

Stanisław KORZUCH

Centralne Biuro Konstrukcji Kotłów  
Tarnowskie Góry

## ZBIORCZE CHARAKTERYSTYKI MŁYNÓW PIERŚCIENIOWO-KULOWYCH I MISOWO-ROLKOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono analizę zagadnienia i metodykę wyznaczania charakterystyk młynów pierścieniowo-kulowych i misowo-rolkowych w oparciu o zebrane wyniki przeprowadzonych badań. Analizą objęto wyniki pomiarów młynów typu EM-70, MKM-25, MKM-33, MKM-55J i RP1043x ze szczególnym uwzględnieniem spotykanego w czasie badań zakresu zmian parametrów mielonego węgla i innych parametrów wpływających na pracę młyna i jakość uzyskiwanego pyłu. Omówiono przykładowo wybrane charakterystyki młynów MKM-33 i RP-1043x.

### 1. Wstęp

Dobór młynów węglowych do nowo [projektowanych lub modernizowanych] urządzeń kotłowych stwarza często potrzebę określenia ich parametrów w nowych warunkach eksploatacyjnych. Obecny stan zagadnienia nie pozwala na przeloznienie parametrów młyna z jednych warunków na drugie. Przewadzone jednak od wielu lat badania młynów pozwoliły na zebranie obszernego materiału dotyczącego ich pracy w różnych warunkach eksploatacyjnych.

Bezpośrednie korzystanie z tego materiału przy projektowaniu jest trudne. Toteż z punktu widzenia potrzeb konstruktorów i przemysłu celowe wydawało się zbiorcze opracowanie zebranych materiałów pod kątem wyznaczenia charakterystyk w możliwie najszerszym zakresie zmian parametrów. Przed przystąpieniem do opracowania przeprowadzono szczegółową analizę zagadnienia i opracowano metodę analizowania zebranych materiałów [4]. Przy analizowaniu wyników pomiarów szczególną uwagę zwrócono na zakres zmian parametrów i warunki pomiarów dla oceny ich porównywalności. Pod pojęciem "parametry młyna" rozumiano również parametry konstrukcyjne, które najczęściej podaje się w sposób opisowy. Przy opracowaniu charakterystyk postanowiono je uwzględniać i w miarę możliwości podawać jako parametr ujmujący zmianę ilościową.

### 2. Analiza zagadnienia

Pomiary młynów średniobieżnych, prowadzone przez ostatnie kilkanaście lat, były wykonywane na zamówienia, w których wyraźnie był wyznaczony cel i zakres pomiarów. Jedynym wyjątkiem były pomiary wykonywane w ramach FPTiE i zlecane przez producenta młynów.

Z tej przyczyny nie wszystkie parametry były każdorazowo mierzone i wynikające z tego powodu luki utrudniały, a czasami uniemożliwiały porównanie uzyskanych wyników.

W każdym z pomiarów wyznaczano jednak podstawowe parametry pracy w konkretnych warunkach eksploatacyjnych. W oparciu o pomiary tych parametrów można wykonać podstawowe charakterystyki pod warunkiem uzyskania porównywalności poszczególnych pomiarów, zwłaszcza w zakresie parametrów konstrukcyjnych i parametrów mielonego węgla.

Analiza stosowanych metod pomiarowych wskazuje, że wybór metody pomiaru poszczególnych wielkości był podyktowany bądź możliwościami technicznymi bądź zaleceniami norm technicznych obowiązujących w tym zakresie.

Z tej przyczyny pomiar wydajności młyna był najczęściej możliwy tylko w oparciu o pomiar prędkości obrotowej podajnika /dozownika/ uprzednio wzorcowanego, rzadziej w oparciu o wagę taśmową lub ważenie zasobnika węgla.

Pomiar ilości czynnika suszącego przepływającego przez młyn był na ogół możliwy tylko po stronie mieszanki pyło-powietrznej metodą sondowania przewodów pyłowych z niewielką dokładnością, wynikającą z samej metody oraz pulsacji ciśnienia i prawdopodobieństwa zatykania się przewodów impulsowych.

Dokładność wyznaczania składu ziarnowego pyłu i mielonego węgla oraz jego parametrów fizyko-chemicznych dla danego pomiaru zależy w głównej mierze od reprezentatywności pobranej próbki. Przy wszystkich pomiarach próbki były pobierane zgodnie z obowiązującymi normami. Stosowane metody wykonywania analiz fizyko-chemicznych podane przez obowiązujące w tym zakresie normy pozwalają na uzyskanie stosunkowo dużej powtarzalności i nie budzą zastrzeżeń.

