

INTERNATIONAL CONFERENCE DYNAMICS OF MINING MACHINES
DYNAMACH '89

Йосеф БУКОВЯН
Станислав ХОЙСЕР

г.п. Острой Опава

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИКИ ГОРНЫХ МАШИН

Резюме. Обеспечению технического уровня и качества разработки и производства горных машин в г. п. Острой Опава уделяется особенное внимание.

Статья описывает первые шаги в области теоретического решения и моделирования динамического поведения горных машин в 60 годах. Последовательно приведены результаты измерений динамики скребкового конвейера ТГ 700 и описание испытаний на срок службы коробок передач в закрытом испытательном округу.

Опыт приобретенный при измерении динамического поведения горных машин вынудил приобретение специальных измерительных приборов ЧРД 1 и ДУРЕС, техническая характеристика которых приведена. В заключении приведены результаты из практического проверивания аппаратов ЧРД и ДУРЕС.

Острой Опава является монопольным производителем горных машин для подземной выемки угля в Чехословакии. Начало его традиции было положено в 1948 году. В настоящее время в его производственной программе находится 120 типов горных машин и оборудования. Все эти машины были разработаны в научно исследовательском центре, который является составной частью предприятия. Разработка новых машин сосредоточена на удовлетворение требований новых технологий выемки угля в Оставско-Карвинском бассейне и дальших бассейнах ЧССР. Часть продукции предприятия Острой предназначена для экспорта.

Интерес к динамическому поведению машины вызван стремлением к комплексному знанию всех действующих сил. Оно является первым предположением для более точного определения размеров при комбинации теоретического решения и лабораторных и эксплуатационных испытаний с эффективным измерением. Дальшим условием успешной разработки новых машин является необходимость исходить при разработке не типов и углов, которые оправдали себя в эксплуатационных условиях.

