

## T-103 훈련기의 환기와 난방 시스템 개선에 관한 연구

### A Design and Application of the Ventilating and Heating System of T-103 Trainer Aircraft for Improvement

정 대 한\*

Daehan Jung

#### ABSTRACT

In this paper, the ventilating and heating system of T-103 trainer aircraft were investigated and redesigned to improve its poor performance. The ventilation system of the trainer was designed to increase the mass flow rate of fresh air by using air intake valves. The flow-in air through the air intake valve is supplied to the cabin by the ram effect of aircraft and the propeller. And the additional heating system was installed to improve the temperature of the cabin inside. The wasted heat from the exhaust gas of the engines was used as heat source of the additional heating system by installing an heat exchanger around the exhaust nozzle. The additional fresh air and the heated air enter the cabin via two ducts mounted under the instrument panel and behind the pedal in the cabin. The additional ventilating and heating system can be controlled by the first pilot and the secondary pilot individually using the control knob equipped separately.

After mounting the additional ventilating and heating system, evaluations such as inspection of parts and component, ground run-up test, in-flight test, user test, etc. were conducted. The result of the tests was sufficient to meet the requirements of the manuals, and the pilots were satisfied with the additionally mounted systems.

Keywords : Flight Trainer(훈련기), T-103 Trainer(T-103 훈련기), Ventilating System(환기 계통), Heating System(난방 계통), Heat Exchanger(열교환기), Ram Air(램 공기)

#### 1. 서론

러시아 MIG사가 제작한 T-103 항공기는 불곰사업을 통해 2004년부터 공군에 도입되어 비행훈련 실습기로

운영되고 있다. 도입 당시에는 T-103 항공기의 환기계통과 난방계통의 기능이 불충분해 실습기를 조종하는 조종사들은 여름과 겨울에 대단히 열악한 환경에서 조종을 할 수 밖에 없었다. 환기장치의 부족으로 여름철 조종석의 온도는 40 °C까지 상승할 뿐만 아니라 겨울철에는 미흡한 난방장치로 조종석 온도가 영하까지 강하하여 조종사들의 체력손실, 임무전념 차질, 과도한 보온용 복장 착용 등 많은 문제점을 발생시켰다.

† 2013년 2월 15일 접수~2013년 5월 17일 게재승인

\* 공군사관학교(Korea Air Force Academy)

책임저자 : 정대한(daehanj@afa.ac.kr)

이에 따라 환기계통과 난방계통으로 인한 열악한 조종 환경을 개선하기 위한 기술개발, 개선방법 등에 대한 요청이 러시아 제작사측에 수차례 전달되었으나 제작사측의 답변과 검토가 지연되어 환기계통과 난방계통의 문제해결을 위한 공군의 자체적인 해결방안이 모색되었다.

환기계통과 난방계통 개선에는 다양한 방안이 있을 수 있으나 다음과 같은 몇 가지 중요한 제한사항이 있다. 첫째는 환기계통과 난방계통 개선, 개조로 인한 무게중심의 변화가 기술교범에 나온 범위를 벗어나지 않는 것이며, 둘째는 발전기 용량을 초과하지 않도록 기존 전력공급 능력범위를 유지해야 한다는 것이다. 추가 발전기 설치나 발전기 용량의 증가도 하나의 방법이나 엔진에 설치된 발전기의 교체나 추가는 무게중가 뿐만 아니라 구조적으로 많은 변화를 가져와 항공기 구조 전체를 다시 분석해야 하는 문제를 발생시키기 때문에 검토 대상에서 제외되었다. 추가로 발전기를 설치하지 못하는 제한사항은 이미 개발된 에어콘과 같은 환기와 냉방이 가능한 장치의 설치, 히터의 추가 설치 등과 같이 조종석 환경을 쉽게 개선할 수 있는 방안을 제한하는 조건이 되었다.

비행훈련 실습기에 대한 환기 및 난방장치 개선을 위하여 T-103 항공기의 환기 및 난방계통이 분석되고 가능한 방안들이 검토되었으며, 검토된 방안들 중 최적의 방안에 대하여 개념설계가 되고 추후 상세설계가 되었다. 이에 따라 항공기의 환기계통과 난방계통의 개선은 무게중심의 변화를 최소화할 수 있도록 가급적 크기와 무게는 소형 경량이 되도록 하였으며, 환기계통과 난방계통의 구동을 위한 동력은 외부의 전력이나 추가 엔진동력 소요 없이 단순 조작으로 작동될 수 있도록 하였고, 난방을 위한 열원(heat source)은 엔진 배기관의 폐열(wasted heat)을 이용하였다.

상세설계를 근거로 환기계통과 난방계통에 대한 부품과 구성품들이 제작되고, 비행훈련 실습기 1대에 시범 장착된 후 환기 및 난방 성능평가가 지상과 공중에서 수행되었다. 성능평가에는 환기와 난방 성능뿐만 아니라 장치 추가설치로 인한 무게중심 변화, 모멘트 변화, 내구성 평가, 사용자 평가 등이 포함되었다.