Pozostałe parametry pracy młyna były mierzone z wymaganą dokładnością w każdych warunkach.

Przy analizie wyników uwzględniono fakt, że wszystkie pomiary były prowadzone w warunkach eksploatacyjnych i wyniki są obciążone dodatkowym błędem wynikającym z trudności w utrzymaniu stałych parametrów ruchowych w czasie trwania pomiarów.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że spełnienie właściwych warunków w czasie pomiarów młynów pracujących przy kotle w normalnej eksploatacji jest bardzo trudne.

Największe trudności sprawia:

- zapewnienie odpowiedniej długości prostych odcinków instalacji, pozwalających na pomiar przepływu i poboru próbek pyłu,
- duże wahania parametrów mielonego węgla /wilgotność, granulacja, podatność przemiałowa/ w czasie trwania pomiarów i brak możliwości zmiany tych parametrów, gdyż ich wartość jest znana z dużym opóźnieniem dopiero po wykonaniu analizy fizyko-chemicznej.

- uzależnienie parametrów pracy badanego młyna od parametrów pracy kotła i pozostałych młynów pracujących przy kotle.

Jednym z czynników utrudniających analizę wyników pomiarów wykonywanych w okresie ostatnich kilkunastu lat są wprowadzone modernizacje młynów. Nie wszystkie modernizacje miały wpływ na parametry pracy młyna i jakość uzyskiwanego pyłu toteż przed przystąpieniem do opracowywania zebranych materiałów przeprowadzono analizę zmian konstrukcyjnych, wprowadzonych do młynów zarówno przez wytwórcę jak przez użytkowników. Najwięcej zmian wprowadzono do młyna MhM-33 najliczniej reprezentowanego w energetyce i najlepiej zbadanego. Do zmian mających wpływ na parametry pracy tego młyna należy zaliczyć:

- zmianę rozwiązania konstrukcyjnego docisku kul na sprężyny zablokowane i docisk pneumatyczny, wprowadzające stopniowo coraz bardziej elastyczny docisk, umożliwiającą jednocześnie zwiększenie nacisku,
- zmianę konstrukcji pierścienia dociskowego z szerokiego na wąski;
- zmiana konstrukcji przysłony wylotowej w odsiewaczu,
- zmiana konstrukcji pierścienia przelotowego na perforowany,
- zmiana konstrukcji zamknięcia dolnej części wewnętrznego stożka odsiewacza.

Pozostałe zmiany konstrukcyjne takie jak: zmiana konstrukcji wodzików pierścienia dociskowego, zmiana konstrukcji pierścienia przelotowego na płaski, zmiana konstrukcji wygarniaczy porytowych, zmiana konstrukcji rozdzielacza pyłu na wylocie z młyna i inne drobne zmiany nie mają wpływu na uzyskiwane parametry i z tego względu nie muszą być brane pod uwagę przy analizowaniu wyników pomiarów.

Ważną sprawą w czasie badań jest utrzymanie dostatecznie szerokiego zakresu zmian badanych parametrów oraz utrzymywanie stałych, z góry określonych wartości pozostałych parametrów wpływowych.

W przypadku badania wpływu parametrów mielonego węgla na pracę młyna zadanie to nie jest wykonalne. Spośród kilku parametrów węgla wpływających na pracę młyna należy wyliczyć: wilgotność przemijającą węgla, zawartość popiołu i jego skład mineralny, podatność przemiałową oraz skład ziarnowy czyli sortyment.

Pozostałe parametry, czasem związane z wymienionymi, takie jak wartość opałowa, erozyjność - mają tylko wpływ pośredni przez oddziaływanie na pracę kotła.

Ponieważ w normalnej eksploatacji elektrowni nie da się wydzielić węgla o określonych parametrach: to wyznaczenie wpływu parametrów węgla na pracę młyna jest w pomiarach eksploatacyjnych prawie niemożliwe.



W przypadku posiadania dużej liczby wyników pomiarów eksploatacyjnych, prowadzonych z odpowiednio dużą dokładnością, można jednak wybrać do analizy tylko te, w których parametry wpływowe zawierały się w określonych przedziałach wartości i w ten sposób wyznaczyć interesujące nas zależności.

