

# **Ekonomické hodnocení přínosu technické diagnostiky.**

Ing.Mečislav Hudeczek,Ph.D.

- **Nejčastější stav**

Ve většině případů byla a taktéž i v některých případech doposud je údržba strojů a zařízení realizována na základě pseudo systému zvaného "Údržba po poruše". Stroje jsou provozovány bez větších nákladů na samotnou údržbu a inspekci až do doby kdy dojde k poruše a jejich rezerva na opotřebení se plně využije.

- **Plánování údržby, oprav strojů a zařízení**

Při údržbě podle časového plánu jsou prováděny údržbářské zásahy preventivně v pevně stanovených časových intervalech bez ohledu na existující provozní rezervu v opotřebení jednotlivých elementů a uzlů stroje. Nejužívanější označení daného systému údržby je známé jako PPO (plánované preventivní opravy).

- **Provozní spolehlivost**

V obou předchozích případech není garantována spolehlivost provozu, tzn. provozní spolehlivost. V prvním případě provozovatel nemůže nijak ovlivnit výpadky strojů, odstávky vznikají zcela náhodně a pře-devším neočekávaně. Je pravdou, že při tomto systému údržby je beze zbytku využita rezerva na opotřebení stroje.

Údržba podle předem stanoveného časového limitu nevyužívá rezervy na opotřebení stroje a tím neovlivňuje poruchovost, která vzniká tak jak u předešlé metody, ale s tím, že odpovědný personál za údržbu strojů a zařízení je krytý zápisem o provedené kontrole nebo údržbě podle časového harmonogramu – nikomu nic nelze vytknout, vše je tzv. „v pořádku“.

- **Finanční ztráty**

Dojde-li k poruše při provádění údržby podle prvního systému, poškozená část následně poškodí ostatní elementy a uzly. Na stroji musí být provedena de facto generální oprava což jsou neočekávané finanční náklady. Operativní plánování a řízení výroby se stává velmi obtížné nebo nemožné. Tato strategie údržby v moderně řízených provozech je nemožná.

Při systému údržby podle časového plánu jsou prováděny údržbářské práce preventivně v předem stanovených časových intervalech. Metoda je nákladná z hlediska potřeby náhradních dílů a jejich dlouhodobých skladovacích lhůt u provozovatele. Vyměněné uzly jsou v mnoha případech dobré a oprava byla zbytečná. U této metody není zajištěno, že vyměněný uzel v pevně stanoveném časovém limitu vydrží časový interval do další poruchy. Vznikají tak další ztráty - výpadky výroby. Údržba podle časových limitů je nákladná a taktéž klade velké nároky na odstavování provozu pro zabezpečení plánovaných oprav.

## Metoda řízení údržby na základě znalosti technického stavu objektu

Vynikající údržbu lze realizovat pouze v závislosti na znalosti skutečného stavu stroje nebo zařízení. Pro zjišťování skutečného stavu stroje nebo zařízení je v současné době mnoho technických prostředků, které dovedou identifikovat stav stroje bez zásahu člověka. Při této metodě se neposuzuje pouze současný stav stroje nebo zařízení, ale na základě trendů naměřených hodnot jsou odvozovány i prognózy. Tímto způsobem lze předem určovat optimální termíny údržby, které se pak na druhé straně dají zahrnout do operativního plánování a řízení výroby.

Daný systém údržby je plně postaven na nasazení metod technické diagnostiky v celém svém možném rozsahu působení (detekce, lokalizace, specifikace, predikce).

Hlubší analýza údajů o stavu stroje tedy poskytne informace o příčinách, rozsahu a průběhu poškození, takže lze poškozené elementy identifikovat ještě při provozu stroje nebo přístroje a naplánovat prostředky na personál a náhradní díly včetně materiálu. Tato metoda vyžaduje neustálou znalost skutečného stavu stroje. Provozně důležité objekty je nutno pravidelně měřit, tzn. vyhodnocovat, sledovat a interpretovat naměřené diagnostické parametry. Oproti dvěma předchozím metodám má technická diagnostika tuto výhodu:

- stroje jsou odstavovány pouze tehdy, pokud to jejich stav vyžaduje, součásti a elementy jsou vyměňovány jen tehdy když jejich opotřebení dosáhlo fáze poškození, nebo byly překročeny příslušné tolerance.