비행훈련 실습기의 환기 및 난방장치 개선으로 여름철에는 외부 공기를 충분하고 원활하게 공급받을 수 있게 되었고, 겨울철에는 조종석의 온도가 20 °C 이상 유지될 수 있어 조종사와 실습조종사들이 보다 임무에 집중할 수 있는 조종환경이 되었으며, 계속적으로 지

체되는 제작사 주도 기술검토가 조기에 해결되어 기술개발 지체로 예상된 전력손실 예방과 기술개발 및 검토에 소요될 많은 비용이 절감될 수 있었다.

## 2. 기존 환기 및 난방계통 문제점 분석

도입 당시 T-103 비행훈련 실습기의 환기 및 난방계통은 Fig. 1<sup>[1]</sup>과 같이 공기조절장치 스위치로 조정할 수 있다. 조종석 내에 외부 공기를 유입시키는 방법은 난방과 환기모드에서 가능하며, 유입 공기량은 환기 조절용 손잡이(ventilation control knob)로 환기 닫힘장치(ventilation shutter)를 열고 닫으면서 조절하게 되어 있다. 환기모드는 난방용 열선 작동과 재순환 모드(recirculation mode) 위치와 계절적 특성에 맞춰 작동되나, 외부공기는 Fig. 1, 2와 같이 공기 유입구(air inlet), 캐노피 공기 분기구(window air blow manifold)를 통해 조종석 캐노피 쪽으로 유입되고 있다. 공기 유입구는 Fig. 2와 같이 한 개만 있으며 엔진 카울 우측 아래쪽에 위치해 있다. 캐노피의 공기 분기구를 통해 들어온 공기는 태양 열복사(thermal radiation)로 인해 온도가 상승한 캐노피를 타고 유입되어 있어 공기의 온도는 자연대류(natural convection)와 복사로 상승하여 여름철에는 환기기능을 상실한 상태로 조종사나 실습생들에게 공급되고 있다. 이로 인해 여름철 조종석 내의 온도는 40~50 °C까지 쉽게 상승하여 조종사들의 심각한 체력손실, 임무전념 불가 등 많은 문제를 발생시키고 있었다.

조종석 난방을 위한 장치는 공기조절 장치의 스위치를 가열/재순환 모드로 전환시켜 가동<sup>[1]</sup>한다. 난방을 위해 가동되는 장치는 용량 450 kW인 히터 1대가 유일하나 Fig. 1과 같이 조종석 내 공기는 히터로 유입되고, 히터에서 가열된 공기는 팬에 의해 캐노피 쪽으로 강제 토출되는 구조로 되어 있어 주된 목적이 조종석 캐노피의 성에제거임을 알 수 있다. 성에제거가 불필요한 경우에는 T형 파이프(Tee-pipe)를 통해 조종석으로 가열공기를 보낼 수 있으며 계속 순환하여 사용할 수 있다. 하지만 히터의 용량이 조종석 크기에 비해 너무 작아 히터를 작동한 경우라 해도 조종석 내의 온도는 영하 10 °C 이하까지 내려가 조종사들은 과도하게 방한용 피복, 방한화를 착용한 상태로 임무를 수행하는 실정이다. 이로 인해 조종사들에게 신속하고 민첩한 동작 요구에 대한 제한뿐만 아니라 여름철과 마

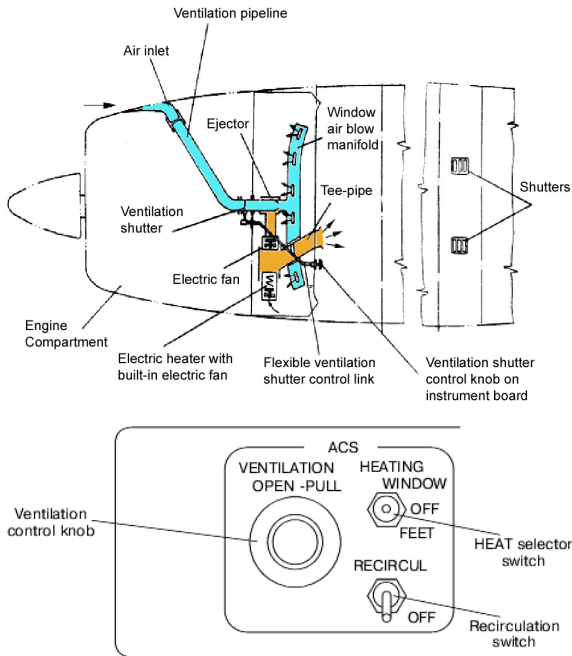


Fig. 1. Schematic diagram of ventilating and heating system of T-103(before improvement)<sup>[1]</sup>



Fig. 2. Air inlet of T-103

찬가지로 체력소모, 임무전념 불가 등과 같은 문제가 발생되었다.

