

Paweł WASILEK

CENTRALNY WOJSKOWY OŚRODEK METROLOGII
ul. Prymasa Stanisława Wyszyńskiego 7, 05-220, Zielonka

Półautomatyczne stanowisko do kalibracji termohigrometrów VAISALA typu HMP 45 i HMP 155

Kpt. mgr inż. Paweł WASILEK

Absolwent wydziału Elektroniki i Telekomunikacji Wojskowej Akademii Technicznej. Od 2012 służy w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii w Warszawie, zajmuje stanowisko Starszego Inżyniera w Zespole Wzorców Odniesienia.



e-mail: cwom@metrologia.wp.mil.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono sposób zaprojektowania i oprogramowania w języku HP VEE stanowiska do jednoczesnej kalibracji do pięciu sond termohigrometrów VAISALA, stosowanych w wojskowych systemach stacji pogodowych typu AGAT. Pokazano stanowisko laboratoryjne umożliwiające pomiary temperatury i wilgotności sond termohigrometrów VAISALA HMP – 45 i HMP – 155 oraz sposób porównywania wyników pomiarów ze wzorcem poprzez moduł programu środowiska programowego HP VEE.

Słowa kluczowe: termohigrometry VAISALA, HMP 45, HMP 155, stanowisko do kalibracji termo higrometrów.

A semi-automatic station for calibration of VAISALA thermohygrometers of HMP 45 and HMP 155 type

Abstract

The paper concerns designing and programming in the HP VEE language the station for simultaneous calibration up to five VAISALA thermohygrometer probes. This kind of probes is used in military systems of the AGAT weather stations. The simultaneous calibration up to ten probes is possible due to the application of a set of RS-232/USB and RS-485/USB converters and cyclical reading of thermohygrometer probes connected to the measurement system. This in turn decreases the time needed to perform the calibration. The probe calibration consists in a comparison of readings obtained from cyclical read probes with the HMT – 330 temperature and humidity standard connected to the RS485/USB. The description of a laboratory station enabling temperature and humidity measurements of VAISALA HMP-45 and HMP-155 thermohygrometer probes is given in the paper. There is also presented the comparison of the measurements with the standard using the HP VEE software.

Keywords: thermohygrometer VAISALA, HMP 45, HMP 155, station to the simultaneous calibration termohigrometer.

1. Wstęp

Pomiary jako zespół działań i doświadczeń mających na celu wyznaczenie wartości wielkości mierzonej obiektów to dość obszerna dziedzina nauki. Należy zaakcentować fakt, iż zarówno metody pomiarowe jak i aparatura pomiarowa ulegają ciągłej ewolucji, udoskonaleniu. Biorąc powyższy fakt pod uwagę możemy założyć, iż część przyrządów pomiarowych staje się zbędna a na ich miejsce wprowadza się inne, doskonalsze, bardziej precyzyjne, co w rezultacie ułatwia dokonywanie pomiarów oraz pozwala zaoszczędzić tak cenny „Czas”. Poprzez postęp technologiczny automatyzacji ulegają czynności związane z obsługą aparatury kontrolno – pomiarowej oraz procedur kondycjonowania wyników przeprowadzanych pomiarów.

Zarówno w sferze metrologii wojskowej jak i cywilnej skok technologiczny, stosowanie coraz to nowszych przyrządów pomiarowych i opracowywanie nowych, bardziej precyzyjnych i pozwalających zaoszczędzić czas metod pomiarowych, to nieodzowna część prowadzonych pomiarów.

Biorąc powyższe twierdzenia pod uwagę oraz wychodząc naprzeciw potrzebom związanym z pomiarami temperatury i wilgotności w systemach pogodowych stosowanych w Wojsku Polskim została podjęta decyzja o budowie półautomatycznego stanowiska do kalibracji termohigrometrów VAISALA typu HMP 45 i HMP 155. Podstawowym wymaganiem na stworzenie tego stanowiska było zautomatyzowanie procesu pomiarowego oraz stworzenie możliwości przeprowadzania kalibracji kilku sond jednocześnie, co w wymierny sposób usprawni i przyspieszy proces ustalenia relacji między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy a odpowiednimi wartościami wielkości realizowanymi przez wzorce jednostki miary oraz stwierdzenia na tej podstawie i poświadczenia przydatności przyrządu pomiarowego do stosowania zgodnie z przeznaczeniem. Ponadto podczas budowy i oprogramowywania tego stanowiska uwzględniona została potrzeba stworzenia uniwersalnego stanowiska do kalibracji sond nie tylko typu HMP 45 i HMP 155 ale także sond innych, których sposób komunikacji jest zapewniony poprzez łącza szeregowe RS.