### 3. Sposób opracowania charakterystyk w oparciu o zebrane materiały

Dla przeprowadzenia wstępnej analizy zebrane wyniki pomiarów zestawiono według przyjmowanych wartości podstawowych parametrów pracy. Okazało się, że mimo dużej ilości przeprowadzonych pomiarów wybranie odpowiedniej liczby pomiarów o zbliżonej wartości określonych parametrów wpływowych przy jednym dowolnie zmieniającym się nie jest zadaniem łatwym. Przy zawiązaniu dopuszczalnych odchyłek od przyjętej wartości stałej dla tych parametrów bardzo szybko maleje liczba zakwalifikowanych pomiarów do wyznaczenia danej charakterystyki.

Mając na uwadze dokładność wyznaczenia poszczególnych charakterystyk dobrano następujące przedziały parametrów wpływowych.

Wydaźność młyna	B - max - 90% - 80% - 70% - 60% - 50% - 40%
Wentylacja	V - max - 90% - 80% - 70% - 60% - 50% - 40%
Temperatura gorącego powietrza	t <sub>gw</sub> - 400°C - 350°C - 300°C - 250°C - 200°C
Temperatura mieszanki za młynem	t <sub>zm</sub> - 150°C - 130°C - 110°C - 100°C - 90°C - 80°C
Wilgotność przemijająca mielonego węgla	W <sub>ex</sub> - 25% - 20% - 15% - 10% - 5% - 0

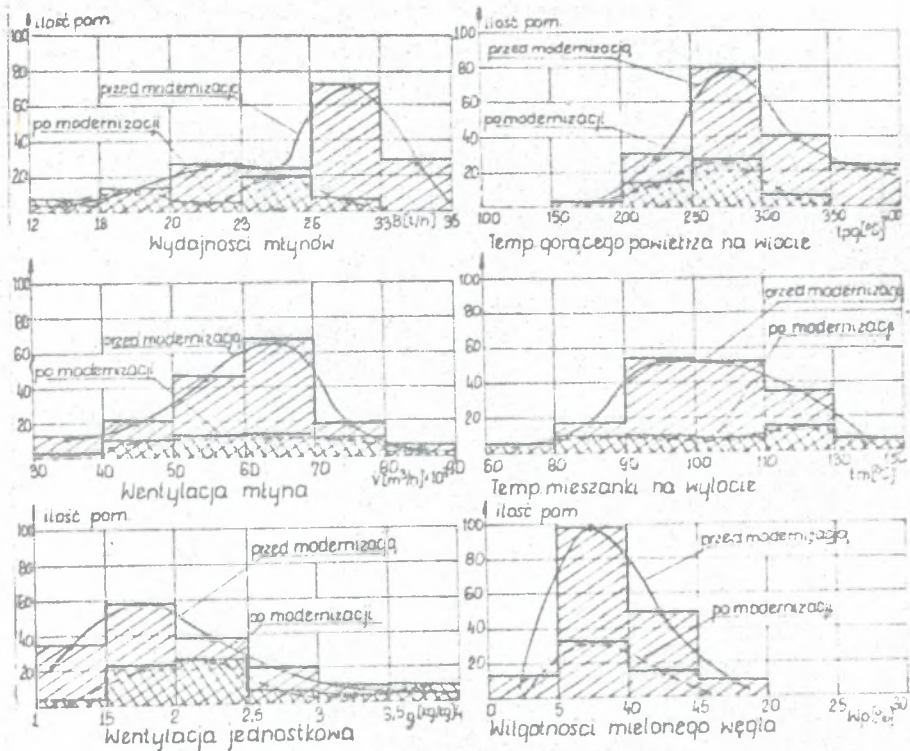
Wartości wypisane przy poszczególnych parametrach podają granice przedziałów.

Zestawienie pomiarów w poszczególnych przedziałach wykorzystano do wykonania wykresów liczebności pomiarów w poszczególnych przedziałach.

Wykresy takie dla młyna MM-33 przedstawiono na rys. 1.

W oparciu o zebrane materiały i przyjęte kryteria opracowania wyników wykonano charakterystyki dla każdego z wybranych młynów.

Uzyskany w ten sposób materiał porównawczy zestawiono na wspólnych wykazach zbiorczych pozwalających na porównanie parametrów uzyskiwanych przez poszczególne młyny. Charakterystyczne zależności przedstawiono w formie graficznej ułatwiającej analizę zebranego materiału.



