

Wykorzystanie wyników badań trwałościowych i eksploatacyjnych w procesie opracowania turbinowego licznika mleka.

Streszczenie:

Nieodłącznym elementem tworzenia w PIAP każdej nowej konstrukcji przyrządu do pomiaru strumienia objętości i zliczania objętości cieczy jest uwzględnianie wyników prac badawczych realizowanych (równoległe lub z wyprzedzeniem) w laboratoriach PIAP. Referat jest prezentacją przebiegu badań trwałościowych i eksploatacyjnych oraz wpływu uzyskanych wyników na wybór rozwiązań konstrukcyjnych zastosowanych w turbinowym liczniku mleka.

Abstract:

Taking into consideration results of the study of each flowmeter or counter new design, conducted simultaneously or in advance in our laboratories, is inevitable in PIAP. The report presents the course of the study of durability and operating performance as well as how the employed design of turbine milk counter depends on the results of the study.

1. WSTĘP

Proces tworzenia każdej nowej konstrukcji przyrządu pomiarowego jest bardzo złożony i wymaga ścisłej współpracy specjalistów z wielu dziedzin techniki. Współpraca ta pozwala na kompleksowe rozwiązywanie problemów konstrukcyjnych, metrologicznych i technologicznych decydujących o zgodności uzyskanych parametrów przyrządu z założonymi wymaganiami. Trudno jest przeceniać rolę jaką w tym procesie odgrywają różnego typu badania realizowane w ramach poszczególnych etapów tworzenia nowej konstrukcji. Ze względu na znaczenie badań jako podstawowej techniki weryfikacji przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych ich wymiar czasowy ma często decydujący wpływ na wielkość całkowitą czasu trwania opracowania przyrządu (od koncepcji do produkcji), co z kolei może przesądzić o wyniku finansowym całego przedsięwzięcia.

1.1. Zaplecze badawcze

Realizowana w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów produkcja przepływomierzy jest silnie powiązana z istniejącym w Instytucie zapleczem badawczym w postaci Laboratorium Przepływowego oraz Laboratorium Badania Przemysłowych Urządzeń Automatyki i Robotyki PIAP-LAB. Umożliwia to w razie potrzeby bardzo szybkie uruchomienie odpowiedniego programu badań niezależnie od tego czy dotyczy on tylko jednego z zespołów przepływomierza czy też całego nowego przyrządu pomiarowego. Pozwala to również na sprawną realizację badań, szczególnie wtedy gdy w związku z uzyskaniem określonych wyników pomiarów konieczna jest weryfikacja badanej konstrukcji i ponowny powrót do Laboratorium z nowym rozwiązaniem. Wyposażenie obu Laboratoriów pozwala na realizację bardzo szerokiego zakresu badań przepływomierzy, obejmującego:

a) **BADANIA MODELOWE** - dotyczą one zarówno czujników przepływu jak i elektronicznych układów przetwarzających sygnał uzyskany z czujnika na odpowiednie wskazanie (objętość, strumień objętości). Realizowane są na pięciu stanowiskach pomiarowych zlokalizowanych w Laboratorium Przepływowym. Stanowiska te umożliwiają zamontowanie badanego czujnika przepływu (o średnicy nominalnej od 6 do 200 mm), zadanie określonej wartości strumienia objętości wody (od 30 dm³/h do 500 000 dm³/h) i dokonanie pomiaru objętości lub masy wody przetłoczonej pod ciśnieniem 0,6 MPa przez czujnik z jednoczesnym pomiarem liczby impulsów lub częstotliwości sygnału uzyskanego z czujnika przepływu. Na tych samych stanowiskach możliwe jest porównanie wskazań elektronicznych układów przetwarzających sygnał z czujnika przepływu z odczytem objętości wody w zalegalizowanym zbiorniku kontrolnym (o max. objętości 100, 300, 900, 2000, 3000, 4000 lub 9000 dm³) lub z masą wody zważoną na zalegalizowanej wadze kontrolnej (max. 1500 kg).