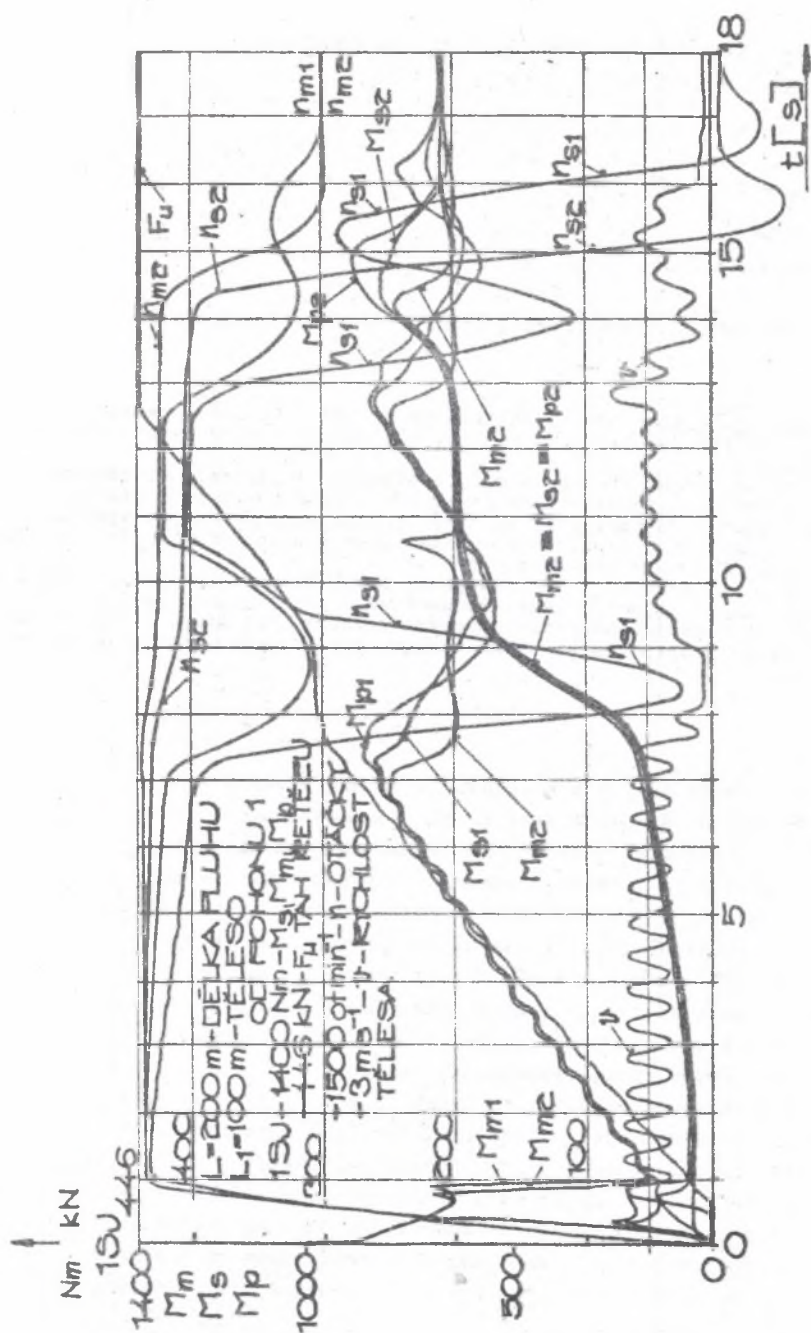


Рис. 1. Динамика перегруженного привода струга

■ - муфта, m1 - двигатель, p1 - коробка передач 1, M - моменты, n - обороты, v - скорость корпуса

Таким образом также г. п. Острой уделяет при разработке немалый интерес к определению размеров на основе динамических испытаний и испытаний на срок службы. Специфика эксплуатационных условий в шахтах (опасность по взрыву метана) и состояние науки в области микроэлектроники являются совместно действующими факторами для трудоемкого приобретения основных знаний о динамическом поведении горных машин в эксплуатационных условиях.

1. Динамическая модель - теоретическое решение

Развитие в 60 годах обратило свое внимание на теоретические решения (1) с первыми предположениями способов приобретения требуемых динамических технических характеристики путем измерения.

Были составлены динамические модели всех нами выпускаемых машин

- комбайны (без гидравлической муфты с нелинейностью асинхронного двигателя)
- скребковые конвейеры (гидравлические муфты + двигатели + 14 масс)
- ленточные конвейеры (гидравлические муфты + двигатели + 14 масс)
- струги (гидравлические муфты членов + двигатели + 14 масс).

Обработка на аналоговой вычислительной машине 2 x МЕДА 80 повлияла число решенных дифференциальных уравнений и таким способом и точность взаимных связей. Не смотря на это результаты показали, что основное значение имеет влияние формы характеристик электродвигателей, характеристик гидравлических муфт, разгона, блокировка целых систем, решение фазовой задержки включения приводов, расположение масс и крепостных связей. Проблема необходимости решения качественной связи электродвигатель, гидравлическая муфта и целая система оказалась особенно очевидной и стала дополнительно предметом студия. Пример решения динамики работы струга приведен на рисунке № 1.

2. Динамика приводов скребковых конвейеров

Так как производство скребковых конвейеров представляет в г. п. Острой одну треть общей продукции сосредоточилось внимание последовательно на следение за динамикой скребковых конвейеров и стругов с особенным заострением на приводы (2).

Измерение динамики и определение нагрузочного спектра скребкового конвейера.

Измерение динамики ТГ 700 осуществлялось в лаборатории на поверхности, где симулированы некоторые состояния из эксплуатации:

- не загруженный разгон конвейера
- разгон при блокировке конвейерной цепи
- блокировка конвейерной цепи при ходе конвейера
- выключение конвейера.

Учитывая проблемы измерения горных машин в газовых шахтах не было возможно провести измерение комплексно в эксплуатации шахты. По этой причине был нагрузочный спектр скребкового конвейера предложен на основе измерением приобретенных величин и следения хода.

В течение трех лет хода приводов скребкового конвейера был предложен нагрузочный центр смотри рис. 2.