2. Stanowisko pomiarowe do kalibracji termohigrometrów VAISALA typu HMP 45 i HMP 155

By zbudować stanowisko pomiarowe do badań sond termohigrometrów VAISALA (HMP 45D, HMP 155) należy określić potrzeby związane ze stosowaniem odpowiednich komponentów. Potrzeby te wynikają z rodzaju urządzeń przeznaczonych do kalibracji, specyfiki pracy samego stanowiska, predyspozycji osoby kalibrującej oraz możliwości kalibracyjnych stanowiska (ile w jednym momencie można kalibrować sond). Ponadto zwrócić należy uwagę na możliwości komunikacji z kalibrowanym urządzeniem (w tym przypadku chodzi o konwertery RS – USB).

Typ sond przeznaczonych do kalibracji:

- zasilanie 12 V – sonda HMP 155;
- zasilanie 24 V – sonda HMP 45D.



Rys. 1. Sondy HMP 155 i HMP 45D – widok ogólny
Fig. 1. HMP 155 and HMP 45 D probes – view

Istotne parametry w/w sond to:

- wilgotność względna (zakres pomiarowy): 0 ÷ 100% wilgotności względnej;
- temperatura (zakres pomiarowy): – 80 ÷ +60 °C.

Do stanowiska przewidziany jest wzorzec typu HMT 330:

Istotne parametry w/w sondy to:

- wilgotność względna (zakres pomiarowy): 0 ÷ 100% wilgotności względnej;
- temperatura (zakres pomiarowy): – 70 ÷ 180 °C.



Rys. 2. Sonda HMT 330 – widok ogólny
Fig. 2. HMT 330 probe – view

Ponadto w celu uniknięcia sytuacji, w której kalibrująca osoba podłącza kalibrowaną sondę do niewłaściwego gniazda (podłącza sondę HMP 155 o napięciu zasilania 12 V do gniazda z zasilaniem 24 V), a tym samym możliwości uszkodzenia sondy zastosowano dwa rodzaje złącz do zespołu konwerterów oraz dwa rodzaje złącz do podłączenia sond:



Rys. 3. Wtyczki okrągłe serii C091D
Fig. 3. C091D 4-pin connectors

Do połączenia sond kalibrowanych oraz wzorca kalibracyjnego ze sterownikiem PC (a tym samym programem METRO – HMP) zastosowano trzy rodzaje konwerterów szeregowych RS – USB.



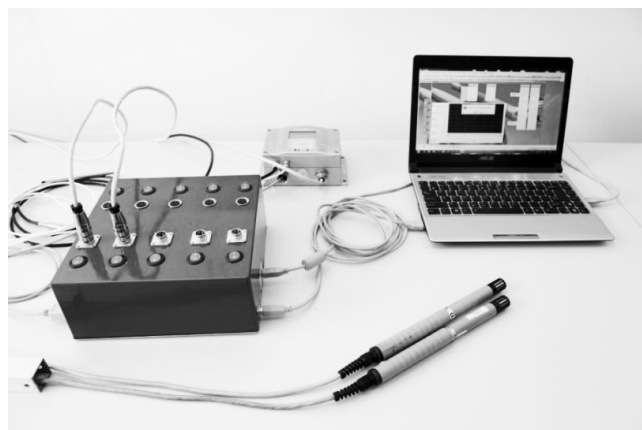
Rys. 4. Konwerter USB 2.0-RS232 z izolacją galwaniczną – po lewej; konwerter USB-RS485 z izolacją galwaniczną – po prawej
Fig. 4. Galvanic separated converters USB 2.0-RS232 (left), USB-RS485 (right)



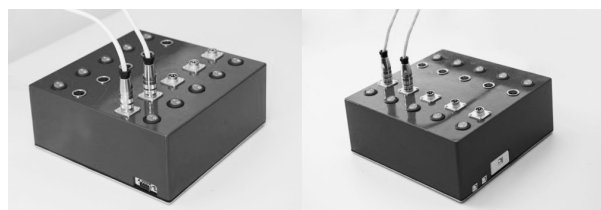
Rys. 5. Moduł konwertera USB – RS485, transmisja half-duplex
Fig. 5. USB – RS485 converting module, half-duplex transmission

W celu prawidłowego działania zespołu konwerterów oraz zapewnieniu odpowiedniej wytrzymałości i szczelności układu zastosowano obudowę uszczelnianą z aluminium 7001 oraz wykorzystano transformator toroidalny (100 VA; 230 VAC; 28 V; 3,57 A; 1,1 kg; Ø:97 mm).