## Účinnost zavedení bezdemontážní technické diagnostiky obecně

Každé hodnocení účinnosti je postaveno především na hodnocení ekonomického přínosu, resp. efektu, který musíme pojímat jako technicko-ekonomický přínos.

Efekty zavedení bezdemontážní technické diagnostiky strojů jsou ekonomicky těžko vyčíslitelné a je možno je v zásadě rozdělit do následujících skupin:

- zvýšení preventivnosti,
- zvýšení bezpečnosti (havárie, ohrožení zdraví),
- zvýšení produktivity výroby (produktivnost),
- zvýšení jakosti výroby a oprav strojů,
- zjišťování příčinnosti poruch (proaktivnost).

Další specifikaci efektů zavedení, v tomto případě vibrodiagnostiky představuje tabulka č. 4.1, která je sestavena na základě zprávy pro britský průmysl .

Nejllepší výsledky použití technické diagnostiky ve výrobních provozech jsou dosahovány v odvětvích, kde je výrazné riziko havárie, vlastní výroba je finančně náročná a většina strojů a zařízení není zálohováno:

- chemie a související s ní odvětví průmyslu,
- těžba uhlí, hutnictví, zpracování nafty,
- energetika, zpracování a doprava plynu a vody.

Zavedením diagnostiky dle zahraničních informací, úspory dosahují řadově 0,5 až 3 % čisté výroby podniku v závislosti na hospodářském odvětví. Tyto úspory vznikají 35 % snížením nákladů na opravy hmotných prostředků a z 65 % nárůstem produktivity výroby .

Pro potvrzení uvedených tvrzení je níže uveden konkrétní příklad úspor po zavedení technické diagnostiky v podnicích Chevron Oil – USD .

- snížení nákladů na opravy o 20 až 30 % v závislosti na druhu stroje,
- prodloužení doby mezi jednotlivými opravami ze 3 let na 7-8 let,
- snížení spotřeby elektrické energie o 1 %,
- zvýšení bezpečnosti z titulu vibrací a hluku v prostorách rafinérie.

Je samozřejmé, že tyto konkrétní výsledky v oblasti zvýšení spolehlivosti a snížení ekonomické náročnosti výroby nejsou zadarmo. Od získaných úspor (0,5 až 3 % čisté výroby) nutno odečíst 16 % na náklady diagnostického personálu a jeho vybavení měřícími přístroji. Přesto návratnost nákladů na technickou diagnostiku je více než 500 %. Počet pracovníků diagnostického střediska závisí na potřebách provozu. K této sestavě přístrojů a personálu jsou nezbytné odborné teoretické vědomosti, jejichž ekonomická hodnota je přímo úměrná k jejich rozsahu a složitosti.

Tabulka č.4.1: Přínosy zavedení technické diagnostiky v průmyslu.

Přínos		Způsob, jímž lze docílit efektů zavedení technické diagnostiky	
		Predikce poruchy	Lepší znalost stavu strojů
Bezpečnost	Snížení počtu úrazů zapříčiněných stroji	Umožňuje bezpečné zastavení stroje před havárií	Alarm řídicího systému je dostatečným důvodem k zastavení stroje
	Snížení ohrožení zdraví pracovníků chvěním a hlukem	Umožňuje odvolání pracovníků z oblasti ohrožené havárií	Šetří zbytečné náklady na dodatečné snížení chvění a hluku
Efektivita	Zvýšená provozní spolehlivost strojů	Delší doba provozování strojů	Snížení nákladů z titulu neplánovaného zastavení provozu
		Kratší doba oprav	Umožňuje zastavení provozu na dobu nutnou pro opravu konkrétního elementu na stroji. Havárie elementu nezpůsobují další poškození.
	Zvýšená efektivnost výroby	Umožňuje plánování efektivnosti	Umožňuje až dvojnásobné zvětšení doby provozování mezi opravami a taktéž umožňuje provozování strojů bez plánování oprav
Jakost	Lepší kvalita výrobků a služeb	Umožňuje zastavení provozu na dobu nutnou pro opravu konkrétního elementu na stroji. Havárie elementu nezpůsobují další poškození.	Snížení doby zjišťování stavu stroje po jeho zastavení a urychlení rozhodování o potřebných opravárenských činnostech
		Umožňuje eliminovat neplánované prostoje a tím zabezpečit plynulost dodávek pro odběratele a tím zvyšuje bonitu výroby	Umožňuje provozování strojů při zvětšeném zatížení a rychlosti. Umožňuje zjistit elementární poškození strojů anebo zvýšený odběr energie
		Umožňuje eliminovat neplánované prostoje a tím zabezpečit plynulost dodávek pro odběratele a tím zvyšuje bonitu výroby	Snižuje zmetkovost a taktéž snižuje služby o nižším standartu než je obvyklé

