

**Program studiów**

# **Zaawansowane pomiary współrzędnościowe podyplomowe**

## 1. Podstawowe informacje o studiach podyplomowych

|  |   |
|--|---|
| Nazwa studiów                                      | <b>Zaawansowane pomiary współrzędnościowe</b> |
| Poziom studiów                                     | <b>podyplomowe</b>                            |
| Liczba semestrów                                   | studia niestacjonarne: <b>2</b>               |
| Liczba punktów ECTS wymagana do ukończenia studiów | <b>35</b>                                     |
| Łączna liczba godzin zajęć                         | <b>300</b>                                    |

## 2. Cel studiów podyplomowych

Celem studiów jest nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie nowoczesnej metrologii wielkości geometrycznych uwzględniającej m.in. współrzędnościową technikę pomiarową, pomiary struktury geometrycznej powierzchni i analizę wyników pomiarów.

## 3. Adresaci studiów podyplomowych

Adresatami studiów podyplomowych są absolwenci studiów kierunków technicznych zainteresowani nowoczesną metrologią wielkości geometrycznych.

## 4. Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia

Absolwent studiów podyplomowych potrafi planować i przeprowadzać pomiary wielkości geometrycznych z użyciem zaawansowanych systemów pomiarowych. Posiada wiedzę oraz umiejętności w zakresie m.in. nowoczesnej metrologii współrzędnościowej, doboru właściwej strategii pomiarowej i analizy statystycznej wyników pomiarów.

## 5. Zasady rekrutacji

Rekrutacja na studia podyplomowe odbywa się w Systemie Internetowej Rekrutacji kandydatów „SIR” przez stronę internetową: [www.prz.edu.pl](http://www.prz.edu.pl). Rejestracja kandydata w SIR jest warunkiem przystąpienia do postępowania kwalifikacyjnego. Rekrutacja przebiega bez egzaminów wstępnych. O przyjęciu decyduje pozytywna weryfikacja dokumentów złożonych przez kandydata, a w przypadku większej liczby kandydatów niż liczba miejsc określona w limitach, o przyjęciu decyduje kolejność złożenia kompletu wymaganych dokumentów w wyznaczonym terminie. Miejsce składania dokumentów: sekretariat Katedry Techniki Wytwarzania i Automatyzacji (KTWiA) Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, budynek C, 1. piętro, pokój C.108. Uzupełniające dane kontaktowe: tel. 17 865 1203, tel./fax 17 854 2595, [www.ktwia.prz.edu.pl](http://www.ktwia.prz.edu.pl) Kandydaci składają: 1) ankietę osobową (formularz PODANIA SIR) – wydrukowaną z Systemu Internetowej Rekrutacji i podpisaną przez kandydata; 2) kopię dyplomu ukończenia studiów wyższych – oryginał dyplomu należy przedstawić do wglądu kierownikowi lub osobie przez niego upoważnionej w celu poświadczenia zgodności kopii składanego dokumentu z jego oryginałem; 3) oświadczenie dotyczące pokrycia kosztów kształcenia, w przypadku gdy koszty kształcenia pokrywa pracodawca. Niedostarczenie w ustalonym terminie kompletu dokumentów skutkuje niedopuszczeniem kandydata do dalszego postępowania rekrutacyjnego.

