



Sudhara International

+48 32 724 35 86

info@sudharapolska.com  
www.sudharapolska.com

# STATYSTYCZNE STEROWANIE PROCESEM (SPC) I ANALIZA SYSTEMÓW POMIAROWYCH (MSA) W LOTNICTWIE ZGODNIE Z WYMAGANIEM NORM AS 13003 I AS 13006 ORAZ STANDARDÓW RM 13003 RM 13006 PROGRAM SZKOLENIA

## Cel szkolenia

Celem szkolenia jest wsparcie organizacji lotniczych w skutecznym wdrażaniu i utrzymywaniu nadzoru nad procesami produkcyjnymi oraz systemami pomiarowymi zgodnie z wymaganiami AS13006, AS13003 oraz wytycznymi RM13006 i RM13003.

Szkolenie koncentruje się na praktycznym podejściu do ograniczania zmienności procesów, zapewnienia stabilności produkcji, wiarygodności danych pomiarowych oraz podejmowania decyzji jakościowych opartych na faktach.

Istotnym założeniem szkolenia jest pokazanie, w jaki sposób SPC i MSA wspierają spełnienie wymagań klientów lotniczych, nadzór nad charakterystykami Critical i Major, skuteczność planów kontroli oraz przygotowanie organizacji do auditów i oceny zgodności procesów w lotniczym łańcuchu dostaw.

## Program szkolenia:

PRE – TEST

### DZIEŃ 1

#### SPC I STEROWANIE PROCESEM W LOTNICTWIE

##### 1. Znaczenie sterowania procesem:

- Sterowanie procesem jako podejście zapobiegawcze, oparte na ograniczaniu zmienności, utrzymywaniu procesu na wartości docelowej i szybkim reagowaniu na zmiany w procesie.
- Ograniczenia kontroli końcowej: późna informacja o problemie, brak widoczności trendów, ryzyko opóźnionej reakcji oraz możliwość podejmowania decyzji dopiero po wytworzeniu wyrobu.
- Powiązanie SPC z planem kontroli, PFMEA, walidacją procesu, działaniami korygującymi, doskonaleniem procesu oraz bieżącym nadzorem nad charakterystykami wyrobu.

##### 2. Wymagania AS13006 i RM13006:

- Logika sterowania procesem według AS13006 i RM13006: zdolność procesu, właściwie dobrane metody kontroli oraz działania bazowe zapewniające stabilne warunki produkcji.



- Działania bazowe wspierające sterowanie procesem: kompetencje personelu, utrzymanie maszyn, standardowe metody pracy, sprawne systemy pomiarowe, nadzór nad materiałem i stabilne środowisko.
- Krótka pętla reakcji w procesie: pomiar, analiza, decyzja i działanie, z jasno określoną odpowiedzialnością operatora, inżyniera procesu i inżyniera jakości.

### 3. Podstawy statystyki dla SPC:

- Opis położenia i zmienności procesu: średnia, rozstęp, odchylenie standardowe, rozkład danych oraz znaczenie kolejności czasowej wyników.
- Rozróżnienie granic tolerancji i granic kontrolnych: wymaganie wyrobu wobec naturalnego zachowania procesu.
- Stabilność procesu jako warunek analizy zdolności oraz praktyczna interpretacja wskaźników Cp, Cpk, Pp i Ppk, także przy danych nienormalnych.

### 4. Metody sterowania procesem:

- Statystyczne metody sterowania: karty kontrolne dla danych zmiennych, karty kontrolne dla danych atrybutowych oraz analiza stabilności i zdolności procesu.
- Niestatystyczne metody sterowania: error proofing, mistake proofing, run charts z limitami niestatystycznymi, pre-control, life / usage control, visual process check, checklisty, first piece check i test piece evaluation.
- Kryteria doboru metody sterowania: rodzaj charakterystyki, ryzyko procesu, wolumen produkcji, dostępność danych, wpływ metody na decyzję oraz praktyczność planu reakcji.

