBRUM w wielu latach badań własnych nad systemami i urządzeniami treningowymi, realizowane były między innymi prace mające na celu zaproponowanie możliwości szkolenia z zakresu obsługi skomplikowanego sprzętu przy wykorzystaniu dedykowanych złączy elektrycznych, pozwalających na symulację zachowań [3] sprzętu jak w warunkach rzeczywistych.

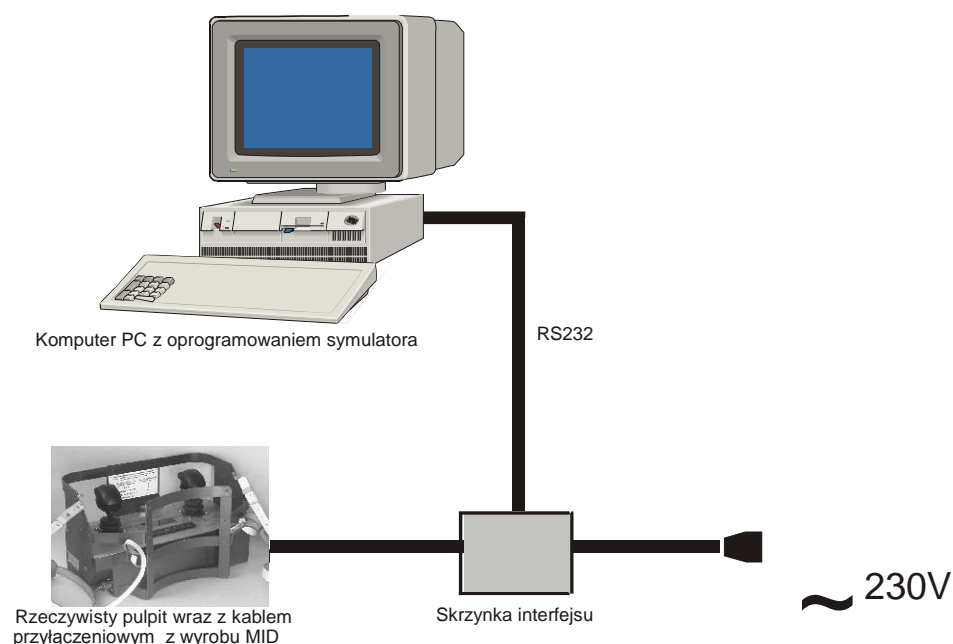
Innym kierunkiem prac było wykorzystanie w procesie szkolenia oryginalnych podzespołów obsługowo – sterujących maszyn i urządzeń.

### 2.1. Symulator do wstępnej nauki obsługi maszyny MID

W ramach poszukiwań prostych rozwiązań urządzeń szkolno-treningowych do wstępnego szkolenia operatorów maszyny inżynieryjno – drogowej, powstała w Ośrodku koncepcja połączenia oryginalnych podzespołów maszyny z systemem komputerowym z wizualizacją przestrzeni 3D.

