

# Znowelizowana metoda oznaczania dekatlenku tetrafosforu w powietrzu na stanowiskach pracy<sup>1</sup>

dr EWA GAWĘDA  
Centralny Instytut Ochrony Pracy –  
Państwowy Instytut Badawczy  
00-701 Warszawa  
ul. Czerniakowska 16

Numer CAS: 1314-56-3

**Słowa kluczowe:** dekatlenek tetrafosforu, metoda oznaczania, spektrofotometria absorpcyjna, powietrze na stanowiskach pracy.

**Keywords:** phosphorus pentoxide, determination method, absorption spectrophotometry, workplace air.

## Streszczenie

Metodę stosuje się do oznaczania dekatlenku tetrafosforu w powietrzu na stanowiskach pracy. Metoda polega na przepuszczeniu znanej objętości badanego powietrza przez płuczkę bełkotkową zawierającą wodę. Oznaczanie pochłoniętego w wodzie dekatlenku tetrafosforu polega na hydrolizie substancji do kwasu fosforowego(V) i wytworzeniu błękitu fosforomolibdenowego z użyciem mo-

libdenianu amonu i kwasu askorbinowego. Otrzymane w wyniku reakcji zabarwienie badanego roztworu jest podstawą oznaczania spektrofotometrycznego w świetle widzialnym (długość fali 825 nm).

Oznaczalność metody wynosi około 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Opracowana metoda oznaczania dekatlenku tetrafosforu została zapisana w postaci procedury analitycznej, którą zamieszczono w Załączniku.

## Summary

The method is used for determination of phosphorus pentoxide in the workplace air. The method is based on the absorption of phosphorus pentoxide in water, hydrolysis to orthophosphoric acid, reaction with ammonium molybdate and ascorbic acid. The resulting blue complex compound is analysed by spectropho-

metry in a visible region.

The determination limit of the method is approximately 0.1 mg/m<sup>3</sup>

The developed method of determining phosphorus pentoxide has been recorded as an analytical procedure, which is available in the Appendix.

<sup>1</sup> Publikacja przygotowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego: „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowanego w latach 2011-2013 w zakresie służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

## WPROWADZENIE

Dekatlenek tetrafosforu (pentatlenek fosforu, bezwodnik kwasu fosforowego(V) jest żrącą substancją stałą (drobnokrystalicznym proszkiem) rozpuszczalną w wilgotnym powietrzu, białą i praktycznie bez zapachu. Masa cząsteczkowa substancji wynosi 141,9; gęstość 2,39 g/cm<sup>3</sup>, temperatura topnienia 569 °C. Dekatlenek tetrafosforu jest substancją silnie higroskopijną, która z wodą reaguje gwałtownie, dając kwas fosforowy(V). W wilgotnym powietrzu obie substancje istnieją w równowadze.

Dekatlenek tetrafosforu, zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady WE (nr 1272/2008), został zaklasyfikowany jako: Skin Corr. 1A, H314.

Substancja wchłania się do organizmu w układzie oddechowym i w przewodzie pokarmowym, powodując poważne oparzenia.

Dekatlenek tetrafosforu jest otrzymywany w wyniku spalania fosforu w powietrzu. Jest stosowany w technice laboratoryjnej jako środek suszący, odczynnik analityczny oraz do syntez.

Obowiązująca w Polsce wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) wynosi obecnie

dla dekatlenku tetrafosforu 1 mg/m<sup>3</sup>, a wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia chwilowego (NDSCh) – 2 mg/m<sup>3</sup> (DzU 2002, nr 217, poz. 1833).

Przedstawiona w artykule metoda stanowi nowelizację metody oznaczania dekatlenku tetrafosforu podaną w normie PN-78/Z-04073.01. W grupie norm PN-Z-04..... jest jedną z najstarszych metod.