b) **BADANIA NARAŻENIOWE** - obejmują próby odporności i wytrzymałości na narażenia środowiskowe (klimatyczne i mechaniczne) występujące w warunkach transportu, instalowania i użytkowania przemysłowej aparatury kontrolno - pomiarowej oraz badania kompatybilności elektromagnetycznej. Badania te realizowane są w akredytowanym w PCBC Laboratorium PIAP - LAB (certyfikat nr L 71/1/96). Laboratorium to wyposażone jest w odpowiedni zestaw komór klimatycznych (w tym komora cykli temperaturowych), komorę solną, komorę do badań bryzgoszczelności, komorę pyłoszczelności, stanowisko do badań odporności i wytrzymałości na wibracje i udary, stanowisko do prób elektrycznych bezpieczeństwa oraz zestaw aparatury do realizacji badań KEM.

c) **BADANIA TRWAŁOŚCIOWE** - w połączeniu z badaniami modelowymi stanowią ważny element procesu przygotowywania nowych rozwiązań wybranych węzłów konstrukcyjnych czujników przepływu. Badania te pozwalają na dokonanie oceny tempa zużycia ruchomych elementów czujnika przepływu pracujących w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Umożliwia to porównywanie różnych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych badanego zespołu i wybór wersji optymalnej. Badania te pozwalają również na śledzenie zmian w czasie pracy przyrządu jego parametrów metrologicznych. W tym celu wykorzystywany jest układ zasilania oraz instalacja wodna w Laboratorium Przepływowym.

W przypadku niektórych zastosowań produkowanych w PIAP przepływomierzy korzystamy z dodatkowych możliwości zweryfikowania parametrów metrologicznych i użytkowych naszych przyrządów. Polegają one na realizacji badań laboratoryjnych w Głównym Urzędzie Miar oraz badań eksploatacyjnych w których praca przepływomierzy na rzeczywistych obiektach jest kontrolowana przez GUM oraz użytkownika. Bezpośrednie badania w laboratorium GUM stanowią między innymi potwierdzenie poprawności procedur badawczych stosowanych w Laboratoriach PIAP oraz właściwego doboru stosowanych tam urządzeń kontrolnych. Dużo wagę przywiązujemy do wyników badań eksploatacyjnych, które stanowią zupełnie nieprzewidywalną kombinację prób z zakresu badań narażeniowych i trwałościowych. Pozytywny wynik takich badań stanowi faktyczne zakończenie procesu tworzenia przyrządu pomiarowego.

2. TURBINOWY LICZNIK MLEKA

Jednym z tematów, w którego realizację Instytut zaangażował się bardzo poważnie było opracowanie nowej konstrukcji licznika mleka przeznaczonego do montowania w autocysternach do odbioru mleka od indywidualnych dostawców. Ze względu na istniejące w PIAP duże doświadczenie w produkcji przepływomierzy turbinowych (ponad 20 lat) postanowiono wykorzystać do tego celu turbinowy czujnik przepływu współpracujący z odpowiednim układem mikroprocesorowym. Przewidywane bardzo trudne warunki eksploatacji przyrządu oraz ko-

nieczność potwierdzania parametrów metrologicznych każdego egzemplarza przyrządu w trakcie legalizacji całej instalacji pomiarowej (ze względu na wykorzystywanie jej do rozliczeń publicznych) stanowiły bardzo silną motywację do maksymalnego wykorzystania stworzonych w PIAP możliwości weryfikacji konstrukcji przyrządu poprzez realizację odpowiednich do etapu pracy, badań.

2.1. Budowa i zasada działania

Turbinowy licznik mleka (Mlekomierz) był opracowywany z przeznaczeniem do pomiaru strumienia objętości i objętości mleka w stacjonarnych instalacjach technologicznych zakładów mleczarskich lub w instalacjach pomiarowych montowanych w autocysternach służących do odbioru mleka od indywidualnych dostawców. Oczywiście możliwe jest również stosowanie w/w licznika do pomiaru innych cieczy o zbliżonych właściwościach fizycznych, płynących w całkowicie wypełnionych przewodach. Mierzona ciecz nie może zawierać zanieczyszczeń ani wtrąceń gazowych.

Licznik składa się z dwóch zasadniczych zespołów:

- turbinowego czujnika przepływu wraz z cewką sygnałową i wzmacniaczem pomiarowym. Czujnik posiada turbinę ułożyskowaną osiowo w stosunku do strumienia przepływającej cieczy. W piaście turbiny umieszczony jest magnes trwały, który obracając się wraz z turbiną wytwarza zmienne pole magnetyczne w obszarze cewki sygnałowej. Pod wpływem tego pola w cewce indukuje się sinusoidalny sygnał elektryczny. Sygnał ten jest wzmacniany, filtrowany od zakłóceń i formowany w postaci impulsów, we wzmacniaczu pomiarowym.
- mikroprocesorowego miernika w którym następuje przetworzenie sygnału; ze wzmacniacza pomiarowego na wskazanie objętości i strumienia objętości, z uwzględnieniem korekcji nieliniowości charakterystyki przetwarzania czujnika przepływu.