By umożliwić kalibrację kilku sond jednocześnie połączono odpowiednie zaciski konwerterów i zasilania razem. Po dodaniu układu transformowania napięcia zmiennego 230 V na napięcie stałe 12 V i 24 V i stabilizatora napięcia otrzymano zespół konwerterów RS – USB z możliwością zasilania sond HMP 45D i HMP 155 i (docelowo) innych sond w zależności od potrzeb. By dodatkowo zabezpieczyć stanowisko przed omyłkowym podłączeniem sond zastosowano włączniki napięcia dla każdej sondy osobno. Włączamy napięcie na tylko te złącza, które aktualnie są wykorzystywane do kalibracji. Po podłączeniu zespołu konwerterów do sterownika PC oraz dołączeniu do nich kalibrowanych sond i wzorca kalibracji układ pomiarowy (pomijając konieczność umieszczenia wzorca wilgotności i temperatury oraz kalibrowanych sond w przestrzeni komory klimatycznej) wygląda następująco:



Rys. 6. Stanowisko do kalibracji sond HMP 45D i HMP 155
Fig. 6. Measuring station for calibration of HMP 45D i HMP 155 probes



Rys. 7. Zespół konwerterów. Widoczne wejście RS-232 do podłączenia wzorca (po lewej), wyjścia USB z konwerterów RS-USB (po prawej)
Fig. 7. Converting pad - RS-232 (left image) USB (right image)

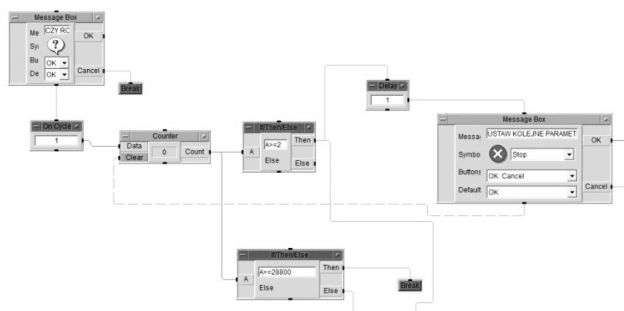
3. Konstrukcja aplikacji METRO – HMP w środowisku programowym HP VEE

W pierwszej kolejności należało zaprojektować panel startowy, odpowiadający za wybór liczby sond do kalibracji oraz przycisk „start” uruchamiający cały proces. Do tego celu użyłem obiektu VEE o nazwie „Call Function” umieszczonego w zakładce „Device”. Ponadto do zaprojektowania panelu startowego wykorzystano obiekt „Radio Buttons” jako przycisk wyboru liczby sond, przycisk „Start”, okno zawierające informacje o programie oraz etykiety wykorzystywane do podania innych informacji. Po stworzeniu struktury programu panelu startowego, utworzyłem panel startowy programu.



Rys. 8. Struktura programu - panel startowy
Fig. 8. Start window of the METRO-HMP software

