

1st International Conference - Reliability and Durability
of Machines and Machinery Systems in Mining
1986 JUNE 16-18 SZCZYRK, POLAND

Збигнев МИХАЛЯК

Горный институт
Ленинград, СССР

СТЕНДЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРИВОДОВ КОМБАЙНОВ

Резюме. В статье рассматриваются методы оценки качества приводов комбайнов, применяемых на заводах СССР и ПНР. Дана их критическая оценка. Показаны преимущества испытательного стенда, созданного в ЛПИ, отличающегося тем, что в качестве нагрузочного привода применяются генераторы постоянного тока. На базе такого стенда, по специальной методике с достаточной точностью определяются характеристики комбайнов, позволяющие оценить их работоспособность и на этой основе дать рекомендации по их эксплуатации. Описан стенд аналогичного принципа действия, введенный в работу на шахте "Семяновице" в ПНР.

Все комбайны перед монтажом в лаге должны проходить приемосдаточные испытания с целью определения допустимых нагрузок приводов резания (двигателя и редуктора) и подачи. В процессе испытаний определяются численные значения показателей качества приводов, позволяющие сопоставить однотипные приводы комбайнов между собой и определять их соответствие предполагаемым условиям и режиму эксплуатации.

В настоящее время на заводах СССР и ПНР известно четыре способа оценки качества изготовления и ремонта приводов (редукторов) большой мощности в собранном виде.

1. По нагреву масла в редукторе и по величине контактного пятна зубчатой пары с использованием для нагрузки колодочных или электромагнитных порошковых тормозов.

2. По величине вибрации или отдельных его узлов [4] нагрузка создается тормозами или генераторами.

3. По величине к.п.д.

4. По соотношению интенсивности роста потерь мощности в приводе при увеличении статической (и динамической) нагрузки. Нагрузка создается машиной постоянного тока работающей в генераторном режиме.

Регулирование нагрузки осуществляется с помощью тиристорных преобразователей, и энергия генераторов отдается через тиристоры в электрическую сеть.

Метод предложен ЛГИ и воплощен в испытательном стенде, внедренном на заводе "Красный Октябрь" комбината "Кузбасуголь".

Способы 1, 2 и 3 оценки качества машин, применяемых для контроля комбайнов в сборе, обладают следующими недостатками:

1. Температура масла в редукторе не является объективным критерием качества привода.
2. Создавать длительную нагрузку с помощью тормозных шкивов можно при мощности до 20 кВт. При мощности приводов 100–200 кВт – создание длительных нагрузок с помощью тормозных колодок затруднительно.
3. Невозможна рекуперация электроэнергии в сеть.
4. Требуется дополнительные капитальные затраты на строительство емкостей для водо-охлаждающих устройств.
5. Величина к.п.д. не характеризует при статической нагрузке качество машины, которая в реальных условиях работает в динамическом режиме.
6. Вибрации возникают при вращении (перемещении) узла под нагрузкой. Вибрация зависит от характера нагрузки нагружения (тормозами или генератором – статической или динамической нагрузкой) и способа крепления испытуемого привода к фундаменту и нагрузочному стенду. Поэтому установка получается достаточно сложной.
7. Для замера вибраций применяются пьезодатчики, которые эффективны при частоте колебаний выше 20 герц и применяющиеся при частоте колебаний нагрузки 1000 и более герц.

У комбайнов основная частота колебаний нагрузки (внешняя динамика) не превышает 20–30 герц (обычно 10 герц). Поэтому вибрационный метод малоприменим для оценки приводов исполнительного органа комбайнов.

На рис. 1 показаны схемы стендов, применяемые на Горловском машзаводе им. С.М. Кирова (рис. 1а), стенд ЛГИ (рис. 1б) и стенд С-1 построенный на шахте "Семяновице" (ПНР) (рис. 1в).

Для испытаний трансмиссий выемочных комбайнов на Горловском машиностроительном заводе им. С.М. Кирова спроектирован стенд (рис. 1а) [1].

На основании, выполненном в виде плиты с Т-образными пазами, закрепляется комбайн 1, выходные валы которого с помощью карданных валов 2 соединены с нагрузочными тормозами 3. Стенд предназначен для испытания комбайнов типа 1ГШ 68, КШ 3М, КШ-1 кг.

Нагрузочное устройство (тормоза) является основной частью стенда. Оно состоит из электромагнитного порошкового тормоза, системы охлаждения тормоза и шкафа управления.