Rys. 1. Wykres liczebności pomiarów w poszczególnych zakresach parametrów pracy młyna MKM-33 w pierwszym wykonaniu fabrycznym i po modernizacji zamknięcia dolnej części osiewacza

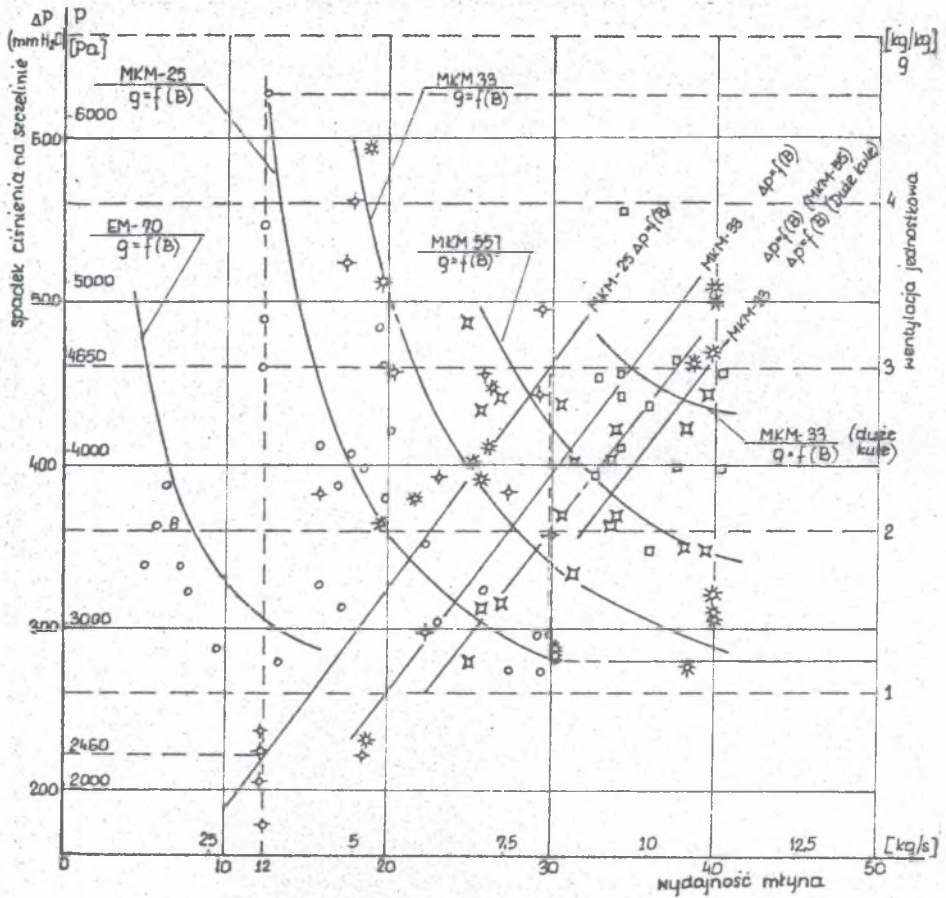
Fig. 1. The amount of measurements in particular ranges of work parameters of originally manufactured mill MKM-33 and after the modernization of sealing of lower part of separator.

#### 4. Wybrane charakterystyki młynów MKM33 i RP 1043x

Opracowany materiał jest bardzo obszerny i przedstawienie go w tym referacie nie jest możliwe. Ograniczono się zatem do przykładowego przedstawienia kilku charakterystyk dla najczęściej stosowanych w energetyce młynów typu MKM-33 i RP1043x.

Omówienie przedstawionych charakterystyk będzie z konieczności również ograniczone do najistotniejszych spostrzeżeń.

Szerzej potraktowanie zaędmienia można znaleźć w l [4] .