V dalším textu uvedu konkrétní příklad nasazení a zavedení technické bezdemontážní diagnostiky od důlního provozu uhelné společnosti.

## **Efekty zavedení technické bezdemontažní diagnostiky na jenom dole v Karviné**

Diagnosticky byly kontrolovány tyto stroje a mechanismy:

- těžní stroje,
- hlavní důlních ventilátory,
- kompresory, rotační kompenzátory,
- degazační stanice, čerpací stanice,
- dálková pásová doprava,
- celé komplexy úpraven,
- důlní čerpací stanice,
- dobývací a razící kombajny všech typů,
- elektrické motory po opravách,
- lutnové ventilátory atd.

Přejímky investičních celků a taktěz jednotlivých nových strojů byly prováděny na základě výsledků technické diagnostiky. Při měření těchto strojů byla snímána celá spektra a pomocí řídicího počítače IBM-PC-XT byla prováděna spektrální analýza. Na základě výsledků spektrální analýzy byla přesně určena součástka nebo uzel, který způsobuje poruchu.

Vyvažování rotorů elektrických motorů bylo zavedeno z toho důvodu, že 75 % závad na točivých strojích byl z titulu nevyváženosti.

Elektrická brzda – dynamometr byla vybudována pro kontrolu elektrických motorů z titulu zjišťování jejich dosahovaných technických parametrů. Motory byly zatíženy na maximální výkon, důkladně prohráty, a současně byly změřeny vibrace. Touto zkouškou byly eliminovány případy, kdy došlo k poruše na elektrickém motoru dobývacího kombajnu až po montáži v důlních podmínkách.

Za rok 1987 oddělení technické diagnostiky vykonalo:

- proměření po opravách celkem 138 ks elektromotorů motorů dobývacích a razících kombajnů, z toho ve 14 případech byly elektromotory vráceny zpět do opravny z důvodu nekvalitně provedené opravy,
- proměření celkem 7 ks kombajnů po opravách v mechanických dílnách,
- po ukončení rubání č. 137 911 byl proměřen kombajn a na základě výsledků frekvenční a trendové analýzy nasazen bez opravy do dalšího rubání,
- v průběhu celého roku byly periodicky měřeny tyto stroje: těžní stroje, hlavní důlní ventilátory, kompresory a kompenzátory, degazační stanice, 1. linka prádla a 2. linka odkamenění,
- byla provedena měření strojů po přejímkách a to u nových strojů, které došly v rámci nákupu a taktěz jako investiční celky,
- na dalších dolech byla prováděna diagnostická činnost. Na základě měření frekvenční analýzy bylo zjištěno špatné uložení elektromotoru vůči samotnému ventilátoru.

## **Alternativní návrhy vyčíslení ekonomického přínosu technické diagnostiky při údržbě hmotného investičního majetku**

Hodnocení ekonomických přínosů technické diagnostiky je na jedné straně řešitelné pomocí tradičních metod anebo běžně užívaných metod hodnocení ekonomické efektivity používaných pro hodnocení technického rozvoje.

Je však třeba vzít v úvahu určitou specifickou technickou diagnostiku jako činnost, která nově nevytváří přínosy ve smyslu inovací používané techniky, ale racionálně působí na vyšší využitelnost používané techniky. Proto musí být metodicky uspořádány postupy ekonomického

Hodnocení technické diagnostiky a upraveny pro využití v této oblasti.