### 3. 환기 및 난방계통 개념설계 및 설치

#### 가. 환기계통 개념설계 및 설치

기존 환기계통이 제공하는 외부공기 대부분은 캐노피 쪽으로 유출된 후 복사에 의해 온도가 올라간 상태로 공급되고, 공기 유입구를 통해 유입되는 공기량도

비행속도 250 km/h일 때 약 1,075 kg/h(0.29 kg/s)로 공급되고 있으나 여름철 조종석 환기에 충분한 양이 아니기 때문에 환기계통에 대한 설계개념은 공기량 증가에 의한 조종석 온도강하(환기)에 중점을 두었다.

공급 공기량을 증가시키기 위한 환기계통 개선에는 팬을 추가 설치하거나 팬 용량을 증가시키는 방안, 공기 유입구에 안내 깃(guide vane)을 설치하여 공기 유입량을 증가시키는 방안, 별도의 공기 유입구를 설치하여 공기 유입량을 증가시키는 방안 등이 있다. 이중 팬 추가 설치 또는 팬 용량 증가 방안은 앞에서 언급한 것과 같이 항공기에 장착된 발전기의 용량 제한과 관련되어 있고, 발전기 용량 증가 시 무게로 인한 무게중심 변화, 모멘트 변화 등의 구조적인 추가 검토 필요성, 추후 전자장비 장착 등을 고려하여 전력이 추가로 필요한 방안(발전기 용량 확대, 추가)은 검토대상에서 제외되었다. 또한 Fig. 2의 공기 유입구에 안내 깃을 설치하여 공기 유입량을 증가시키는 방안은 유입된 공기가 캐노피를 따라 흐르면서 복사열로 온도가 상승하는 기존 환기계통에서 나타나는 문제가 그대로 다시 발생하기 때문에 유입공기의 온도가 상승하지 않도록 기존 환기계통과 분리된 별도의 분기관 설치가 조종석 내에 필요하고, 좌우측 조종석에 충분한 양의 외부공기가 공급되도록 팬과 같은 입력보강 장치에 대한 검토가 추가로 필요한 방안이 되었다.

위와 같이 검토된 여러 가지 방안 중 별도의 유입구를 설치하여 외부공기의 공급량을 늘리는 방안으로 설계가 되었으며, 설계 시 참고된 유입구 설치에 대한 개념과 구조는 Cessna사의 T-41B 항공기에 사용된 방법과 같다. 추가로 설치된 공기 유입구는 Fig. 3과 4와 같이 동체 외부면(skin)에 70 mm × 90 mm 크기의 구멍을 내고 이중 보강재료(doubler, filler)로 두께를 보강한 뒤에 흡입밸브(air intake valve)가 구멍에 맞도록 설치된 구조이다. 외부공기는 프로펠러 작동과 비행속도에 의한 램효과(ram effect)로 강제 유입될 수 있도록 흡입밸브는 항공기 정면쪽을 향해 열리게 되어 있다. 흡입밸브는 조종석의 좌측과 우측 동체에 분리 설치되어 서로 독립적으로 작동되며, 열리는 정도는 조종석 계기판 좌측과 우측에 각각 설치된 파란색 조절용 손잡이(control knob)를 밀고 당기면서 조절할 수 있다. 흡입밸브와 조절용 손잡이는 유연 케이블(flexible cable)로 서로 연결되어 있다. 흡입밸브를 통해 유입된 외부공기는 지름 76 mm의 유연호스(flexible hose)를 통과한 뒤 조종석 계기판 아래에 장착된 90 mm × 90

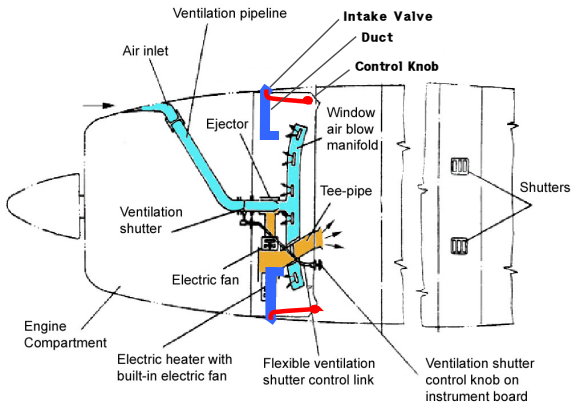


Fig. 3. Concept of air inflow for ventilation

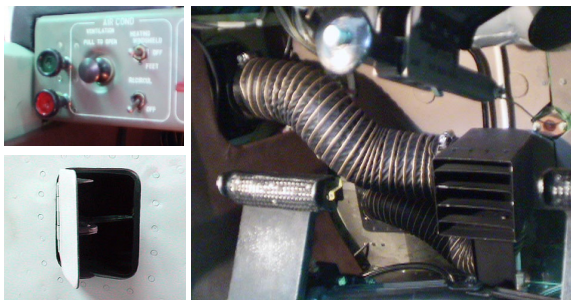


Fig. 4. Air inflow system for ventilation(left top : knob, left bottom : air inlet, right : duct inside cabin)