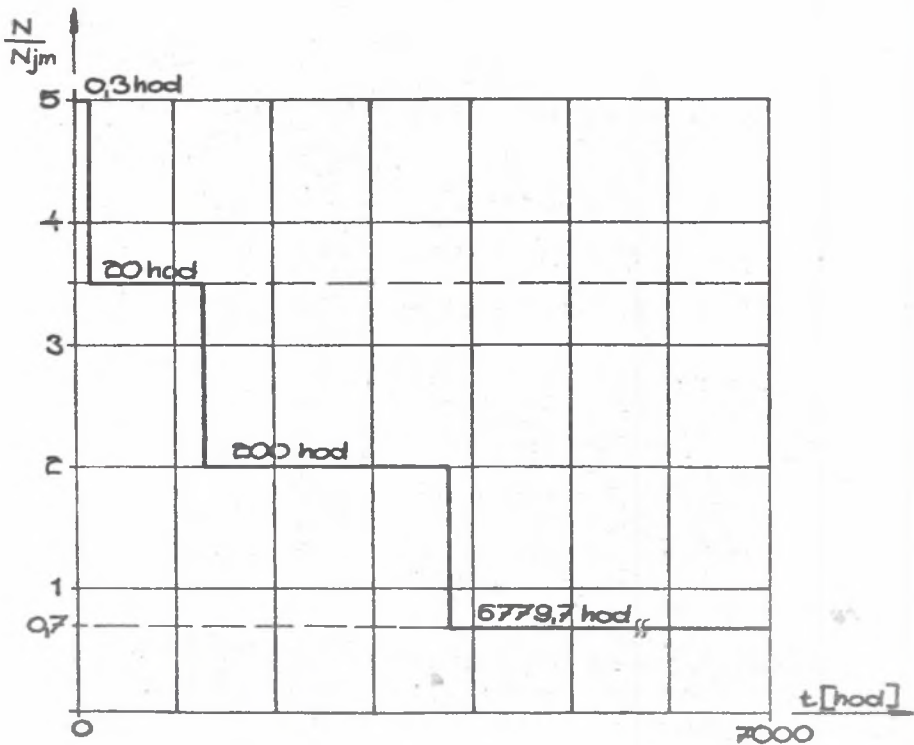


Рис. 2. Нагрузочный спектр привода скребкового конвейера

Вычисление эксплуатационных коэффициентов

На основе определения нагрузочного спектра были вычислены протекания эксплуатационных коэффициентов $K_I = f(N_K)$ для вычисления зубчатого зацепления по ЧСН О1 4686. Протекание K_I определено в зависимости от числа циклов в течение срока службы машины и исходит из линейной теории кумуляции повреждений:

$$\frac{N_D}{N_K} = \frac{1}{(X_E \cdot K_I)^p} \cdot \int_0^{\phi_D} X^p \cdot d\phi + \frac{1}{(X_E \cdot K_I)^q} \cdot \int_{\phi_D}^1 X^q \cdot d\phi$$

- N_D - число циклов до перелома Велеровой кривой
- N_K - общее число оцененных циклов
- X_E - относительная частота нагрузки
- p, q - показатель Велеровой кривой
- ϕ - относительная частота нагрузки
- n_i - число нагрузочных циклов на i -ом уровне

Протекание зависимости эксплуатационных коэффициентов приведено на рис. 3.

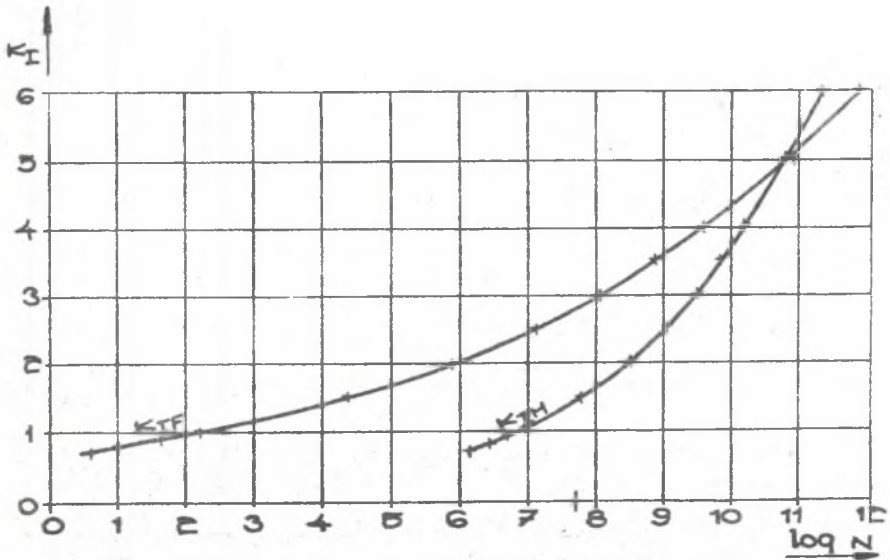


Рис. 3. Зависимость эксплуатационных коэффициентов

На основе приведенных результатов осуществилось контрольное вычисление зацепления.

Учитывая новизну методики мы были вынуждены провести практическое проверку теоретических вычислений.

Экспериментальное проверка срока службы коробок передач

Испытание коробок передач конвейера ТГ 700 на срок службы было проведено в новом способом предложенном закрытом испытательном кругу (смотри рис. 4).