Dla tak zbudowanego licznika mleka wykorzystywanego do rozliczeń publicznych przepisy GUM określają dwa podstawowe parametry metrologiczne:

- błąd graniczny dopuszczalny wskazań objętości mleka $\pm 0,3\%$,
- zakres rozrzutu wskazań $0,1\%$

Konieczność spełnienia powyższych wymagań decydowała o poziomie trudności całej pracy i tym samym o zakresie badań które należało przeprowadzić dla rozwiązania tych problemów.

3. BADANIA

Na schemacie przedstawiono kolejne etapy w procesie opracowania turbinowego licznika mleka. Na uwagę zasługuje fakt dużej ilości etapów zawierających w sobie różne formy badań (pola o pogrubionych krawędziach). Podejście takie wynikało ze świadomości zespołu opracowującego konstrukcję, iż będzie ona pracować w bardzo ciężkich warunkach (zmienne temperatury, wilgotność, zapylenie, drgania i wysoki poziom zakłóceń) a ponadto, że jej parametry metrologiczne będą podlegały ciągłej kontroli przez użytkowników (dostawcy i odbiorcy mleka) oraz terenowe służby GUM. Z tych powodów szczególne znaczenie dla ostatecznej postaci przyrządu miały wyniki badań trwałościowych i eksploatacyjnych.

3.1 Badania trwałościowe

W przypadku przyrządów pomiarowych trwałość jest pojęciem rozumianym znacznie szerzej niż tylko jako możliwość realizacji przez urządzenie w określonym czasie eksploatacji wymaganych funkcji. Dla licznika mleka istotny jest nie tylko fakt możliwości realizacji funkcji

zliczania objętości mleka (wogóle) ale również ważne jest to z jaką dokładnością i powtarzalnością jest to możliwe w dłuższym okresie eksploatacji np. odpowiadającym okresowi ważności legalizacji. Jest to zagadnienie do którego przykładu się dużą wagę w realizowanych w PIAP pracach badawczo-rozwojowych w zakresie turbinowych czujników przepływu. Dotyczą one głównie jednego zespołu w tych czujnikach, odpowiedzialnego za poziom trwałości. Jest to ułożyskowanie organu pomiarowego (turbiny). Prace te realizowane są systematycznie od wielu lat, równoległe z produkcją przepływomierzy turbinowych. Ich wyniki wykorzystywane są zarówno w aktualnie produkowanych wersjach czujników jak i przy opracowywaniu nowych modeli. Tak było również z wersją czujnika turbinowego przeznaczonego do pracy w układzie licznika mleka. Opracowany został zespół o ciekawej konstrukcji łączącej w sobie cechy dwóch zupełnie odmiennych typów ułożyskowań tak aby możliwe było zagwarantowanie:

- dużej wytrzymałości poosiowej na naciski jednostkowe przy jednoczesnym zachowaniu małych, stałych oporów ruchu (tzw. łożysko „twarde - metal/metal”)
- dużej elastyczności promieniowej pozwalającej na tłumienie drgań i przenoszenie obciążeń poprzecznych przy przekoszeniach wirnika (tzw. łożysko „miękkie - metal/tworzywo”).