mm 크기의 덕트(Fig. 6 참조)를 통해 조종석으로 공급된다. 조종석 계기판 아래, 방향타(rudder)와 브레이크 발판 뒤쪽에 설치된 덕트는 조종사의 발목과 무릎 중간 높이에서 공기를 공급하며, 덕트 출구에는 상하로 풍향을 조절하는 안내 깃(guide vane)이 있다. 또한 덕트에는 환기용 외부공기뿐만 아니라 엔진 배기관에서 가열된 난방용 외부공기를 공급하는 51 mm 유연호스도 연결되어 있어 덕트 내에서 환기용 외부공기와 난방용 외부공기를 적절하게 섞음으로써 적절한 온도의 공기를 만들 수 있다. 좌우 조종사는 각자 자신에게 적합한 온도와 필요한 양의 공기가 공급되도록 조절손잡이의 빨간색 손잡이(난방용)와 파란색 손잡이(환기용)를 이용하여 조절할 수 있다.

나. 난방계통 개념설계 및 설치

도입 시 T-103 비행훈련 실습기의 난방계통은 Fig. 1, 2와 같이 공기 유입구를 통해 유입된 공기를 조종석 앞쪽에 설치된 히터가 공기를 가열하여 조종석과

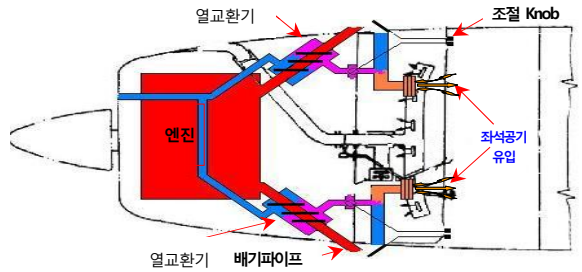


Fig. 5. Schematic diagram of heating system installed in the exhaust nozzle

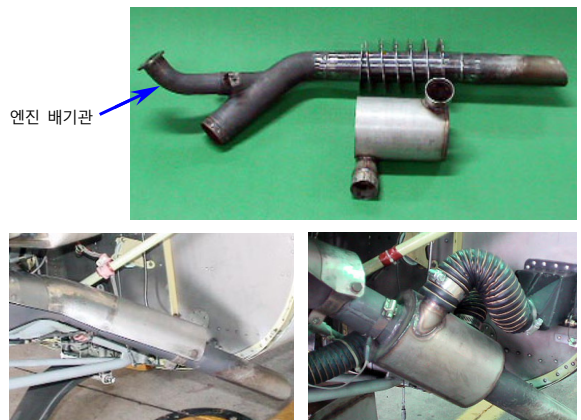


Fig. 6. Heating system installed in the exhaust system (top : before, bottom : after)

캐노피쪽으로 보내 난방을 하는 방식이다. 설계 당시에는 난방용으로 용량 450 W인 히터가 2대 장착되어 있었으나 항전장비의 장착 필요성으로 인해 이중 한대가 철거되어 열악한 난방이 되었을 뿐만 아니라 히터를 통해 가열된 공기 대부분은 조종석 쪽보다는 캐노피 쪽으로 배출되어 성에를 제거하는 목적으로 사용되어 실제로 난방에 기여하지 못하는 문제점을 안고 있었다. 이로 인해 겨울철에는 조종석의 온도가 영하 이하로 하강하고 조종사는 추위를 견디기 위해 방한화, 방한복 등을 과도하게 착용하여 신속하고 정확한 동작이 요구되는 조종석의 상황과 맞지 않는 조건에서 비행을 할 수 밖에 없었다.

난방을 위한 추가 장치가 필요하나 환기용 장치에서 고려한 것과 같이 추가 전원 확보는 어렵기 때문에 전기를 이용하는 방법은 배제되었으며, 전원이 필요없는 기계적인 방법을 이용한 난방장치를 고안하였다. 고안된 난방장치는 엔진 배기관의 배기가스가 고온으로

배출되는 것을 이용하여 공기를 가열하는 방법이다. T-103 항공기의 엔진은 Teledyne Continental Motors사의 Continental IO-360ES-4B으로 6개의 왕복엔진으로 구성되어 있고 각각 3개의 실린더가 양쪽으로 마주보고 있는 수평 대향식(opposite or flat type) 엔진이다. 한쪽 방향에 있는 3개의 엔진에서 배출되는 배기가스는 하나의 배기관으로 합쳐져 항공기 좌측과 우측으로 배출되고 있다. 고온의 배기가스를 이용하기 위한 열교환기는 Fig. 5와 같이 엔진 배기관에 설치되어 있다. 엔진 배기관의 온도는 배기가스 온도를 측정하기 위해 설치된 열전대 근처에서 약 250℃이다. 엔진 배기관에 설치된 열교환기의 모습은 Fig. 6과 같으며 주요 제원과 구성은 180 mm(길이) × 120 mm(외경)이며 입구와 출구의 내경은 50 mm이다. 열교환기 내에서 열교환이 효과적으로 이루어지도록 나선형 방열핀이 엔진 배기관 표면에 Tig 용접되어 있으며, 방열핀은 엔진 배기관을 약 6.5바퀴 선회하고 있다. 방열핀의 용접성을 높이고 열팽창에 의한 용접부 손상이 최소가 되도록 방열핀의 재질은 엔진 배기관 같은 Stainless steel 321 재질이다. 열교환기의 열교환은 외부 공기가 엔진 배기관의 하류 쪽에서 유입되고 상류로 가면서 가열되고 배출되는 역류형 열교환(counter-flow heat exchange) 방식<sup>2,3)</sup>이다.