Metoda zamieszczona w normie PN-78/Z-04073.01. zawiera wiele formalnych uchybień, a ponadto charakteryzuje się oznaczalnością na poziomie 1/5 obecnie obowiązującej wartości, czyli 0,2 mg/m<sup>3</sup>, a nie 1/10 wartości NDS, co zgodnie z rozporządzeniem ministra zdrowia (DzU 2011, nr 33, poz. 166) pozwoliłoby uzyskać zwolnienie z przeprowadzania pomiarów. Metoda ta nie jest także dostosowana do wykonywania pomiarów zgodnie z zasadami dozimetrii indywidualnej określonymi w normie PN-Z-04008-7:2002. Obecnie metoda ta jest wycofywana ze zbioru Polskich Norm.

## CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Przeprowadzono badania w celu znowelizowania metody podanej w normie PN-78/Z-04073.01. Zgodnie z tą normą powietrze zanieczyszczone dekatlenkiem tetrafosforu przepuszcza się przez płuczkę bełkotkową zawierającą wodę, gdzie substancja hydrolizuje do kwasu fosforowego(V). Oznaczanie polega na wytworzeniu kompleksu (błękitu fosforomolibdenowego) przez działanie na roztwór z płuczki molibdenianem amonu oraz kwasem askorbinowym. Otrzymane zabarwienie tego roztworu jest podstawą oznaczania spektrofotometrycznego. Związek ten jest kolejnym związkiem fosforu, do którego oznaczania jest zalecana metoda molibdenianowa. Nowelizowana norma, podobnie jak norma PN-91/Z-04073.03 zawierająca metodę oznaczania trichlorku fosforu, która została opublikowana w 2012 r. – PiMOŚP, nr 1(71), a także norma PN-91/Z-04073/04 zawierająca metodę oznaczania pentachlorku fosforu – PiMOŚP 2013, nr 1 (75) jest kolejną normą wchodzącą w

zakres arkusza dotyczącego badania zawartości fosforu oraz jego związków.

Przeprowadzone badania obejmowały jedynie walidację metody oznaczania dekatlenku tetrafosforu w roztworze pochłaniającym (wodzie destylowanej) z zastosowaniem spektrofotometrii absorpcyjnej przy długości fali 825 nm, czyli tak jak w normie PN-78/Z-04073/01 dla stężeń substancji kwasu fosforowego(V) w roztworze 0,001 ÷ 0,020 mg. W nowelizowanej normie zakres stężeń jest inny. Technika analityczna (spektrofotometria absorpcyjna w świetle widzialnym), która ma być zastosowana do oznaczania dekatlenku tetrafosforu, pozostała taka sama jak w normie podlegającej nowelizacji.

W metodzie oznaczania dekatlenku tetrafosforu zastosowano taki sam sposób pobierania powietrza jak w metodzie podanej w nowelizowanej normie – z zastosowaniem płuczki bełkotkowej wg Poleżajewa zawierającej wodę.

Dekatlenek tetrafosforu jest silnie higroskopijną substancją – reaguje łatwo z wodą, tworząc kwas fosforowy(V) i dlatego w powietrzu, które zawsze zawiera określoną ilość wody, szybko hydrolizuje, a więc właściwie substancja ta jest tam obecna jako kwas fosforowy(V). Jedynie w bardzo suchym środowisku może się ewentualnie znajdować niewielka ilość dekatlenku tetrafosforu, oprócz kwasu fosforowego(V). Z analitycznego punktu widzenia nie ma znaczenia, w jakich proporcjach znajdują się w powietrzu obie substancje, ponieważ wartości normatywów higienicznych są dla nich identyczne i do oznaczania kwasu fosforowego(V) na stanowiskach pracy stosuje się tę samą metodę.

### Stosowana aparatura i sprzęt

W badaniach zastosowano angielski spektrofotometr Helios  $\beta$  firmy Thermo Spectronic, wyposażony w kuwety o grubości warstwy absorbującej 10 mm.

Destylację wody do analizy przeprowadzano za pomocą polskiej destylarki ZALiMP DE-5.

Do sporządzania roztworów używano polskich pipet automatycznych firmy PZ HTL S.A. oraz pipet szklanych.