## 6. Efekty uczenia się

| Symbol | Treść   | Odniesienia do PRK |
|--------|---|--------------------|
| K_W01  | Posiada szczegółową wiedzę w zakresie analizy wyników pomiarów.   | <b>P7S_WG</b>      |
| K_W02  | Posiada szczegółową wiedzę w zakresie nowoczesnych systemów pomiarowych.  | <b>P7S_WG</b>      |
| K_W03  | Posiada szczegółową wiedzę w zakresie czynników wpływających na wyniki pomiarów.  | <b>P7S_WG</b>      |
| K_W04  | Posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie planowania badań doświadczalnych.   | <b>P7S_WG</b>      |
| K_W05  | Posiada szczegółową wiedzę w zakresie metrologii współrzędnościowej.  | <b>P7S_WG</b>      |
| K_W06  | Posiada szczegółową wiedzę w zakresie inżynierii odwrotnej.   | <b>P7S_WG</b>      |
| K_W07  | Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie dokumentacji technicznej wyrobów.  | <b>P7S_WG</b>      |
| K_U01  | Potrafi posługiwać się odpowiednio dobranym oprogramowaniem komputerowym służącym do wspomaganie pomiarów.  | <b>P7S_UW</b>      |
| K_U02  | Potrafi rozwiązywać praktyczne zadania inżynierskie.  | <b>P7S_UW</b>      |
| K_U03  | Potrafi poprawnie interpretować wyniki pomiarów i wyciągać na ich podstawie wnioski.  | <b>P7S_UW</b>      |
| K_U04  | Potrafi planować i przeprowadzać pomiary z użyciem różnych urządzeń pomiarowych.  | <b>P7S_UW</b>      |
| K_U05  | Potrafi planować i przeprowadzać badania doświadczalne.   | <b>P7S_UW</b>      |
| K_U06  | Potrafi opracowywać wyniki pomiarów realizowanych z użyciem różnych urządzeń pomiarowych.   | <b>P7S_UW</b>      |
| K_K01  | Jest gotów do krytycznej oceny własnej wiedzy i dostępnych informacji oraz uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych jak również zasięgania opinii specjalistów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu. | <b>P7S_KK</b>      |
| K_K02  | Wykazuje odpowiedzialność za skutki własnych działań.   | <b>P7S_KR</b>      |
| K_K03  | Ma świadomość potrzeby ciągłego doskonalenia umiejętności i samokształcenia.  | <b>P7S_KR</b>      |
| K_K04  | Potrafi myśleć i postępować kreatywnie.   | <b>P7S_KO</b>      |

Opis efektów uczenia się zawiera efekty uczenia się, o których mowa w ustawie z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji i uwzględnienia uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia określone w tej ustawie oraz charakterystyki drugiego stopnia określone w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ust. 3 tej ustawy.

## 7. Wykaz zajęć, parametry programu studiów, metody weryfikacji efektów uczenia się oraz treści programowe

### 7.1 Wykaz zajęć

| Sem. | Jedn. | Nazwa zajęć | Wykład | Ćwiczenia/<br>Lektorat | Lab. | Projekt/<br>Seminarium | Suma<br>godzin | Punkty<br>ECTS | Godziny<br>praktyczne | ECTS<br>praktyczne | Godziny<br>zdalne | ECTS<br>zdalne | Egzamin | Oblig. |
|------|-------|-------------|--------|------------------------|------|------------------------|----------------|----------------|-----------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|
|------|-------|-------------|--------|------------------------|------|------------------------|----------------|----------------|-----------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|