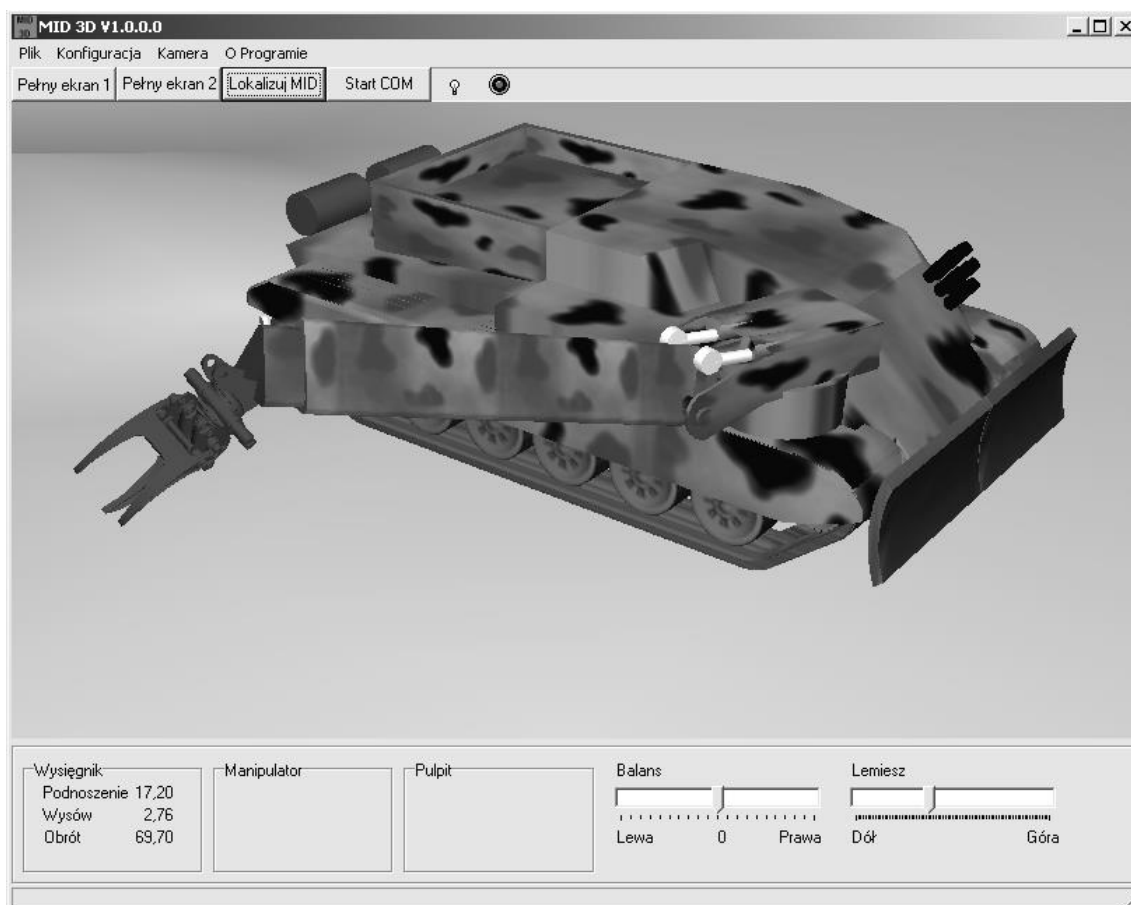
Opracowano prosty symulator [4] w oparciu o koncepcję sprzężenia oryginalnego pulpitu operatora poprzez dedykowany interfejs z systemem komputerowym, który posiada wbudowany model 3D użytkowanej maszyny.

Schemat blokowy symulatora przedstawiony jest na rys.4.



**Rys. 4. Schemat blokowy symulatora**

W systemie komputerowym został zaimplementowany uproszczony model 3D maszyny MID, ze szczególnym uwzględnieniem modelu 3D wysięgnika z osprzętem roboczym. Przykładowy widok maszyny wirtualnej MID na ekranie komputera przedstawia rys. 5.



**Rys. 5. Ekran komputera symulatora maszyny MID**

Wykonany i uruchomiony symulator był wykorzystywany w OBRUM sp. z o.o. do wstępnego szkolenia operatorów przekazywanej użytkownikowi (wojsku) wyprodukowanej maszyny. Byli to żołnierze służby zasadniczej (z poboru) o bardzo różnym stopniu przygotowania ogólnego.

W warunkach pomieszczenia zamkniętego operatorzy trenowali wszystkie funkcje i ruchy robocze użytkowanej maszyny.

Bezpośredni kontakt z elementami obsługowymi (dźwostkami/manipulatorami) oraz możliwość poznania skutków i reakcji wirtualnej maszyny na wymuszenia z pulpitu operatora, dobrze się sprawdziły w procesie nauki obsługi osprzętu roboczego maszyny inżyniersko – drogowej.

Z uwagi na wstrzymanie produkcji maszyn MID w Ośrodku (w związku z brakiem zamówień) prace nad dalszym rozwojem konstrukcji symulatora dla tego typu sprzętu zostały wstrzymane.

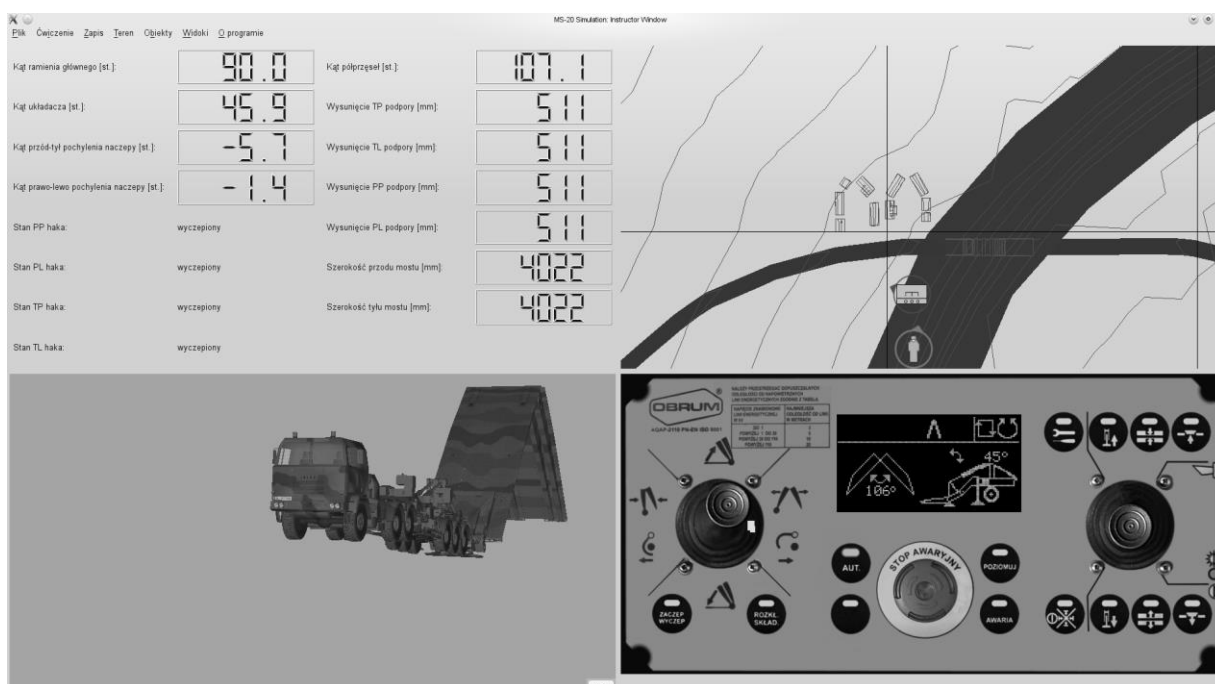
## **2.2. Symulator nauki obsługi mostu samochodowego MS-20**