Принцип действия тормоза основан на использовании электромагнитных и механических сил, действующих в заполненном порошком зазоре тормоза. Под действием постоянного магнитного потока, создаваемого катушками возбуждения при прохождении через них постоянного тока, порошок втягивается в рабочие зазоры тормоза, создавая механическую связь между статором и ротором. Эта связь тем больше, чем больше величина тока возбуждения.

Эффективность работы стенда определяется в основном надежностью работы нагрузочного устройства, стабильностью тормозного момента, создаваемого электромагнитными порошковыми тормозами (ТЭП) и током возбуждения.

На рис. 16 показан испытательный стенд ЛГИ, функционирующий на ремонтно-механическом заводе "Красный Октябрь" в Кузбассе. Стенд предназначен для испытания комбайнов КШ-1 кГ.

Комбайн 1 устанавливается в собранном виде на раме стенда. Выходные валы со снятыми исполнительными органами с помощью цепных муфт (2) соединяются через повышающие редукторы (3) электрическими машинами постоянного тока (4) типа ТП-82, работающими в генераторном режиме с рекуперацией энергии в сеть, или гашением энергии на сопротивлениях. Для получения режима рекуперации предусмотрены тиристорные преобразователи (5) (типа ППТР - 230).

В основу испытаний положено приближение условий испытания к условиям эксплуатации, это позволяет создавать нагрузку на комбайн аналогичную действительной при работе комбайна в шахте.

Стенд имеет ряд преимуществ перед стендами создающими нагрузки на комбайн с помощью тормозов:

1. Дает объективную численную оценку качества ремонта, так как позволяет определить потери энергии в комбайне.
2. Работает с рекуперацией, снижает расход электроэнергии на испытание комбайна.
3. На стенде можно проводить обкатку собранного комбайна и любого редуктора. При этом электрические машины постоянного тока работают в двигательном режиме.
4. Конструкция стенда позволяет испытывать комбайн в собранном виде, следовательно, ремонтный завод имеет возможность производить комплексную проверку комбайна.
5. Дает возможность численной оценки показателей надежности привода с регистрацией этих показателей в паспорте комбайна.
6. Повышает техническую культуру ремонтных служб и обеспечивает хорошие гигиенические условия труда.
7. Стенд ЛГИ может быть изготовлен с использованием серийного оборудования.

Испытания приводов резания комбайнов КШ-1 кГ производятся в статическом режиме нагрузки, после обкатки и стабилизации температуры масла в редукторе.

На шнековых валах редуктора комбайна КШ-1 кГ (на входе испытываемого привода) создается нагрузка, величина которой изменяется с циклом 10 кВт от холостой до 100 кВт, время регистрации одного показания - одна минута.

В процессе испытания фиксируются две величины:

P_1 , кВт - потребляемая двигателем комбайна активная мощность,

$P_{Г}$, кВт - мощность, отдаваемая генераторами стенда в сеть или на сопротивление.

$$P_{Г} = P_{Г_1} + P_{Г_2}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где $P_{Г_1}$ и $P_{Г_2}$ - мощности первого и второго генераторов.

Потери мощности в испытываемом приводе резания определяются из выражения:

$$\Delta P_k = P_1 - P_2, \text{ кВт} \quad (2)$$

Мощность на шнековых валах комбайна

$$P_2 = P_r + \Delta P_{r_1} + \varphi \Delta P_{r_2}, \text{ кВт} \quad (3)$$

ΔP_{r_1} и ΔP_{r_2} - потери мощности в агрегатах станда, определяемые при тарировке.

Анализ результатов испытаний после капитального ремонта около 500 приводов резания комбайна КШ-1 кг на станде "Красный Октябрь" показал, что зависимость потерь мощности в приводе от нагрузки может быть выражена уравнением прямой

$$\Delta P_k = P_{\text{хк}} + a_c \cdot P_2, \text{ кВт} \quad (4)$$

где

$P_{\text{хк}}$ - потери холостого хода испытываемого привода резания, кВт.

a_c - интенсивность роста потерь мощности в приводе комбайна с увеличением статической нагрузки.

$P_{\text{хк}}$ и a_c являются показателями долговечности привода резания комбайна и характеризуют качество изготовления и сборки машины после ремонта.

$P_{\text{хк}}$ - определяют постоянные потери мощности в испытываемом приводе не зависящие от нагрузки.

a_c - характеризуют переменные потери мощности, определяемые статической нагрузкой.

