

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych

Unconventional technologies of joining elements of aeronautical constructions

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Częstochowska, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk

Wyniki badań Results

Wytrzymałość połączeń klejowych po próbach starzenia w komorze klimatycznej – symulacja warunków lotu przy zmiennej temperaturze i ciśnieniu
The strength of adhesive bonding joints after the ageing tests in the climatic chamber – the simulation of flight conditions in the variable temperature and pressure

Wprowadzenie

Standardowe próby wytrzymałościowe polegają na badaniu wytrzymałości statycznej na rozciąganie – połączenie klejowe jest wówczas ścinane. Niekiedy podejmowane są próby badania wytrzymałości na oddziaływanie czynników zewnętrznych, jak różnorodne ciecze eksploatacyjne – badania takie były opisywane w poprzednich pracach; ale też próby wpływu temperatury, ciśnienia, wilgotności, próby w komorach solnych i inne, w zależności od posiadanego zaplecza laboratoryjnego. Próby wytrzymałościowe nie są chętnie podejmowane przez badaczy z tego względu, że niekiedy są długotrwałe, ale też wymagają specjalnego reżimu w przygotowaniu próbek.

Zmienność temperatury otoczenia, ciśnienia atmosferycznego oraz wilgotności jest dynamiczna. W podjętych badaniach eksperymentalnych dysponowano komorą klimatyczną typu temperatura-ciśnienie, zatem podjęto próby eksperymentalnego wyznaczenia zmian wytrzymałości statycznej na ścinanie połączeń klejowych w zmiennych warunkach T-p, w symulowanych warunkach lotu.

Introduction

The problem of the standard tests of strength of glued joints is that typical tests are static (the extend tests) and the joint is then sheared. Sometimes the strength tests are made during which the external conditions are changed like different exploitation liquids, temperature, pressure, humidity, salt mist, etc. It generally depends on laboratory equipment. Besides, the strength tests are long-term and the special way of sample preparing is required. The variability of surroundings temperature, pressure and humidity is dynamic. In the realized tests they have climatic chamber of type temperature-pressure, so the humidity was assumed constant (about 40-60%). Then the strength test was realized in the variable climatic conditions simulating the flights.

Typowa atmosfera otaczająca obiekty latające jest środowiskiem o charakterystycznych parametrach. W środowisku lotniczym definiuje się ISA (International Standard Atmosphere) czyli atmosferę standardową. Przypisane są do niej:

- charakter układu statycznego, w którym powietrze jest gazem suchym, a jego skład chemiczny nie zależy od wysokości;

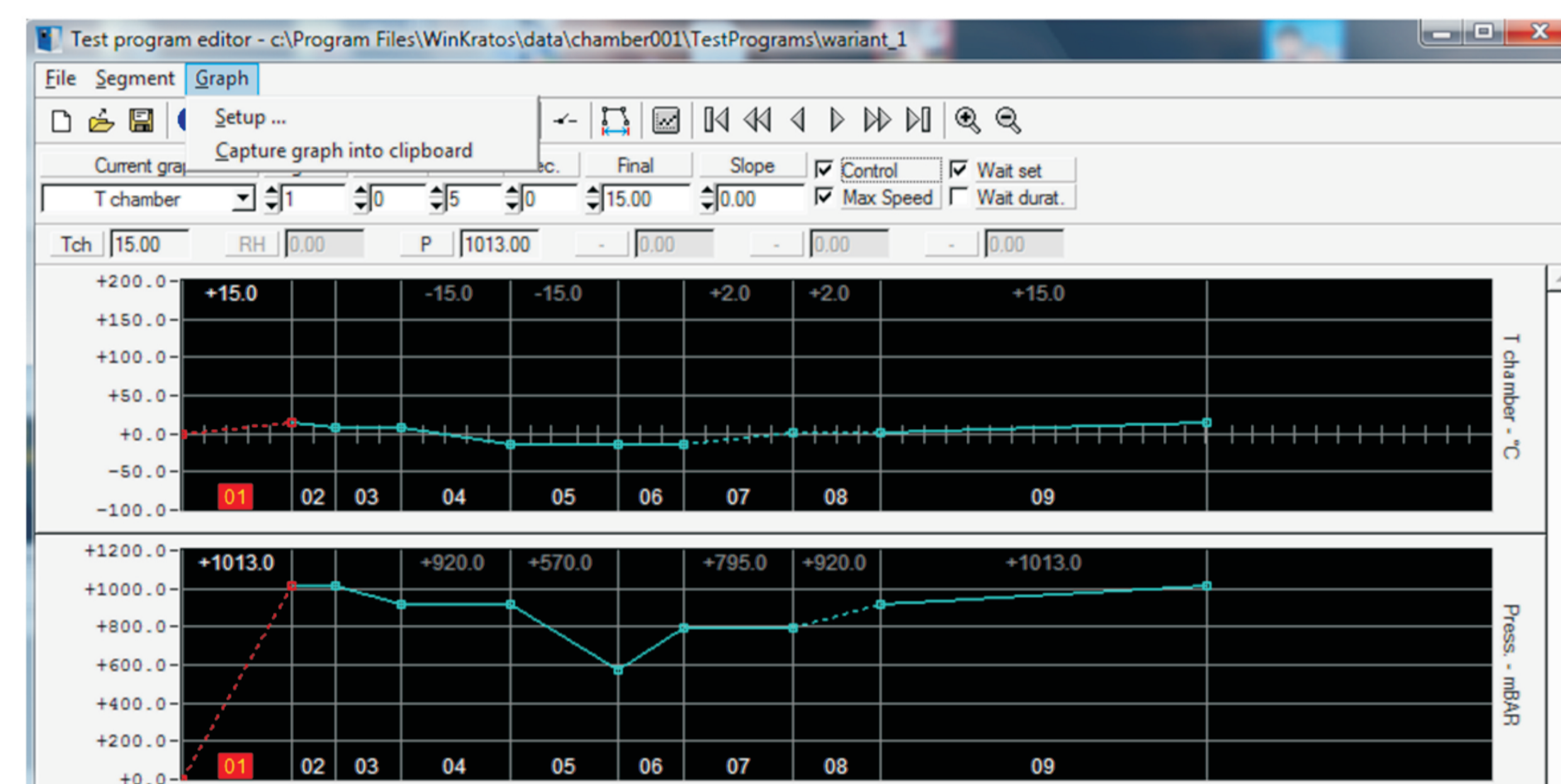
- stałe wartości graniczne dla wysokości równej poziomowi morza:

- temperatura: $T_0 = 288,15 \text{ K (15 } ^\circ\text{C)}$
- ciśnienie: $p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$
- gęstość: $\rho_0 = 1,2255 \text{ kg/m}^3$
- lepkość kinematyczna: $\nu_0 = 1,461 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- prędkość dźwięku: $a_0 = 340,3 \text{ m/s}$
- pionowy gradient temperatury do 11 km wynoszący $-6,5 \text{ K/km (} ^\circ\text{C/km)}$, od 11-20 km temperatura jest stała ($-56,5 \text{ } ^\circ\text{C}$), a od 20 do 32 km dodatni gradient wynoszący $1 \text{ K/km (} ^\circ\text{C/km)}$;
- parametry wzorcowe do 11 000 m.

Do eksperymentu założono $f=\text{const.}$ (posiadana komora klimatyczna nie umożliwia zmiany wilgotności) i przyjęto w granicach 40-60%.

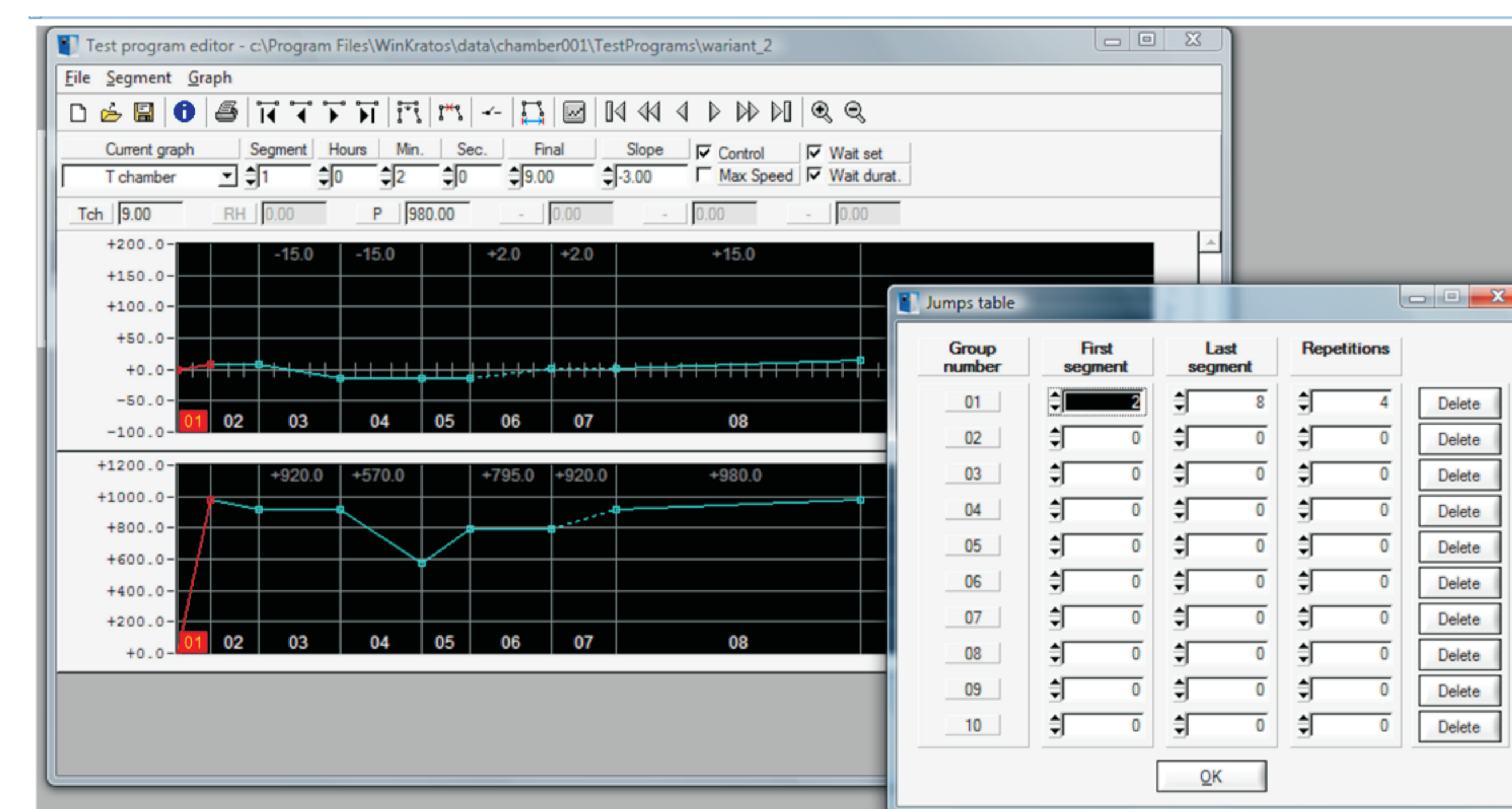
Założone warianty prób:

Wariant 1 – próbki bazowe – zerwane po sklejeniu, nie poddane testom w komorze klimatycznej
Wariant 2 – symulacja lotu wznoszącego do osiągnięcia zadanej wysokości 4500 m i lądowanie.



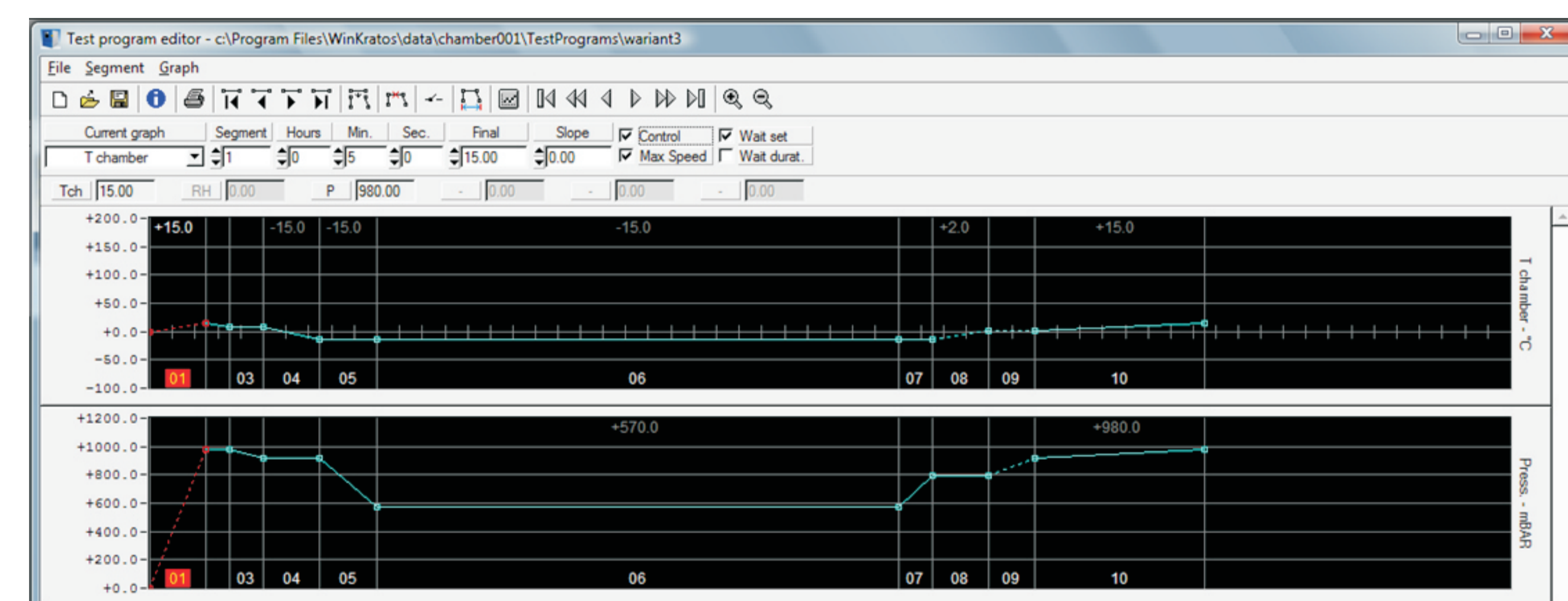
Rys. 3. Widok panelu kontrolnego dla 2-go wariantu – lot do wysokości 4500 m i lądowanie
Fig. 3. The view of control panel for 2nd option - the flight to altitude 4500 m and landing

Wariant 3 – symulacja lotu wznoszącego do osiągnięcia zadanej wysokości 4500 m i lądowanie z czterokrotnym powtórzeniem.