|                                    |    |  |            |          |            |          |            |           |            |           |            |           |          |          |
|------------------------------------|----|--|------------|----------|------------|----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|----------|----------|
| 1                                  | MO | Dobór urządzeń pomiarowych                           | 15         | 0        | 0          | 0        | 15         | 2         | 0          | 0         | 15         | 2         | N        |          |
| 1                                  | MO | Geometryczna specyfikacja wyrobu - GPS               | 15         | 0        | 0          | 0        | 15         | 2         | 0          | 0         | 15         | 2         | N        |          |
| 1                                  | MO | Metrologia współrzędnościowa                         | 15         | 0        | 15         | 0        | 30         | 4         | 15         | 2         | 15         | 2         | T        |          |
| 1                                  | MO | Planowanie badań doświadczalnych                     | 15         | 0        | 30         | 0        | 45         | 4         | 30         | 3         | 15         | 1         | N        |          |
| 1                                  | MO | Pomiary struktury geometrycznej powierzchni          | 15         | 0        | 15         | 0        | 30         | 4         | 15         | 2         | 15         | 2         | N        |          |
| 1                                  | MO | Pomiary współrzędnościowe na obrabiarkach CNC        | 0          | 0        | 15         | 0        | 15         | 2         | 15         | 2         | 0          | 0         | N        |          |
| <b>Sumy za semestr: 1</b>          |    |  | <b>75</b>  | <b>0</b> | <b>75</b>  | <b>0</b> | <b>150</b> | <b>18</b> | <b>75</b>  | <b>9</b>  | <b>75</b>  | <b>9</b>  | <b>1</b> | <b>6</b> |
| 2                                  | MO | Analiza statystyczna wyników pomiarów                | 15         | 0        | 15         | 0        | 30         | 4         | 15         | 2         | 15         | 2         | N        |          |
| 2                                  | MO | Inżynieria rekonstrukcyjna                           | 15         | 0        | 30         | 0        | 45         | 4         | 30         | 3         | 15         | 1         | N        |          |
| 2                                  | MO | Metody analizy systemów pomiarowych - MSA            | 15         | 0        | 15         | 0        | 30         | 4         | 15         | 2         | 15         | 2         | T        |          |
| 2                                  | MO | Programowanie współrzędnościowych maszyn pomiarowych | 0          | 0        | 15         | 0        | 15         | 2         | 15         | 2         | 0          | 0         | N        |          |
| 2                                  | MO | Statystyczna kontrola procesu                        | 15         | 0        | 15         | 0        | 30         | 3         | 15         | 2         | 15         | 2         | N        |          |
| <b>Sumy za semestr: 2</b>          |    |  | <b>60</b>  | <b>0</b> | <b>90</b>  | <b>0</b> | <b>150</b> | <b>17</b> | <b>90</b>  | <b>11</b> | <b>60</b>  | <b>7</b>  | <b>1</b> | <b>0</b> |
| <b>SUMY ZA WSZYSTKIE SEMESTRY:</b> |    |  | <b>135</b> | <b>0</b> | <b>165</b> | <b>0</b> | <b>300</b> | <b>35</b> | <b>165</b> | <b>20</b> | <b>135</b> | <b>16</b> | <b>2</b> | <b>6</b> |

Liczba punktów ECTS przypisanych do zajęć kształtujących umiejętności praktyczne: **20**

Liczba punktów ECTS przypisanych do zajęć prowadzonych z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość: **16**

## 7.2 Parametry programu studiów i metody weryfikacji efektów uczenia się

### Parametry programu studiów

|  |         |
|--|---------|
| Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia.  | 12 ECTS |
| Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana zajęciom związanym z prowadzoną w uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów.   | 24 ECTS |
| Łączna liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne. | --      |
| Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana przedmiotom do wyboru.   | 0 ECTS  |
| Liczba godzin zajęć z wychowania fizycznego.   | --      |

### Metody weryfikacji efektów uczenia się

Szczegółowe zasady oraz metody weryfikacji i oceny efektów uczenia się pozwalające na sprawdzenie i ocenę wszystkich efektów uczenia się są opisane w kartach zajęć. W ramach programu weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się jest realizowana w szczególności przy pomocy następujących metod: egzamin cz. pisemna, egzamin cz. praktyczna, egzamin cz. ustna, zaliczenie cz. pisemna, zaliczenie cz. praktyczna, zaliczenie cz. ustna, esej, kolokwium, sprawdzian pisemny, obserwacja wykonawstwa, prezentacja dokonań (portfolio), prezentacja projektu, raport pisemny, referat pisemny, referat ustny, sprawozdanie z projektu, test pisemny. Szczegółowe informacje na temat weryfikacji osiągniętych przez studentów efektów uczenia się znajdują się w kartach zajęć opublikowanych na stronie internetowej wydziału. Parametry wybranych metod weryfikacji efektów uczenia się znajdują się w tabeli poniżej.