### 5. Karty kontrolne dla danych zmiennych:

- Zastosowanie kart I-MR, Xbar-R, Xbar-S, I-MR-R/S oraz kart „deviation from target” dla pojedynczych pomiarów, racjonalnych podgrup, rodzin części i procesów z efektami między podgrupami.
- Budowa karty kontrolnej: dane w kolejności czasowej, linia centralna, granice kontrolne, racjonalne grupowanie danych oraz aktualne warunki prowadzenia procesu.
- Interpretacja sygnałów specjalnych i plan reakcji: identyfikacja zmiany procesu, potwierdzenie przyczyny, działanie korygujące oraz unikanie nadmiernej regulacji stabilnego procesu.

### 6. Karty kontrolne dla danych atrybutowych:

- Zastosowanie kart P, nP, C i U do monitorowania udziału wyrobów niezgodnych, liczby wyrobów niezgodnych, liczby niezgodności oraz liczby niezgodności na jednostkę.
- Ograniczenia danych atrybutowych: mniejsza ilość informacji niż przy danych liczbowych, słabsza zdolność wczesnego wykrywania trendów oraz większa zależność od liczebności próby.
- Wsparcie analizy atrybutowej przez Pareto, analizę przyczyn niezgodności, ocenę danych rzadkich oraz powiązanie wyników z działaniami doskonalącymi.

### 7. Zdolność procesu:

- Zdolność procesu jako ocena możliwości spełniania wymagań klienta przy znanej zmienności, znanym położeniu procesu i potwierdzonej stabilności.
- Interpretacja Cp, Cpk, Pp i Ppk: potencjał procesu, wpływ położenia względem granic tolerancji oraz różnica między oceną krótkoterminową i długoterminową.
- Szczególne przypadki analizy zdolności: procesy z naturalnym dryftem, tolerancje jednostronne, dane nienormalne, charakterystyki krytyczne i procesy o wysokim ryzyku.

### Ćwiczenia warsztatowe - dzień 1

- Budowa karty Xbar-R.

### DZIEŃ 2

### MSA W LOTNICTWIE I POWIĄZANIE MSA Z SPC

### 8. Znaczenie MSA:



- MSA jako potwierdzenie przydatności systemu pomiarowego do zamierzonego zastosowania, w tym do decyzji jakościowych, sterowania procesem i oceny zgodności wyrobu.
- System pomiarowy jako całość: przyrząd, metoda, operator, detal, mocowanie, środowisko, oprogramowanie, zapis wyniku i reguła decyzji.
- Ryzyka pracy na niewiarygodnych danych: błędna akceptacja wyrobu niezgodnego, błędne odrzucenie wyrobu zgodnego oraz fałszywe sygnały niestabilności procesu.

## 9. Wymagania AS13003 i RM13003:

- Zasady planowania, prowadzenia i interpretacji analiz systemów pomiarowych zgodnie z logiką AS13003 i RM13003.
- Sytuacje wymagające oceny MSA: nowa metoda weryfikacji, zmiana przyrządu, zmiana programu CMM, naprawa wyposażenia, zmiana środowiska, zmiana konstrukcji cechy i problem jakościowy.
- Zakres MSA zależny od klasyfikacji charakterystyki, ryzyka procesu i wymagań klienta, ze szczególnym znaczeniem charakterystyk Critical i Major.

## 10. Planowanie badania MSA:

- Badanie MSA jako eksperyment pomiarowy obejmujący próbki, operatorów, powtórzenia, warunki pomiaru, kryteria oceny oraz sposób dokumentowania wyniku.
- Próbkę reprezentującą rzeczywisty zakres procesu i tolerancji: części produkcyjne, części scrap, części zastępcze lub artefakty, z opisaniem ograniczeń badania.
- Warunki badania zgodne z praktyką produkcyjną: reprezentatywni operatorzy, rzeczywista metoda pomiaru, właściwe mocowanie, randomizacja oraz brak dostępu do wcześniejszych wyników.

## 11. MSA dla danych zmiennych:

- Podstawowe składniki oceny systemu pomiarowego: powtarzalność, odtwarzalność, GRR, bias, liniowość, stabilność, rozdzielczość i ndc.
- Interpretacja wyników GRR i ANOVA: udział systemu pomiarowego w zmienności całkowitej, źródła zmienności oraz wpływ systemu na decyzje jakościowe.
- Decyzja o przydatności systemu pomiarowego: wynik akceptowalny, wynik graniczny, wynik nieakceptowalny oraz wymagane działania po ocenie.