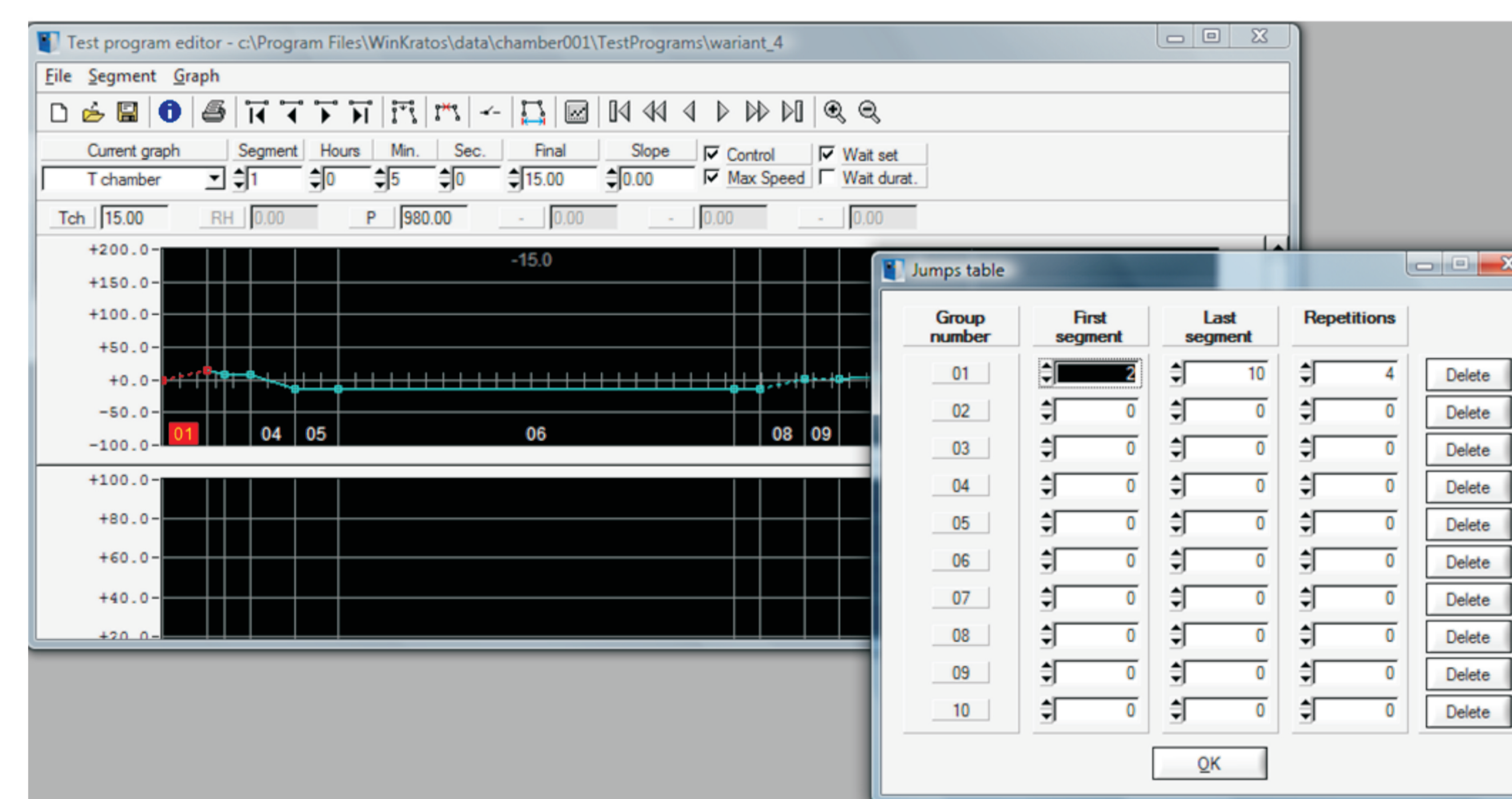
Rys. 4. Program dla wariantu: wznoszenie do 4500 m + lądowanie (czterokrotne powtórzenie)
Fig. 4. The control program for fourfold cycle go up to 4500 m and landing

Wariant 4 – symulacja lotu wznoszącego do osiągnięcia zadanej wysokości 4500 m, przelotu na tej wysokości w zadanym czasie i lądowanie.