### Odczynniki, roztwory

W badaniach stosowano wyłącznie odczynniki o stopniu czystości cz.d.a. oraz wodę destylowaną. Podczas badań stosowano następujące odczynniki i roztwory:

- fosforan jednopotasowy ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )
- kwas askorbinowy, roztwór o stężeniu 0,01 g/ml (1-procentowy)
- molibdenian amonu ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , roztwór – 1 g substancji rozpuszczonej w mieszaninie 10 ml wody i następnie 50 ml roztworu kwasu siarkowego (1: 4)
- dekatlenek tetrafosforu (pentatlenek fosforu), roztwór wzorcowy podstawowy przygotowany przez rozpuszczenie 0,1915 g fosforanu jednopotasowego w 100 ml wody; 1 ml tak przygotowanego roztworu odpowiada 1 mg dekatlenku tetrafosforu
- dekatlenek tetrafosforu, roztwór wzorcowy roboczy uzyskany przez 100-krotne roz-

cieńczenie roztworu wzorcowego podstawowego; stężenie dekatlenku tetrafosforu w tym roztworze wynosi 0,01 mg/ml.

### Krzywa wzorcową i precyzja

Skalę wzorców przygotowuje się w następujący sposób. Do sześciu kalibrowanych probówek pomiarowych odmierza się kolejno w mililitrach: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 roztworu wzorcowego roboczego substancji, co odpowiada zawartości w miligramach: 0,001; 0,002; 0,005; 0,010; 0,015 i 0,020 dekatlenku tetrafosforu. Zawartość każdej probówki uzupełnia się wodą do 5 ml i dodaje po 1,0 ml roztworu molibdenianu amonu oraz po 0,5 ml roztworu kwasu askorbinowego i dokładnie miesza. Jednocześnie w siódmej probówce przygotowuje się roztwór kontrolny zawierający wszystkie odczynniki oprócz roztworu wzorcowego dekatlenku tetrafosforu. Probówki umieszcza się we wrzącej łaźni wodnej na około 10 min. Po wyjęciu probówek z łaźni wodnej pozostawia się je do ostygnięcia. Wykonuje się pomiar absorbancji kolejnych roztworów wzorcowych przy długości fali 825 nm, stosując jako odnośnik roztwór kontrolny. Krzywą wzorcową sporządza się, odkładając na osi rzędnych zawartości dekatlenku tetrafosforu w poszczególnych roztworach wzorcowych, a na osi odciętych – odpowiadające im wartości absorbancji.

Sporządzono trzy niezależne krzywe wzorcowe. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1. Krzywa wzorcową ma charakter liniowy. Średni współczynnik korelacji charakteryzujący liniowość krzywej wzorcowej wynosi 0,9997.

W wyniku przeprowadzonych badań wyznaczono też współczynniki zmienności *CV* dla roztworów wzorcowych (po 6 próbek) o zawartości kwasu fosforowego(V): 0,001; 0,005 i 0,020 mg. Współczynniki te wynoszą odpowiednio: 6,32; 3,25 i 3,61%, co świadczy o dobrej powtarzalności oznaczeń kalibracyjnych.

Zakres pomiarowy dla równoważnej zawartości kwasu fosforowego(V) w próbce od 0,001 do 0,020 mg odpowiada zakresowi stężeń dekatlenku tetrafosforu w powietrzu od 0,1 do 2 mg/m<sup>3</sup>, dla objętości powietrza 20 l.

Tabela 1.

Wyniki pomiarów absorbancji dla roztworów wzorcowych kwasu fosforowego(V) – krzywe wzorcowe

Numer wzorca	Skala wzorców nr 1		Skala wzorców nr 2		Skala wzorców nr 3	
	zawartość kwasu fosforowego(V), mg	absorbancja	zawartość kwasu fosforowego(V), mg	absorbancja	zawartość kwasu fosforowego(V), mg	absorbancja
1	0,001	0,0422	0,001	0,0419	0,001	0,0418
2	0,002	0,0817	0,002	0,0818	0,002	0,0816
3	0,005	0,2001	0,005	0,2008	0,005	0,2004
4	0,010	0,4045	0,010	0,4047	0,010	0,4051
5	0,015	0,6368	0,015	0,6078	0,015	0,6082
6	0,020	0,8564	0,020	0,8566	0,020	0,8573
Współczynnik korelacji						
0,9995			0,9996		0,9999	

### Granica oznaczania ilościowego

W wyniku przeprowadzonych badań przyjęto za granicę oznaczania ilościowego zawartość 0,0005 mg kwasu fosforowego(V) w próbce. Absorbancja wykazuje stosunkowo dobrą powtarzalność – współczynnik zmienności  $CV$  wynosi 8,54%.