## 12. MSA dla CMM i systemów zautomatyzowanych:

- CMM jako element systemu pomiarowego, obejmujący maszynę, program, strategię pomiarową, sondę, bazowanie, mocowanie, załadunek części i algorytm wyznaczania cechy.
- Źródła zmienności w systemach zautomatyzowanych: mocowanie, strategia pomiaru, liczba punktów, dostęp do cechy, stan sondy, sposób bazowania i zmiany programu.
- Ponowna ocena systemu po zmianach maszyny, programu, sondy, strategii pomiaru, mocowania, lokalizacji lub sposobu użycia systemu.

## 13. MSA dla niskich wolumenów:

- Specyfika lotniczego łańcucha dostaw: mała liczba części, długi cykl produkcyjny, wysoki koszt wyrobu, ograniczona dostępność próbek i trudność odtworzenia klasycznego układu badania.
- Alternatywne podejścia do próbkowania: mniejsza liczba części, dłuższy czas zbierania danych, wykorzystanie wielu podobnych cech, części zastępczych, części scrap lub artefaktów.
- EMP jako wsparcie oceny systemów pomiarowych przy ograniczonej dostępności danych: consistency study, Short EMP, Basic EMP, ICC oraz guard bands.

## 14. MSA dla danych atrybutowych:

- Zakres analiz atrybutowych: oceny zgodne / niezgodne, dobry / zły, akceptować / odrzucić, kontrole wizualne i klasyfikacje oparte na decyzji człowieka.



- Ocena systemu atrybutowego: zgodność ze wzorcem, zgodność między oceniającymi, powtarzalność decyzji tej samej osoby oraz wykorzystanie próbek granicznych.
- Interpretacja ryzyk: fałszywa akceptacja, fałszywe odrzucenie, niejasne standardy oceny, potrzeba doprecyzowania kryteriów, szkolenia lub zmiany metody kontroli.

## 15. Reakcja na wynik MSA:

- Wynik akceptowalny jako potwierdzenie przydatności systemu pomiarowego oraz możliwość stosowania danych w SPC, kontroli procesu i decyzjach jakościowych.
- Wynik graniczny jako podstawa oceny ryzyka, ograniczeń stosowania systemu, dodatkowych zabezpieczeń oraz decyzji właściciela procesu.
- Wynik nieakceptowalny jako podstawa działań korygujących: zmiana metody, zmiana przyrzędu, poprawa mocowania, doprecyzowanie instrukcji, szkolenie operatorów, zmiana środowiska lub uzgodnienie alternatywy z klientem.

## 16. Połączenie MSA, SPC i planu kontroli:

- Spójność planu kontroli: charakterystyka, metoda pomiaru, wynik MSA, metoda sterowania procesem, częstotliwość kontroli, odpowiedzialność i plan reakcji.
- Wpływ MSA na SPC: wiarygodność danych, interpretacja kart kontrolnych, analiza zdolności, częstotliwość kontroli oraz ocena sygnałów specjalnych.
- Pakiet dowodów dla klienta lub auditu: wymaganie, charakterystyka, metoda pomiaru, raport MSA, karta kontrolna, plan reakcji, zapisy z procesu i decyzja jakościowa.

## Ćwiczenia warsztatowe - dzień 2

- Przygotowanie planu badania MSA dla charakterystyki Major lub Critical, z doбором próbek, operatorów, liczby powtórzeń, warunków badania i kryteriów oceny.

POST – TEST

## Charakter szkolenia

Szkolenie ma charakter praktyczny. Obejmuje niezbędną teorię, podstawy statystyki oraz ćwiczenia na danych produkcyjnych i pomiarowych.

Program **różni się od typowych szkoleń automotive**. Główny nacisk położony jest na wymagania i realia lotniczego łańcucha dostaw, a nie na standardowe podejście AIAG SPC/AIAG MSA.

## Grupa docelowa:

Szkolenie przeznaczone jest dla osób odpowiedzialnych za jakość, procesy produkcyjne, pomiary, nadzór nad charakterystykami specjalnymi oraz spełnienie wymagań klientów lotniczych.