Jsou k dispozici dvě základní metody hodnocení technické diagnostiky. Při výběru a aplikaci těchto metod ekonomického hodnocení technické diagnostiky je nutné vzít v úvahu tyto skutečnosti:

- náročnost jednotlivých metod na zpracování,
- vypovídací schopnost metod pro účel ekonomického hodnocení,
- využitelnost těchto metod z hlediska dostupnosti vstupních informací.

V tomto smyslu se pro aplikaci nabízejí dvě metody o to:

- Metoda Cempel - Hudeczek
- Metoda Sturm

Z hlediska výše uvedeného byla vybrána Metoda Cempel Hudeczek taktéž aplikována.

Tato metoda tedy logicky řadí přínosy, aby je na závěr integrovala a po jejich snížení o náklady na vlastní technickou diagnostiku vyčíslila celkový ekonomický efekt v peněžním vyjádření.

Poznámka:

Zde je nutno poznamenat, že hodnocení bylo prováděno v dané době a byl hodnocen pouze přínos zavedení technické diagnostiky, tzn. nebylo hodnoceno zvýšení účinnosti. Systém údržby jako celku, neboť nebyl proveden komplexní audit údržby a ani prováděn reengineering údržby, t. j. změna systému a řízení údržby.

## **Ekonomické zhodnocení bezdemontážní diagnostiky na důlním**

Pro ekonomické zhodnocení bezdemontážní diagnostiky byla s ohledem na možnosti praktického využití aplikována metoda Cempel – Hudeczek.

- Konkrétní vyčíslení ekonomického přínosu technické diagnostiky za rok 1987 na základě této metody je uvedeno v tabulce č. 4.2.
- V hodnoceném období byla u 14 elektrických motorů dobývacích kombajnů zjištěna před nasazením nevyváženost rotujících hmot.
- Rotory byly vyváženy a nasazeny do provozu. Nevyváženost je největší příčinou poškozování ložisek a hřídelů elektrických motorů dobývacích kombajnů.

- Dále v rubání byl po jeho ukončení proměřen kombajn KWB 3RDU a na základě frekvenční a trendové analýzy bylo rozhodnuto, že kombajn bude přemístěn do dalšího rubání.
- Na 1. lince prádla byla prováděna diagnostická měření v rámci přejímacího řízení. Do 31. 12. 1987 bylo proměřeno celkem 81 položek, z čehož 34 položek bylo kvalifikováno jako nevyhovující.
- Závady, které byly zjištěny na těchto strojích by za normálních okolností způsobily havárie a výpady provozu. Stroje byly reklamovány v rámci přejímacího řízení.

**Celkový přínos technické diagnostiky v roce 1987 po odečtení nákladů na provádění tedy činil 5 122 387 Kčs. V roce 1987 důl produkoval zboží v hodnotě 3 300 000 tis. Kč.**

**Tabulka č. 4.2 Nákladové položky**

A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I
Stroje	Počet kusů	Časové ztráty ve výrobě v hod.	Ztráty v Kč/hod.	Celková cena výrobních ztrát	Náklady na opravu 1 stroje	Náklady na náhradní díly 1 stroje	Celkové úspory na 1 stroj	Úspory celkem	Souhrnné celkové úspory
El. motor KWB 3 RDU	9	8	17,954	143,632	73	1,35	217,982	1 961 838	6 659,654
El. motor GS GSE 160	2	8	17,954	143,632	22	0,92	166,552	333,104	
El. motor KS 75	2	8	17,954	143,632	22	1,218	166,85	333,7	
El. motor KS 100	1	8	17,954	143,632	22	1,218	166,85	166,85	
Kombajn KWB 3RDU	1	-	-	-	1230	-	1230	1230	
Čerpadlo	6	0,16	398,4	62,3	16,167	3,34	91,807	550,842	
Vývěva CL 60026	4	0,2	389,4	77,88	45	5	127,88	511,52	
Flotator	4	0,5	389,4	194,7	2	0,5	197,2	788,8	
Dopravní pás	4	0,46	389,4	179,124	14,5	2,125	195,75	783	

Náklady na technickou diagnostiku

J	K	L	M	N	P
Náklady na personál	Náklady na měřící přístroje	Technologie a nákl. na údržbu	Ostatní náklady	Náklady celkem	Celkové přínosy (úspory) (I – N)
381,20	154,475	na údržbu 114,557 příprava dokumentace 3,504 vzdělávání + tech. pomůcky 55,658 173,719	827,873	1 537,267	5 122 387

# Metoda Cempel - Hudeczek

$$P = X - A,$$

kde

P ... celkový přínos (úspora)  
X ... souhrnné celkové úspory  
A ... celkové náklady TD.