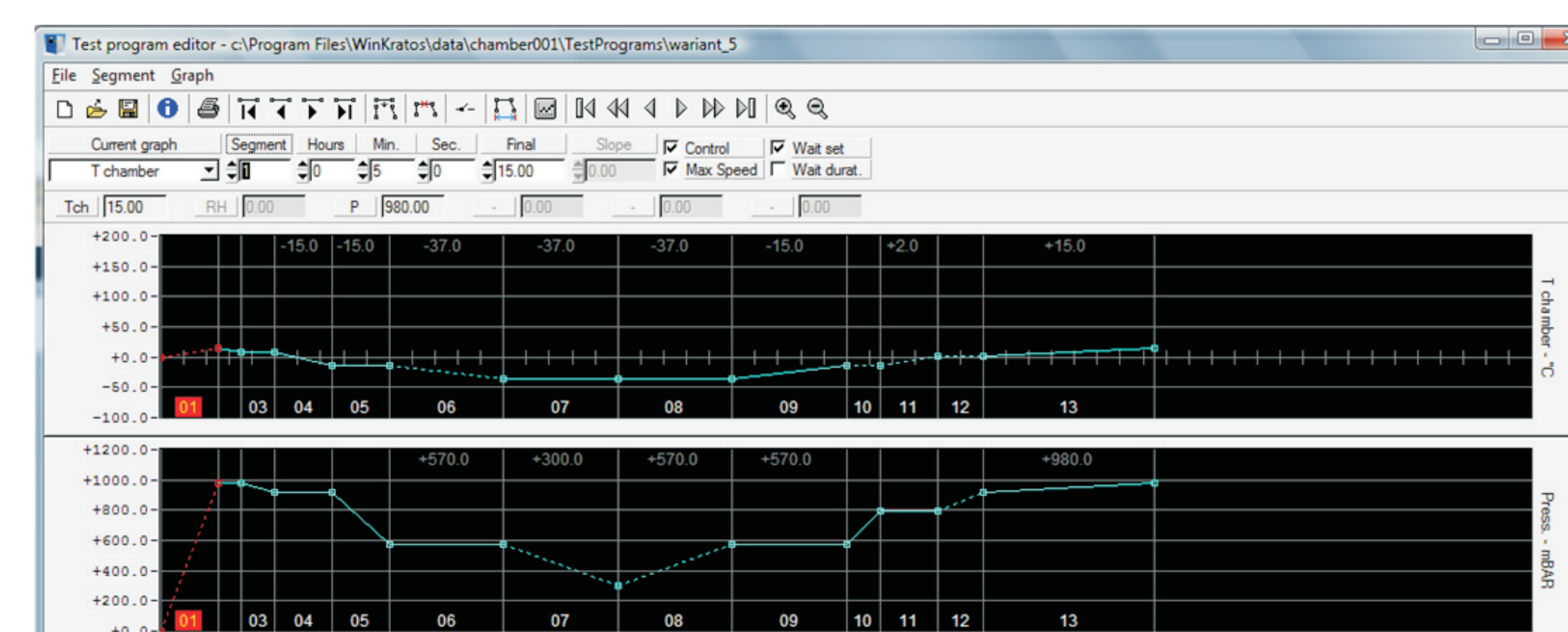
Rys. 5. Program dla wariantu: wznoszenie do 4500 m, przelot w czasie T1 i lądowanie
Fig. 5. The control program for the go up to 4500 m, then flight in the time T1 and landing

Wariant 5 – symulacja lotu wznoszącego do osiągnięcia zadanej wysokości 4500 m, przelotu na tej wysokości w zadanym czasie i lądowanie z czterokrotnym powtórzeniem.



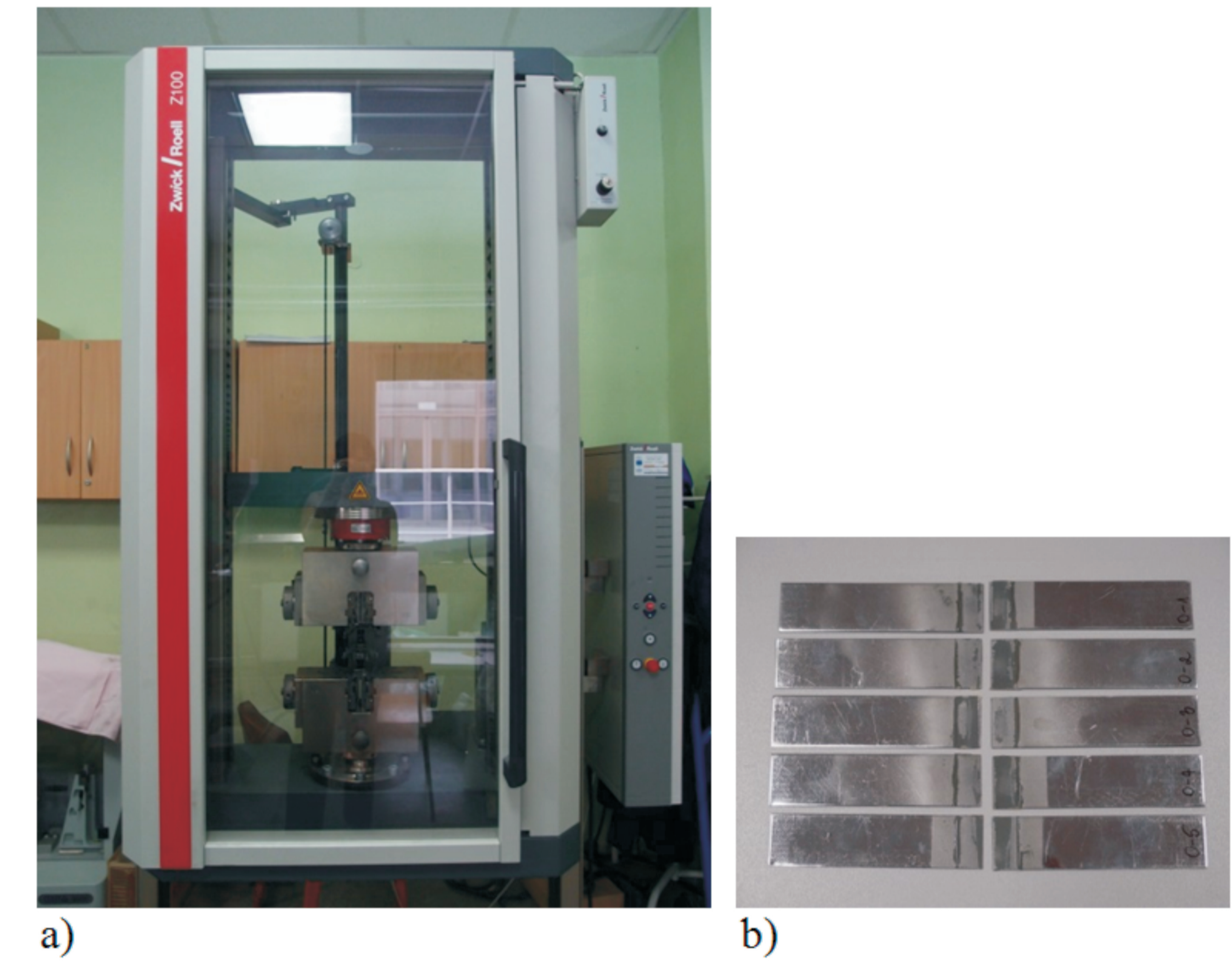
Rys. 6. Sterowanie komorą w wariantcie 5
Fig. 6. The control panel for option no.5