В среднем относительное отклонение текущих значений потерь мощности от среднего значения по выражению (4) не превышает 8,9 процента [2, 3].

Коэффициент полезного действия привода резания определяется как:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_k} = \frac{1}{1 + a_c + \frac{P_{\text{хк}}}{P_2}} \quad (5)$$

Зависимости (4) и (5) справедливы при $P_2 < P_g$ где P_g - максимально допустимое для данного привода значение полезной мощности, при превышении которой потери мощности ΔP_k начинают возрастать более интенсивно.

Анализ результатов испытаний показывает, что каждая машина имеет свое значение a_c и $P_{\text{хк}}$. Величина a_c зависит главным образом от точности изготовления деталей, зазоров, межцентровых расстояний, т.е. определяется геометрическими размерами элементов привода. Потери холостого хода $P_{\text{хк}}$ зависят

от точности обработки деталей (трения), состояния трущихся поверхностей, кинематики привода и качества смазки.

Основные рекомендации, выработанные на основе многолетнего анализа результатов испытаний комбайнов на стенде и их работы в шахте, сводятся к следующему [3]:

1. Привод резания, к.п.д. которого при номинальной нагрузке (для комбайнов КШ-1кГ после ремонта - 70 кВт) ниже 0,55-0,6 должен проходить дополнительную ревизию и ремонт.

2. В зависимости от значений $P_{\text{хк}}$ и a_c все отремонтированные комбайны разделяются на три категории:

I категория $P_{\text{хк}} < 7$ кВт и $a_c < 0,35$; $\eta_k > 0,7$

II категория $7 < P_{\text{хк}} < 10$ кВт; $0,35 < a_c < 0,45$; $\eta_k > 0,63$

III категория $P_{\text{хк}} \geq 10$ кВт; или $a_c \geq 0,45$ ($\eta_k \geq 0,55-0,6$)

Машины I категории могут быть направлены в наиболее сложные горно-геологические условия и в лавы с непрерывной работой комбайна.

Машины II категории должны работать при сопротивляемости пласта резанию до 180 н/мм.

Машины III категории целесообразно передать шахтам, отрабатывающим наиболее мягкие пласты, работающие с небольшим коэффициентом использования комбайнов по времени [1].

Анализ полученных значений a_c и $P_{\text{хк}}$ позволил установить, что они распределяются по нормальному закону (рис. 2) и показывает, что изменение $P_{\text{хк}}$ и a_c взаимосвязано. В среднем, чем больше $P_{\text{хк}}$, тем меньше a_c . Связь между этими показателями качества приводов резания, определенная в ЛГИ известным методом корреляции, может быть выражена уравнением:

На рис. 1в показан стенд С-1, предназначенный для испытания комбайнов ПНР. Он введен в эксплуатацию на шахте "Семяновце" в 1985 году. За основу была взята программа и методика испытаний комбайнов КШ-1 кГ.

Стенд для исследования очистных комбайнов находится на горизонте шахты с отметкой 321 м. Создание такого стенда было продиктовано высоким уровнем механизации (8 комплексов, в сумме 20 очистных друшниковых и одношниковых комбайнов). При размещении его под землей руководствовались близким расположением ремонтных мастерских (механические, гидравлические и электрические). Так как шахта не опасна по газу, большинство работ, даже сварочные, можно проводить под землей, естественно при соблюдении правил ТБ.

Длина столба составляет 400-1500 м, условия залегания как и сопротивление пласта - разные. Сопротивление резанию составляет 220-470 н/мм.

Стень часто новый или после ремонта комбайн после проходки одной лавы еще способен к работе, но в более легких условиях. Определение пригодности комбайна для данного режима работы - это главная цель стенда.

Стенд состоит из рамы (1), по которой может передвигаться комбайн (2). Размещение комбайна на раме зависит от того, какой именно привод резания подвергается проверке, либо от того в каком направлении испытывается привод подачи. Стенд является симметричным.

Нагрузочное устройство состоит из рамы (3), двух генераторов постоянного тока (4), двух мультипликаторов (5) и промежуточного редуктора (6). Вал поворотного редуктора комбайна соединен с валом промежуточного редуктора с помощью муфты (7).

Комбайн может быть запитан напряжением 500 или 1000 В. Максимальная мощность испытываемого привода резания 160 кВт. Потери мощности ΔP_{Γ} в нагрузочном агрегате стенда определяются при его тарировке.