Rys. 2. Charakterystyki oporów przepływu przez szczelinę przelotową i wentylacji jednostkowej w zależności od obciążenia młyna

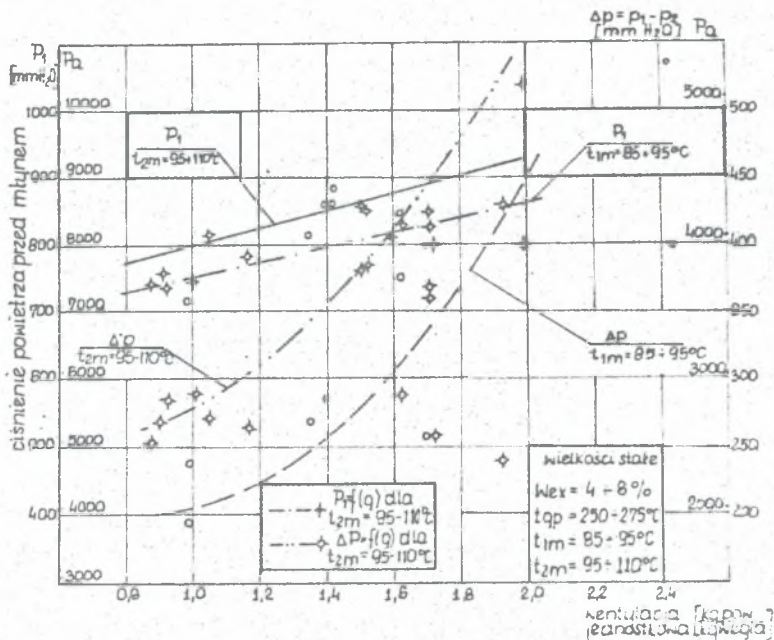
Fig. 2. Characteristic curves of air - slot flow resistance and specific ventilation v s mill output.

Maksymalną wydajność ograniczoną zapelnieniem młyna i jego oporami przepływu jest bardzo trudno wyznaczyć w warunkach eksploatacyjnych. W czasie badań młyna MKM-33 próby określenia tej wydajności były ponawiane wielokrotnie.

W wyniku tych badań można stwierdzić, że dla młyna MKM-33 po remoncie /nowy układ mielący/ przy bardzo suchym węglu /poniżej 5% wilgotności przemijającej/ wydajność maksymalna ograniczona oporami przepływu



i tendencją do zasypywania się wynosi  $B_m = 40$  t/h. Wydajność maksymalna tego samego młyna przy wilgotności przemijającej mielonego węgla ok. 20 - 23%, temperaturze mieszanki  $t_m = 90^\circ\text{C}$  i temperaturze gorącego powietrza  $350^\circ\text{C}$  jest ograniczona zdolnością suszenia i wynosi zaledw  $B_r = 26$  t/h.



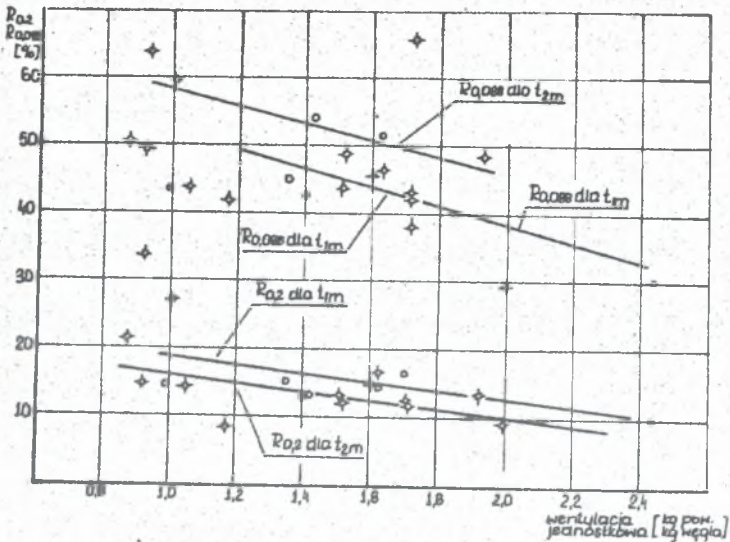
Rys. 3. Charakterystyka oporów przepływu przez młyn dla i wykonania fabrycznego młyna MKM-33 w zakresie obciążeń powyżej 30 t/h.

Fig. 3. Characteristic curve of mill flow resistance for originally manufactured mill MKM-33 in the output range above 30 t/h.

Pracę młyna w zakresie maksymalnych obciążeń charakteryzuje rys. 3, na przykładzie młyna MKM-33. Opory przepływu w zakresie stałego obciążenia bardzo mocno zależą od wentylacji. Dla stałej jednostkowej wentylacji większe opory ma młyn pracujący przy wyższej temp. mieszanki. Tłumaczyć to należy większymi prędkościami wynikającymi ze wzrostu objętości gazu przy wyższej temperaturze.