Wariant 6 – Symulacja wznoszenia do wysokości 9000 m i lądowanie



Rys. 7. Symulacja lotu: wznoszenie do 9000 m i lądowanie
Fig. 7. The flight simulation: the samples go up to 9000 m and landing

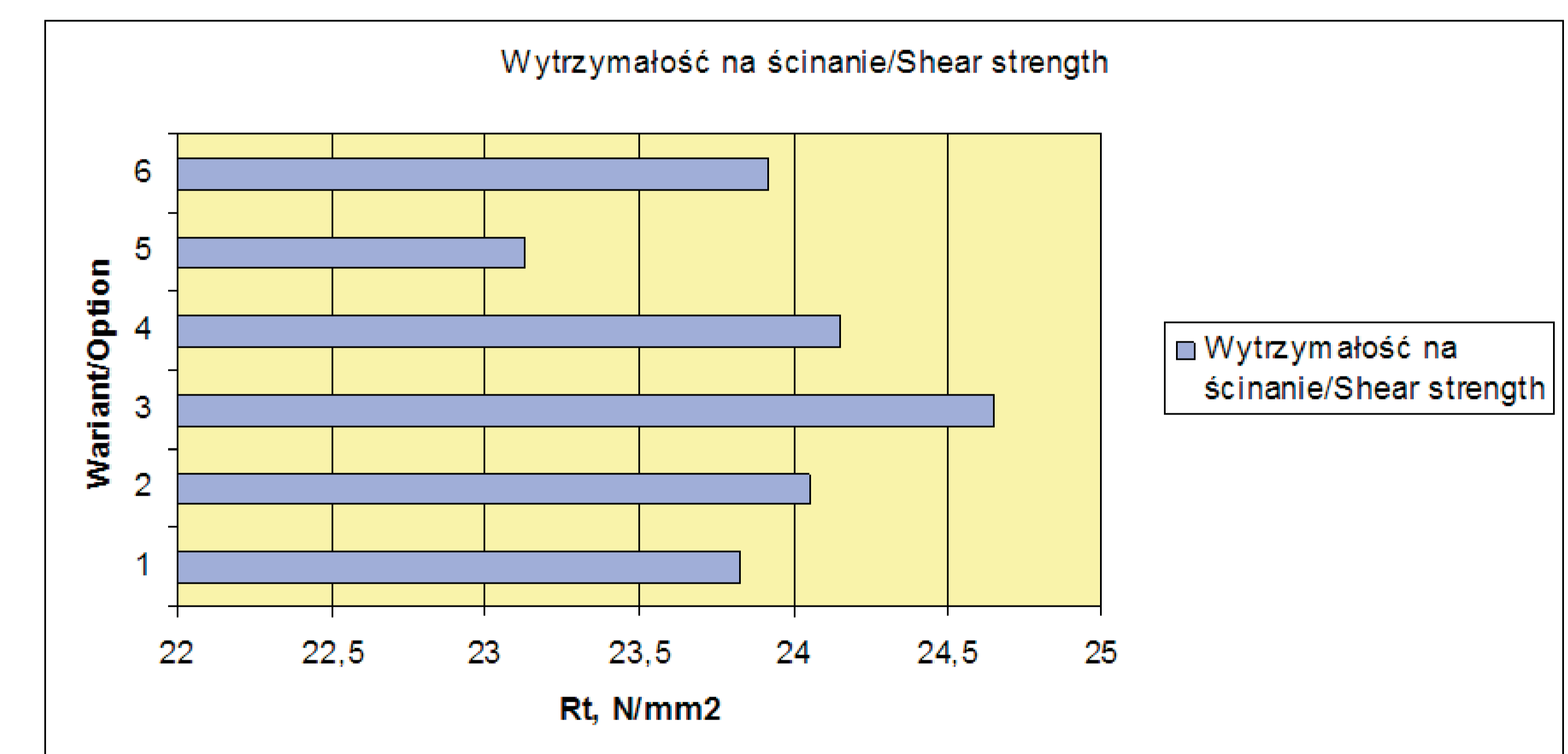
Połączenia klejowe, poddane próbom w symulowanych warunkach lotu, zostały zerwane na maszynie wytrzymałościowej Zwick Roel Z100 (rys.8).