При тарировке генератор Γ_1 работает в двигательном режиме и через редуктор M_1 и мультипликатор M_2 вращает генератор Γ_2 , который создает тормозной момент, а энергия отдается на сопротивление. В дальнейшем предполагается отдача энергии в сеть с помощью тиристорного преобразователя.

На рис. 3 представлен пример результатов испытаний привода резания комбайна КШ-1 кГ после ремонта на стенде. При номинальных нагрузках ($P_2 \approx 70$ кВт) $\Delta P_{\kappa} \approx 33$ кВт. С ростом полезной мощности более 100 кВт потери мощности начинают возрастать более интенсивно.

Для сравнения показаны тоже результаты испытаний привода резания комбайна КWB3-RDUN (номинальная нагрузка 135 кВт)

- 1) характеристики для привода после работы в лаве, перед ремонтом;
- 2) характеристики привода резания после ремонта.

ВЫВОДЫ

1. Метод испытаний с помощью тормозов не позволяет определить потери в исследуемом приводе.
2. Разработанный и созданный в ЛГИ стенд и методика испытаний комбайнов лишены недостатков других стендов.
3. Потери энергии в приводах комбайнов являются комплексным критерием, наиболее полно отражающим техническое состояние машины.
4. Анализ показателей качества приводов позволяет оценивать эффективность по его изготовлению и более правильно прогнозировать производительность и наработку комбайнов.
5. Результаты испытаний на стенде должны являться обязательным приложением к паспорту комбайна. Характеристики качества машины и ее приводов должны использоваться при анализе наработки, производительности и отказов комбайна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М.: Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. М., "Недра", 1982.
- [2] Метод оценки качества ремонта комбайнов и эффективности их эксплуатации в Воркутинском бассейне. Отчет ЛГИ. Руководитель работы М.Д. Коломийцов № 79049529, Л., 1979.

- [3] Колодийцов М.Д.: Метод прогнозирования наработки комбайнов. Записки ЛГИ, т. 87, Ленинград, 1981, с. 3-11.
- [4] Zakrzewski T.: Ocena stanu wibroakustycznego głowic górniczych kombajnów ścianowych. Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa, 4/180 Katowice 1984, s. 9-16.

Recenzent: Prof. dr inż. Zbigniew KORECKI

Wpłynęło do Redakcji: luty 1986 r.