Pro zpřehlednění celého postupu konečného výpočtu dle předcházejícího vztahu je vhodné uspořádat jednotlivé vstupní údaje do tabulky..

Výpočet se pak provede dle následujících vztahů:

$$X = CH + CH + \dots + CH,$$

kde

CH ... úspory celkem  
CH = H, B, kde  
H ... celkové úspory na 1 stroj  
B ... počet stejných strojů

$$H = E + F + G,$$

kde

E ... celková cena výrobních ztrát na jeden stroj  
F ... náklady na opravu jednoho stroje  
G ... náklady na náhradní díly 1 stroje

$$E = C \cdot D,$$

kde

C ... časové ztráty ve výrobě v důsledku mechanického poškození stroje  
D ... ztráty v Kč/hod.

$$A = J + K + L + M,$$

kde

J ... náklady na personál  
K ... náklady na měřicí přístroje  
L ... náklady na údržbu, přípravu dokumentace, vzdělávání, technické pomůcky  
M ... ostatní náklady.

Tato metoda tedy logicky řadí přínosy, aby je na závěr integrovala a po jejich snížení o náklady na vlastní technickou diagnostiku vyčíslila celkový ekonomický efekt ve finančním (peněžním) vyjádření.

Z tabulky je rovněž zřejmé, že podklady pro eventuální aplikaci by měly být k dispozici, popř. se dají z pomocných podkladů vypočítat.

Proto se tato metody jeví jako vhodná pro aplikaci v průmyslových podmínkách.



## Metoda Sturm

Ekonomické zhodnocení podle profesora Sturma se provádí na základě srovnání nákladů.

Srovnání nákladů vyžaduje tato zjištění:

Náklady pro opravu poruchy

$$K_{AT} = (K_K \cdot T_S(AT) + K_{I(AT)}) \cdot \frac{1}{T_1} \cdot 10^{-3},$$

kde

$K_{at}$  ... roční náklady na opravu bez diagnostiky (tis. Kč/1 zařízení)

$K_k$  ... náklady výpadku výroby vč. ztrát dojetí a rozjetí (Kč/h)

$T_a(st)$  ... klidový čas zařízení pro opravu poruchy (hod.)

$K_{X(st)}$  ... náklady na opravu (materiál + mzdy) v důsledku poruchy (Kč)

$\frac{1}{T_1}$  ... početnost poškození (1 zařízení)

Náklady při preventivní údržbě

$$K_v = (K_k \cdot T_{A(v)} + K_{X(v)}) \cdot \frac{1}{T_1} \cdot 10^{-3},$$

kde

$K_v$  = roční náklady při preventivní údržbě (tis. Kč/1 zařízení)

$K_k$  = výrobní ztráty, vč. nákladů při dojetí a najetí (Kč/hod.)

$K_{I(v)}$  ... náklady preventivní údržby (materiál + mzdy) (Kč)

$T_{s(v)}$  ... klidový stav zařízení při preventivní údržbě (hod.)

$\frac{1}{T_1}$  ... četnost poškození (1 zařízení)

Diagnostické náklady

Podstatným ekonomickým efektem při použití techn. diagnostiky je převod poruchových oprav a havárií na preventivní údržbu.

$$K_D = (K_A + K_M + K_1) \cdot 10^{-3},$$

kde

$K_d$  ... náklady diagnostiky (tis. Kč/1 zařízení)

$K_a$  ... odpis diagn. techniky (Kč/1 zařízení)

$K_m$  ... náklady na materiál a pomůcky (Kč/1 zařízení)

$K_l$  ... mzdy (Kč/1 zařízení)