|  |    |
|--|----|
| Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin  | 2  |
| Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie pisemnej  | 2  |
| Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie ustnej  | 0  |
| Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie pisemnej  | 4  |
| Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie ustnej  | 0  |
| Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do egzaminów i zaliczeń   | 39 |
| Liczba zajęć, które kończą się zaliczeniem bez egzaminu  | 9  |
| Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie pisemnej   | 1  |
| Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie ustnej   | 0  |
| Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do zaliczeń w trakcie semestrów na zajęciach ćwiczeniowych (bez zaliczeń końcowych) | 0  |

|   |    |
|---|----|
| Liczba zajęć, w których weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się realizowana jest na podstawie obserwacji wykonawstwa (laboratoria)   | 9  |
| Liczba laboratoriów, w których osiągane efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie sprawdzianów w trakcie semestru   | 0  |
| Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach laboratoryjnych   | 0  |
| Liczba zajęć projektowych, w których osiągane efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie prezentacji projektu, raportu pisemnego, referatu pisemnego, referatu ustnego lub sprawozdania z projektu | 0  |
| Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na wykonanie projektu/dokumentacji/raportu oraz przygotowanie do prezentacji  | 0  |
| Liczba zajęć wykładowych, które wymagają odrębnego zaliczenia w formie pisemnej lub ustnej niezależnie od wymagań innych form zajęć tego modułu   | 4  |
| Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach wykładowych   | 31 |