Konstrukcja taka mogła powstać stosunkowo szybko dzięki możliwości wykorzystania wyników badań kilku różnych odmian (konstrukcyjnych i materiałowych) ułożyskowań ślizgowych. Do budowy łożysk wykorzystano (w różnych zestawieniach) takie materiały jak teflon, teflon z grafitem, grafit, stal kwasoodporna (miękka i hartowana). Zróżnicowanie konstrukcyjne polegało głównie na sposobie podparcia wirnika: czoło czopa podparte na kamieniu oporowym lub czoło piasty wirnika podparte na tulejce łożyskowej. Ponadto badano również zachowanie się ułożyskowania ślizgowego w układzie ze stałą osią i ruchomą tulejką łożyskową oraz ze stałymi tulejkami i ruchomymi czopami. Opracowane wersje ułożyskowania zostały zabudowane w jednakowych czujnikach przepływu o średnicy nominalnej 32 mm. Wszystkie czujniki zostały przebadane na stanowisku pomiarowym w celu określenia ich „pierwotnych” charakterystyk metrologicznych (zależność wartości stałej przetwarzania czujnika od strumienia objętości). Tak przygotowane czujniki zostały zamontowane szeregowo (na przemian z prostkami o długości $10 \times DN$, wyposażonymi w prostownice strumienia) w instalacji umożliwiającą pracę ciągłą z kontrolą czasu pracy i wartości strumienia objętości. Dla przyspieszenia ewentualnego procesu zużywa się elementów ułożyskowania całe badanie przebiegało przy maksymalnej, dopuszczalnej dla tych czujników, wartości strumienia objętości. Po każdym 200-300 godzinach pracy w takich warunkach czujniki były poddawane oględzinom, wyznaczana była na stanowisku pomiarowym charakterystyka metrologiczna oraz dokonywano porównania z poprzednimi wynikami. Materiał badawczy jaki zdobyliśmy w ten sposób do momentu rozpoczęcia prac nad licznikiem mleka pozwolił nam na właściwy wybór rozwiązania ułożyskowania dla turbinowego czujnika przepływu przeznaczonego do pracy w instalacjach pomiarowych w autocysternach do odbioru mleka. Po kilku latach eksploatacji pierwszych próbnych egzemplarzy turbinowych liczników mleka można stwierdzić, że w zastosowanych tam czujnikach przepływu problem trwałości nie istnieje. Ponadto dzięki specjalnemu wyprofilowaniu elementów łożyskowych i piasty wirnika wyraźnie zmalała wrażliwość (w stosunku do rozwiązań standardowych) czujnika na zanieczyszczenia włókniste, które mogą się pojawić w przypadku niewłaściwej eksploatacji instalacji.

3.2. Badania eksploatacyjne

O ile badania trwałościowe dostarczały materiału badawczego do wyboru właściwej koncepcji czujnika przepływu o tyle badania eksploatacyjne miały za zadanie potwierdzić spełnianie przez opracowany licznik wszystkich określonych w przepisach GUM wymagań metrologicznych i użytkowych. W przypadku pracy w instalacji pomiarowej autocysterny licznik mleka

podlega oddziaływaniu zmiennych warunków otoczenia na które składają się głównie zmiany temperatury, wilgotności, wibracji i poziomu zakłóceń. Jeżeli do tego dodamy jeszcze element w postaci niewłaściwej obsługi instalacji pomiarowej przez użytkownika (w pewnym zakresie licznik musi być i na to odporny) oraz zmianę niektórych parametrów odbieranego mleka (temperatura, zawartość tłuszczu, gęstość itd.) to jasne staje się dlaczego nie ma możliwości przeprowadzenia takich badań w warunkach laboratoryjnych.

Realizacja badań poza terenem PIAP oznaczała potrzebę znalezienia (obok GUM) partnera zainteresowanego organizacją zaplecza badawczego w postaci autocystern wyposażonych w odpowiednie instalacje pomiarowe. W tym zakresie stworzone zostały możliwości współpracy z Wytwornią Aparatury Mleczarskiej w Sianowie, która produkuje całe potrzebne do autocystern wyposażenie, łącznie z instalacjami pomiarowymi. Badania eksploatacyjne turbinowego licznika mleka opracowanego i wykonanego w PIAP zostały połączone z badaniami stanowiącymi element procedury zatwierdzenia typu instalacji pomiarowej opracowanej i wykonanej przez WAM. Trzy autocysterny zostały wyposażone w instalację z turbinowymi licznikami mleka. Po legalizacji w Wytwórni przekazano je do eksploatacji w mleczarniach. Eksploatacja ta trwała od stycznia do maja. W tym okresie każda autocysterna była trzykrotnie poddawana ponownej legalizacji przez urzędników odpowiedniego Obwodowego Urzędu Miar. Zbierane były również opinie od pracowników mleczarni obsługujących autocysterny. Ten sposób realizacji badań gwarantował dostarczenie wiarygodnych informacji o:

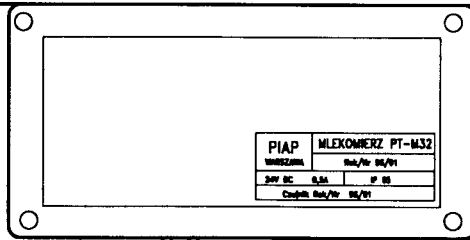
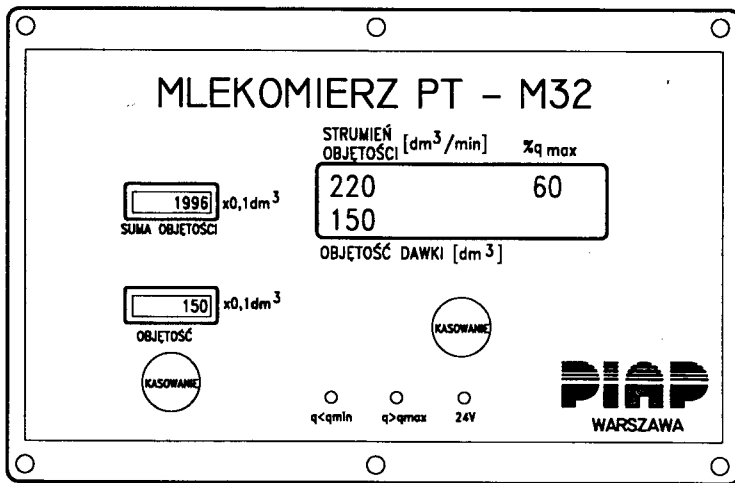
- poprawności pracy licznika w bardzo zróżnicowanych warunkach pogodowych (zima, wiosna i lato),
- odporności licznika na zróżnicowany poziom obsługi technicznej (głównie w zakresie przestrzegania zasad eksploatacji),
- odporności licznika na zróżnicowany poziom zakłóceń (głównie ze strony instalacji elektrycznej autocysterny),
- stabilności parametrów metrologicznych licznika (dzięki kilkakrotnej legalizacji w trakcie eksploatacji),
- odporności czujnika i miernika na wibracje i wstrząsy wynikające z pracy silnika i poruszania się autocystern po wiejskich drogach.

Badania eksploatacyjne spełniły również bardzo ważną rolę szkoleniową dla pracowników WAM-u, pracowników mleczarni jak i dla urzędników OUM, którzy po raz pierwszy mieli do czynienia z licznikiem w wersji turbinowej. Jedno z głównych doświadczeń jakie wszyscy zainteresowani wynieśli z tych badań polegało na świadomości, że obecność w instalacji pomiarowej turbinowego czujnika przepływu wymusza na obsłudze autocysterny utrzymywanie instalacji w czystości na poziomie zgodnym z wymaganiami dla instalacji spożywczych. Każde zaniedbanie w tym zakresie (nie czyszczenie wkładu filtrującego mleko, brak mycia i ługowania instalacji) po pewnym czasie odbijało się na pracy całej instalacji. Natomiast prawidłowa obsługa instalacji oznaczała poprawną pracę licznika i pozostałych urządzeń (pompa, odgaźnik, zawór zwrotny).

4. PODSUMOWANIE

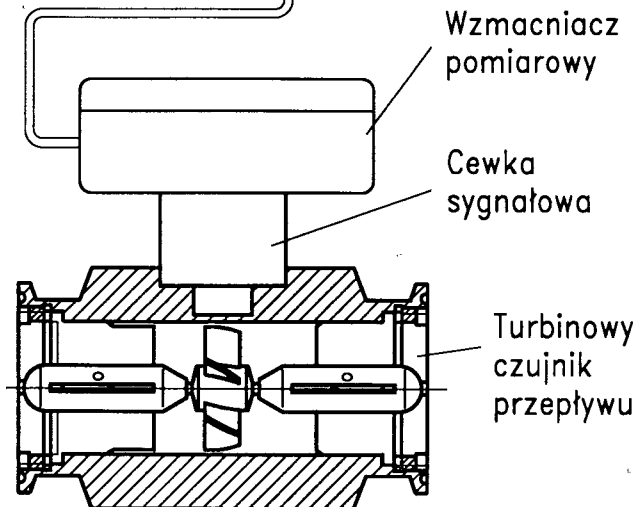
Efekt końcowy intensywnej pracy zespołu był pozytywny i w sierpniu ubiegłego roku instalacja pomiarowa z turbinowym licznikiem mleka PT-M32 uzyskała zatwierdzenie typu w GUM.