Do opracowywania charakterystyki przedstawionej na rys. 3 wybrano pomiary w zakresie maksymalnej wydajności, gdyż przy tej wydajności recyrkulacja mieliwa jest tak duża, że zamyka dolną część stożka wewnętrznie odsiewacza. Uzyskane w ten sposób wyniki na młynie w i wykonaniu fabrycznym są porównywalne z pomiarami prowadzonymi na młynie

ze zmodernizowanym odsiewaczem.

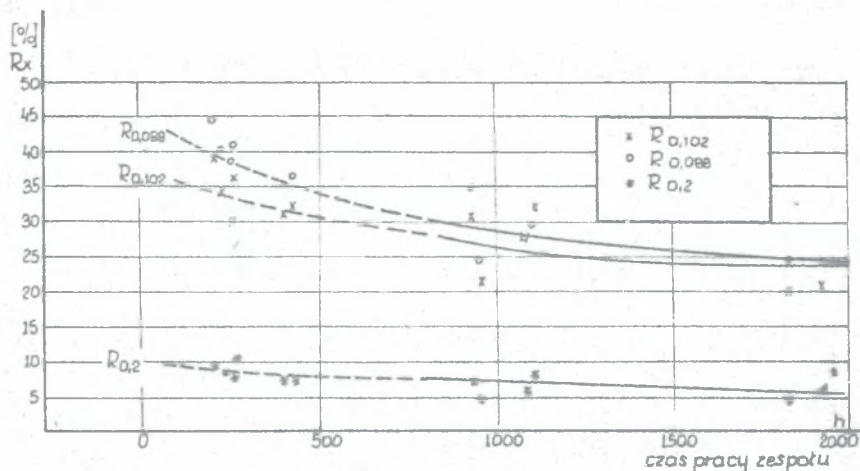


Rys. 4. Charakterystyka pyłu  $R_{0,088}$  i  $R_{0,2}$  dla młyna MKM-33 w pierwszym wykonaniu fabrycznym przy obciążeniu powyżej 30 t/h.

Fig. 4. Pulverized coal mesh fractions /number 30 and 70/ for originally manufactured mill MKM33 at the outputs above 30 t/h.

Jakość uzyskiwanego pyłu zależy poza parametrami konstrukcyjnymi i ustawieniem elementów regulacyjnych odsiewacza od takich parametrów pracy młyna jak ilość czynnika przepływającego przez młyn, obciążenie młyna i parametry mielonego węgla, zwłaszcza wilgotność i podatność przemianowa. Na rys. 4 przedstawiono charakterystykę pyłu w funkcji wentylacji jednostkowej przy maksymalnym obciążeniu młyna MKM-33, kiedy dolna część odsiewacza jest szczelna. Z przedstawionej zależności wynika, że ze wzrostem wentylacji przy obciążeniu maksymalnym młyna maleje pozostałość na sicie  $R_{0,2}$ , czyli jakość pyłu ulega poprawie dzięki przeważającemu oddziaływaniu środkowej części odsiewacza /po uszczelnieniu zawracanym pyłem/.





Rys. 5. Zależność jakości uzyskiwanego pyłu od stopnia zużycia elementów mielących dla młyna RP 1043x

Fig. 5. The dependence of fineness of obtained pulverized coal on wear grade of grinding parts of mill RP 1043x.

Wpływ zużycia elementów mielących na jakość pyłu przedstawiono na rys. 5. Z przedstawionej charakterystyki wynika, że w miarę zużywania się elementów mielących młyn daje coraz drobniejszy pył. Przyczyna tego zjawiska nie została ostatecznie wyjaśniona. Jedną z przyczyn może być współzależność między takimi parametrami, jak: wypełnienie młyna, opory przepływu, wentylacja. Współzależność między tymi parametrami została przedstawiona dla poszczególnych typów młynów na rys. 2.

### 5. Wnioski końcowe

1. W trakcie opracowywania wyników pomiarów stwierdzono małą powtarzalność parametrów mielonego węgla, w związku z tym zaniechano wyznaczania ich wpływu na maksymalną trwałą wydajność młyna i jakość uzyskiwanego pyłu.
2. Przy wykonywaniu dalszych pomiarów szczególną uwagę należy zwrócić by w każdym pomiarze mierzone były wszystkie parametry niezbędne do wyznaczania przynajmniej podstawowych charakterystyk. Wskazany jest również pobór próbek pyłu przed odsiewaczem dla wyznaczania częstości cyrkulacji mielniwa i wypełnienia młyna.
3. Opracowane charakterystyki należy uzupełniać w miarę prowadzenia dalszych badań.