Úspora nákladů

$$K_E = K_{AT} - [K_v + K_D + K_{ST} (1 - \mu)],$$

kde

$K_e$  ... očekávaná úspora nákladů

Efektivita nasazení diagnostiky

$$QD = \frac{K_v \cdot \mu + K_d + K_{st} \cdot (1 - \mu)}{K_{st}},$$

kde

$\mu$  ... stupeň diagnostické účinnosti

$$\mu = P_o \cdot P_s \cdot P_v$$

$P_o$  ( $0 < P_o < 1$ ) – objektivní jistota diagnózy přístroje

$P_s$  ( )

pokračování

## 1. ÚSPORA NÁKLADŮ

$$K_E = K_{ST} - [K_{v\mu} + K_d + K_{st} (1 - \mu)], \text{ kde}$$

$K_e$  ... očekávaná úspora nákladů

## Efektivita nasazení diagnostiky

$$q_d = \frac{K_v \cdot \mu + K_d + K_{st} \cdot (1 - \mu)}{K_{st}},$$

kde

$\mu$ ... stupeň diagnostické účinnosti

$$\mu = p_o \cdot p_s \cdot p_v$$

$p_o$  ( $0 < p_o < 1$ ) – objektivní jistota diagnózy přístroje

$p_s$  ( $0 < p_s < 1$ ) - subjektivní jistota diagnózy personálem

$P_v$  ( $0 < p_v < 1$ ) - podíl diagnosticky zjištěných částí opotřebení na celkovém množství částí opotřebení.

Nasazení je nutné, jestliže  $q_d < 1$ .

Metoda ovšem předpokládá dostupnost informací jako vstupů pro výpočet jednotlivých ukazatelů, což v podmínkách důlního podniku není vždy bezprostředně splnitelné.

## Aplikace metody využitelné v současné praxi

Konkrétní vyčíslení ekonomické přínosu technické diagnostiky za rok 1987 na základě metody Cempel - Hudeczek .

V hodnoceném období byla u 14 elekt. motorů dobývacích kombajnů zjištěna před nasazením nevyváženost rotujících hmot. Rotory byly vyváženy a nasazeny do provozu. (Nevyváženost je největší příčinou poškozování ložisek a hřídelů elektrických motorů dobývacích kombajnů).

Zjištěním tohoto stavu bylo docíleno úspor:

$$E = C \cdot D, \text{ kde}$$

E ... celková výrobní ztráta způsobena 1 strojem

C ... 8 hodin, což je průměrná doba výměny el. motoru

D ... ztráta 17 954 Kč/hod. při průměrné denní těžbě 531 t/16 hodin z jednoho porubu za rok 1987 a při průměrné ceně uhlí 541 Kč/t.

Celková výrobní ztráta podle výše uvedeného vzorce je tedy 143 632 Kč.

$$CH = (E + F + G) \cdot B, \text{ kde}$$

CH ... úspory celkem

F ... náklady na opravu 1 stroje, které činí u el. motoru kombajnu KWB 3RDU 73 000,- Kč u ostatních el. motorů průměrně 22 000,- Kč.

G ... náklady na náhradní díly tzn. hlavně ložiska u jednotlivých kombajnů jsou uvedeny v tabulce

B ... počet kusů stejných strojů

Sečtením jednotlivých úspor celkem a to řádků 1 – 4 zjistíme úsporu na elektrických motorech, která představuje částku 2 795 492,- Kč.

Dále na závodě 1 v rubání 137 911 byl po jeho ukončení proměřen kombajn KWB 3RDU a na základě frekvenční a trendové analýzy bylo rozhodnuto, že kombajn bude přemístěn do dalšího rubání.

Tím vznikla úspora za obvyklou opravu v PLR v hodnotě 1 230 000,- Kč (viz řádek 5).

Na 1. lince prádla byla prováděna diagn. měření v rámci přejímacího řízení. Do 31. 12. 1987 bylo proměřeno celkem 81 položek, z čehož 34 položek bylo kvalifikováno jako nevyhovující

Závady, které byly zjištěny na těchto strojích by za normálních okolností způsobily havárie a výpady provozu. (Stroje jsou reklamovány v rámci přejímacího řízení).