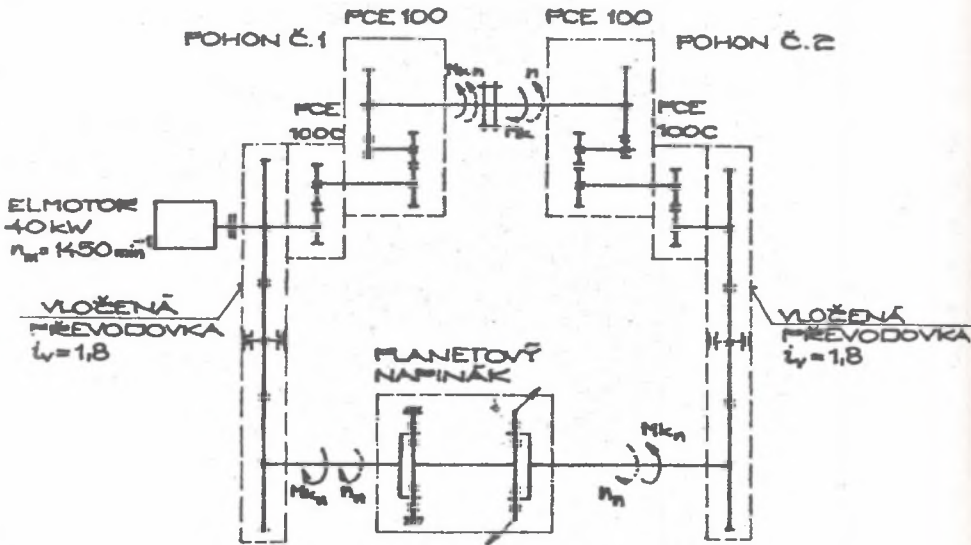


Рис. 4. Закрытый испытательный круг

Этот метод обладает следующими преимуществами:

- позволяет непрерывное изменение нагрузки в течение испытания с возможностью перегрузки для укорочения испытания
- обеспечивает одновременное испытание двух коробок передач
- не требует дальнейшего испытательного оборудования
- обеспечивает низкую энергетическую требовательность.

Нагрузка в течение испытания на срок службы переводится на нагрузку по следующему отношению:

$$N_{EZ} = \sum_{i=1}^n N_i (K_i)^P$$

- N_{EZ} - переведенная эквивалентная нагрузка
- N_1 - нагрузка на переводяемом уровне; N_j = номинальная нагрузка системы
- K_1 - отношение $\frac{N_1}{N_j}$, в сущности $\frac{\sigma_i}{\sigma_{lim}}$
- p - экспонент Велеровой кривой

Приведенный метод дал возможность обеспечить отношение теоретического вычисления к практической нагрузке. Было проверено, что вычисление зубчатого зацепления по приведенной методике на стороне безопасности и оно является полностью применительным для определения размеров приводов скребковых конвейеров.

Для разработки приводов в этой временной области стоит обращать внимание на следующие заключения:

- Для определения размеров динамических нагружаемых составных частей скребковых конвейеров можно применить нагрузочный спектр по рис. 1
- Для крепостного контроля зубчатых колес коробок передач скребковых конвейеров был проверен способ вычисления по стандарту ЧСН О1 4686 с определенными протеканиями эксплуатационных коэффициентов K_{IH} , K_{IF}
- выгодность и надежность метода испытания коробок передач в открытом испытательном округе. Было достигнуто требуемых результатов в укороченном времени с более низкими расходами.

Сигнал из поворачивающихся составных частей был считыван из тензосметров путем фрикционных методов и сигналы из двигающихся узлов было должно приобретать перерыванным измерением вне стандартного выемочного способа с необходимостью резервации и возвращения в первоначальные положения. Одновременно обработка измеренных основ была очень трудная так, как графические выводы не дали возможность автоматической обработки.

3. Разработка измерительных приборов, примеры измерений

Таким образом началось в условиях разработки и выпуска производственного завода с разработкой измерительного оборудования позволяющего:

- 1 - плавное измерение динамических величин в двигающихся узлах с требовательностью в смысле встройки в малые пространства (скребки, исполнительные барабаны и т.п.)

- 2 - регистрация измерением приобретенных сигналов в требуемой малой оптимальной длине в цифровой форме позволяющей автоматическую обработку на вычислительной машине
- 3 - регистрация больших масс данных от многих раздельных регистраторов с возможностью сброса памяти и подготовки для дальнейшего измерения, включая присоединение к вычислительной машине и конечной обработке.

3.1. Цифровой регистратор данных ЧРД 1

Свойства приведенные в пунктах 1-3 абз. 3 выполняет цифровой регистратор данных ЧРД 1 со следующими параметрами:

| | |
|-------------------------------|--|
| - число измерительных каналов | 2 |
| - точность измерения | 6,25 % (зависит от четырехбитовой записи) |
| - емкость записи | 8 КБ (зависит от примененных памяти) |
| - период отбора пробы | избираемый 1, 10, 100, 1000 Hz |
| - время записи | зависимое от периода отбора пробы |
| - входная чувствительность | 1 мВ (тензо 1/2 мост) |
| - способ записи | единовременный в автоматическим переключением в режим чтения |
| - размеры | 200 x 120 x 25 их можно согласно качеств составных частей ешеминиатюризовать |