Symulator do nauki obsługi procesów układania i podejmowania pręśla mostu samochodowego MS-20 [5] został oparty o omówioną powyżej koncepcję zintegrowania pulpitu operatorskiego poprzez dedykowany interfejs z systemem komputerowym, który posiada wbudowany model 3D użytkowanej maszyny. Wymagania dla wirtualnego modelu w tym przypadku są znacznie wyższe.

Model w pełni odwzorowuje wszystkie ruchy robocze, zakresy ruchu oraz parametry funkcjonalne urządzenia (obciążenie, momenty bezwładności, przyspieszenia itp.) oraz warunki otoczenia (siłę wiatru, pochylenie terenu).

Podczas obrad konferencji w 2010 roku [6] zaprezentowany został rozbudowany symulator do nauki obsługi mostu, posiadający szereg dodatkowych opcji. Jedną z nich jest możliwość szkolenia operatora z wykorzystaniem softwarowego imitatora pulpitu. Rys.6 pokazuje ekran instruktora, na którym przedstawiono w kolejnych ćwiartkach:

- widok płyty czołowej pulpitu sterującego (imitator softwarowy),
- fragment mapy terenu ze zlokalizowaną przeszkodą,
- charakterystyczne parametry pracy mostu odpowiadające fazom pracy (układania lub podejmowania),
- aktualną fazę układania/podejmowania przęsła - widok pojazdu mostowego.



**Rys. 6. Widok ekranu instruktora**

W systemie komputerowym symulatora może też być zaimplementowana multimedialna „Instrukcja Obsługi i Eksploatacji” [5] pozwalająca na samokształcenie operatora, wykorzystująca techniki CBIT (Computer Based Interactive Training), co zdecydowanie przyspiesza proces szkolenia i nabycia określonych nawyków.

Wykonana przez firmę TRINITY INTERACTIVE sp. z o.o. przy współpracy OBRUM sp. z o.o. wersja symulatora [6] ma także zainstalowane w systemie komputerowym przykładowe, rzeczywiste obszary terenu zdjęte z mapy cyfrowej, pozwalające na wyprzedzające przygotowanie – przeszkolenie operatora do ułożenia mostu na przeszkodzie w określonym miejscu.

Jest to szczególnie istotne podczas działań wojennych, gdzie czas ułożenia mostu jest krytycznym parametrem operacyjnym.

Fragment bazy terenu ilustruje rys.7.



**Rys. 7. Wirtualny obraz terenu z przeszkodą**

### **2.3. Symulator obsługi maszyn budowlanych**

Najczęściej spotykaną maszyną z możliwością sterowania z pulpitu przenośnego jest spychacz, od niewielkich mas poniżej 10 ton do nawet 100-tonowego spychacza D11R firmy Caterpillar. Sterowanie taką maszyną wymaga od jej operatora gruntownego przygotowania, jednakże czas i koszt szkolenia ma w tym przypadku największe znaczenie. Również w tym przypadku koncepcja połączenia oryginalnego pulpitu maszyny z komputerem pozwala na osiągnięcie najlepszych wyników przy niewielkich nakładach finansowych. Odpowiednio przygotowane pole działań w środowisku symulacji pozwoli operatorowi przygotować się na działanie nawet w najtrudniejszych warunkach.

Operowanie maszyną D11 R [7] ilustruje rys. 8.