Rys. 8. Stanowisko do badań połączeń klejowych i zerwane próbki
Fig. 8. The workplace of strength tests for adhesive bonded joints and shared samples

Tabela 1. Wytrzymałość na ścinanie połączeń klejowych
Table 1. The strength of joints after tests (share tests)

nr próbki	wariant					
	1	2	3	4	5	6
1	7090	8120	6460	7640	7520	7630
2	7590	7690	7930	7560	7160	6900
3	7570	6910	7810	7880	6990	7430
4	7730	7740	8280	6850	7410	7890
5	7240	7120	8040	7800	7050	7510
Średnia Rm, N	7444	7516	7704	7546	7226	7472
Odczylenie standardowe, σ	267,35	492,27	716,67	409,12	229,84	364,03
Wytrzymałość Rt, N/mm ²	23,82	24,05	24,65	24,14	23,12	23,91



Rys. 9. Zmiany wytrzymałości na ścinanie
Fig. 9. The changes of shear strength

Wnioski Conclusions

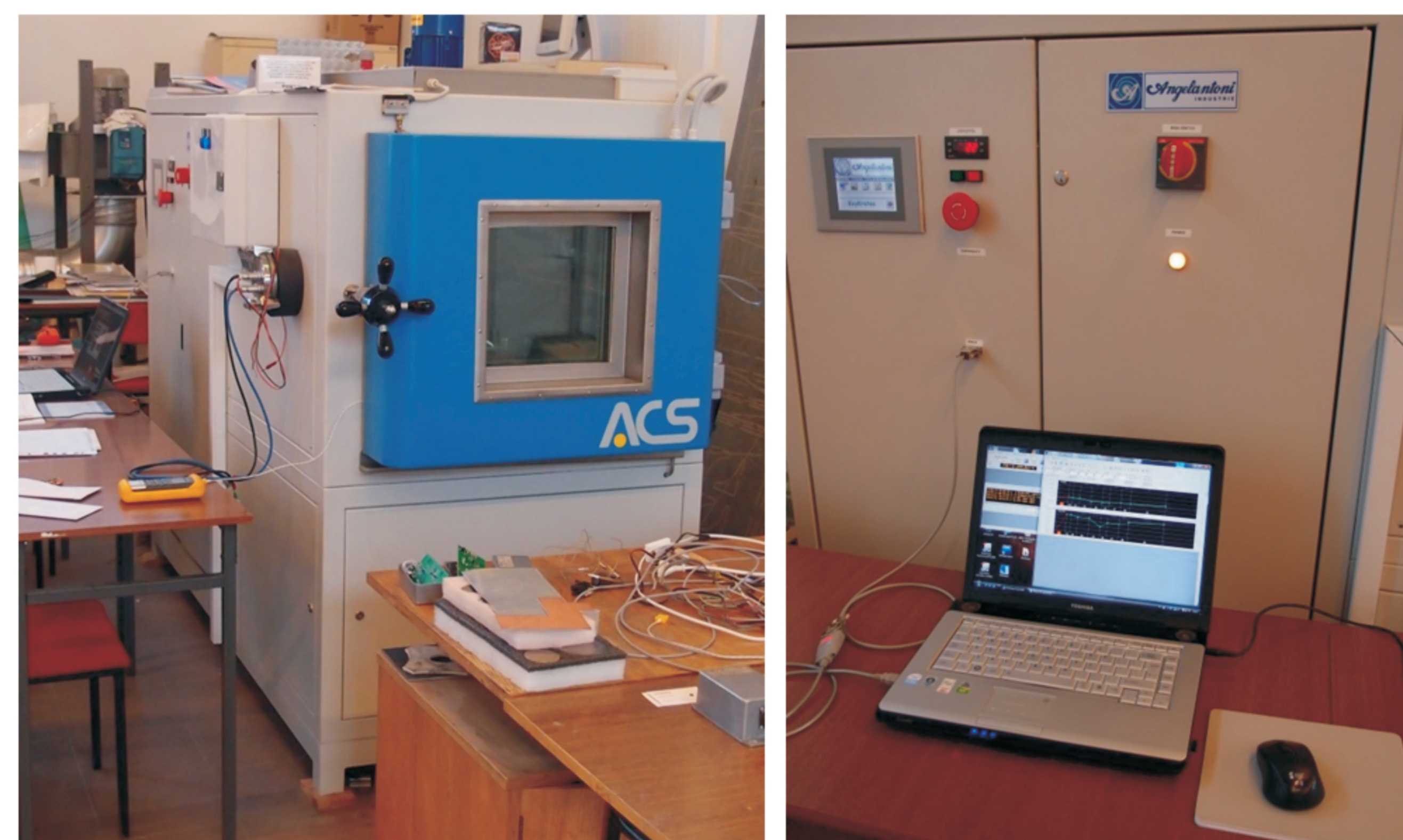
Próby w komorach klimatycznych są cennym źródłem wiedzy o zachowaniu się połączeń klejowych w zmiennych warunkach ciśnienia i temperatury. Trudnością w stosowaniu komór klimatycznych są realne możliwości odtworzenia warunków lotu. O ile symulacja czasu nie stanowi problemu, o tyle zmiany ciśnienia i temperatury muszą być zadawane w sekwencji możliwej do sterowania komorą (krok zmiany temperatury wymaga poprzedzającego kroku zmiany ciśnienia). Zaburza to w pewnym stopniu odtwarzanie realnych warunków, w jakich w rzeczywistości może pracować połączenie klejowe.