### 7.3 Treści programowe

|   |  |
|---|--|
| Analiza statystyczna wyników pomiarów   | K_W01, K_W03, K_W05, K_U02, K_U03, K_U04, K_U06, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Rodzaje zmiennych, skale pomiarowe, błędy pomiarowe, rozkłady zmiennej losowej.</li> <li>Statystyki opisowe i parametry populacji.</li> <li>Centralne twierdzenie graniczne. Estymacja przedziałowa wartości średniej, odchylenia standardowego i wariancji.</li> <li>Analiza statystyczna wyników pomiaru w ocenie systemu pomiarowego, ocenie zgodności ze specyfikacją, porównaniu systemów pomiarowych.</li> <li>Graficzna prezentacja danych pomiarowych - wizualizacja wielkości, rozkładów i proporcji.</li> <li>Graficzna prezentacja danych pomiarowych - wizualizacja powiązań między zmiennymi i wizualizacja trendów i szeregów czasowych.</li> <li>Analiza danych na podstawie statystyk opisowych.</li> <li>Estymacja przedziałowa.</li> <li>Analiza statystyczna wyników pomiaru w ocenie systemu pomiarowego, ocenie zgodności ze specyfikacją, porównaniu systemów pomiarowych.</li> </ul>  |  |
| Dobór urządzeń pomiarowych  | K_W01, K_W02, K_W03, K_U02, K_U03, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Czynniki wpływające na przydatność narzędzia pomiarowego do realizacji określonego zadania.</li> <li>Pojęcia dotyczące dokładności pomiarów i wiadomości ze statystyki leżące u podstaw szacowania niepewności pomiaru.</li> <li>Wyznaczanie niepewności standardowych metodą typu A, B i metodą symulacyjną.</li> <li>Określanie niepewności złożonej i rozszerzonej.</li> <li>Metody oceny systemów pomiarowych wg MSA i VDA.</li> </ul>   |  |
| Geometryczna specyfikacja wyrobu – GPS  | K_W07, K_K01, K_K03, K_K04   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Klasyfikacja wymiarów. Tolerancje wymiarowe. Tolerowanie ogólne. Tolerancja i pasowania.</li> <li>Podział i struktura norm GPS (Geometrical Product Specification). Tolerancje kształtu: prostoliniowości, płaskości, okrągłości, walcowości, wyznaczonego zarysu, wyznaczonej powierzchni</li> <li>Bazy. Tolerancje kierunku: równoległości, prostopadłości, nachylenia.</li> <li>Tolerancje położenia: pozycji, współśrodkowości/współosiowości, symetrii</li> <li>Tolerancje kształtu dla wyznaczonego zarysu lub powierzchni.</li> <li>Tolerancje bicia.</li> <li>Wymaganie maksimum materiału (M), minimum materiału (L) oraz wzajemności (R).</li> </ul>   |  |
| Inżynieria rekonstrukcyjna  | K_W01, K_W02, K_W03, K_W06, K_U01, K_U02, K_U03, K_U06, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Wprowadzenie do inżynierii rekonstrukcyjnej. Budowa, obsługa współrzędnościowych systemów pomiarowych stykowych i optycznych 2D.</li> <li>Budowa, obsługa współrzędnościowych systemów pomiarowych oświetlających obiekt światłem laserowym oraz strukturalnym.</li> <li>Tomograficzne systemy diagnostyczne. Rekonstrukcja geometrii modeli na podstawie obrazów tomograficznych.</li> <li>Obróbka danych pomiarowych uzyskanych z systemów optycznych i stykowych 2D. Tworzenie modeli 3D-CAD prostych elementów geometrycznych.</li> <li>Obróbka danych pomiarowych uzyskanych z systemów optycznych oświetlających obiekt światłem laserowym oraz strukturalnym. Edycji siatki trójkątów. Tworzenie modelu 3D-CAD.</li> <li>Obróbka danych pomiarowych uzyskanych z systemów tomograficznych.</li> <li>Tworzenie modelu 3D-CAD uzupełnień struktur kostnych.</li> <li>Budowa oraz obsługa systemów optycznych i stykowych 2D. Pomiar geometrii modeli. Obróbka wstępna danych pomiarowych</li> <li>Budowa oraz obsługa systemów optycznych 3D. Pomiar geometrii modeli. Obróbka wstępna danych pomiarowych</li> <li>Budowa oraz obsługa współrzędnościowego ramienia pomiarowego. Dobór odpowiedniej strategii pomiarowej. Praca w oprogramowaniu CMM Manager. Pomiar modeli z użyciem stykowej głowicy pomiarowej.