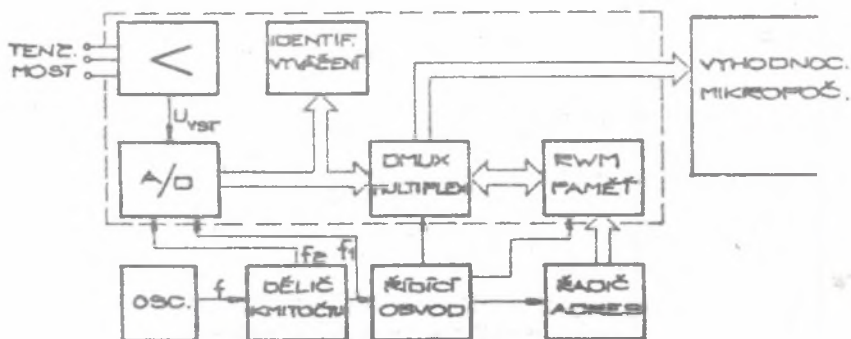


Рис. 5. Блок-схема ЧРД 1

Действие очевидное из блокировочной схемы ЧРД 1 смотри рис. 5. Прототип ЧРД 1 был проверен совместно с рядом профессиональных измерительных устройств при измерении вращающейся дробилки камня ДУ 2 таким способом, что он был намонтирован на вращающуюся поверхность гироскопа и после 15 сек дробления его память была переведена в вычислительную микромашину.

Пример графического вывода данных (крутящий момент) при этом измерении показывает рис. 6.

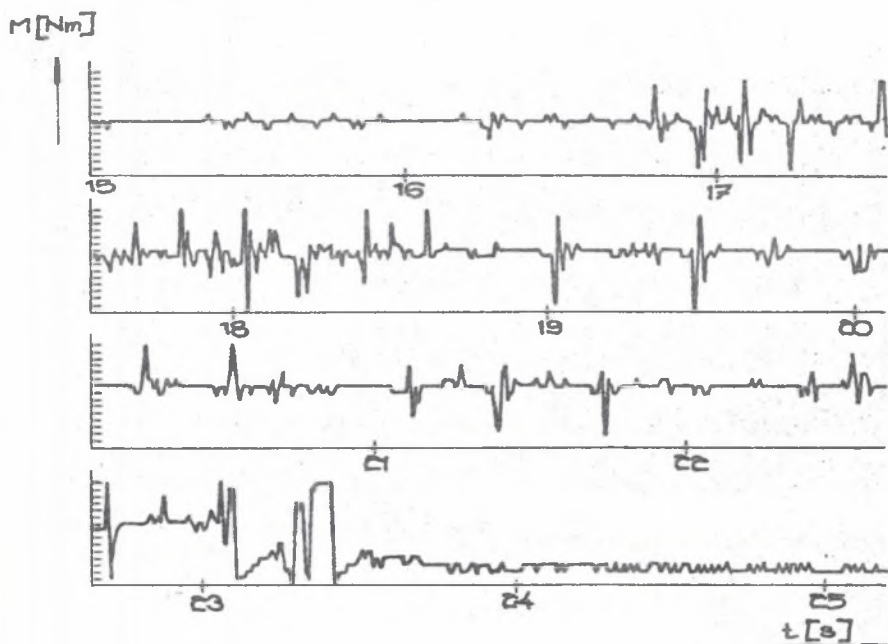


Рис. 6. Пример графического вывода данных ЧРД 1

Автоматической обработкой на автоматической вычислительной машине разумеется сделать возможным все статистические расклады и корреляции, расчеты на прочность включая разработки воздействий динамических нагрузок методом "стекания дождя" (rain flow) и кумуляции повреждения любыми методами согласно возможностям программным (неаппаратным) средствам (9).

3.2 Регистрирующий прибор большого типа ДУРЕС (горный регистрирующий комплекс) (4) смотри рис. 7.