열교환기에 공급할 외부공기를 유입시키기 위해 Fig. 7과 같이 항공기 전면 우측 엔진 배플(baffle)에 램공기 흡입구(ram air inlet)가 개조설치되고, 램공기 흡입구를 통해 유입된 외부공기를 엔진 양쪽의 열교환기로 분배하여 보내기 위한 Y자형 분기관이 엔진 아래쪽에 설치되어 있다. 지름 18 mm인 7개의 구멍으로 이루어진 램공기 흡입구는 프로펠러 바로 후면에 위치하고 있어 프로펠러 회전 시 자연적으로 형성된 램압력으로 외부 공기는 기계적 도움없이 램공기 흡입구를 통해 유입된다. Y자형 분기관의 입구쪽은 지름 75 mm, 출구쪽은 50 mm이며 램공기 흡입구는 75 mm 유연호스로, 열교환기는 50 mm 유연호스로 연결되어 있다. 또한 엔진 아래쪽을 지나가는 유연호스는 열에 의한 손상을 입지 않도록 내열성이 있는 것이며, 램공기 흡입구를 7개의 작은 구멍으로 만든 것은 주기되어 있는 항공기에 쥐와 같은 동물들의 출입을 막기 위해 고안된 것이다.

열교환기에서 가열된 공기는 50 mm 내열 유연호스를 거쳐 조종석과 엔진룸 사이의 방화벽에 설치된 차단밸브(shutoff valve)를 통과한 뒤 조종석 내의 환기 및 난방용 덕트를 통해 조종석에 공급된다. Fig. 8과

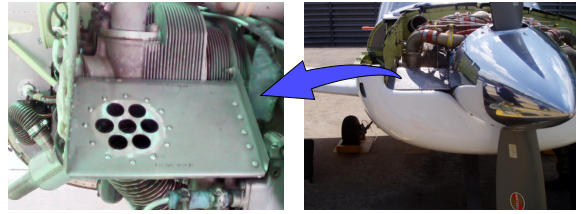


Fig. 7. Ram air inlet installed at the engine baffle

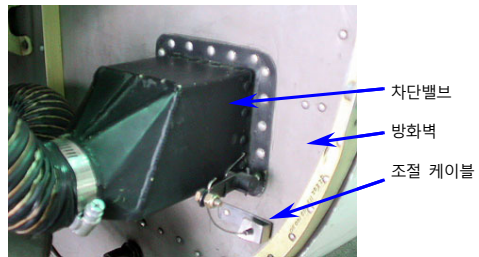
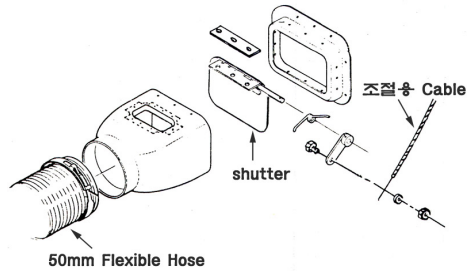


Fig. 8. Shutoff valve installed at the firewall

같이 차단밸브는 난방용 공기가 필요하지 않을 때는 가열공기를 차단할 수 있을 뿐만 아니라 가열공기의 양을 조절할 수 있도록 열고 닫히는 문(shutter)이 내부에 장치된 구조로 되어 있으며 조절용 문은 조종석 내에 설치된 난방용 조절손잡이와 케이블로 연결되어 있다. 여름철과 같이 난방이 필요 없는 경우에는 램공기 흡입구를 통과해 열교환기를 거쳐 가열된 공기는 차단밸브에서 엔진룸으로 배출되게 만들어 가열된 공기가 열교환기나 유연호스 내에서 정체되지 않도록 되어 있다.

#### 다. 조종석 온도 조절

조종석 내의 환기용 공기와 난방용 공기는 계기판 아래에 설치된 Fig. 9와 같은 하나의 덕트를 통해 동시에 공급된다. 덕트 출구에는 공기가 배출되는 방향을 조절할 수 있게 안내깃이 설치되어 있으며 배출되는 공기는 계기판 패널 좌측과 우측에 각각 분리되어 부