Při zjištěných 34 vadných strojích je 53 % těchto strojů zařazeno v hlavním řetězci. Jedná se, jak je uvedeno v tab. č. 2 o 6 čerpadel, 4 vývěvy, 4 fotátory, 4 dopravní pásy.

Dále jsou v tab. ve sl. C uvedeny časové ztráty ve výrobě zapříčiněné výměnou či opravou pro jednotlivé stroje, zjištěné na základě konzultace s pracovníky úpravy.

1. linka prádla má výkon 1 000 t/hod. Při současných nájezdových potížích výkonnost klesá na 600 t/hod. Cena 1 tuny vypraného uhlí vhodného ke koksování je 649 Kč. To představuje ztrátu  $600 \cdot 649 = 389\,400$  Kč/hod. (viz tab. sl. D).

Dále již postupujeme podle výše uvedených vzorců.

$$E = C \cdot D, \text{ kde}$$

D ... ztráta 389 400 Kč/hod.

C ... časové ztráty ve výrobě zapříčiněné výměnou či opravou pro jednotlivé stroje

E ... celková cena výrobních ztrát pro jednotlivé stroje.

Úspory celkem CH zjistíme podle vzorce

$$CH = (E + F + G) \cdot B, \text{ kde}$$

F ... náklady na opravu 1 stroje

G ... náklady na náhradní díly

B ... počet stejných strojů

Sečtením jednotlivých úspor a to řádků 6 – 9 tabulky zjistíme úsporu na 1 lince prádla z titulu zavedení techn. diagnostiky, která činí 2 634 162,- Kč.

Sečteme-li všechny úspory v rubrice CH, dostaneme souhrnné celkové úspory, které vznikly v důsledku aplikace techn. diagnostiky na Dole 1. máj za rok 1987.

Tyto souhrnné celkové úspory činí 6 659 654,- Kč (viz tab. č. 2 X).

Pro celkové posouzení přínosu je nutné rovněž vyčíslit náklady – tzn. náklady techn. diagnostiky za rok 1987 a o tyto náklady snížit souhrnné celkové úspory.

Náklady na personál (J)

Mzdy pracovníků:

<b>2 THP: 12 tř. + 40 % prémie + 235 Kč osobní ohodnoc.</b>	<b>5 755 Kč/měsíc</b>
<b>11 tř. + 40 % prémie + 400 Kč</b>	<b>4 820 Kč/měsíc</b>
	<b>5 755 . 12</b>
	<b>67 060 Kč/rok</b>
	<b>4 820 . 12</b>
	<b>57 840 Kč/rok</b>
<b>Celkem</b>	<b>126 900 Kč/rok</b>

<b>2 operátoři – důl 7 tř. + 20 % prémie</b>	
<b>2 x 164,80 + 20 %</b>	<b>395,52 Kč/den</b>
<b>22 x 395,52</b>	<b>8 701,50 Kč/měs.</b>
<b>12 x 8 701,50</b>	<b>104 418,00 Kč/rok</b>

<b>2 operátoři – povrch</b>	
<b>5 tř. + 15 % prémie</b>	
<b>2 x 88,80 + 15 %</b>	<b>204,24 Kč/den</b>
<b>22 x 204,24</b>	<b>4 493,28 Kč/měs.</b>
<b>12 x 4 493,28</b>	<b>53 919,40 Kč/rok</b>

**Mzdy pracovníků celkem** **285 237 Kč/rok**

**Naturální požitky** **12 960 Kč/rok**

**Věrnostní dávky** **17 200 Kč/rok**

**Podíly ze zisku** **8 756 Kč/rok**

**20 % na soc. zabezpečení** **57 047 Kč/rok**

**Náklady na personál celkem** **381 200 Kč/rok**

**Náklady na měřicí přístroje (K)**

**Nájemné za DUNEGAN:413 Kč/den**

**413 Kč . 365 dní** **151 475 Kč**

**Odpisy 2 kusů přístrojů v ceně 50 000 Kč** **3 000 Kč**

**Náklady na měřicí přístroje celkem** **154 475 Kč**

**Technologie a náklady na udržování (L)**

**Zde se zahrnují náklady na údržbu, přípravu dokumentace a náklady na techn. pomůcky a vzdělávání:**

$$GO = \frac{P_{go} \cdot PH \cdot P_{go}}{100 \cdot \check{z}}, \quad SO = \frac{P_s \cdot PH \cdot p_s}{100 \cdot \check{z}}, \text{ kde}$$