## LITERATURA

- [1] Letin L.A., Roddatis K.F.: Srednechodnye i tichochodnye mel'nicy. Énergoizdat, Moskva 1981.
- [2] Romadin V.P.: Pyleprigotovlenie. Gosénergoizdat, Moskva 1953.
- [3] Normy rasčeta i proektirovaniya pyleprigotovitel'nykh ustanovok. Gosénergoizdat, Moskva-Leningrad 1958.
- [4] Korzuch S., Najgebauer L.: Opracowanie wyników krajowych badań młynów pierścieniowo-kulowych i misowo-rolkowych celem wykorzystania ich do weryfikacji badań procesów przemiału i suszenia węgla w instalacjach doświadczalnych. Opracowanie SBKK /niepublikowane/ nr arch. 8.1655. Tarnowskie Góry 1984.
- [5] Korzuch S.: Opracowanie pełnej charakterystyki młyna MKM-33. Opracowanie SBKK /niepublikowane/ nr arch. 8.837.. Tarnowskie Góry 1975.

СВОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЬЦЕВО-ШАРОВЫХ  
И МИСОВО-РОЛИКОВЫХ МЕЛЬНИЦ

## Резюме

Веденные уже много лет испытания мельниц, в том числе также шарово-мисковых и мисково-роликовых сделали возможным сбор материала из области их работы в изменяемых эксплуатационных и топливных условиях. Этот материал доступным в виде разработок результатов отдельных измерений, сведений средних значений измеряемых параметров и выводов не является приготовленным к непосредственному использованию конструкторами. Каждая серия измерений была ведена с целью определенным и не всегда обнимала измерение всех параметров связанных с работой мельницы. По той причине как и вследствие веденных модернизаций мельниц сопоставление результатов из собранных разработок является затрудненным. Принимая во внимание вышеприведенные проблемы решено, для получения однозначной интерпретации, сделать сведную разработку результатов измерений среднеходных мельниц. С этим целью произведено анализ вопроса и разработано методику определения характеристик исхода из собранных материалов. Эта методика заключается на разделении целого объема изменений отдельных параметров на узкие интервалы с многим количеством измерений и определении характеристики в целом объеме изменений исхода из интервалов с многочисленной представительностью.

Анализ распространялся на результаты измерений мельниц типа ЗМ-70, МКМ-25, МКМ-33, МКМ-55 и РП 1043х в области параметров влияющих на работу мельницы и качество получаемой пыли. Для примера представлено и обсуждено характеристики мельниц МКМ-33 и РП1043х многочисленно выступающих в профессиональной энергетике.

## COMPREHENSIVE CHARACTERISTICS OF ROLL AND BALL MILLS

## S u m m a r y

Research on mills, including also ball and roll mills, that has been done for many years has made it possible to collect a vast material concerning their performance under changing operation and fuel supply conditions. The data, which are available in the form of elaborations and research papers analyzing the results of particular tests, specifications of average values of measured parameters and findings, are not yet meant for use that designers could make. It is because each measurement series was carried out to fulfil a specific purpose and it did not always aim at measuring all the parameters involved in the mill operation. For this reason and because of some modernization projects of the mills, the comparison of results presented in the collected research papers is by no means easy.

Bearing in mind the above mentioned problems, it has been decided that for an unmistakable interpretation it is best to prepare a comprehensive elaboration of the measurement results for the two types of vertical spindle mills. It involved a general analysis of the problem, resulting in creating a method for determining technical characteristics on the basis of the collected data. The method consists in dividing the whole range of particular parameter changes into smaller sections for which a great number of measurements is provided. The sections which are most numerously represented serve for specifying the characteristics of the whole range of changes. The analysis comprised measurement results for mills of EM-70, MKM-25, MKM-33, MKM-55J and RP 1043x types in the range of parameters that influence the mill performance and quality of pulverised fuel obtained.

The analysis has been illustrated with technical descriptions of mills MKM-33 and RP-1043x which are most typical of the power engineering industry.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ludwik Cwynar

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1986 r.