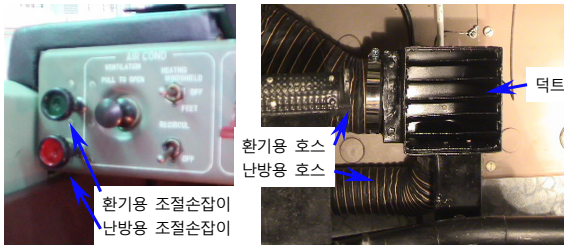


Fig. 9. Knob and duct

착된 조절 손잡이를 이용하여 환기용 공기량과 난방용 공기량을 서로 혼합함으로써 적절한 온도를 맞출 수 있다. 즉 여름철에 환기용 외부공기만을 사용하고자 할 경우에는 차단밸브를 조절하여 난방용 공기를 차단하고, 겨울철에는 열교환기로 가열된 공기만을 이용하여 난방을 하거나 온도조절은 환기용으로 공급되는 차가운 외부공기와 섞어 온도를 조절할 수 있다. 조절 손잡이와 덕트는 조종석 좌측과 우측에 2개가 분리 설치되어 있어 조종사는 각각 독립된 환기 및 난방장치를 조절하여 사용할 수 있다.

라. 환기 및 난방계통 개조 전후 비교

앞에서 설명한 T-103 실습기에 적용된 환기 및 난방 계통의 개조 전후 비교는 Fig. 10과 같다. Fig. 10의 우측 사진에 빨간색 원으로 표시된 부분이 동체와 엔진

룸의 주요 개조 부분이며, 램공기 흡입구와 엔진 하부의 Y자형 분기관을 제외한 나머지 부분은 항공기 좌측(보이지 않는 부분)에도 동일하게 설치되어 있다. 개조를 위해 항공기 1대당 사용된 자재는 2024-T3 알루미늄판, 철선(steel wire) 등 38종 100점이다. 이러한 자재들을 이용하여 램공기 흡입구, 환기용 공기흡입구 등은 현장에서 직접 개조되고, 열교환기, Y자형 분기관, 차단밸브, 조종석 내 덕트 등은 공군 정비장에서 제작되고, 기타 내열 유연호스, 케이블, 조절 손잡이 등에 사용된 부품들은 항공기 정비지원을 위해 기존에 준비된 것들이다. 개조 항공기 수와 참여인원, 소요 비용에 대한 설명은 생략한다.

T-103 실습기에 새로 설치된 환기장치와 난방장치는 추가의 전원이 필요 없이 램압력으로 작동할 수 있다. 환기용 외부공기는 항공기 동체 좌우측에 설치된 환기용 흡입구를 통해 측면 램공기가, 난방용 외부공기는 엔진룸과 프로펠러 중간에 있는 엔진 배플에 설치된 흡입구를 통해 유입된 전방 램공기가 이용된다. 환기용 흡입구의 위치는 엔진 배기구 뒤쪽이나 환기용 흡입구는 날개 위 동체 중간부분(Fig. 10)에 있고 엔진 배기구는 날개 아래쪽으로 배기가스를 배출하고 있을 뿐만 아니라 환기용 흡입구와 엔진 배기구는 거의 수직선상에 있기 때문에 엔진 작동 중에 환기용 흡입구에 엔진 배기가스가 유입될 가능성은 대단히 희박하다.