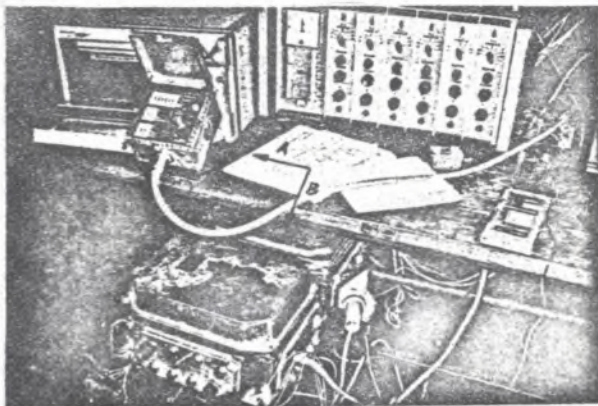


Рис. 7. Шахтная регистрационная система ДУРЕС при измерении
А - панель управления, В - блок измерения и регистрации

Позволяет действие по 3) авт.3, но кроме того это самостоятельное измерительное устройство позволяет:

- регистрировать 64 каналов/с (восьмибитовых слов), в которых можно измерять, кодировать и регистрировать всего 79 параметров (52 аналоговых сигналов, 24 сигнализаций + 1 время, 1 измерение калибром, 1 идентификация)
- опробование можно повысить у тензометров, оборотов, потенциометров 2х, 4х, 8х - 16х/с
- время записи 25 часов на магнитную ленту
- питание 24 В, 220 В
- точность измерения 1%
- масса 12 кг, размер 450 x 350 x 165

В состав прибора входят два компактных блока легко перестраиваемых во взрывонепроницаемые оболочки.

Указанный прибор служит для измерения и полной оценки более медленных динамических явлений (комплексное измерение механизированных крепей или для комбинации измерения с ЧРД 1 (передача и укладывание данных из малой памяти).

3.3 Контролирующее измерение.

При создании оборудования описанных в авт. 3.1 и 3.2 на испытательном стенде провели контролирующее измерение дроби угля ДУ 2 (4,7), приводов струга ПД 82.2 (8) и крепи