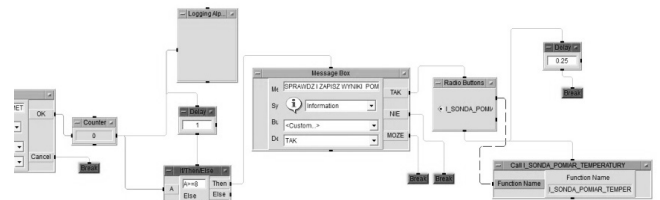
Po utworzeniu panelu startowego zaprojektowano strukturę podprogramu odpowiadającego za pomiar wilgotności względnej dla jednej sondy wywoływanej przez obiekt „Call Function”. Kluczowym elementem podczas wywoływania podprogramu jest nazwanie go identycznie jak nazwy wyświetlane na obiekcie „Radio Buttons” gdyż inna nazwa spowoduje brak reakcji programu na wybór na panelu startowym. Natomiast w strukturze podprogramu (w tym przypadku nazwanego I_SONDA) kluczowymi elementami są obiekty „If/Then/Else” (w podprogramie odpowiadają one za rozgałęzienie wątków) oraz obiekt „On Cycle”, który umożliwił odczyt danych z zadeklarowanymi odstępami czasu. Obiekt „Message Box” wyświetla zapytanie o rozpoczęciu pomiarów i po naciśnięciu przycisku „OK” uruchamia działanie pętli (poprzez wejście sekwencyjne obiektu „On Cycle”). Jeśli naciśniemy przycisk „Cancel” program przerwie działanie i wróci do panelu wyboru liczby sond. Z wyjścia danych obiektu „On Cycle” dane płyną do wejścia danych licznika „Counter” (liczy sekundy upływające podczas pomiaru), który to zlicza kolejne dane płynące z obiektu „On Cycle”. Stosując obiekt „If/Then/Else” gdzie warunek wynosi $A \geq 2$ (do celów programowania przyjęto 2 czyli po 2 sekundach zliczonych przez licznik ma wysłać daną na wejście sekwencyjne obiektu „Delay”. Równocześnie z wyjścia danych licznika „Counter” dane wędrują na drugi obiekt „If/Then/Else”, którego warunek wynosi $A \geq 28800$. Taka konstrukcja podprogramu umożliwiła wyzwalenie ciągłego odczytu danych z sond i wzorca i umieszczanie ich na wykresie. Należy zauważyć, że z wyjścia sekwencyjne obiektu „Message Box” połączone jest z wejściem „Clear” licznika „Counter” (po zliczeniu do 2, licznik jest zerowany by powtórzyć cykl zliczania).



Rys. 9. Obiekty programu „If/Then/Else” z odpowiednimi warunkami
Fig. 9. „If/Then/Else” objects with proper conditions

Podążając za przepływem danych w prawo struktury podprogramu z obiektu „Message Box” dane płyną do wejścia danych następnego licznika i następnie do obiektu „If/Then/Else” z warunkiem $A \geq 8$ (warunek ten umożliwia dokonywanie 8 pomiarów zgodnie z punktami pomiarowymi wilgotności względnej zawartymi w instrukcji kalibracji). Cała zasada przepływu danych i sygnałów sekwencyjnych jest analogiczna do tego co opisywałem wcześniej. Gdy licznik zliczy do warunkowej liczby powtórzeń (w naszym przypadku 8) to wtedy pojawi się obiekt „Message Box” (gdy sygnał z wyjścia „Then” obiektu „If/Then/Else” popłynie na wejście

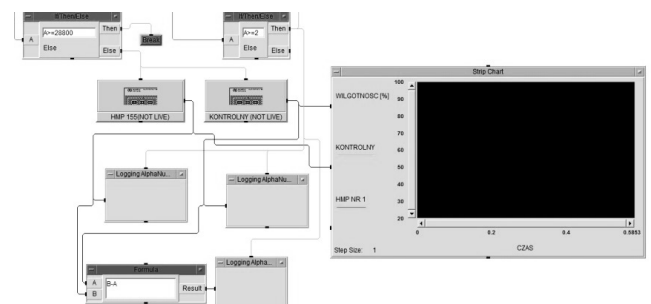
sekwencyjne obiektu „Message Box”) monitorujący o sprawdzeniu wyniku pomiarów i pytaniu o przejście do pomiaru temperatury.



Rys. 10. Obiekt programu „If/Then/Else” z odpowiednim warunkiem i obiekt odpowiadający za przejście do kolejnego podprogramu

Fig. 10. „If/Then/Else” objects with proper conditions and component to invoke procedures