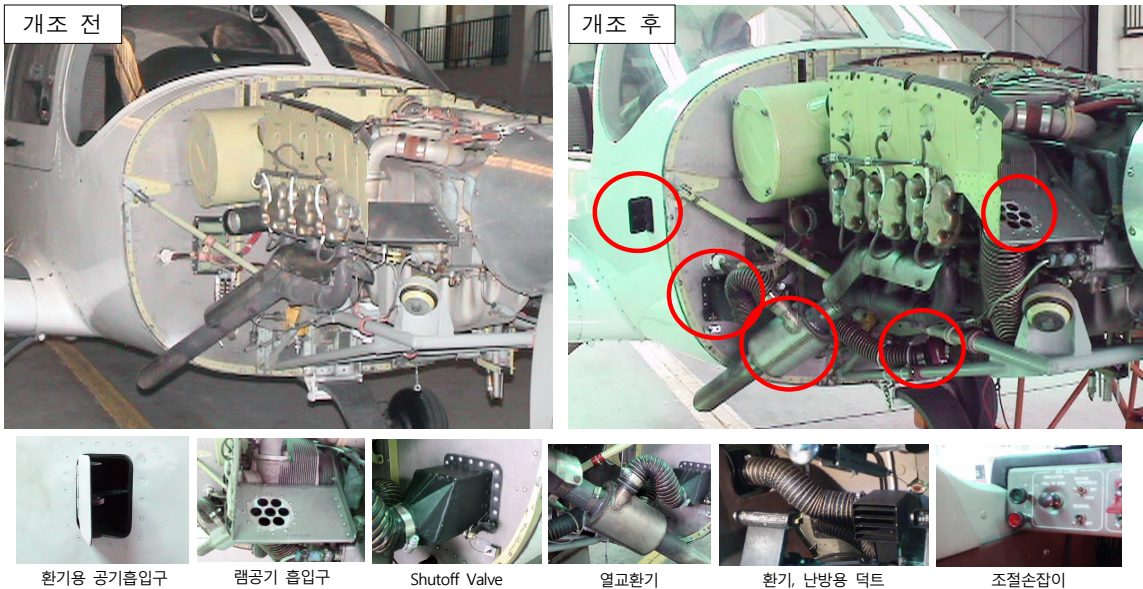


Fig. 10. Before and after mounting of ventilating and heating system

#### 4. 환기 및 난방계통 평가

환기계통과 난방계통 개조를 T-103 비행훈련 실습기 전체에 확대적용하기 전에 시험적으로 1대를 우선적으로 개조한 뒤 개조부품에 대한 평가<sup>[4,5]</sup>, 지상시험 평가<sup>[6]</sup>, 2회의 비행시험 평가, 그리고 사용자 평가를 수행하였다. 또한 개조부품에 대한 내구성과 비행특성을 살펴보기 위한 추수평가는 개조 후 비행시간이 약 30시간 누적된 후에 실시되었다.

추가 장착된 개조부품에 대한 무게중심과 모멘트 변화에 대한 평가는 IL-103(T-103) Flight manual의 지침<sup>[7]</sup>에 따라 수행되었다. 무게중심은 지침서에 제시된 것과 같이 Frame No. 0(방화벽)을 기준으로 거리를 측정하고 이를 이용하여 모멘트를 계산한다. 무게중심 계산에 포함된 주요 부품들은 열교환기, 클램프, 조종석 내 덕트, 차단밸브, 공기흡입구 등으로 개조에 사용된 부품들 대부분이 포함된다. 항공기 1대당 환기계통과 난방계통에 추가된 부품들의 총무게는 8.4 kg이며 지침서에 따른 모멘트변화는 0.02 kg·m이다. 이 결과를 조종사 2명이 탑승한 이륙중량 1,151.25 kg과 모멘트 합 1,169.8 kg·m와 비교하면 0.73 %의 무게증가와 0.002 %의 모멘트 변화에 해당되어 무게증가와 모멘트 변화에 큰 영향을 미치고 있지 않음을 알 수 있다. 무게증가와 모멘트 변화를 Flight manual의 항공기 무게와 모멘트의 한계 선도에 나타내면 Fig. 11에 표시된 빨간 점과 같으며 무게와 모멘트는 20 % MAC와 30 % MAC 범위 내에 있어 비행안전에 저해되지 않는다는 것을 알 수 있다. 여기서 MAC(Mean Aerodynamic Chord)는 평균공력 시위를 나타낸다.

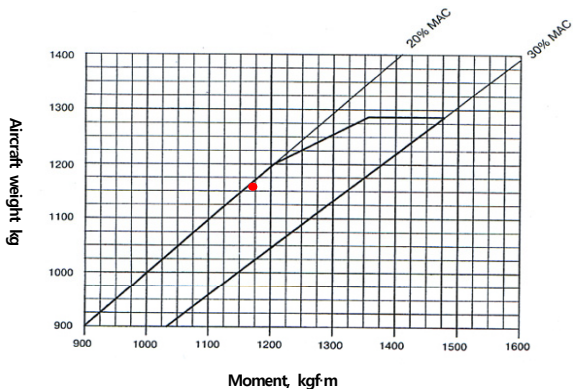


Fig. 11. Allowable range of weight and moment for T-103<sup>[7]</sup>

지상시험은 비행교관 조종사와 정비사가 참여하여 엔진 Run-up과 Hi-taxing을 한 후에 엔진 실린더헤드 온도(CTH : Cylinder Head Temperature), 오일압력, 오일온도, 연료압력, 분기관 압력, RPM 등 주로 엔진상태를 점검하는 성능평가<sup>[8]</sup>를 하였다. 점검결과 엔진상태는 환기계통과 난방계통을 개조하기 전과 특이할 만한 차이가 없었고 온도, 압력 등 계기판에 표시된 값들은 정상범위 안의 값이었다.

비행시험은 대기온도 13 °C, 대기압 1,025 mbar인 11월 중에 환기 및 난방계통 성능, 항공기와 엔진 성능에 대하여 시험비행 조종사와 비행교관 조종사가 탑승하여 수행하였다. 비행시험은 임무단계에 따라 지상 ~1,800 m까지 일정 고도별로 CHT, 오일압력, 오일온도, 연료압력, RPM 등 항공기 엔진성능과 관련된 사항과 환기용 공기의 양, 난방 시 온도상승 효과 등을 점검하였다. 점검결과 지상시험 결과와 마찬가지로 환기 및 난방장치 추가 전과 특별한 차이 없이 각종 계기들은 정상범위 안의 값을 나타내었고, 환기용 공기량도 충분하게 공급되었으며 난방 시 온도는 외부공기 온도보다 20°C 이상 가열된 27 °C(고도 300 m)~33 °C(고도 1,800 m)까지 측정되었으며, 이 이상의 온도증가도 가능하였으나 시험 중 조종환경에 나쁜 영향을 미칠 뿐만 아니라 의미가 없기 때문에 시험하지 않았다.