### Trwałość barwy

Barwa kompleksu fosfomolibdenowego jest stosunkowo trwała. Sprawdzone, że trwałość niebieskiej barwy roztworów wzorcowych wynosi 24 h. Po tym czasie intensywność barwy się zmniejsza. Można jednak, co jest wygodne, krzywą wzorcową sporządzić nieco wcześniej niż pobiera się próbki powietrza i przeprowadza oznaczanie substancji w roztworze z płuczki. Pobrane próbki powietrza można przechowywać, szczelnie zamknięte, w chłodziarce do 48 h.

### Wpływ substancji towarzyszących

Jak już wcześniej podano, reakcja z wytworzeniem błękitu fosfomolibdenowego, będąca podstawą oznaczania, umożliwia oznaczanie różnych związków fosforu w środowisku pracy i nie różnicuje ich. Dlatego zaproponowanej metody nie należy stosować do oznaczania dekatlenku tetrafosforu w obecności innych związków fosforu. Jednak w odniesieniu do związków, które mają takie same jak dekatlenek tetrafosforu wartości normatywów higienicznych (np. kwas fosforow(V), trichlorek fosforu), nie stanowi to ograniczenia przy przeprowadzaniu oceny narażenia zawodowego. Metoda molibdenianowa jest też m.in. nieselektywna w obecności związków arsenu(V), żelaza czy związków krzemu, ale i to nie stanowi ograniczenia w jej stosowaniu, ponieważ substancje te nie występują razem z dekatlenkiem tetrafosforu na stanowiskach pracy.

## PODSUMOWANIE

Technika analityczna stosowana do oznaczania dekatlenku tetrafosforu pozostała taka sama jak w metodzie opisanej w normie, która podlegała nowelizacji.

Znowelizowana metoda umożliwia oznaczanie substancji od około 0,1 mg/m<sup>3</sup>, co stanowi 1/10 wartości NDS.

Metoda jest dostosowana do wykonywania pomiarów stężeń dekatlenku tetrafosforu na stanowiskach pracy również zgodnie z zasadami dozymetrii indywidualnej, co umożliwia prze-

prowadzenie najbardziej obiektywnej oceny narażenia zawodowego.

Wprowadzenie w punkcie dotyczącym pobierania próbek powietrza dowolności w wyborze objętości pobieranego powietrza – przez zapis „do”, umożliwia oznaczanie danej substancji w dużym zakresie stężeń.

Procedurę analityczną oznaczania dekatlenku tetrafosforu w powietrzu środowiska pracy zamieszczono w Załączniku.

## PIŚMIENICTWO

Gawęda E. (2012) Trichlorek fosforu – metoda oznaczania. PiMOŚP nr 1(71), 135.

Gawęda E. (2012) Znowelizowane metody oznaczania substancji chemicznych. Bezpieczeństwo Pracy nr 11, 30.

PN-78/Z-04073.01:Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości fosforu i jego związków. Oznaczanie pięciotlenku fosforu na stanowiskach pracy metodą kolorymetryczną.

PN-Z-04008-7:2002: Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza na stanowiskach pracy i interpretacji wyników.

Rozporządzenie ministra pracy i polityki społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1833; ze zm.

Rozporządzenie ministra zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 33, poz. 166.

## PROCEDURA ANALITYCZNA OZNACZANIA DEKATLENKU TETRAFOSFORU W POWIETRZU NA STANOWISKACH PRACY

### 1. Zakres stosowania

Metodę podaną w procedurze stosuje się do oznaczania dekatlenku tetrafosforu w powietrzu na stanowiskach pracy z zastosowaniem spektrofotometrii absorpcyjnej w widzialnym zakresie światła, podczas przeprowadzania kontroli warunków sanitarnohigienicznych.