By przejść do podprogramu odpowiadającego za pomiar temperatury zastosowano tą samą strukturę co w panelu startowym – czyli użyto obiektów „Radio Buttons” i „Call Function” z tym, że zablokowano możliwość przełączania obiektu „Radio Buttons”. Stosując taką strukturę tej części programu po naciśnięciu przycisku „TAK” na obiekcie „Message Box” podprogram automatycznie inicjuje działanie podprogramu odpowiadającego za pomiar temperatury. Jeśli chodzi o moment, w którym dane z obiektu „If/Then/Else” (z warunkiem $A \geq 2$) płyną na wejścia sekwencyjne obiektów „LoggingAlphaNumeric” (odpowiadających za wyświetlanie w konkretnym momencie czasowym wynikiem z warunku, danych z sondy i wzorca oraz wyniku operacji matematycznej algebraicznej różnicy danej z sondy kalibrowanej i danej z wzorca z obiektu „Formuła”). Obiekt „If/Then/Else” z warunkiem $A \geq 28800$ z wyjścia „Else” przesyła dane na wejście sekwencyjne sondy kalibrowanej (obiekt „HMP 155”) i wzorca (obiekt „KONTROLNY”) w celu ich zadziałania, a tym samym wysyłania danych (z wyjścia danych) przez sondę i wzorec na obiekt „Strip Chart” wyświetlający na wykresie ich wartości chwilowe. Ponadto z obiektu „HMP 155” i „KONTROLNY” dane są przesyłane do obiektów „LoggingAlphaNumeric” (ale obiekty te są wyzwalane tylko wówczas, gdy do ich wejść sekwencyjnych wpłynie sygnał z obiektu „If/Then/Else” z warunkiem $A \geq 2$). Ma to na celu zobrazowanie wyników pomiaru w konkretnym momencie czasowym niezależnie od ciągłego pomiaru i zobrazowania obiektu „Strip Chart”. Jednocześnie dane z wyjść obiektów „HMP 155” i „KONTROLNY” wędrują na wejścia danych „A” i „B” obiektu „Formuła” gdzie zachodzi operacja matematyczna mająca na celu obliczenie błędów wskazań sondy kalibrowanej (obiektu „HMP 155”). Z wyjścia obiektu „Formuła” wynik operacji matematycznej w postaci danych płyną na wejście obiektu „LoggingAlphaNumeric” celem wyświetlenia wyniku operacji matematycznej. Obiekt „LoggingAlphaNumeric” uruchamiany jest poprzez sygnał sekwencyjny płynący na jego wejście sekwencyjne z obiektu „If/Then/Else” z warunkiem $A \geq 2$ – wymusza to niejako zadziałanie wyświetlacza tylko w konkretnym momencie czasowym wynikiem z instrukcji pomiarowej.

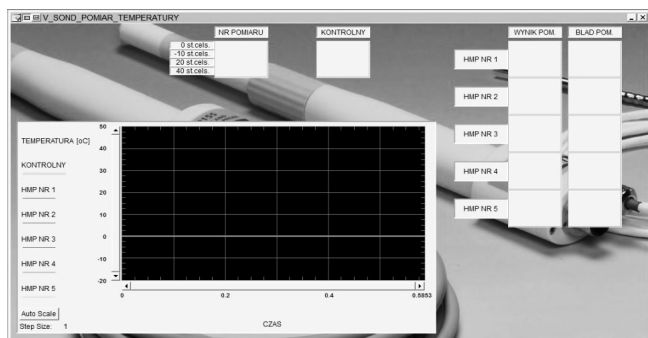


Rys. 11. Struktura programu odpowiadająca za akwizycję pomiarów i ich zobrazowanie

Fig. 11. Visualization and acquisition of VEE components

Jak widać na powyższych schematach struktura całego podprogramu jest dość zawiła, ale śledząc przepływ danych oraz sygnały sekwencyjne można szybko prześledzić działanie całego podprogramu. Dalsza część projektowania aplikacji METRO – HMP oparta jest na tych samych mechanizmach i obiektach opisanych powyżej. Tworząc podprogram odpowiadający za pomiar temperatury użyta została prawie identyczna struktura jak w przypadku projektowania podprogramu I_SONDA (pomiar wilgotności). Różnice są tylko w etykietach opisujących punkty pomiarowe, warunków zastosowanych w obiektach „If/Then/Else” (dla czterech punktów pomiarowych $A \geq 4$) oraz rodzaju danych odczytywanych z obiektu „HMP 155” (odczytywanie temperatury) oraz „KONTROLNY” (odczytywanie temperatury). Taki sam proces projektowania przeprowadzono dla podprogramów zawierających od dwóch do pięciu sond, zarówno dla pomiarów wilgotności względnej jak i pomiarów temperatury. Różnice w poszczególnych podprogramach wynikały tylko z zastosowania ilości obiektów odpowiadających za odczyt danych z sond, wzorca, formuł liczących błąd wskazań, obiektów wyświetlających wyniki pomiarów i wyniki operacji matematycznych.