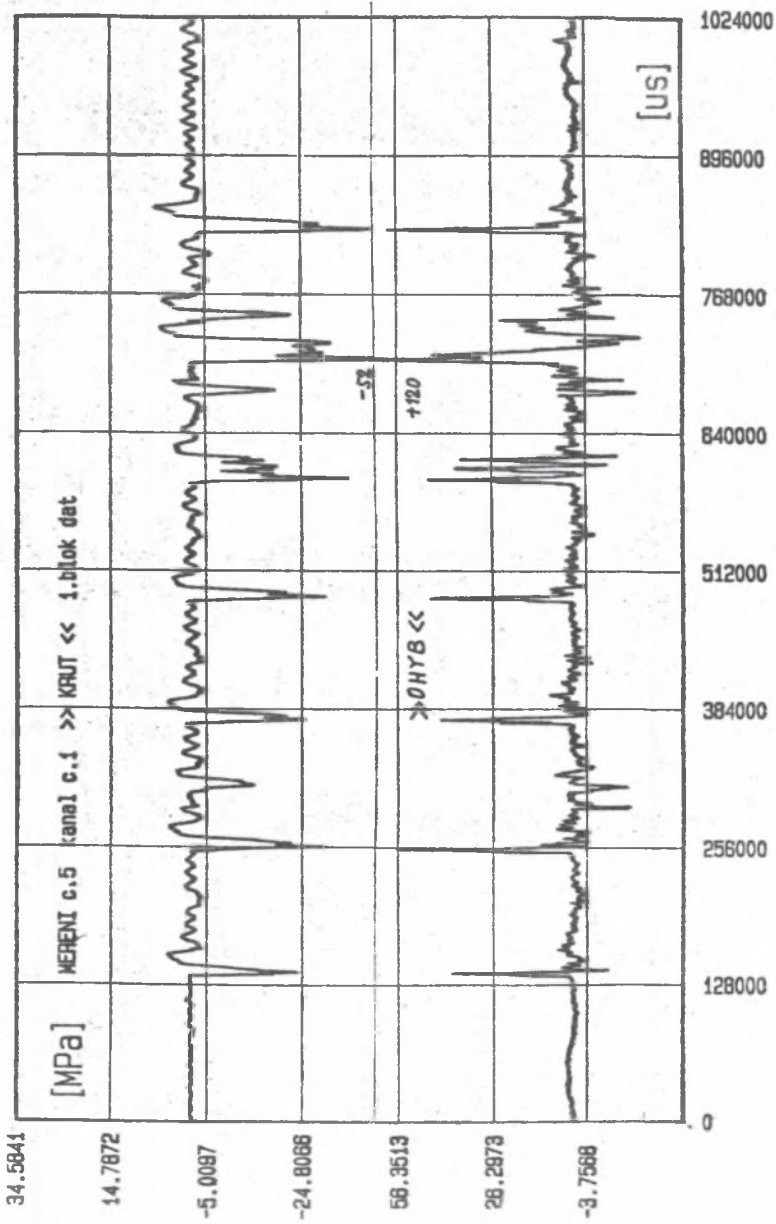


Рис. 8. Измерение Мк и Мо на дробилке ДИ 2 системой МАУРЕР

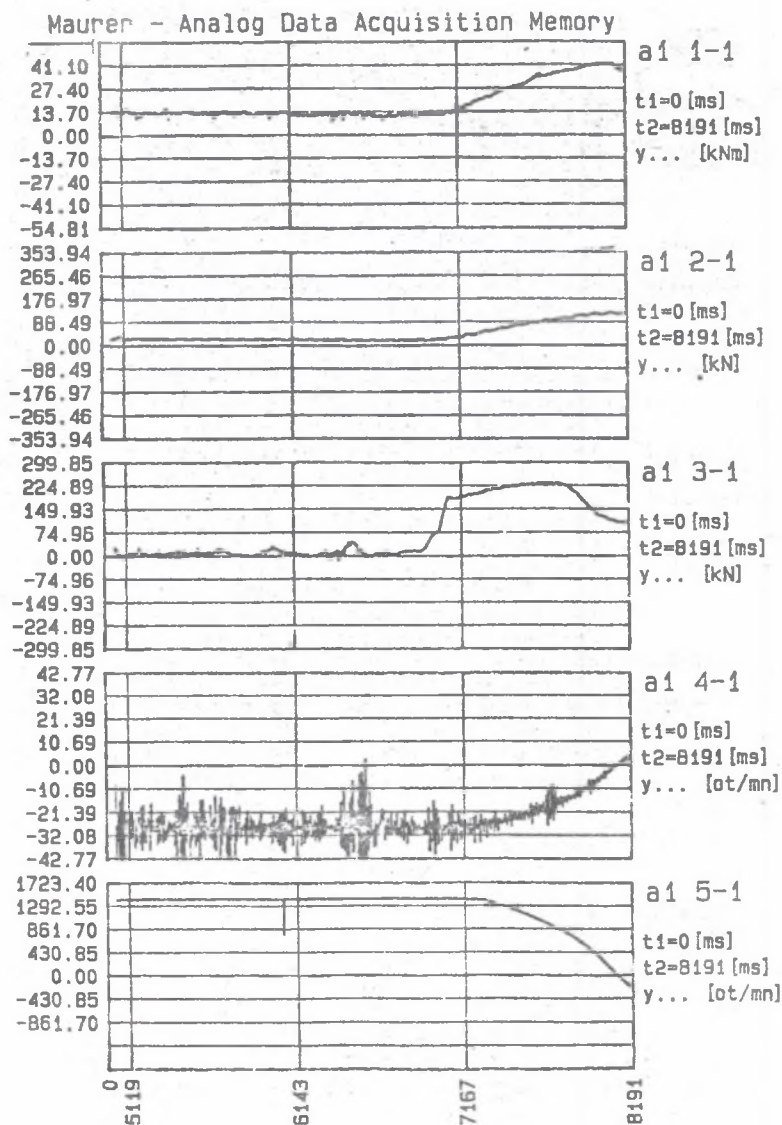


Рис. 9. Запись динамики отруга перед и после блокировки

1-1 Мк на цепи, 2-1 сила тяги в верхней ветви, 3-1 сила тяги в ветви корпуса, 4-1 повороты на цепи, 5-1 повороты двигателя

МВ 5, кроме того при помощи комплектов профессиональных и регистрирующих приборов:

- МТ 1000 - тензосметрический комплект изготовления ЧССР
- регистрирующий осциллограф ГОНЕВБЕЛЛ
- измерительный и регистрирующий комплект ПГИЛИПС - Аналог 7
- измерительная аппаратура с транзистентной памятью МАУРЕР СМР 110

Рис. 8 показывает запись типично динамической нагрузки на измерения M_K и M_O на валедробилки ДУ 2 сделанную при помощи аппаратуры МАУРЕР.

Рис. 9 показывает запись 5 аналоговых величин на приводе ПЛ 82.2.

В условиях завода-изготовителя проходит теоретическое исследование в области динамики горных машин, которое проверяется посредством лабораторных и эксплуатационных испытаний.

4. Заключение

- Проведенные измерения принесли ряд сведений для создания нами изготовливаемых специальных измерительных устройств ЧРД 1 и ДУРЕС, так и для создания измеренных машин ДУ 2 и ПЛ 82.2, но также для использования современных измерительных устройств и организации испытаний в условиях испытательных стендов и эксплуатации.
- Удобные программные (неаппаратные) средства сделают возможным полную автоматизацию графической выписки измерений, однако прежде всего расчетов статистических и расчетов срока службы.
- Мы рекомендуем измерение коротких "эталонов" динамического поведения машины (около 10 - 20 с) и их гипотетическое сортирование в таблицу согласно динамической требовательности. Длинные записи должны были бы проходить статистической обработкой с зачетом действий перерывов. Необходимо приписать также организационные затруднения и проблемы со сроком службы датчиков. Кроме того проектант приводит понятие для каких нагрузок машину проектирует. Время 10 - 20 с является для обработки колебаний методом стекания дождя (также согласно другим методам) для вычислительных машин с большой памятью и скоростью расчета очень трудоемким.