**GO ... náklady na generální opravy za rok**  
**SO ... náklady na střední opravy za rok**  
**P<sub>go</sub> ... % z pořizovací hodnoty přístrojů na gener. opravy**  
**P<sub>so</sub> ... % z pořizovací hodnoty přístrojů na střední opravy**  
**PH ... pořizovací hodnota přístrojů**  
**P<sub>go</sub> ... počet generálních oprav za dobu životnosti přístrojů**  
**P<sub>so</sub> ... počet středních oprav**  
**ž ... životnost přístrojů v letech**

$$P_{go} = 65 \%$$

$$P_{so} = 35 \%$$

$$PH = 594\,000 \text{ Kč}$$

$$P_{go} = 2$$

$$P_{so} = 4$$

$$ž = 14 \text{ let}$$

$$GO = \frac{65 \cdot 594\,000 \cdot 2}{100 \cdot 14} = 55\,157, SO = \frac{35 \cdot 594\,000 \cdot 4}{100 \cdot 14} = 59\,400$$

**Náklady na údržbu za rok 1987 činily 114 557,- Kč.**

**Náklady na přípravu dokumentace**

**tj. 4 hod. na každý stroj ze mzdy 1 THP tř. 11**

**tzn. měsíční výdělek THP tř. 11**

**4 820 Kč**

**výdělek za 1 den**

**219 Kč**

**výdělek za 4 hodiny**

**109,50 Kč**

**počet vadných strojů (viz tab. č. 2)**

**32 Kč**

**náklady na přípravu dokumentace**

**3 504 Kč**

**Náklady na techn. pomůcky a vzdělávání**

**Náklady na vzdělávání činí 4,5 % mzdových nákladů, což je**

**5 směn za rok na každého pracovníka**

**Náklady na vzdělávání**

**5 658 Kč**

**Náklady na techn. pomůcky cen**

**50 000 Kč**

**Celkem**

**55 658 Kč**

**Technologie a náklady na udržování celkem**

**173 719 Kč**

**Ostatní náklady (A)**

**výrobní a správní režie : 378 % z přímých mezd**

$(378 \cdot 219\,014) : 100 = 827\,874 \text{ Kč}$

Součtem všech výše uvedených nákladů dostaneme náklady celkové, které představují částku 1 537 268 Kč.

Odečteme-li tyto celkové náklady od souhrnných celkových úspor, dostaneme finanční přínos při využívání techn. diagnostiky (viz tab. P).

Celkový přínos technické diagnostiky v roce 1987 tedy činí 5 122 387 Kč.

## **Závěr**

I když k ekonomickému zhodnocení efektivity diagnostiky je možno přistupovat z různých hledisek, je zřejmé, že vždy půjde o porovnání nákladů a přínosů. Je ovšem třeba vzít v úvahu také tu již naznačenou skutečnost, že praktická použitelnost metod bude v praxi narážet na problematiku nedostupnosti některých vstupních informací, popř. na relativně krátkodobou aplikaci metod technické diagnostiky v našich podmínkách, což neumožňuje sledování v dalších časových řadách.

Tak např. ekonomické hodnocení dle metodiky prof. Sturma, které srovnává náklady pro opravu poruchy, náklady při preventivní údržbě a diagnostické náklady není v současné praxi možno plně využít, protože podklady pro využití této metody nejsou dostatečné. Navíc je nutné vzít v úvahu, že technická diagnostika se na Dole 1. máj začala rozvíjet teprve od r. 1983, při jejíž realizaci již bylo dosaženo výrazných přínosů, jak také dokumentuji v této práci. Na druhé straně je metoda prof. Sturma dostatečně vypovídající, a proto plně využitelná. Pro její aplikaci v budoucnosti by proto bylo vhodné zabezpečit v systému technicko-ekonomických informací potřebné vstupní informace.