Panel podprogramu zajmujący się pomiarem temperatury pięciu sond wygląda następująco:



Rys. 12. Projekt panelu V_SOND_POMIAR_TEMPERATURY ze wszystkimi etykietami

Fig. 12. Design of the front panel with all enable labels

4. Wnioski

Analiza potrzeb w zakresie kalibracji sond termohigrometrów HMP 45D i HMP 155 wskazuje na potrzebę inwestowania

w rozwiązania dążące do pełnej automatyzacji procesu kalibracji w/w urządzeń. Niezbędna jest rozbudowa obecnej bazy metrologicznej dotyczącej pomiaru temperatury i wilgotności. Rozbudowa bazy metrologicznej o zautomatyzowane stanowiska do kalibracji wielkości fizycznych (wilgotności i temperatury) w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii umożliwi znaczne zabezpieczenie potrzeb w zakresie kalibracyjnym sprzętu do pomiaru temperatury i wilgotności będącego w dyspozycji MON. Przy czym warunkiem koniecznym do spełnienia jest wyposażenie sond pomiarowych w złącza szeregowo odpowiadające za komunikację urządzenia ze sterownikiem PC i programem METRO – HMP.

Program umożliwi kalibrację do 5 sond jednocześnie.

W dalszej perspektywie istnieje możliwość poszerzenia wykorzystania przedmiotowego stanowiska o takie elementy jak:

- kalibracja innych typów termohigrometrów wyposażonych w łącze szeregowo RS;
- automatycznej akwizycji wyników pomiarów do gotowych protokołów opracowanych w środowisku MS EXCEL;
- zintegrowanie ze stanowiskiem komory klimatycznej;
- oraz dokonanie pełnej automatyzacji stanowiska ograniczając czas absorbowany przez program do minimum.

Do problemów na jakie natrafiono podczas budowy stanowiska zaliczyć można połączenie sond poprzez łącze szeregowo ze środowiskiem programowym HP VEE. Środowisko to powstało z myślą o obsłudze głównie urządzeń firmy Hewlett Packard dlatego też HP VEE nie jest wyposażone w bibliotek dotyczących innych urządzeń nie związanych z firmą HP.

5. Literatura

- [1] Hessel R.: Visual programming with HP VEE; Hewlett – Packard Company, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- [2] Piotrowski J.: Pomiary; Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa, 2009.
- [3] <http://www.vaisala.com/en/products/Pages/default.aspx>.
- [4] http://www.home.agilent.com/upload/cmc_upload/All/EPSEG086072.pdf.
- [5] <http://www.home.agilent.com/en/pd-1476554-pn-W4000C/agilent-vee-pro-93>.
- [6] http://www.kmeif.pwr.wroc.pl/elektron/interfejsy/hpvee/opis_vee.htm
- [7] <http://www.tme.eu/pl/>.

otrzymano / received: 25.06.2014

przyjęto do druku / accepted: 01.08.2014

artykuł recenzowany / revised paper

INFORMACJE

Newsletter PAK

Wydawnictwo PAK wysyła drogą e-mailową do osób zainteresowanych Newsletter PAK, w którym są zamieszczane:

- spisu treści aktualnego numeru miesięcznika PAK,
- kalendarz imprez branżowych,
- ważniejsze informacje o działalności Wydawnictwa PAK.

Newsletter jest wysyłany co miesiąc do osób, które w jakikolwiek sposób współpracują z Wydawnictwem PAK (autorzy prac opublikowanych w miesięczniku PAK, recenzenci, członkowie Rady Programowej, osoby które zgłosiły chęć otrzymywania Newslettera).

Celem inicjatywy jest umocnienie w środowisku pozycji miesięcznika PAK jako ważnego i aktualnego źródła informacji naukowo-technicznej.

Do newslettera można zapisać się za pośrednictwem:

- strony internetowej: www.pak.info.pl, po dodaniu swojego adresu mailowego do subskrypcji,
- adresu mailowego: wydawnictwo@pak.info.pl, wysyłając swoje zgłoszenie.

Otrzymywanie Newslettera nie powoduje żadnych zobowiązań ze strony adresatów. W każdej chwili można zrezygnować z otrzymywania Newslettera.

Tadeusz SKUBIS
Redaktor naczelny Wydawnictwa PAK