</li> <li>Analiza wstępna wyników z pomiarów współrzędnościowych</li> <li>Obsługa bezstykowej głowicy pomiarowej MMDx100 z zastosowaniem współrzędnościowego ramienia pomiarowego. Pomiar geometrii modeli. Obróbka wstępna danych pomiarowych</li> <li>Podsumowanie wykorzystanych systemów optycznych i stykowych 2D i 3D w inżynierii rekonstrukcyjnej. Dobór odpowiedniego systemu względem rzeczywistych modeli. Pomiar modeli z zastosowaniem dowolnego systemu pomiarowego.</li> <li>Wprowadzenie do wybranych programów dedykowanych do obróbki danych pomiarowych w postaci chmur punktów. Podstawowa analiza otrzymanych danych pomiarowych uzyskanych przy wykorzystaniu systemów pomiarowych.</li> <li>Tworzenie modeli powierzchniowych z zastosowaniem dedykowanych programów do obróbki danych pomiarowych. Optymalizacja utworzonych modeli powierzchniowych. Analiza porównawcza utworzonych modeli.</li> <li>Rekonstrukcja geometrii części do modelu parametrycznego 3D CAD z zastosowaniem narzędzi w module Reverse Engineering programu SIEMENS NX.</li> <li>Rekonstrukcja geometrii części do modelu parametrycznego 3D CAD z zastosowaniem oprogramowania ZEISS REVERSE ENGINEERING.</li> <li>Analiza błędów rekonstrukcji geometrii modelu bryłowego w odniesieniu do modelu nominalnego z wykorzystaniem grupy poleceń z programów: SIEMENS NX oraz ZEISS REVERSE ENGINEERING.</li> <li>Przygotowanie programu obróbkowego w zintegrowanym systemie CAD/CAM.</li> </ul> |  |
| Metody analizy systemów pomiarowych - MSA   | K_W01, K_W03, K_U02, K_U03, K_U04, K_U06, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Niepewność pomiaru. Czynniki wpływające na wyniki pomiarów realizowanych z użyciem ręcznych i zautomatyzowanych przyrządów pomiarowych.</li> <li>Wprowadzenie do analizy powtarzalności i odtwarzalności systemów pomiarowych.</li> <li>Analiza powtarzalności i odtwarzalności systemów pomiarowych metodą rozstępów.</li> <li>Analiza powtarzalności i odtwarzalności systemów pomiarowych metodą średniej i rozstępu.</li> <li>Analiza powtarzalności i odtwarzalności zautomatyzowanych systemów pomiarowych.</li> <li>Analiza powtarzalności i odtwarzalności metodą rozstępów w przypadku pomiarów realizowanych z użyciem ręcznych przyrządów pomiarowych.</li> <li>Analiza powtarzalności i odtwarzalności metodą średniej i rozstępu w przypadku pomiarów realizowanych z użyciem ręcznych przyrządów pomiarowych.</li> <li>Analiza powtarzalności i odtwarzalności w przypadku pomiarów współrzędnościowych realizowanych z użyciem CMM.</li> <li>Analiza powtarzalności i odtwarzalności w przypadku pomiarów wykonywanych za pomocą ramienia pomiarowego.</li> </ul>   |  |
| Metrologia współrzędnościowa  | K_W01, K_W02, K_W03, K_W05, K_U01, K_U02, K_U03, K_U06, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Pomiary współrzędnościowe w procesie wytwarzania wyrobu. Istota współrzędnościowej techniki pomiarowej. Przegląd współrzędnościowych metod pomiarowych.</li> <li>Podstawy współrzędnościowej techniki pomiarowej w zakresie m.in. etapów stykowych i bezstykowych pomiarów współrzędnościowych oraz metod programowania współrzędnościowych systemów pomiarowych.</li> <li>Analiza dokładności współrzędnościowych systemów pomiarowych. Źródła błędów współrzędnościowych systemów pomiarowych.</li> <li>Metody lokalizacji punktów pomiarowych i korekcji promieniowej we współrzędnościowej technice pomiarowej.</li> <li>Pomiary obiektów o złożonych kształtach geometrycznych.</li> <li>Podstawy obsługi współrzędnościowej maszyny</li> </ul>   |  |