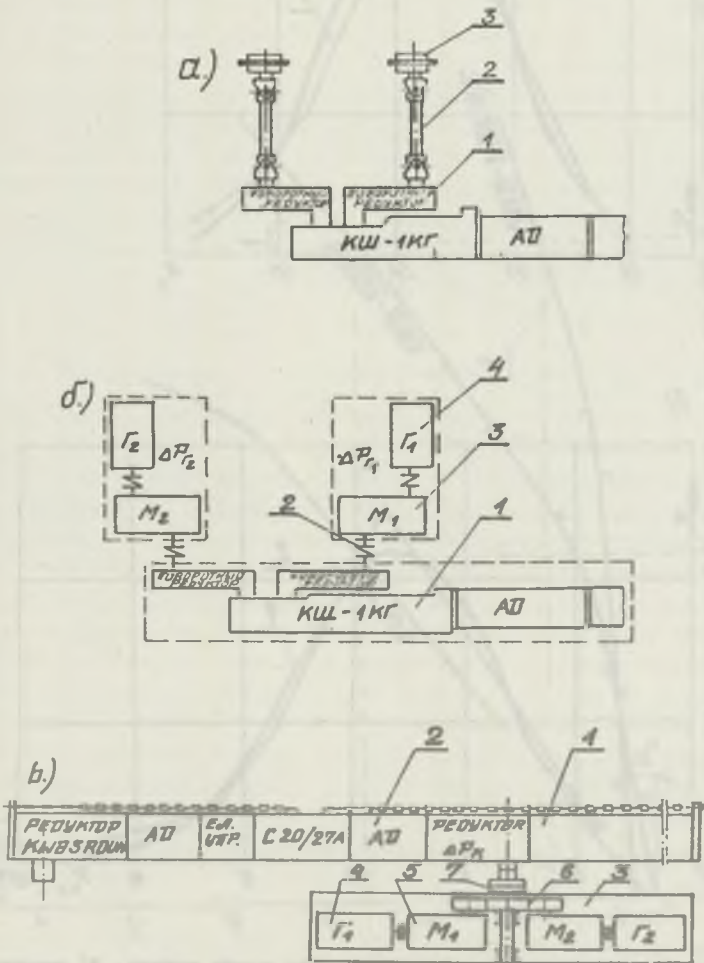


Рис. 1. Стенды для испытаний очистных комбайнов

Rys. 1. Stanki do badań kombajnów ścianowych

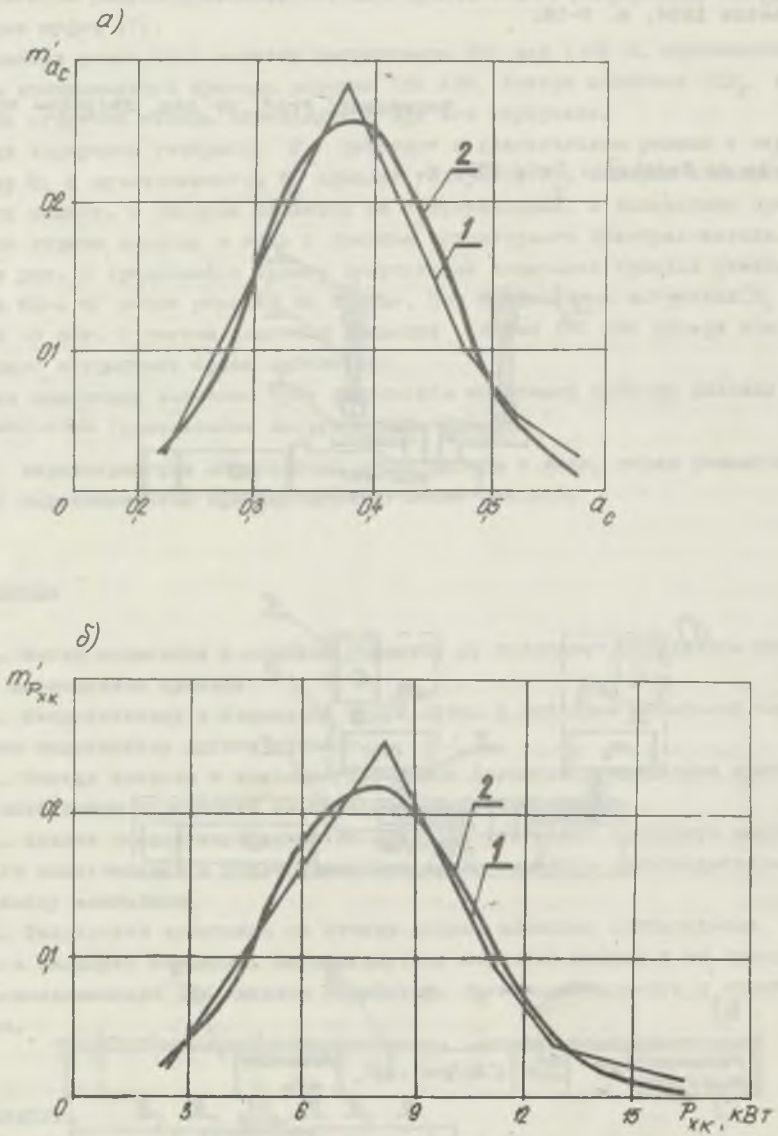


Рис. 2. а) распределение a_c - интенсивности роста потерь, б) распределение $P_{жк}$ - мощности холостого хода
 Rys. 2. а) rozkład a_c - intensywności wzrostu strat, б) rozkład $P_{жк}$ - mocy ruchu jałowego