- К расчетам кумуляции повреждений мы применяем теорию кумуляции повреждений Минера и СВУМ (95 %) (9, 10).
- Срок службы выраженный в блоках (сутки, часы и другие) для любого числа "эталонных" нагрузок определен отношением

$$\frac{1}{\lambda_v} = \frac{P_A}{\lambda_A} + \frac{P_B}{\lambda_B} + \frac{P_C}{\lambda_C} + \dots$$

где λ_v = окончательный срок службы

$\lambda_{A,B,C}$ = сроки службы отдельных эталонных нагрузок

$P_{A,B,C}$ = доли нагрузок эталонов в общей нагрузке

- Чехословацкие правила безопасности ЧСН 34 1410 (обзац 125) дают возможность измерить при особенно предписанных и точно контролируемых условиях в горных рабочих местах при помощи измерительных приборов стандартного коммерческого исполнения. Мы будем при измерении некоторых наших опытных образцов этой возможностью воспользоваться.
- Измерительные аппараты с транзитным запоминающим устройством фирмы Маурер включая его встроенное программное обеспечение оправдали себя наиболее.
- При обширных измерениях опытных образцов мы часто опираемся о возможности аренды измерительных служб (НИУИ Радванице) или коротко временных аренд аппаратов (Служба исследования).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Буковян, Йосифко: Определение размеров горных машин из точки зрения динамических явлений н.э. 0809 Острой Опава 1970.
- [2] Хойсер: Определение размеров приводов скребковых конвейеров. Кандидатская работа, 1985.
- [3] Хойсер, Дейл: Разработка и определение приводов скребковых конвейеров. Угли 7/87.
- [4] Хойсер, Буковян: Регистрация и оценивание измерения горных машин. Заключательное сведение задачи 0167. Острой Опава, 1988.

- [5] Буковян, Хойсер, Жигла, Яловецки: Оборудование для регистрации измераемых сил и напряжений ... Угли 12/88.
- [6] Жигла: Цифровой регистратор данных ЧРД 1 Сведение о задаче, Брно ВААЗ 1988.
- [7] Буковян, Загел: Оценка измерения дробилки ДУ 2. Острой 1988.
- [8] Бинар: Оценка измерения приводов струга ПЛ 82.2. Сведение из измерения, Острой Опава 1989.
- [9] Немец и коллектив: Статические основы крепости конструкций 2. Академия 1982, Прага.
- [10] Кучера: Возможности внедрения механики поломки в конструкционной практике Книжнице ВЖСКГ, Острава 1983.

PROBLEMY POMIARU DYNAMIKI MASZYN GÓRNICZYCH

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

W przedsiębiorstwie górniczym OSTROJ OPAVA zwraca się szczególną uwagę na zapewnienie poziomu technicznego oraz jakości opracowań i produkcji maszyn górniczych.

W artykule opisuje się pierwsze kroki w dziedzinie rozwiązania teoretycznego i modelowania zachowania się dynamicznego maszyn górniczych w latach sześćdziesiątych. Przedstawiono kolejno rezultaty pomiarów dynamiki przenośnika zgrzeblowego TG 700 oraz opisy badań w okresie użytkowania skrzyń przekładniowych w zamkniętym okręgu badawczym.

Doświadczenie uzyskane podczas pomiarów dynamicznego zachowania się maszyn górniczych doprowadziło do opracowania specjalnych przyrządów pomiarowych CzRD 1 i DURES, których przedstawiono charakterystykę techniczną. W zakończeniu przedstawiono wyniki praktycznego sprawdzania aparatów CzRD i DURES.

PROBLEMS OF MEASURING DYNAMICS OF MINING MACHINES

S u m m a r y

At OSTROJ OPAVA mining enterprise special attention is paid to the state of technology and the quality of elaborations and production of mining machines.

The paper describes first steps in the field of theoretical solution and simulation of dynamic behaviour of mining machines in the 1960's. In turn the results of measurements of dynamics in a scraper belt conveyor TG 700 were presented, as well as descriptions of investigations during the usage of gearboxes in a closed research region.

Experience gained when measuring the dynamic behaviour of mining machines led to working out special gauges CzRD 1 and DURES, whose technical characteristic was given. In the last place the results of practical checking these CzRD and DURES were presented.