추수평가<sup>[6]</sup>는 비행 후 매년 수행하는 상태점검과 별도로 약 30소티(30시간 비행)의 비행 후에 개조된 환기계통과 난방계통에 대해 이루어졌다. 평가는 엔진 배기관에 용접된 열교환기의 용접부위에 대한 형광침투검사(fluorescent penetration inspection), 열교환기 내 방열핀 용접상태 점검을 위한 내시경(borescope) 검사가 이루어졌으며 기타 부품에 대해서는 변형, 마모, 변색 등에 대한 육안검사를 하였다. 평가결과 특이사항은 발견되지 않았으며, 주요 개조 부품인 열교환기의 경우 비작동 부품으로 일시적인 손상이 발생되지 않기 때문에 비행 후에 변형, 변색 등 이상유무를 육안으로 검사하고 비행 50시간마다 체결부위를 10배 확대경 검사, 그리고 비행 300시간마다 용접부위를 형광침투검사를 실시하는 점검주기를 설정<sup>[1]</sup>하였다.

환기계통과 난방계통에 대한 지상시험과 비행시험, 그리고 추수평가에서 문제점이 발견되지 않고 환기 및 난방효과에 대한 조종사 대상 의견청취 결과 환기 및 난방효과에 대해 대단히 만족하는 수준으로 나타나 후속 비행훈련 실습기에 대해 개조를 추진하였다.

## 5. 결 론

2004년부터 공군이 도입하여 비행훈련 실습기로 운영하고 있는 러시아 MIG사가 제작한 T-103 항공기는 충분한 기능을 발휘하지 못하는 환기계통으로 여름철 조종석의 온도는 40 °C까지 상승할 뿐만 아니라 겨울철에는 미흡한 난방장치로 조종석 온도가 영하까지 강하하여 조종사들의 체력손실, 임무전념 차질, 과도한 보온용 복장 착용 등 많은 문제점을 발생시키고 있었다. 이에 따라 환기계통과 난방계통을 개선하기 위해 다양한 방법을 검토한 후 환기계통은 추가 공기흡입구를 장착하여 개선하는 방법으로, 난방계통은 엔진 배기열을 활용하는 열교환기를 장착하는 방법을 적용하였다.

개조 및 개선과정에서 추가부품으로 인해 항공기의 무게중심과 모멘트의 변화를 최대한 줄일 수 있도록 장치들의 크기와 무게는 소형 경량이 되도록 하였으며, 장치의 구동은 외부의 전력이나 추가동력 소요 없이 조종사가 기계적으로 작동할 수 있도록 하였다.

개념설계와 상세설계를 바탕으로 환기계통과 난방계통에 대한 부품과 구성품을 제작하였으며, 비행훈련 실습기 1대를 시범개조하여 환기 및 난방계통에 대한 성능을 지상과 공중에서 평가하였다. 성능평가는 환기와 난방 성능뿐만 아니라 장치 추가설치로 인한 무게중심 변화, 모멘트 변화, 내구성 평가, 사용자 평가 등을 포함하였다. 평가결과 무게중심과 모멘트 변화는 비행교범에 주어진 범위 내에 있어 비행안전에 저해되지 않았으며, 지상시험과 비행시험을 통해 엔진성능변화, 조종석 온도변화, 조종사 체감도 등을 측정된 결과 조종사들의 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

T-103 비행훈련 실습기에 대한 환기 및 난방장치의 개선으로 여름철에 조종석에 외부의 신선한 공기를 충분히 공급할 수 있어 보다 쾌적한 환경에서 조종할 수 있게 되었으며, 겨울철에는 조종석의 온도를 20 °C 이상 유지할 수 있어 조종사와 실습자에게 임무수행에 보다 집중할 수 있도록 하였다. 또한 조종사와 실습조종사간 조종교육 환경을 고려하여 각자 온도를 적절하게 조절할 수 있도록 조종석 좌우에 분리된 온도 조절용 손잡이를 설치하였다. 또한 환기계통 및 난방계통의 개선은 계속 지체되는 제작사 주도 기술검토를 조기에 해결하여 조종사가 보다 임무에 전념할 수 있도록 하였으며, 제작사측의 기술개발 및 검토에 소요될 많은 비용을 절감할 수 있게 되었다.

## References

- [1] "IL-103 Aircraft Maintenance Manual", Ilyushin Aviation Complex, 1999.
- [2] F. P. Incropera & D. P. DeWitt, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", John Wiley & Sons, 1996.
- [3] A. Bejan, "Heat Transfer", John Wiley & Sons, 1993.
- [4] I. Treager, "Aircraft Gas Turbine Engine Technology", 3rd Ed., Glencoe/McGraw-Hill, 1995.
- [5] J. Anderson, "Introduction to Flight", 5th Edition, McGraw-Hill, 2005.
- [6] 강영식, 김태구, 황영하, "신뢰성 공학과 응용", 동화기술, 2007.
- [7] "IL-103 Aircraft Flight Manual", Ilyushin Aviation Complex, 1999.
- [8] 부준홍 외, "분사추진기관", 청문각, 2007.