Metody nie należy stosować w obecności arsenu(V) i jego związków, jak również innych związków fosforu rozpuszczalnych w wodzie. Najmniejsze stężenie substancji, jakie można oznaczyć w warunkach pobierania próbek powietrza i wykonania oznaczania opisanych w niniejszej procedurze, wynosi około  $0,1 \text{ mg/m}^3$ .

### 2. Normy powołane

PN-69/C-13046: Szklany sprzęt laboratoryjny. Płuczki bełkotkowe typu Poleżajewa zmodyfikowane.

PN-Z-04008-07: Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników.

### 3. Zasada metody

Oznaczanie dekatlenku tetrafosforu zawartego w badanym powietrzu polega na jego pochłonięciu w wodzie, gdzie następuje hydroliza do kwasu fosforowego(V), wytworzeniu kompleksu błękitu fosfomolibdenowego przez działanie molibdenianem amonu oraz kwasem askorbinowym jako reduktorem. Otrzymane w wyniku reakcji zabarwienie roztworu jest podstawą oznaczania spektrofotometrycznego przy długości fali 825 nm.

### 4. Wytyczne ogólne

#### 4.1. Czystość odczynników

Podczas analizy, o ile nie zaznaczono inaczej, należy stosować odczynniki o stopniu czystości co najmniej cz.d.a.

Do przygotowywania wszystkich roztworów należy stosować wodę destylowaną, zwaną w dalszej treści wodą.

#### 4.2. Dokładność ważenia

Substancje stosowane w analizie należy odważać z dokładnością do 0,0002 g.

#### 4.3. Postępowanie z substancjami chemicznymi

Wszystkie czynności z substancjami chemicznymi należy wykonywać w odzieży ochronnej i pod sprawą działającym wyciągiem laboratoryjnym.

Pozostałe po analizie roztwory odczynników i wzorców należy gromadzić w przeznaczonych do tego celu pojemnikach i przekazywać je do unieszkodliwienia uprawnionym instytucjom.

### 5. Odczynniki, roztwory i materiały

#### 5.1. Kwas askorbinowy

Stosować roztwór kwasu askorbinowego o stężeniu 0,01 mg/ml.

#### 5.2. Molibdenian amonu

Stosować roztwór molibdenianu amonu,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , przygotowany w następujący sposób: rozpuścić 1 g substancji w 10 ml wody i dodać 50 ml roztworu kwasu siarkowego, w proporcjach objętościowych 1: 4.

#### 5.3. Roztwór wzorcowy podstawowy kwasu fosforowego(V)

Do kolby pomiarowej o pojemności 100 ml odważyć 0,1915 g fosforanu jednopotasowego (fosforan potasu jednozasadowy),  $(\text{KH}_2\text{PO}_4)$ , następnie uzupełnić wodą zawartość kolby do kreski. Po rozpuszczeniu się substancji zawartość kolby dokładnie wymieszać. Otrzymany roztwór odpowiada 1 mg kwasu fosforowego(V) w 1 ml, co jest równoważne 1 mg dekatlenku tetrafosforu. Trwałość roztworu wynosi dwa tygodnie.

#### 5.4. Roztwór wzorcowy roboczy kwasu fosforowego(V)

Do kolby pomiarowej o pojemności 1 ml odmierzyc 1 ml roztworu wzorcowego podstawowego wg punktu 5.3., zawartość kolby uzupełnić wodą do kreski i wymieszać; 1 ml roztworu zawiera 0,01 mg dekatlenku tetrafosforu. Trwałość roztworu wynosi trzy dni.

## 6. Przyrządy pomiarowe i sprzęt pomocniczy

### 6.1. Płuczki

Stosować małe płuczki bełkotkowe, zgodnie z normą PN-69/C-13046.

### 6.2. Pompa ssąca

Stosować pompę ssącą umożliwiającą pobieranie powietrza ze stałym strumieniem objętości wg punktu 7.

### 6.3. Spektrofotometr

Stosować spektrofotometr do pomiarów absorpcji w zakresie światła widzialnego, wyposażony w kuwety o grubości warstwy absorbującej 10 mm.