Dla nas oznaczało to nie tylko potwierdzenie trafności przyjętej koncepcji przyrządu, poziomu potencjału merytorycznego którym dysponujemy ale również prawidłowości procedur badawczych którymi się posługujemy i poziomu technicznego posiadanego zaplecza badawczego.

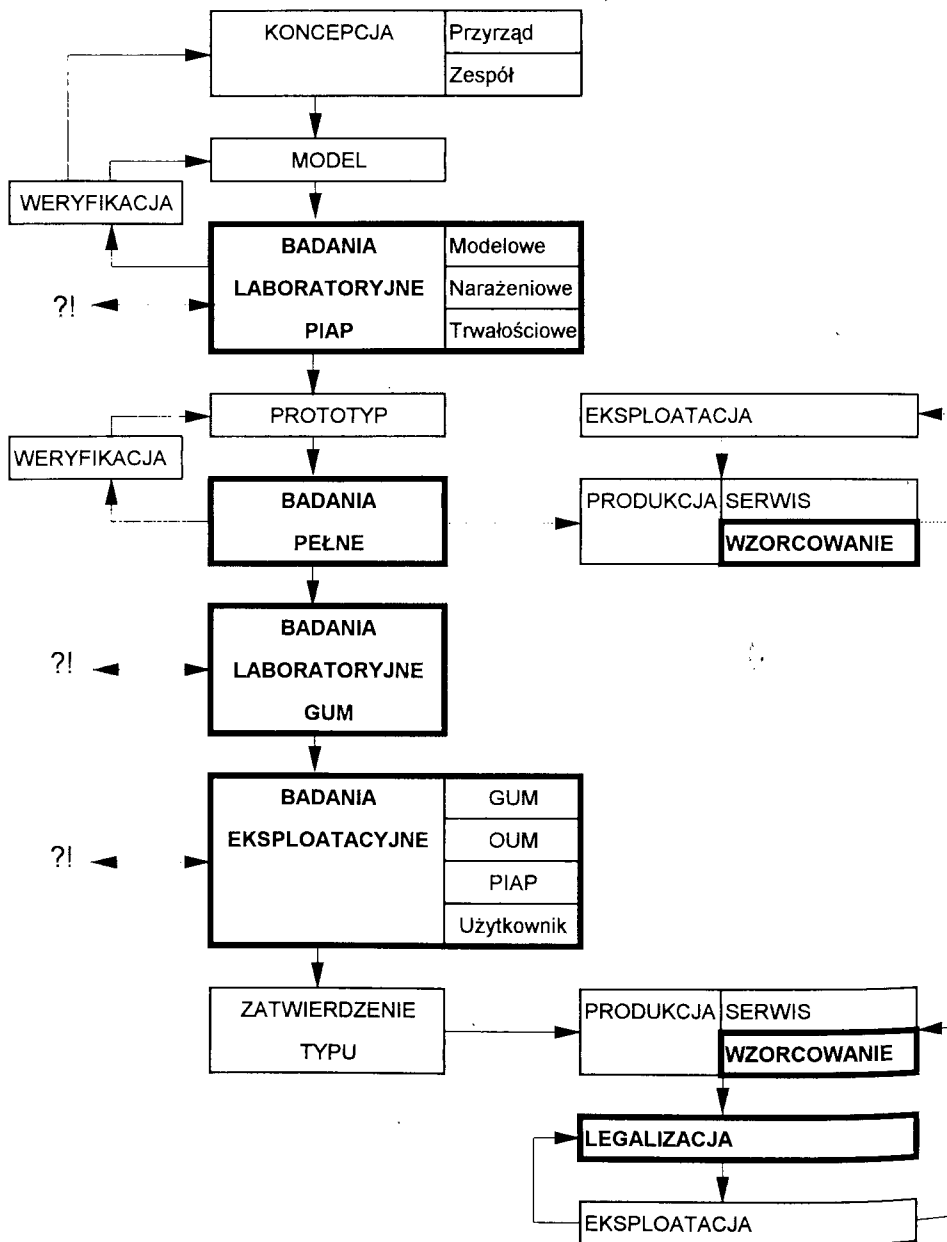


Miernik mikroprocesorowy

+24V



Turbinowy licznik mleka



Etapy w procesie opracowania turbinowego licznika mleka