The tests conducted in the climatic chambers are very important and valuable source of knowledge about the adhesive joints in variable pressure and temperature. Real possibilities of performing the flight conditions with climatic chamber use are the problem. The simulation of time is not a problem. The difficulty is change of pressure and temperature, they both should be controlled with specific sequence (temperature first, pressure next). It disturbs the performing real conditions in which the joints work.

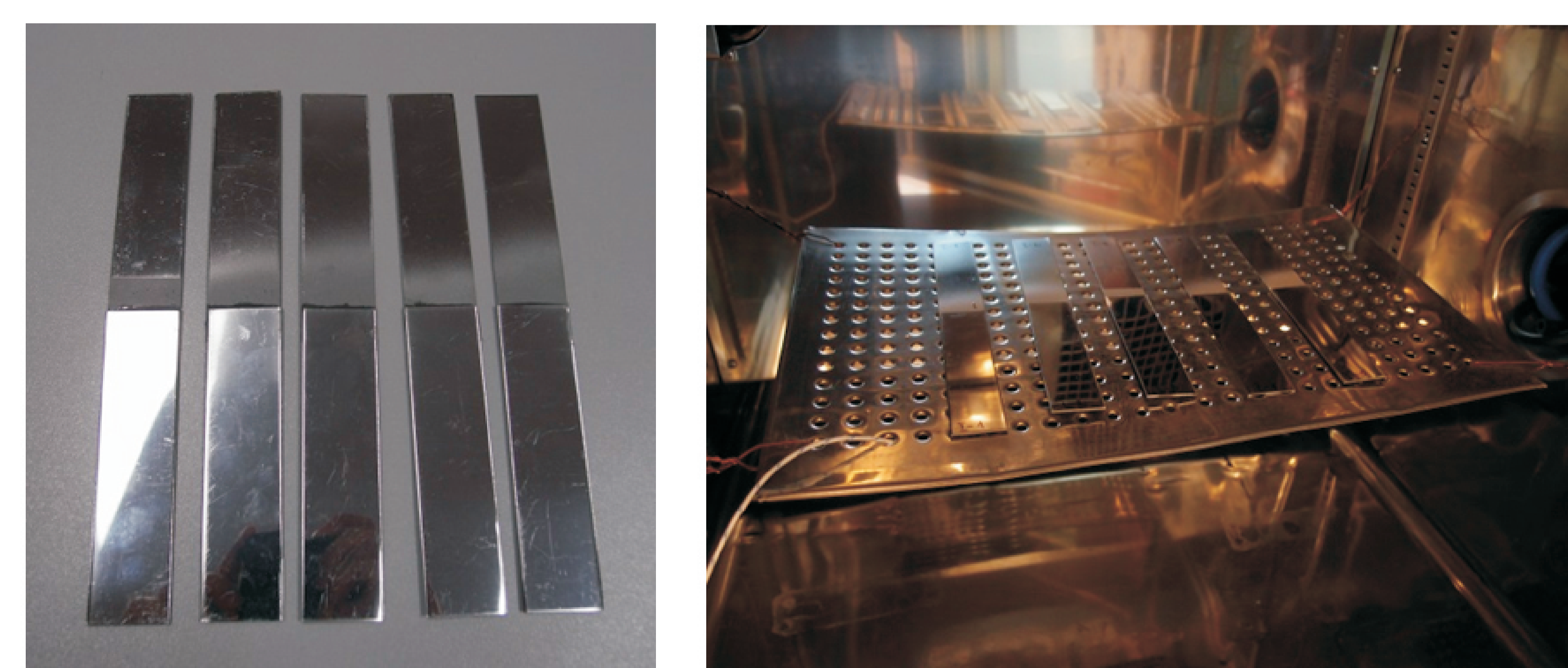
Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Publikacje

- Ciecińska B.: **Ocena możliwości klejenia blach ze stali AISI 4130 w konstrukcjach lotniczych.** Technologia iAutomatyzacja Montażu, Nr 1/2014
- Ciecińska B., Kuźniar S.: **The analysis of toxicity of waste gases after surface laser treatment.** [W: monografia] Progressivnyje technologii i sistemi maszynostrojenija. Nr 2(48)2014, Doneck 2014



Rys. 1. Widok komory oraz stanowiska sterowania
Fig.1. The view on the chamber and the control stand



Rys. 2. Widok próbek sklejenych i w komorze klimatycznej
Fig. 2. The view on the glued samples and samples in the climatic chamber