## 7. Pobieranie próbek powietrza

Podczas pobierania próbek powietrza należy stosować zasady zawarte w normie PN-Z-04008-07.

W miejscu pobierania próbki przez płuczkę wg punktu 6.1. zawierającą 5 ml wody przepuścić do 20 l powietrza, ze strumieniem objętości do 0,5 l/min. Przechowywane w chłodziarce pobrane próbki zachowują trwałość do 48 h.

## 8. Przygotowanie skali wzorców i sporządzanie krzywej wzorcowej

Do sześciu kalibrowanych probówek odmierzyć kolejno w mililitrach: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 roztworu wzorcowego roboczego wg punktu 5.4., co odpowiada zawartości w miligramach: 0,001; 0,002; 0,005; 0,010; 0,015 i 0,020 kwasu fosforowego(V). Zawartość każdej probówki dopełnić wodą do 5 ml, następnie dodać po 1 ml roztworu molibdenianu amonu wg punktu 5.2. i po 0,5 ml roztworu kwasu askorbinowego wg punktu 5.1. W siódmej probówce przygotować roztwór kontrolny w następujący sposób: odmierzyć 5 ml wody i dodać 1 ml roztworu molibdenianu amonu wg punktu 5.2. i 0,5 ml roztworu kwasu askorbinowego wg punktu 5.1. Zawartość każdej probówki dokładnie wymieszać, a następnie umieścić je we wrzącej łaźni wodnej na około 10 min.

Po wyjęciu probówek z łaźni wodnej pozostawić roztwory do ostygnięcia.

Zmierzyć absorbancję kolejnych roztworów wzorcowych przy długości fali 825 nm, stosując jako odnośnik roztwór kontrolny. Krzywą wzorcową sporządzić, odkładając na osi odciętych zawartości kwasu fosforowego(V) w poszczególnych roztworach wzorcowych, a na osi rzędnych – odpowiadające im wartości absorbancji. Roztwory wzorcowe nie zmieniają barwy przez 24 h.

## 9. Wykonanie oznaczania

Do probówki pobrać 2,5 ml roztworu z płuczki, uzupełnić wodą do 5 ml i dalej postępować jak przy sporządzaniu krzywej wzorcowej wg punktu 8. Wykonać pomiar absorbancji w taki sam sposób jak podano w punkcie 8. i odczytać zawartość kwasu fosforowego(V) z krzywej wzorcowej.

W przypadku przekroczenia zakresu krzywej wzorcowej oznaczanie należy powtórzyć, pobierając z płuczki 1 ml roztworu i dopełniając wodą do 5 ml.

## 10. Obliczanie wyniku oznaczania

Stężenie dekatlenku tetrafosforu ( $X$ ) w badanym powietrzu obliczyć w miligramach na metr sześcienny na podstawie wzoru:

$$X = \frac{5 \cdot m \cdot 1000}{V \cdot V_1},$$

w którym:

$m$  – zawartość kwasu fosforowego(V) równa zawartości dekatlenku tetrafosforu w próbce oznaczona w roztworze pobranym z płuczki, w miligramach,

$V$  – objętość powietrza przepuszczonego przez płuczkę, w litrach,

$V_1$  – objętość roztworu z płuczki pobrana do probówki, w mililitrach,

5 – całkowita objętość roztworu w płuczce, w mililitrach.

## DANE WALIDACYJNE

Badania przeprowadzono z zastosowaniem angielskiego spektrofotometru Helios  $\beta$  firmy Thermo

Spectronic, wyposażonego w kuwety o grubości warstwy absorbującej 10 mm.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań uzyskano następujące dane walidacyjne:

- zakres oznaczania kwasu fosforowego(V) w roztworze próbki 0,001 ÷ 0,020 mg
- granica oznaczania ilościowego 0,0005 mg kwasu fosforowego(V)

- współczynnik korelacji charakteryzujący liniowość krzywej wzorcowej 0,9997
- całkowita precyzja metody 6,79%
- niepewność całkowita metody 13,58%.