W szczególności szkolenie rekomendowane jest dla:

- inżynierów jakości,
- inżynierów procesu,
- inżynierów produkcji,
- specjalistów ds. SPC i MSA,
- metrologów oraz pracowników laboratoriów pomiarowych,
- programistów i operatorów CMM,
- technologów,
- liderów jakości i produkcji,
- auditorów wewnętrznych,
- osób odpowiedzialnych za plany kontroli, PFMEA, walidację procesu oraz działania korygujące,
- managerów jakości, produkcji i inżynierii współpracujących z klientami z branży lotniczej.



Szkolenie jest szczególnie przydatne dla organizacji działających w lotniczym łańcuchu dostaw, które muszą wykazać skuteczność sterowania procesem oraz wiarygodność danych pomiarowych podczas auditów klienta, auditów systemowych lub przeglądów dokumentacji jakościowej.

## Korzyści po szkoleniu

Po ukończeniu szkolenia uczestnicy będą potrafili:

- Interpretować wymagania AS13006, AS13003, RM13006 i RM13003 w kontekście codziennej praktyki produkcyjnej i jakościowej,
- Dobrać właściwą metodę sterowania procesem do rodzaju charakterystyki, poziomu ryzyka, dostępności danych i wolumenu produkcji.
- Rozróżnić granice tolerancji od granic kontrolnych oraz prawidłowo interpretować stabilność procesu..
- Budować i analizować karty kontrolne dla danych liczbowych oraz atrybutowych.
- Identyfikować sygnały specjalne na kartach kontrolnych i definiować adekwatne plany reakcji.
- Oceniać zdolność procesu z wykorzystaniem wskaźników Cp, Cpk, Pp i Ppk.
- Rozumieć ograniczenia klasycznej analizy zdolności w przypadku danych nienormalnych, tolerancji jednostronnych, procesów z dryftem oraz niskich wolumenów.
- Zaplanować badanie MSA jako eksperyment pomiarowy.
- Dobrać próbki, operatorów, liczbę powtórzeń i warunki badania MSA do realiów procesu lotniczego,
- interpretować wyniki GRR, ANOVA, bias, liniowości, stabilności, rozdzielczości i ndc.
- Ocenieć przydatność systemów pomiarowych, w tym systemów CMM i systemów zautomatyzowanych.
- Stosować alternatywne podejścia MSA dla niskich wolumenów i ograniczonej dostępności części.
- Oceniać systemy pomiarowe dla danych atrybutowych, w tym kontrole wizualne i decyzje typu akceptować/ odrzucić.
- Powiązać wyniki MSA z SPC, planem kontroli, PFMEA, charakterystykami specjalnymi i wymaganiami klienta.
- Przygotować spójny pakiet dowodów dla klienta lub auditu: wymaganie, charakterystyka, metoda pomiaru, raport MSA, karta kontrolna, plan reakcji i zapisy z procesu.

## Metodyka szkolenia

Szkolenie prowadzone jest w formule warsztatowej, łączącej krótkie wprowadzenia teoretyczne z analizą przykładów przemysłowych oraz ćwiczeniami praktycznymi.

Metodyka szkolenia obejmuje:

- Omówienie wymagań lotniczych AS13006, AS13003, RM13006 i RM13003 w odniesieniu do rzeczywistych procesów produkcyjnych i kontrolnych.
- Analizę przykładów zastosowania SPC i MSA w lotniczym łańcuchu dostaw,
- Pracę na danych produkcyjnych i pomiarowych,
- Ćwiczenia z budowy i interpretacji kart kontrolnych,
- Ćwiczenia z planowania badania MSA dla charakterystyk Major i Critical,
- Analizę typowych błędów w stosowaniu SPC i MSA.
- Dyskusję moderowaną nad przypadkami uczestników.
- Interpretację wyników oraz podejmowanie decyzji jakościowych na podstawie danych.
- Pre-test i post-test weryfikujący poziom wiedzy uczestników.

Szkolenie ma charakter praktyczny i jest ukierunkowane na zastosowanie SPC i MSA w realnych warunkach przemysłowych, z naciskiem na specyfikę branży lotniczej, niskie wolumeny, wysokie wymagania klienta oraz konieczność udokumentowania skuteczności nadzoru nad procesem i systemem pomiarowym.

**Czas trwania szkolenia - 2 dni**