|   |  |
|---|--|
| <p>pomiarowej wyposażonej w głowicę stykowe. • Podstawy obsługi współrzędnościowej maszyny pomiarowej wyposażonej w głowicę laserową. • Pomiary stykowe wyrobu charakteryzującego się regularnym kształtem geometrycznym z użyciem CMM. Analiza wyników pomiarów. • Pomiary stykowe wyrobu składającego się z powierzchni krzywoliniowych z użyciem CMM. Analiza wyników pomiarów. • Pomiary bezstykowe wyrobu składającego się z powierzchni krzywoliniowych z użyciem CMM wyposażonej w głowicę laserową. Analiza wyników pomiarów. • Analiza wpływu przyjętej strategii pomiarowej na wyniki pomiarów powierzchni krzywoliniowych.</p>   |  |
| Planowanie badań doświadczalnych  | K_W01, K_W03, K_W04, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U06, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04 |
| <p>• Podstawowe pojęcia stosowane w planowaniu doświadczeń. Rozkłady zmiennej losowej. • Testowanie hipotez statystycznych. • Analiza wariancji. • Analiza korelacji. • Analiza regresji. • Zasady planowania eksperymentów. Klasyfikacja planów eksperymentu i ogólna charakterystyka wybranych planów. • Istota prowadzenia badań doświadczalnych. Obiekt badań, czynniki wpływające na obiekt badań. • Przygotowanie danych do pracy w środowisku obliczeniowym zorientowanym na obliczenia statystyczne. • Testy dla średnich dla 1 lub 2 grup: wyznaczanie statystyk, korzystanie z tablic statystycznych. • Wyznaczanie mocy testu dla średnich. Wybór liczności próby i poziomu istotności. • Porównywanie dwóch grup i 1 grupy do populacji. • Przeprowadzania jednoczynnikowej i wieloczynnikowej analiza wariancji i ich nieparametrycznych odpowiedników. Przeprowadzanie testów post-hoc. • Przeprowadzanie analizy korelacji. • Przeprowadzanie analizy regresji jednoczynnikowej i wieloczynnikowej. Ocena jakości opracowanych modeli regresji. • Generowanie wybranych planów eksperymentu.</p>             |  |
| Pomiary struktury geometrycznej powierzchni   | K_W01, K_W02, K_W03, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U06, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04 |
| <p>• Elementy struktury geometrycznej powierzchni, filtry odcinające. • Stykowe metody pomiaru SGP. • Bezstykowe metody pomiaru SGP (m.im. metody optyczne i skaningowe). • Dwu i trójwymiarowa charakterystyka SGP. • Zastosowania analizy struktury geometrycznej powierzchni. • Stykowe pomiary 2D chropowatości powierzchni. • Wpływ filtracji i wielkości obszaru pomiarowego na wyniki pomiarów SGP. • Analiza 3D SGP w oparciu o parametry amplitudowe, przestrzenne i hybrydowe. • Analiza 3D SGP w oparciu o parametry funkcjonalne. • Analiza 3D SGP w oparciu o parametry charakteryzujące pory i cząstki (ang. pores and particles). • Ocena przydatności replik w kontekście pomiaru SGP. • Porównanie stykowych i optycznych pomiarów 3D struktury geometrycznej powierzchni.</p>   |  |
| Pomiary współrzędnościowe na obrabiarkach CNC   | K_W01, K_W02, K_W03, K_U01, K_U02, K_U03, K_U06, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04        |
| <p>• Pomiary dokładności geometrycznej obrabiarek sterowanych numerycznie za pomocą teleskopowego pręta kinematycznego. • Programowanie cykli pomiarowych do pomiaru odchyłek typowych elementów geometrycznych wybranych części. • Pomiary typowych elementów geometrycznych na obrabiarkach CNC i analiza wyników pomiarów na przykładzie części klasy korpus. • Programowanie i obróbka typowych elementów geometrycznych wraz z cyklami pomiarowymi na obrabiarkach CNC. Analiza wyników. • Pomiary współrzędnościowe przedmiotów o złożonych kształtach geometrycznych na obrabiarkach CNC.</p>  |  |
| Programowanie współrzędnościowych maszyn pomiarowych  | K_W02, K_W03, K_W05, K_U01, K_U02, K_U04, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04               |
| <p>• Programowanie off-line stykowych pomiarów współrzędnościowych realizowanych z użyciem CMM wyrobów charakteryzujących się regularnymi kształtami geometrycznymi. • Programowanie off-line stykowych pomiarów współrzędnościowych realizowanych z użyciem CMM wyrobów składających się z powierzchni swobodnych. • Programowanie parametryczne stykowych pomiarów współrzędnościowych realizowanych z użyciem CMM. • Programowanie uczące stykowych pomiarów współrzędnościowych realizowanych z użyciem CMM. • Metody wyznaczania układów współrzędnych mierzonych wyrobów. • Symulacja stykowych pomiarów współrzędnościowych. • Programowanie bezstykowych pomiarów współrzędnościowych realizowanych z użyciem CMM wyposażonej w głowicę laserową.</p>   |  |
| Statystyczna kontrola procesu   | K_W01, K_W02, K_W03, K_U02, K_U03, K_U04, K_U06, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04        |
| <p>• Wprowadzenie do statystycznego sterowania procesem. Zmienność procesów i ich tolerancja, wpływ na parametry wyrobów. • Pojęcia procesu stabilnego i rozregulowanego. Typy danych – dane mierzalne i atrybutywne. • Podstawowe statystyki w SPC – statystyczny opis tendencji centralnej zmienności procesu oraz metody prezentacji graficznej zmienności. • Rozkłady statystyczne. Zdolność procesu. • Typy kart kontrolnych (dla cech mierzalnych i atrybutywnych). Dobór kart kontrolnych – metody próbkowania (wielkość i częstość). • Interpretacja uzyskanych, za pomocą kart kontrolnych, wyników (sygnały, sekwencje punktów, strefy). Zasady obliczania współczynników zdolności procesu Cp, Cpk, na podstawie informacji zawartych w kartach kontrolnych dla cech mierzalnych. • Analiza wybranych przypadków klasycznych i szczególnych sytuacji w procesie. Zasady wdrażania metod SPC. • Zmienność. Podstawowa statystyczna analiza danych (statystyczny opis zmienności). • Karty kontrolne X-R. • Wskaźniki Cp, Cpk, Cm, Cmk, Pp, Ppk • Interpretacja uzyskanych wyników za pomocą kart kontrolnych.</p> |  |