**Rys. 8. Operator operujący maszyną D11R [7]**

### 3. PODSUMOWANIE

Opracowane w OBRUM sp. z o.o. symulatory zbudowano w oparciu o koncepcję sprzężenia oryginalnego pulpitu operatora (interfejsu człowiek – maszyna) z systemem komputerowym, który posiada wbudowany model 3D użytkowanej maszyny. Mogą one znaleźć zastosowanie wszędzie tam, gdzie maszyna lub jej organy robocze są zdalnie sterowane z pulpitu operatora - przewodowo i/lub lub drogą radiową. W warunkach pomieszczenia zamkniętego operator w sposób całkowicie bezpieczny, trenować może wszystkie funkcje i ruchy robocze użytkowanej maszyny.

W przypadku sprzętu o przeznaczeniu wojskowym, omówiony symulator może być wykorzystany do nauki obsługi między innymi:

- żurawia wozu zabezpieczenia technicznego WZT-3, WZT4 (wdrożone rozwiązania do eksploatacji),
- osprzętu roboczego wielofunkcyjnej maszyny inżynierskiej PINIA (w Ośrodku trwają obecnie prace projektowe),
- kolejnych odmian mostów rodziny DAGLEZJA (w Ośrodku prowadzone są prace projektowe), a mianowicie:
  - most towarzyszący na podwoziu gaśnicowym MS-40,
  - most składany MS-40.

W zastosowaniach cywilnych mogą to być symulatory obsługi:

a) maszyn budowlanych typu:

- spychacz,
- koparka,
- dźwig samojezdny,

b) dźwignic bramowych,

c) suwnic.

W uzgodnieniu z zamawiającym symulatory mogą być dostarczane w wersjach od najprostszych do postaci rozbudowanych, będących już komputerowymi systemami szkoleniowymi zawierającymi dodatkowo zaimplementowane:

- multimedialne instrukcje obsługi i eksploatacji,
- specjalistyczne, interaktywne materiały szkoleniowe,
- wbudowane imitatory softwarowe pulpitu operatora.

Zaletami opisanych symulatorów są:

- wysoka niezawodność (struktura oparta o sprawdzone, wykorzystywane w przemyśle rozwiązania jak komputery PC czy sieć Ethernet),
- niskie koszty (w budowie symulatora są stosowane komercyjne podzespoły i sprzęt komputerowy),
- mobilność,
- możliwość treningu na różnym poziomie zaawansowania z wykorzystaniem jednego urządzenia i udziale tego samego instruktora/szkolącego,
- łatwa rozbudowa systemu dydaktycznego,



- możliwość adaptacji symulatora – dostosowanie wersji wykonania pod potrzeby klienta,
- niskie koszty szkolenia.

#### 4. LITERATURA

- [1] Maszyna Inżyniersko – Drogowa MID. Instrukcja eksploatacji 171 IE-1M. OBRUM sp. z o.o. Gliwice, 2001.
- [2] Pasięka D., Szafraniec A.: Most samochodowy MS-20. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (24) Nr 1/2009. OBRUM sp. z o.o. Gliwice, wrzesień 2009.
- [3] Grabania Ł.M., Knapczyk H.: Nowe podejście do konstrukcji urządzeń szkolno-treningowych. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (8) Nr 1/1996. OBRUM Gliwice, wrzesień 1996.
- [4] Barcik J.: Symulator osprzętu maszyny inżyniersko-drogowej MID. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (21) Nr 2/2005. OBRUM sp. z o.o. Gliwice, wrzesień 2005.
- [5] Instrukcja obsługi i eksploatacji mostu MS-20. OBRUM sp. z o.o. Gliwice, październik 2009 r. (materiały niepublikowane).
- [6] Grabania Ł.M., Krosnowski T., Szukalski B.: Treningi i symulatory. Materiały konferencyjne: III DNI PRZEMYSŁU 2010. Centrum Szkolenia Wojska Polskiego. Warszawa, 16-17 listopada 2010 r.
- [7] Remote Control Technologies: Remote\_Dozer\_presentation.pdf, Kewdale Western Australia 6105, 12 Marzec 2008 r.

## **TRAINING SIMULATOR TO LEARN OPERATION OF ENGINEERING DEVICES AND BUILDING MACHINES**

**Abstract:** Simulators, developed by the Centre, to learn operation of road technology machines and mobile bridge are presented in the paper. Simulators were built using the concept of coupling the original operator desktop (of machine-man interface) with computer system that has built-in 3D model of the machine used. An operator, being in a closed room, is able to simulate all functions and operation motions of the machine under test.

The solution developed could be used to train operators of remotely controlled machines.

**Key words:** simulator, training, remote control of machine, engineering equipment, construction machines.

**Recenzent:** dr inż. Jacek SPAŁEK – OBRUM sp. z o.o., Gliwice