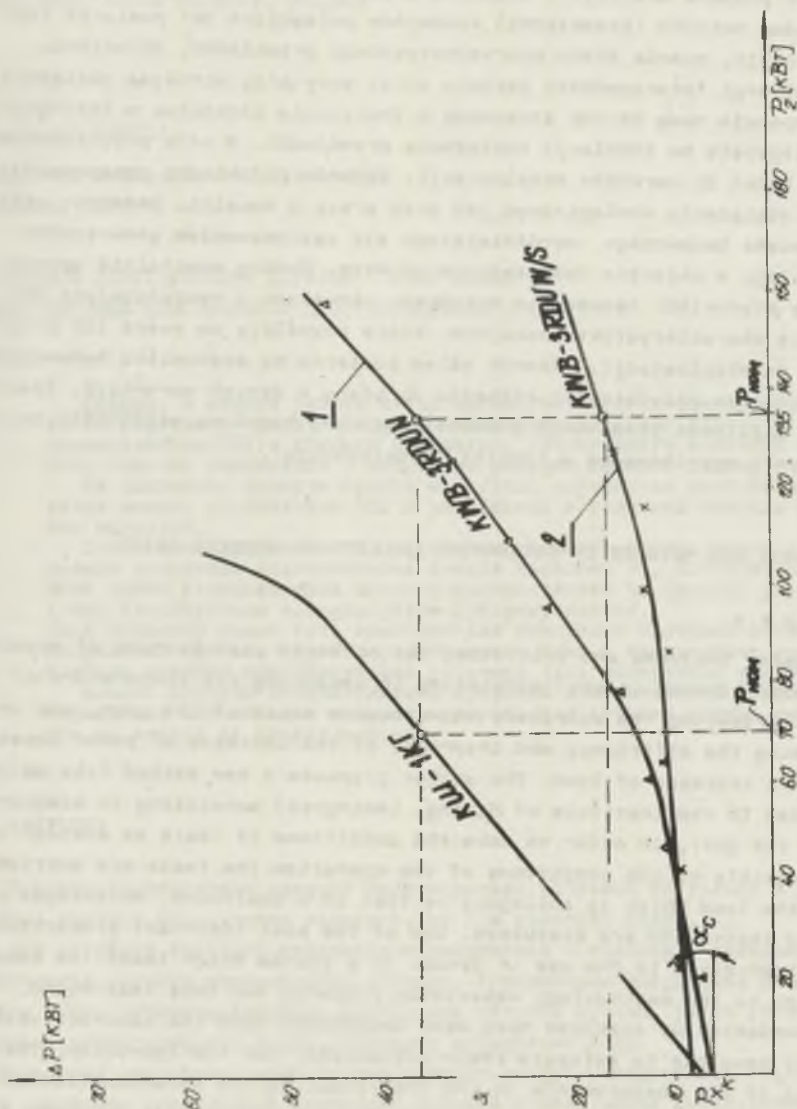


Рис. 3. Зависимость потерь мощности - ΔP_k от нагрузки P_2 для испытываемого привода
 Rys. 3. Zależność strat mocy ΔP_k od obciążenia P_2 dla badanego napędu

STANOWISKA BADAWCZE I METODY OCENY JAKOŚCI NAPĘDÓW KOMBAJNÓW

S t r e s z c z e n i e

W pracy poddano analizie i oceniono krytycznie stosowane dotychczas metody badań napędów (przekładni) kombajnów polegające na: pomiarze temperatury oleju, ocenie stanu wibroakustycznego przekładni, określeniu sprawności oraz intensywności wzrostu strat mocy przy wzroście obciążenia. Autor proponuje nową metodę stosowaną w Instytucie Górnictwa w Leningradzie, polegającą na symulacji obciążenia przekładni. W celu przybliżenia warunków badań do warunków eksploatacji, badania przekładni przeprowadza się przy obciążeniu analogicznym jak przy pracy w kopalni. Omówiono zalety stanowiska badawczego, wyróżniającego się zastosowaniem generatorów prądu stałego w układzie obciążającym głowicę. Według specjalnie opracowanej dla stanowiska badawczego metodyki, określono z wystarczającą dokładnością charakterystyki kombajnów, które pozwalają na ocenę ich przydatności do eksploatacji. Głównym celem pomiarów na stanowisku badawczym jest określenie przydatności kombajnu do pracy w danych warunkach. Zaproponowano możliwość stosowania podobnej metodyki badań na stanowisku zainstalowanym i wypróbowanym w kopalni "Siemianowice".

TEST-STANDS AND METHODS OF ESTIMATING QUALITY OF COMBINE DRIVE

S u m m a r y

The paper analyses and criticizes the hitherto used methods of examining combine drives (gears) consisting in measuring the temperature of oil, in estimating the vibratory and acoustic state of the gear, and in determining the efficiency and intensity of the increase of power losses during the increase of load. The author proposes a new method (the method being used in the Institute of Mining, Leningrad) consisting in simulating load of the gear. In order to make the conditions of tests as similar as it is possible to the conditions of the operation the tests are carried out at the load which is analogous to that in a coal-mine. Advantages of the used test-stand are discussed. One of the most important properties of the test-stand is the use of dynamo in a system which loads the head. According to the methodology especially prepared for this test-stand, characteristics of combines have been determined with the accuracy which makes it possible to estimate their suitability for the operation. The main aim of the measurements on the test-stand is the determination of combines suitability for given conditions. The possibility of using a similar methodology in the coal-mine "Siemianowice" is suggested.